



UNIVERSIDADE SALVADOR – UNIFACS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E ARQUITETURA
MESTRADO EM REGULAÇÃO DA INDÚSTRIA DE ENERGIA

MARCOS ANTÔNIO SOUZA DE ALMEIDA

**METODOLOGIA DE IDENTIFICAÇÃO DE PERDAS NÃO-
TÉCNICAS EM UNIDADES CONSUMIDORAS POR ATIVIDADE
DE CONSUMO**

Salvador

2006

MARCOS ANTÔNIO SOUZA DE ALMEIDA

**METODOLOGIA DE IDENTIFICAÇÃO DE PERDAS NÃO-
TÉCNICAS EM UNIDADES CONSUMIDORAS POR ATIVIDADE
DE CONSUMO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Regulação da Indústria de Energia – UNIFACS, como requisito para obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. André Luiz de Carvalho Valente

Salvador

2006

FICHA CATALOGRÁFICA

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

Almeida, Marcos Antônio Souza de Almeida.

Metodologia de identificação de perdas não-técnicas em unidades consumidoras por atividade de consumo / Marcos Antônio Souza de Almeida. - 2006.

103 f. il. ; 27 cm.

Dissertação (mestrado) - Universidade Salvador – UNIFACS. Mestrado em Regulação da Indústria de Energia, 2006.

Orientador: Prof. Dr. André Luiz Carvalho Valente

1. Energia elétrica - Brasil. 2. Energia elétrica - Regulação - Brasil. 3. Energia elétrica - Brasil - Aspecto econômico. 4. Energia elétrica - Reestruturação Brasil. 5. Mercado atacadista de energia elétrica - Regulamentação. 6. Energia elétrica – Distribuição. I. Valente, André Luiz Carvalho, orient. II. Título.

CDD: 621.042

TERMO DE APROVAÇÃO

MARCOS ANTÔNIO SOUZA DE ALMEIDA

METODOLOGIA DE IDENTIFICAÇÃO DE PERDAS NÃO- TÉCNICAS EM UNIDADES CONSUMIDORAS POR ATIVIDADE DE CONSUMO

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre 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

Edgar Bacic de Carvalho _____
Doutor em Engenharia Química, The Pennsylvania State University (USA)
Universidade Salvador – UNIFACS

Cláudio Osnei Garcia _____
Doutor em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina
Centro Universitário da Bahia – FIB

Mônica Silveira _____
Mestre Regulação da Indústria de Energia, Universidade Salvador (UNIFACS)
Universidade Salvador - UNIFACS

Salvador, 20 de Setembro de 2006

Aos meus pais, Antônio e Alaíde, a minha filha
Carolina e a minha esposa Vera, pela compreensão
e incondicional apoio.

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. André Luiz Carvalho Valente, meu orientador, pela paciência, simplicidade, compreensão e colaboração neste trabalho.

A Universidade Salvador – UNIFACS, pela concepção do mestrado, que possibilita que profissionais possam conciliar trabalho, estudo e pesquisa.

Ao amigo, colega e colaborador Pedro Roberto Paiva Dantas, pelas importantes e relevantes contribuições na concepção e desenvolvimento deste trabalho.

A equipe da UNIFACS envolvida com o programa de P&D, Paulo Roberto de M. Bastos, Danila Silva, Renato Pino e Mariana Strauch, e especialmente Mônica Silveira, pela colaboração e ajuda no desenvolvimento e formatação deste trabalho.

Ao colega José Henrique Marques, pela eficiente colaboração na pesquisa de campo, organização e tabulação dos dados.

Agradeço especialmente à COELBA, por ter disponibilizado os seus dados internos, tempo e recursos para realização deste trabalho.

RESUMO

O impacto na tarifa, a fuga de receita das concessionárias de energia elétrica, a evasão de tributos para o Estado, a concorrência desleal no mercado, tudo isto faz com que as perdas de energia elétrica sejam uma preocupação nacional, obrigando a Agência Reguladora – ANEEL, a impor às empresas distribuidoras de energia elétrica uma trajetória reguladora para sua redução. Esta dissertação apresenta uma metodologia para identificação de perdas não-técnicas, por atividade de consumo. A proposta principal é melhorar a procedência das inspeções nas unidades consumidoras, com probabilidade de irregularidade na medição de energia elétrica, de forma a contribuir com a efetividade das ações de combate as perdas, reduzir os custos operacionais e também melhorar a percepção do regulador sobre as perdas não-técnicas. Neste trabalho, desenvolveu-se um sistema computacional que possibilita, a partir do uso de ferramentas de inteligência artificial, identificar de forma mais precisa as unidades com uso irregular de energia. Esse sistema possibilitou uma melhora de 139% no índice de procedência das inspeções, quando comparado com o modelo anterior adotado pela Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia – COELBA.

Palavras-chave: Perdas de energia; Perdas não-técnicas; Procedência de inspeções.

ABSTRACT

The impact over tariffs, the loss of revenues by electric power concessionaries, the evasion of taxes and an unfair market competition, makes electric power losses a national problem, which has obliged the Agência Reguladora – ANEEL (National Regulatory Agency), to impose to all electric power distribution companies a regulatory course towards the reduction of these factors. This dissertation presents a methodology for the identification of non-technical losses, according to consumption activities. The main goal is to focus on the inspection at consumers units that show a higher probability of irregular measurements of electric power and, in this way, contribute towards the effectiveness of actions to fight losses, reduce operational costs and also improve the ability of the regulatory organ to spot non-technical losses. In this work a computational system has been developed, which allows the use of artificial intelligence tools, to identify in a more precise way the units with irregular use of electrical power. This system improved by 139% the rates of positive findings in the inspection in comparison to the previous model used by Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia – Coelba (State Electricity Company).

Key words: Energy loss; Non-technical losses; Inspection sources.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Índice de perdas globais	21
Figura 2 - Percentual de inspeções com irregularidade na medição	34
Figura 3 - Energia recuperada através das inspeções detectadas com irregularidade na medição	34
Figura 4 - Modelo de rede da AMPLA com medição eletrônica centralizada	53
Figura 5 - Fronteira de inspeção para a atividade Panificadora, considerando toda a carga instalada.	86
Figura 6 - Fronteira de inspeção para a atividade Panificadora, considerando a carga instalada das principais cargas.	87
Figura 7 - Macro funcionalidades do sistema SAPC	89
Figura 8 - Tela principal do SAPC	90
Figura 9 - Tela de resultado da análise para o método de “Análise de Consumo”	91
Figura 10 - Tela de consulta aos resultados das análises	91
Figura 11 - Tela de execução dos métodos	94

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Matriz das Perdas	30
Quadro 2 - Composição do custo do processo de inspeção	46
Quadro 3 - Atividades selecionadas para estudo	61
Quadro 4 - Parâmetros estabelecidos para as atividades selecionadas	64

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Evolução da energia recuperada por equipe/ano	43
Gráfico 2 - Evolução do custo médio por inspeção (sem pessoal)	44
Gráfico 3 - Evolução da pesquisa de satisfação do consumidor	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores do fator de procedência	39
Tabela 2 - Metas previstas para equipe (dupla – grupo B) na Região Metropolitana de Salvador.	37
Tabela 3 - Valores do fator de cordialidade e qualidade	41
Tabela 4 - Pontuação máxima dos indicadores e faixas dos fatores	42
Tabela 5 - Pontuação dos indicadores em todos os conceitos	42
Tabela 6 - Dados sobre as classes de atividade comerciais.	58
Tabela 7 - Atividades selecionadas para desenvolvimento da pesquisa	59
Tabela 8 - Atividades incluídas no desenvolvimento da pesquisa	60
Tabela 9 - Amostras por atividade selecionada	62
Tabela 10 - Uniformização da amostra	62
Tabela 11 - Amostras por atividade selecionada	63
Tabela 12 - Resultados encontrados na simulação com a amostra de validação	82
Tabela 13 - Resumo dos resultados encontrados nos testes de ferramentas de análise	88
Tabela 14 - Resultado do uso dos métodos no SAPC	94
Tabela 15 - Resultado da procedência de cada ferramenta	95

SUMÁRIO

1 –	INTRODUÇÃO	13
1.1	APRESENTAÇÃO	13
1.2	OBJETIVO GERAL	16
1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.4	JUSTIFICATIVAS	17
1.5	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	20
2 -	CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	21
2.1	INTRODUÇÃO	21
2.2	PERDAS NO SETOR	25
2.3	APRESENTAÇÃO DA COELBA	26
2.3.1	Conceitos	28
2.4	MATRIZ DE PERDAS	28
2.5	O PROCESSO DE ANÁLISE DAS PERDAS NÃO-TÉCNICAS	31
2.6	PROCESSO DE INSPEÇÃO	35
2.6.1	Quantidade de inspeções realizadas	36
2.6.2	Energia recuperada	37
2.6.3	Tempo médio de não utilização de viaturas	38
2.6.4	Fator de procedência	39
2.6.5	Custo unitário de inspeção	40
2.6.6	Fator de segurança	41
2.6.7	Fator de cordialidade e qualidade	41
2.6.8	Resultados e Conclusões	42
2.7	ESTRUTURA DE CUSTOS	45
2.8	TRAJETÓRIA REGULATÓRIA	47
2.9	SOLUÇÕES ADOTADAS NO SETOR ELÉTRICO	49
3 -	METODOLOGIA	55
3.1	INTRODUÇÃO	55
3.2	ESCOLHA DAS CLASSES DE ATIVIDADES	57
3.3	DEFINIÇÃO DA AMOSTRAGEM E DO SORTEIO	61
3.4	PARÂMETROS PARA CORRELAÇÃO	63
3.5	MÉTODOS E FERRAMENTAS DE ANÁLISE DE DADOS	65
3.5.1	Mineração de Dados (ou <i>Datamining</i>)	65
3.5.2	Análise Multivariada	66
3.5.3	Análise de componentes principais (PCA)	67
3.5.4	Redes neurais artificiais (RNA)	68
3.5.5	Lógica Fuzzy	70
3.5.6	Análise de Agrupamento (<i>Clustering</i>)	71
3.5.7	Análise Envoltória de Dados (<i>Data Envelop Analysis – Dea</i>)	72
3.5.8	Regressão Logística (RL)	73

4 -	ESTUDO DE CASO E SOFTWARE DESENVOLVIDO	76
4.1	FERRAMENTAS SELECIONADAS PARA TESTE DOS DADOS	77
4.1.1	Metodologia 1: “Análise de Consumo”	77
4.1.2	Metodologia 2: “Aplicação de RNA”	80
4.1.3	Metodologia 3: “Aplicação de LOGIT”	81
4.1.4	Metodologia 4: “Aplicação de DEA”	83
4.1.5	Metodologia 5: “Fronteira para Inspeção”	84
4.1.6	Considerações	87
4.2	DESCRIÇÃO DO SAPC	89
4.2.1	Métodos	90
4.2.2	Consulta	91
5 -	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	93
	REFERÊNCIAS	98
	APÊNDICES	104

1 - INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

Segundo Araújo (2006), recentemente cunhou-se o termo “perdas não-técnicas” para abranger não apenas perda de energia elétrica entregue, mas não faturada, como também para medir o impacto gerado pelas ligações clandestinas.

As perdas não-técnicas de energia elétrica, incluído o furto de energia, longe de representarem um problema localizado ou específico do Estado da Bahia são, sem dúvida, um dos maiores desafios das empresas distribuidoras de energia elétrica, não só do Brasil, mas do mundo (SEGER, 2002).

As variáveis que interferem ou que contribuem para uma escalada do furto de energia estão associadas a fatores externos às organizações, tais como: situação econômica do país, baixo nível de renda da população, taxa de desemprego, ocupação desordenada das grandes cidades, inércia na ação policial, falta de agilidade da justiça e percepção generalizada da população de que o furto de energia elétrica não é crime.

Essa crença, que existe em relação ao furto de energia elétrica, resulta do pouco conhecimento que a sociedade tem acerca dos malefícios que advêm para todos, como:

- a) Evasão de tributos para o Estado, acentuando a falta de recursos para aplicação em educação, saúde, segurança pública, transporte etc.;

- b) Comprometimento dos indicadores de continuidade, considerando que as ligações clandestinas na rede da concessionária provocam interrupções no fornecimento de energia;
- c) Concorrência desleal no mercado, na medida em que o fraudador pode vender o seu produto mais barato;
- d) Necessidades de investimentos no reforço do sistema, pressionando a elevação da tarifa, provocadas pelo fato do fraudador de energia elétrica não ter nenhum compromisso com a conservação e uso racional da energia elétrica, já que ao utilizar o artifício, não paga pelo consumo; e,
- e) Comprometimento do resultado da concessionária de energia elétrica, subtraindo recursos essenciais à manutenção e ampliação do sistema produtor de eletricidade.

As outras origens das perdas não-técnicas de energia elétrica estão associadas às falhas dos processos internos das concessionárias distribuidoras de energia elétrica, tais como: defeitos dos equipamentos de medição, erros de leitura, erros de faturamento, ligações executadas com erros, erros de cadastro etc.

Em irregularidade no uso de energia elétrica, existem apenas duas hipóteses de ocorrência, quais sejam:

- Antes dos equipamentos da medição; e,
- Nos equipamentos da medição.

Embora possa parecer simples, são vários os ardis utilizados para reduzir ou eliminar o faturamento correto do consumo de energia elétrica, dificultando a sua identificação por meio de inspeções rotineiras da concessionária.

Todos esses fatores impõem às empresas distribuidoras de energia elétrica a necessidade de adotar estratégias específicas cujo foco da principal ação é o combate às perdas não-técnicas de energia elétrica.

O grande desafio é reduzir essas perdas e garantir a efetividade das ações empreendidas para o seu bloqueio com um custo eficiente. Isso se refletirá na tarifa, visto que os consumidores serão beneficiados com as reduções de custos e com o incremento da eficiência operacional.

Como exemplo desse desafio pode-se citar que a COELBA, no último ano, realizou 93.934 (noventa mil novecentos e trinta e quatro) inspeções ao valor unitário de R\$196,38 (cento e noventa seis reais e trinta e oito centavos), totalizando um custo anual de R\$ 18.446.821,70 (dezoito milhões quatrocentos quarenta seis mil oitocentos vinte e um reais e setenta centavos) (DANTAS, 2006).

Foram encontradas perdas de energia elétrica em 28% das unidades consumidoras inspecionadas. Isso significa que 72% (setenta e dois) das ações direcionadas não atenderam ao objetivo estratégico de redução das perdas, provocando desperdício anual de recursos de R\$ 13.281.711,00 (treze milhões duzentos e oitenta e um mil setecentos e onze reais) (DANTAS, 2006).

Isso indicou uma oportunidade para estudos, visando o desenvolvimento de uma metodologia para a melhoria do percentual de procedência na identificação das unidades com perdas de energia não-técnicas, através de um projeto de pesquisa e

desenvolvimento da COELBA, realizado em parceria com a Universidade Salvador – UNIFACS, dentro dos programas de P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) da ANEEL, sob coordenação deste autor, designado pela COELBA.

Considerando o exposto anteriormente e a importância que o tema tem para os diversos segmentos da sociedade, este projeto se propõe a responder ao seguinte problema:

Como a procedência das inspeções pode contribuir para reduzir as perdas não-técnicas de energia elétrica com parâmetros de racionalidade econômica?

1.2 – Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma metodologia que possa contribuir para maximizar as procedências das inspeções e acelerar a redução das perdas não-técnicas.

1.3- Objetivos específicos

Buscando mecanismos para reduzir as perdas não-técnicas de energia elétrica, este trabalho visa alcançar os seguintes objetivos específicos:

- Melhorar substancialmente a procedência das inspeções;
- Reduzir o custo operacional; e,
- Aperfeiçoar a atuação das equipes de inspeção de combate às perdas.

Para atingir esses objetivos é necessário usar técnicas de inteligência artificial para, por meio de um sistema computacional, identificar as unidades com mais probabilidade de irregularidade na medição de energia elétrica.

1.4 - Justificativas

Segundo Tanure (2004),

O setor elétrico é capital intensivo, portanto, é relevante que os recursos, nele aplicados, sejam utilizados da maneira mais racional possível. No sistema elétrico, o uso racional implica em atender o máximo de carga com redes existentes, sem deixar de respeitar os parâmetros de qualidade, capacidade das redes, custos de perdas, energia não suprida, custo de manutenção e de operação, entre outros.

Ainda de acordo com Tanure (2004), pode-se dizer que o objetivo social das concessões de serviços públicos consiste em promover o atendimento à sociedade, considerando parâmetros de racionalidade econômica em sentido amplo. Assim sendo, o poder concedente deve impor às concessionárias restrições de atuação buscando garantir que, dentre outras imposições, os níveis de perdas, manutenção e operação sejam compatíveis com os custos de expansão das redes. Assim, as concessionárias devem atuar para que as perdas técnicas sejam inferiores ao custo de expansão do sistema e manter as perdas não-técnicas inferiores ao custo de combate ao furto de energia.

Para o investidor da concessionária, o objetivo é garantir o retorno sobre o capital investido. Assim, sempre que a limitação se tornar antieconômica, o concessionário atuará na expansão, na manutenção e operação do sistema elétrico, de forma que melhore as condições de lucratividade da concessão.

De acordo com Strauch (2002), no Brasil, em função das particularidades do sistema elétrico, o ente regulador trata as perdas de energia de forma distinta, diferenciando

a transmissão e a distribuição. Na transmissão, as perdas são assumidas pelas distribuidoras e geradoras, caracterizando-se como uma restrição, já que os custos são imputados a esses agentes. Para as distribuidoras, as perdas, dentro de certo patamar, são repassadas para a tarifa, o que mitiga a restrição antieconômica nas análises de investimento.

Ainda de acordo com Strauch (2002), do ponto de vista das concessionárias, otimizar as perdas significa dispor de uma maior quantidade de energia comprada para ser faturada e também melhorar a qualidade da energia entregue aos clientes. Para o agente regulador e para a sociedade em geral, a otimização das perdas representa a garantia de investimento na qualidade do produto, na manutenção do patrimônio da concessão e a modicidade tarifária.

Otimizar o uso do sistema elétrico deve ser encarado como objetivo e desafio permanente, seja para as distribuidoras, que buscam potencializar seus lucros, seja para o Agente Regulador, que deve redistribuir para os consumidores os ganhos de escala incorporados pelas concessionárias.

Segundo Eller (2003), uma das alternativas adotadas para minimizar o problema das perdas não-técnicas é um sistema criado pelo Grupo Rede, cuja afiliada é a empresa Centrais Elétricas do Pará (CELPA). O sistema é formado pela Caixa Padrão de Rede (CPREDE), fincada nos postes, e por um conjunto de *softwares*. Os *softwares* atuam basicamente no controle entre a energia comprada e a energia faturada.

Ainda de acordo com Eller (2003), esse padrão foi criado inicialmente para resolver o problema dos empregados da CELPA que tinham dificuldades para chegar até os

medidores para efetuar a leitura. Em 80% dos casos, os aparelhos ficavam dentro das residências. Os medidores foram então substituídos por aparelhos fixados nos postes, com o número da residência do consumidor e uma lente de aumento para propiciar a leitura de consumo.

Essa alternativa foi testada na COELBA e, segundo Dantas (2006), diferentemente do que ocorre na CELPA, mais de 95% dos medidores não ficam dentro das residências. Estão localizados no limite de propriedade das unidades consumidoras, com acesso permanente para obtenção da leitura. Ainda de acordo com Dantas (2006), as irregularidades na medição são feitas por apenas 8% dos clientes. Assim, a alternativa adotada acima tem custo elevado, considerando que 92% dos consumidores não apresentam irregularidade na medição.

Justifica-se assim o desenvolvimento de uma ferramenta computacional que, a partir de parâmetros e análise de históricos de consumo, direcione com o máximo de precisão as ações das equipes de inspeção.

Dessa maneira será possível alavancar o processo de redução das perdas, maximizar o seu resultado e, ao mesmo tempo, ganhar em produtividade das equipes, reduzir os custos operacionais e contribuir para modicidade tarifária.

A proposta aqui apresentada para a identificação das unidades com irregularidades não tem como propósito ser um método infalível de descobertas de fraudadores. É, na realidade, uma ferramenta que irá auxiliar a gestão da área de perdas, melhorar o

trabalho das equipes de inspeção e ajudar as concessionárias distribuidoras de energia elétrica na definição de metas de desempenho mais desafiadoras.

1.5- Organização do trabalho

Este trabalho foi assim estruturado:

Capítulo 1 – Apresenta os aspectos gerais, o objetivo principal, os objetivos específicos, as justificativas e a organização da dissertação.

Capítulo 2 – É descrita a caracterização do problema, destacando as perdas do setor e aspectos da regulação, além do histórico e a evolução do processo de redução das perdas de energia elétrica da COELBA. Há destaque do custo operacional envolvido e as alternativas adotadas pelo setor, na tentativa de reduzir as perdas não-técnicas.

Capítulo 3 – Neste capítulo é descrita a metodologia adotada e as ferramentas de inteligência artificial estudadas, detalhando de forma resumida cada uma delas.

Capítulo 4 – No conteúdo deste capítulo está descrito passo a passo o estudo de caso e o *software* desenvolvido, mostrando a funcionalidade do aplicativo.

Capítulo 5 – Neste capítulo faz-se a análise do resultado obtido e destaca-se o alcance dos objetivos específicos estabelecidos nesta dissertação, bem como as considerações e recomendações finais.

2 - CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

2.1 - Introdução

O índice de perdas (IPE) é o indicador utilizado para acompanhar as perdas de energia do setor elétrico. A Figura 1 apresenta o índice de perdas para as principais concessionárias do País.

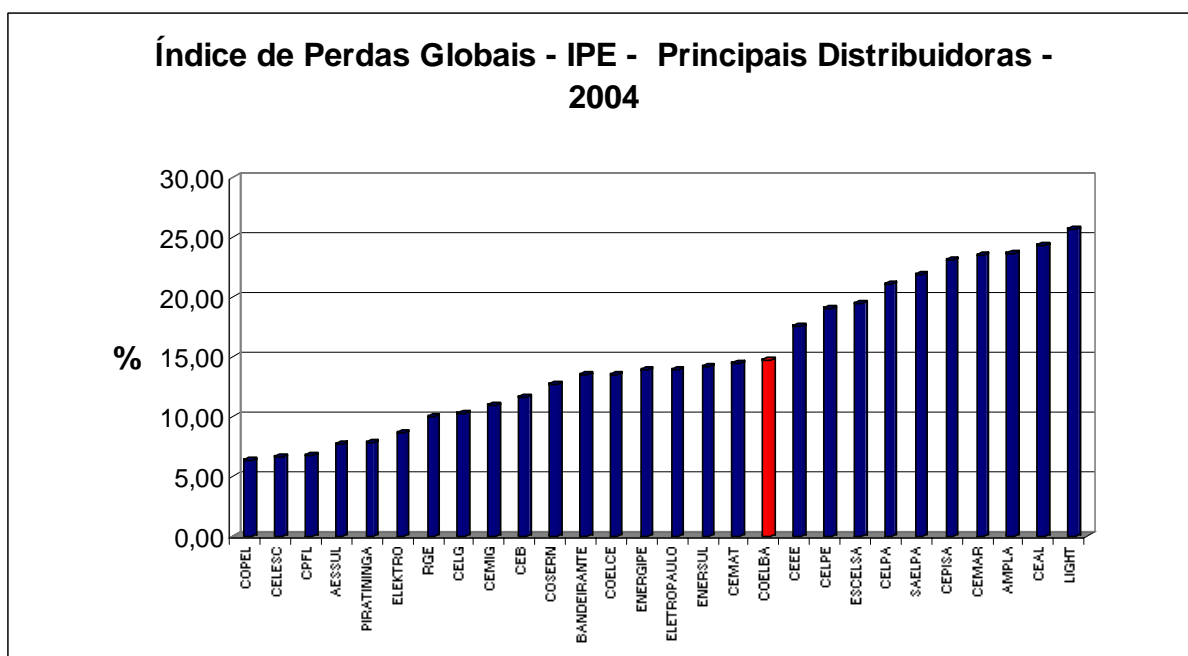


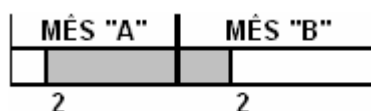
Figura 1 - índice de perdas globais Fonte: ABRADEE

Os três principais fatores que influenciam nas variações do índice mensal de perdas globais são:

- a) Defasagem entre as energias faturada e a requerida;
- b) Diferença entre os ciclos de leitura/faturamento e a quantidade de dias do respectivo mês; e,
- c) Ocorrências que contribuem para alteração do faturamento.

No caso do índice de perdas globais de 12 meses, acrescenta-se a esses fatores a perda mensal retirada da série histórica. Esse índice deverá ser o mais utilizado, pois minimiza os efeitos dos três fatores citados acima.

O fator defasagem se caracteriza pela não coincidência entre os períodos de compra e venda da energia. Citando-se como exemplo um consumidor lido e faturado no dia 2 de cada mês, tem-se:



O consumo que foi faturado no mês "B" foi quase todo consumido no mês "A", logo foi computado como energia requerida no mês "A". Portanto, quando calculamos o índice de perdas mensal comparando a energia requerida (medida) de um mês com a energia faturada, grande parte dessa energia foi efetivamente consumida no mês anterior.

Inserindo-se esse conceito no faturamento real da concessionária distribuidora de energia, pode-se inferir que quando a média diária da energia requerida aumenta ou diminui, o fenômeno da defasagem poderá ocorrer. Porém, tal fenômeno é de difícil mensuração, pois é mascarado pela variação do ciclo de faturamento, pelo incremento de consumidores e pela sazonalidade de grandes consumidores.

Para evitar tal efeito seria necessário que todos os consumidores fossem faturados no último dia do mês, o que, em função do sistema de coleta de leitura dos medidores hoje existente, é inviável.

Com relação ao segundo fator, a variação mensal das perdas é decorrente da diferença entre o número de dias da carga e o de faturamento do consumo. Por exemplo, a carga de janeiro é de 31 dias, já no processo de faturamento os consumidores tem faturamento médio de 30 dias. Em nível anual, essas diferenças são reduzidas.

No terceiro fator, o índice de perdas é afetado pelas retificações e ajustes de faturamento de meses anteriores e as flutuações estão associadas basicamente à qualidade do processo de faturamento da concessionária.

Entendido esses fatores, os esforços devem ser concentrados na perda não-técnica de energia elétrica, mais especificamente nas ações de redução de perdas.

Segundo Nunes (2000), as perdas não-técnicas são aquelas associadas à comercialização da energia fornecida ao usuário final. Existe uma parcela da energia que é produzida, transportada e fornecida, mas não é faturada, propiciando uma perda direta no faturamento.

As perdas não-técnicas podem ser analisadas em três grandes grupos:

a) Furto:

- Conexões clandestinas; e,
- Auto-reconexão.

b) Fraude:

- Manipulação dos equipamentos de medida, alterando o valor correto da sua precisão para valores inferiores aos reais.

c) Administração:

- Erros nos medidores;
- Erros de leitura;
- Erros de faturamento;
- Medições inadequadas ou não registradas no sistema de faturamento; e,
- Erros nas medições estimadas.

Há anos a COELBA intensifica as ações visando à redução das perdas não-técnicas. Privatizada em 1997, desde então a Empresa vem atuando mais efetivamente e reduzindo suas perdas, que naquele ano atingiu 17%, e foram reduzidas para 13% em meados de 2001. Porém, com o advento do racionamento, as perdas voltaram ao patamar superior ao de 1997, atingindo, ao final de 2002, o índice de 17,09%. A principal justificativa para tal elevação se deve à tentativa dos consumidores que, para fugir da sobretaxa ou obter o bônus pela redução de consumo, optaram por fazê-lo utilizando de artifícios ilícitos (ALMEIDA, 2002).

Ante essa constatação e considerando a especificidade da área de concessão da COELBA, onde há grande número de consumidores e grande dispersão, é muito difícil e oneroso realizar inspeção técnica nas mais de 3.800.000 (três milhões e oitocentos mil) unidades de consumo.

Para esse fim, é necessário o auxílio de ferramentas que maximizem a procedência das inspeções e direcionem corretamente as ações de combate às perdas para o foco do problema.

2.2 – Perdas no setor

De acordo com a Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica (ABRADEE), há dez anos, 12% de toda energia produzida no Brasil era perdida; em 2005, esse percentual alcançou 16% (KELMAN, 2005).

Ainda de acordo com a ABRADEE essa perda é equivalente a toda energia requerida pelas Centrais Elétricas de Santa Catarina - CELESC, acarretando perdas financeiras anuais de mais de R\$ 5.000.000.000,00 (cinco bilhões de reais). Valor este, superior a 30 vezes o roubo do Banco Central no Ceará (KELMAN, 2005).

Esses recursos constituem numa evasão de receita muito representativa e contribuem, segundo a ABRADEE (2004), para elevar entre 2% e 3% a tarifa média no Brasil. Na Bahia, de acordo com a ANEEL (2005), o impacto na tarifa alcança 6,12%. Esse impacto compromete a competitividade do Estado, já que a energia elétrica é insumo básico do desenvolvimento econômico e social.

2.3 – Apresentação da COELBA

A Cia. de Eletricidade do Estado da Bahia (COELBA), constituída em 28 de março de 1960, é uma concessionária distribuidora de energia elétrica que atende a 415 dos 417 municípios existentes no Estado. A sua área de concessão alcança 563.374 km², e possui as seguintes características (Fonte: COELBA, dados referentes a dezembro/2005):

Nº total de consumidores:	3.844.438
Nº de consumidores residenciais:	3.287.769
Mercado próprio em 12 meses:	10.261 GWh
Perdas globais em 12 meses:	1.926 GWh

A trajetória das perdas de energia elétrica foi impactada por fatores internos e externos afetando seu perfil de forma significativa. Privatizada em 1997, o programa de redução das perdas, desde então, foi bastante intensificado.

Na época da privatização, o índice de perdas globais anualizado alcançava 17,28%. Até aquele momento era o segundo maior na história da COELBA. Naquela época, a perda estava espalhada por todo o Estado, com comunidades inteiras sem medição e ligadas clandestinamente. A cultura da fraude estava muito enraizada em um mercado muito disperso. Para fazer frente a essa conjuntura, a COELBA concentrou esforços para o desenvolvimento de metodologia, procedimentos e controles, com ênfase na regularização de ligações clandestinas, instalações de medição e inspeções. Em dezembro/1999, o índice de perdas atingiu 14,98% (DANTAS e outros, 2005).

A estratégia adotada até então mostrou-se ineficaz, sendo necessário a implementação de novos procedimentos e conceitos para combater as perdas, fundamentados em:

- Estrutura organizacional por processo, tendo como premissa a fusão do planejamento e da execução ao combate às perdas, propiciando que as estratégias e recursos fossem geridos integralmente e com ganhos de sinergia; e,
- Mudança de paradigma: as inspeções nas medições dos clientes passaram a ser realizadas por um investigador, que analisa minuciosamente cada medição. Com isso, novas formas de irregularidade foram identificadas e sua propagação estancada.

Essa nova estratégia se refletiu no índice de perdas globais, que atingiu 13,63%, em dezembro/2000. (DANTAS e outros, 2006).

Com o advento do racionamento de energia elétrica em junho/2001, o cenário foi alterado e houve inversão na tendência da curva do índice de perdas, atingindo no final de 2001 a marca de 14,15%. A causa principal atribuída para esse resultado foi a instituição do bônus e da sobretaxa, adotados como modelo para o racionamento. A corrida para obtenção do benefício do bônus e a fuga da sobretaxa incentivou a proliferação de fraudes nas medições de consumidores e o aumento das ligações clandestinas. Surgiram quadrilhas especializadas em tecnologia de fraude (DANTAS e outros, 2006).

Outro aspecto importante constatado foi a implantação da tarifa social para clientes de baixa renda, que favoreceu essas quadrilhas na oferta de artifícios irregulares para redução do consumo e obtenção da referida tarifa (DANTAS e outros, 2006).

Ante esse cenário, para que o processo de redução das perdas obtivesse a mesmo desempenho do período anterior ao racionamento era necessária a incorporação de novos procedimentos e ferramentas, objetivando obter o máximo da relação custo x benefício. Melhorar a procedência das inspeções é uma componente prioritária dessa busca.

2.3.1 Conceitos

Inspeção – Chama-se inspeção a vistoria técnica realizada no padrão de entrada da unidade consumidora visando:

- Detectar a precisão e possíveis defeitos dos equipamentos de medição;
- Detectar fraudes e/ou desvios de energia; e,
- Verificar erros de ligação.

Procedência das inspeções - Entende-se como procedência das inspeções o percentual obtido entre o número de inspeções detectadas com irregularidade e o total de inspeções enviadas a campo para verificação.

2.4 - Matriz de perdas

Para conseguir uma melhora na procedência das inspeções é necessário conhecer como, nos segmentos do mercado de energia elétrica, estão distribuídas as perdas não-técnicas.

Com esse objetivo a COELBA desenvolveu uma metodologia própria de diagnóstico das perdas não-técnicas de energia elétrica, cujo produto principal é a matriz de perdas.

A matriz de perdas procura hierarquizar a distribuição das perdas comerciais dentro das diversas classes de consumidores. Com isto é possível identificar, por exemplo, que tipo de perda é mais significativo no segmento de consumo residencial, e se essas perdas estão associadas à falha de medição, fraude, ligação clandestina etc.

Segundo Dantas e outros (2006), a matriz de perdas otimiza os recursos das empresas distribuidoras de energia elétrica, na medida em que é possível quantificar as perdas comerciais e, sobretudo, contribuir para o melhor direcionamento das ações.

A matriz de perdas está estratificada em quatro grandes causas:

- a) Ligações clandestinas: ligações feitas por clientes que nunca foram regulares;
- b) Consumidores auto-religados: ligações feitas por clientes regulares após ação de suspensão do fornecimento de energia;
- c) Iluminação pública: erros de faturamento devido a cadastro desatualizado e defeitos em relés fotoelétricos; e,

- d) Consumidores cadastrados e regularmente ligados ao sistema: fraudes ou defeitos na medição e erros de faturamento.

A matriz traz uma série de vantagens para o gestor de redução de perdas. Segundo Dantas (2006), as principais são:

- Estabelecer planos de ação para eliminação dessas causas e melhorar o direcionamento das ações para o foco;
- Otimizar recursos humanos e financeiros, por meio da estimativa dos recursos necessários para cada causa levantada;
- Elaborar orçamentos de custeio e investimento mais precisos, e,
- Acompanhar o resultado das ações de forma estratificada, ou seja, para cada causa levantada.

Com base nesse estudo, as perdas não-técnicas da Cidade de Salvador estão estratificadas, conforme quadro 1 abaixo:

MATRIZ DA PERDA COMERCIAL NO MUNICÍPIO DE SALVADOR

Classes	Irregularidades na medição						Ligação clandestina		Iluminação pública	
	Grupo B		Grupo A		Auto-religação		Qtde de ligações	Perda em 12 meses (MWh)	Qtde de pontos com perda	Perda em 12 meses (MWh)
	Qtde de clientes com perda	Perda em 12 meses (MWh)	Qtde de clientes com perda	Perda em 12 meses (MWh)	Qtde de clientes com perda	Perda em 12 meses (MWh)				
Residencial	111.934	140.544	6	176	44.535	70.446	12.122	12.249	2.338	1.366
Comercial	4.923	9.896	18	6.171	1.548	8.773				
Industrial	97	900	6	202	58	835				
Poder público	61	728	3	1.135	1	25				
Serv. público	0	0	2	705	0	0				
Rural	0	0	0	0	0	0				
Cons. próprio	0	0	0	0	0	0				
Total	117.015	152.068	35	8.389	46.142	80.079				
Valor total da perda comercial (12 meses) = 254.151 MWh										

Quadro 1. Matriz de Perdas. Fonte: COELBA (2005)

O resultado dessa matriz demonstra de forma sintética quais são as causas das perdas e em quais classes de atividade estão distribuídas. Esse resultado revela a real dimensão do problema e pressiona a gestão da COELBA para adoção de medidas para reduzi-las.

A partir dessa matriz o desafio é identificar as unidades, nos seus diversos segmentos de atividade, que tenham irregularidade na medição. Identificar essas unidades é um problema relevante, dado o montante de recursos envolvidos com esse objetivo e a limitação das ferramentas existentes no processo de análise.

2.5 – Processo de análise das perdas não-técnicas.

Dadas as similaridades das redes de distribuição de energia elétrica e considerando, como já descrito na introdução deste trabalho, a existência de apenas duas hipóteses de ocorrência de irregularidade no uso da energia elétrica, o processo de análise das concessionárias distribuidoras para detectar essas irregularidades normalmente segue os mesmos critérios e parâmetros.

Pesquisando o processo de análise das perdas não-técnicas da COELBA, constatou-se que a programação das inspeções, em cada unidade territorial do Estado da Bahia, é elaborada pelo analista de perdas, principal responsável pela escolha das unidades a serem inspecionadas. A execução do seu trabalho requer a ordenação de várias informações para gerar as inspeções.

Esse ordenamento, desagregado por origem da informação, distribui as inspeções previstas e indicadas pelos sistemas de faturamento, medição, leitura, denúncias,

campanhas e automáticas, que foram aceitas pelo analista, considerando as áreas a serem realizadas, os roteiros otimizados e a relevância do potencial de mercado a ser recuperado. Além destas, deverão ser incluídas aquelas selecionadas pelo analista, com base nas informações levantadas na pesquisa de perdas comerciais, nos resultados das inspeções realizadas em períodos anteriores e nas informações dos inspetores.

De acordo com Santos (2006) a COELBA classifica a geração das inspeções em:

- a) Automáticas – geradas automaticamente pelo sistema de controle de inspeções, contemplando unidades reincidentes, unidades trifásicas com reduções no consumo médio, unidades desligadas com indicação de auto – religação e unidades bifásicas e trifásicas com indicação pelo leiturista de ocorrência de irregularidade ou fraude;
- b) Denúncias – informações prestadas por pessoas externas à Empresa por meio do serviço de atendimento;
- c) Medição – inspeções periódicas, definidas a partir de uma política da função medição, com base nas características do sistema de medição das unidades, ou em estatísticas de desempenho dos equipamentos;
- d) Campanha – Gerada a partir de estudos feitos pelos analistas para segmentos específicos de mercado, como padarias, fábricas de gelo, hotéis, restaurantes, dentre outros, tem como objetivo identificar as unidades com maior potencial de recuperação de energia elétrica. É também gerada a partir de parâmetros preestabelecidos no sistema de controle das inspeções;

- e) Faturamento: realizado a partir de indicações do responsável pelo faturamento, podendo incluir as unidades com vários registros de consumo mínimo ou médio, aquelas com consumo incompatível com a carga cadastrada ou com a demanda lida, ou ainda, a partir das informações do entregador de contas;
- f) Pré-seleção: solicitada pelo analista de perdas, utilizando a pesquisa como ferramenta, considerando ainda a incidência de irregularidades em determinadas áreas ou atividades e as informações fornecidas pelos inspetores; e,
- g) Aleatórias – Geradas aleatoriamente pelo sistema de controle de inspeção, por solicitação do analista, com o objetivo de avaliar determinadas áreas ou atividades.

Essa classificação é mais abrangente do que uma mera seleção baseada apenas na queda de consumo das unidades consumidoras, por englobar o acompanhamento do índice de acerto correspondente a cada critério e subsidiar a programação seguinte. Com isso, a realização das inspeções mensais programadas proporcionará o acúmulo de informações acerca das irregularidades de maior probabilidade em cada uma das áreas territoriais.

A figura 2 demonstra a evolução do processo de análise da COELBA, que propiciou uma melhoria no índice de procedência das inspeções de aproximadamente 16,1% em 1999, alcançando, em 2005, a média de 28%.

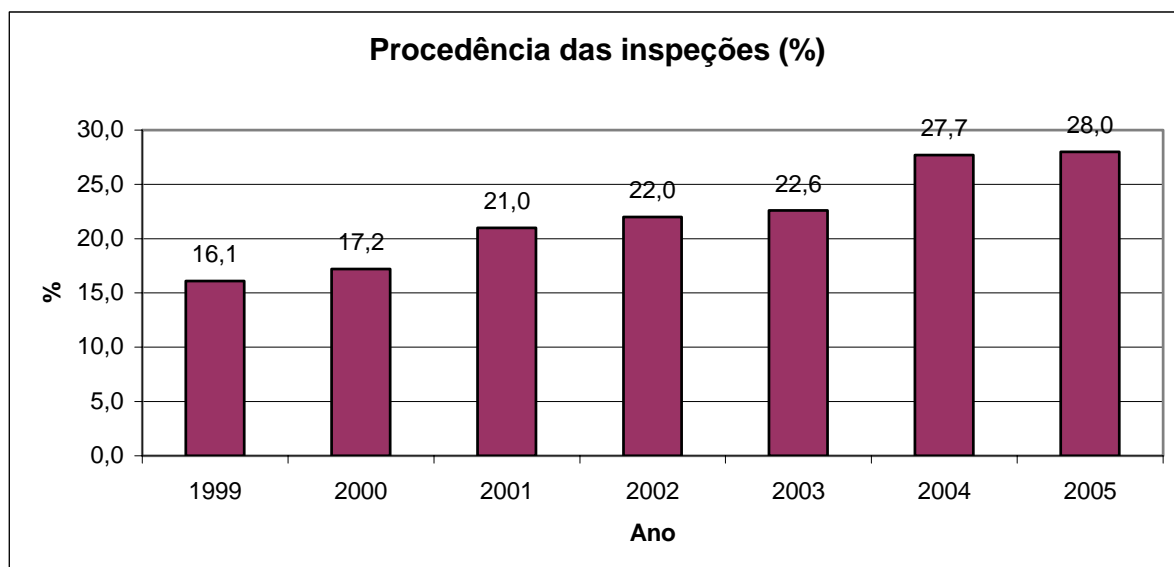


Figura 2 – Percentual de inspeções com irregularidade na medição. Fonte : COELBA

Não somente o índice de procedência, mas os GWh recuperados apresentam crescimentos significativos, conforme pode ser visto na figura 3:

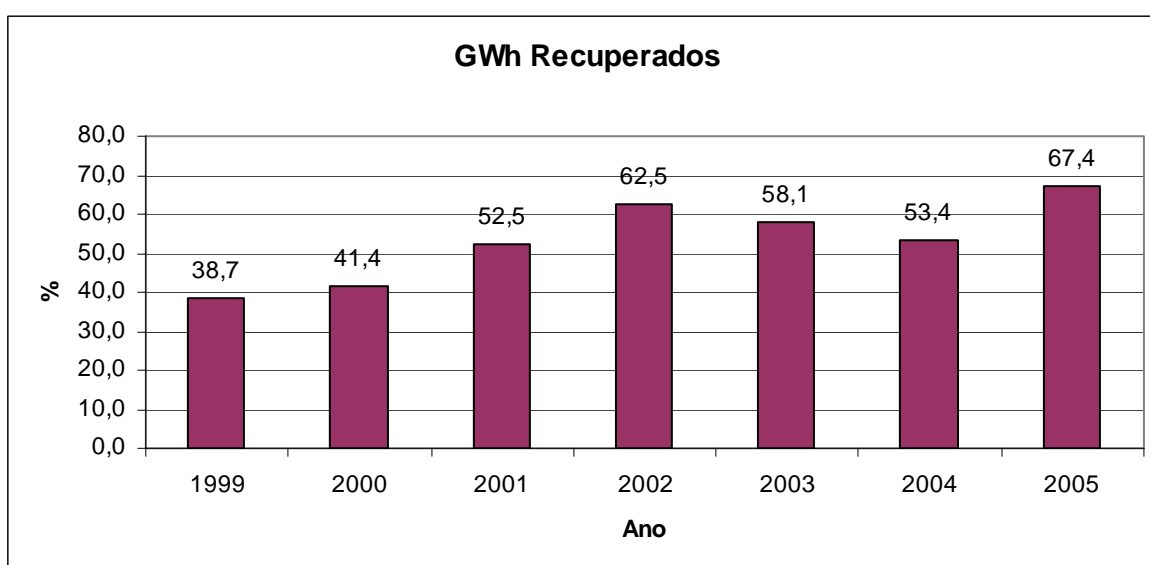


Figura 3- Energia recuperada através da inspeções detectadas com irregularidade na medição. Fonte : COELBA

Em que pese a concessionária aproveitar a sinergia dos seus processos internos na obtenção de dados e informações que possibilitem, no seu processo de análise, direcionar de forma mais acertada as inspeções para as unidades consumidoras com indicativo de irregularidade, o melhor desempenho adquirido alcançou 28%.

2.6 – O processo de inspeção

Dadas as dificuldades operacionais para identificar os ardis inseridos nos sistemas de medição, para obter êxito na materialização das irregularidades é imprescindível que as equipes de inspeção ajam com inteligência e busquem o melhor desempenho operacional.

Em função disto a COELBA criou uma metodologia própria que apura o desempenho das equipes de inspeção, tendo como principais componentes de avaliação a produtividade, a redução de custos, a segurança e satisfação do cliente.

Nas perspectivas da produtividade e redução de custos, as equipes devem buscar a realização da maior quantidade de inspeções, com o maior volume de energia recuperada e dentro do menor custo possível.

A satisfação do cliente como item da avaliação não permite ao inspetor executar o seu trabalho buscando apenas produzir maior número de inspeção sem pensar nos direitos do cliente. O inspetor tem conhecimento de que, ao executar o seu trabalho, a forma como aborda e trata o cliente pode afetar o processo de reclamação e de contencioso jurídico, comprometendo a imagem da Empresa e afetando o nível da tarifa.

Na perspectiva do processo interno, o inspetor deve, dentro do roteiro estabelecido para execução das inspeções previstas, procurar outras unidades com potencial de recuperação de energia que, em função das deficiências de cadastro, tenham escapado aos critérios de análise.

As equipes têm conhecimento das estratégias empresariais e sabem que são cobradas por isto. Em função da dimensão do aprendizado e crescimento, sabem que o resultado individual não tem valia se não atingir o objetivo global. Isto faz com que haja um intercâmbio permanente das práticas e conhecimentos adquiridos pelas diversas equipes.

Os resultados são acompanhados mensalmente, e as equipes são premiadas quadrimestralmente e anualmente, após avaliação dos indicadores demonstrados a seguir.

2.6.1 – Quantidade de inspeções realizadas

Esse indicador quantifica as inspeções mensais realizadas por cada equipe em cada quadrimestre e compara com as metas mensais a serem atingidas. Os valores mensais são cumulativos e são obtidos pela seguinte equação:

$$IE = \frac{QIA}{QMA} \quad (1)$$

Onde: IE = quantidade mensal média de inspeções realizadas por equipe.

QIA = quantidade de inspeções realizadas acumuladas até o mês por equipe.

QMA = quantidade de meses acumulados no quadrimestre por equipe.

Os valores previstos são fixados no início de cada ano e calculados com base nos objetivos organizacionais, características específicas de cada Região, quantidade de integrantes da equipe (dupla ou simples) e tensão de fornecimento (grupo A ou B).

Na tabela 2 estão exemplos de metas estabelecidas para 2005.

	SUFICIENTE	BOM	MUITO BOM	EXCELENTE
IE - Inspeções realizadas por equipe / mês (un)	60	70	80	90
ME - Energia recuperada por equipe / mês (MWh)	37,74	41,51	45,66	49,81
TP - Tempo permanência veículo (minutos/dia)	60	45	30	15
CMPI - Custo / Inspeção (R\$)	185,55	169,86	154,17	138,48

Tabela 2. Metas previstas para equipe (dupla – grupo B) na Região Metropolitana de Salvador.
Fonte: Dantas (2006)

2.6.2 - Energia recuperada

Esse indicador quantifica a energia recuperada mensal em cada equipe por quadrimestre, e compara com as metas mensais a serem atingidas. Os valores mensais são cumulativos e obtidos pela seguinte equação:

$$ME = \frac{ERA}{QMA} \quad (2)$$

QMA

Onde: ME = valor mensal médio da energia recuperada por equipe (MWh).

ERA = valor da energia recuperada até o mês por equipe (MWh).

QMA = quantidade de meses acumulados no quadrimestre.

Os valores previstos são fixados no início de cada ano e calculados com base nos objetivos organizacionais, características específicas de cada Região, quantidade de integrantes da equipe (dupla ou simples) e tensão de fornecimento (grupo A ou B). Na tabela 2 estão exemplos de metas estabelecidas para 2005.

2.6.3 – Tempo médio de não utilização de viaturas

Esse indicador quantifica as médias aritméticas diárias do tempo de permanência do veículo no pátio, em dias úteis, em cada quadrimestre, e compara com as metas a serem atingidas. Esse indicador visa motivar o colaborador a planejar suas atividades e a ser pontual. Esse tempo é tomado pelo sistema de controle de veículos na portaria do prédio. Os valores são obtidos pela seguinte equação:

$$TP = \frac{TPA}{QMA} \quad (3)$$

Onde: TP = tempo médio diário de permanência de veículo no pátio por equipe (minutos).

TPA = soma dos tempos de permanência de todos os dias úteis até o mês por equipe (minutos).

QMA = quantidade de dias úteis acumulados no quadrimestre.

Os valores previstos são fixados com base no histórico de anos anteriores. Na tabela 2 estão exemplos de metas estabelecidas para 2005.

2.6.4 - Fator de procedência

O fator de procedência incorpora à metodologia o percentual de acerto mensal da equipe em cada quadrimestre e compara com as metas mensais a serem atingidas.

O percentual de acerto é obtido pela seguinte equação:

$$PA = \frac{QIEP}{QIE} \times 100 \quad (4)$$

Onde: PA = percentual de acerto por equipe (%).

QIEP = quantidade de inspeções espontâneas com perda acumuladas até o mês por equipe.

QIE = quantidade de inspeções espontâneas realizadas acumuladas até o mês por equipe.

A inspeção espontânea é a inspeção que não foi previamente programada e é realizada por iniciativa da própria equipe, dentro do roteiro previsto. Cada equipe deverá realizar, no mínimo, 20 inspeções espontâneas por mês. O fator de procedência é obtido na tabela 1.

Qtde mensal	% acerto	FATOR PRO
≥ 20	≥ 50,0	1,000
	49,9 - 44,0	0,975
	43,9 - 37,0	0,950
	36,9 - 30,0	0,925
	< 30,0	0,900
< 20	qualquer	0,800

Tabela 1. Valores do fator de procedência Fonte: Dantas (2006)

Esse fator é aplicado à pontuação final da equipe. Para que uma equipe assegure essa pontuação (Fator PRO = 1,00) é necessário realizar 20 ou mais inspeções espontâneas por mês e obter um percentual de procedência mínimo de 50%.

2.6.5 – Custo unitário de inspeção

Esse indicador quantifica o custo médio unitário de inspeção, levando em consideração apenas as principais despesas que podem ser gerenciadas pelo inspetor. Não são incorporados outros custos inerentes às atividades de apoio, supervisão e regularização. Os valores mensais são obtidos pela seguinte equação:

$$\text{CMPI} = \frac{\text{CMV} + \text{CV} + \text{CMO}}{\text{QIA}} \quad (5)$$

Onde: CMPI = custo médio unitário de inspeção por equipe (R\$)

CMV = custo de manutenção do veículo até o mês por equipe (R\$)

CV = custo de viagens até o mês por equipe (R\$).

CMO = custo de mão-de-obra até o mês por equipe (R\$)

QIA = quantidade de inspeções realizadas acumuladas até o mês por equipe.

Os valores previstos são fixados com base no histórico de anos anteriores.

Na tabela 2 estão descritos os valores de meta para os resultados (suficiente, bom, muito bom e excelente) pactuados em 2005 para uma equipe dupla, que inspeciona consumidores do grupo B, na Região Metropolitana de Salvador. Essa equipe, para

atingir o conceito excelente nesses indicadores, deverá realizar, no mês, um mínimo de 90 inspeções, recuperar um mínimo de 49,81 MWh, a um custo unitário máximo de R\$138,48 (no custo é considerada apenas a parte que está sob gestão da equipe), além de não permanecer com o veículo no pátio por mais de 15 minutos por dia útil.

2.6.6 – Fator de segurança

O fator de segurança incorpora à metodologia a necessidade de utilização dos equipamentos de segurança e a importância de se evitar acidentes. Acidente com afastamento, ocorrido com qualquer membro da equipe, elimina automaticamente a equipe da premiação do quadrimestre.

2.6.7 – Fator de cordialidade e qualidade

O fator de cordialidade e qualidade incorpora à metodologia a satisfação do cliente, a cordialidade e a qualidade do serviço no ato da inspeção. Esse indicador é calculado pela aplicação quadrimestral de pesquisas de satisfação, realizadas por meio de entrevistas de coordenadores com clientes sorteados aleatoriamente, em cujos resultados de inspeção não foram encontradas irregularidades com perda. A pesquisa pontua a inspeção entre 0 e 100 pontos, conforme tabela 3 abaixo:

PONTUAÇÃO		FATOR CQ
81-100	EXCELENTE	1,00
61-80	BOM	0,95
41-60	REGULAR	0,90
21-40	RUIM	0,70
0-20	PÉSSIMO	0,50

Tabela 3. Valores do fator de cordialidade e qualidade Fonte: DANTAS (2006)

O fator CQ é aplicado à pontuação final da equipe. Para que uma equipe assegure a pontuação obtida, esse fator deve alcançar 1,00. (Fator CQ = 1,00). Para tanto, a sua pontuação na pesquisa deve ser maior ou igual a 81 pontos.

2.6.9 – Resultados e Conclusões

Todos esses indicadores e fatores são calculados com dados extraídos dos sistemas corporativos, comparados com os valores previstos e pontuados por meio dos conceitos insuficiente, suficiente, bom, muito bom e excelente, conforme tabelas 4 e 5.

CPPI - Custo parcial médio/Inspeção	200
IE - Inspeções por equipe/mês	150
ME - MWh recuperado/equipe	550
TP - Tempo perm. veículo	100
Fator de qualidade	0,50 - 1,0
Fator de segurança	0,90 - 1,0
Fator de procedência	0,90 - 1,0

Tabela 4. Pontuação máxima dos indicadores e faixas dos fatores Fonte: DANTAS (2006)

	Excelente	Muito bom	Bom	Suficiente	Insuficiente
CPPI	200	174	144	108	78
IE	150	131	108	81	59
ME	550	479	396	297	215
TP	100	87	72	54	39
Total	1000	870	720	540	390

Tabela 5. Pontuação dos indicadores em todos os conceitos Fonte: DANTAS (2006)

Como exemplo, podemos citar os resultados de uma determinada equipe:

CPPI = excelente (200 pontos)

IE = muito bom (131 pontos)

ME = excelente (550 pontos)

TP = bom (72 pontos)

Fator CQ = 1,00

Fator SEG = 1,00

Fator PRO = 0,95

A pontuação final será a soma dos pontos (953 pontos) multiplicada pelos fatores (1,00 X 1,00 X 0,95), resultando em 905 pontos.

A ordenação decrescente das pontuações das equipes define a classificação e as premiações. Os resultados são divulgados mensalmente e as equipes classificadas em 1º lugar nas respectivas regionais são premiadas quadrimestralmente e anualmente.

Essa nova metodologia foi implementada na COELBA no início de 2004 e resultou em aumento da energia recuperada por equipe, aumento da satisfação do cliente e redução do custo médio de inspeção (exclusive o custo de pessoal), conforme evoluções demonstradas nos gráficos 1, 2 e 3.

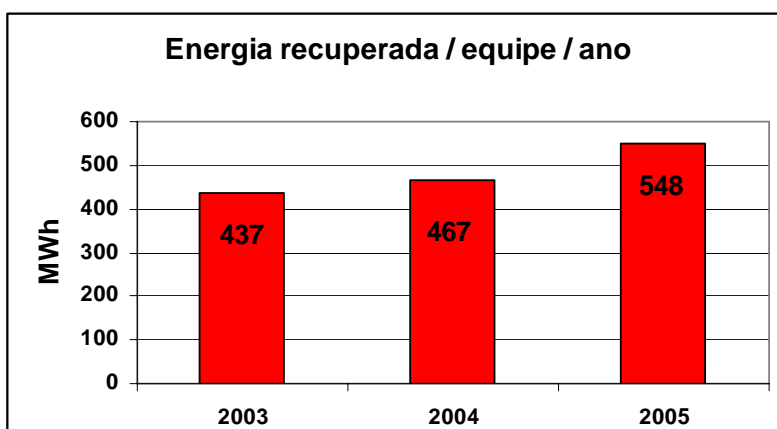


Gráfico 1: Evolução da energia recuperada por equipe / ano. Fonte: DANTAS (2006).

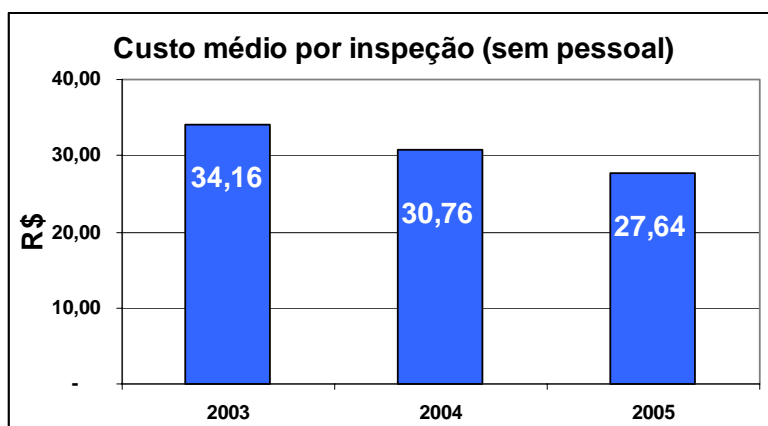


Gráfico 2: Evolução do custo médio por inspeção (sem pessoal) Fonte: DANTAS (2006)

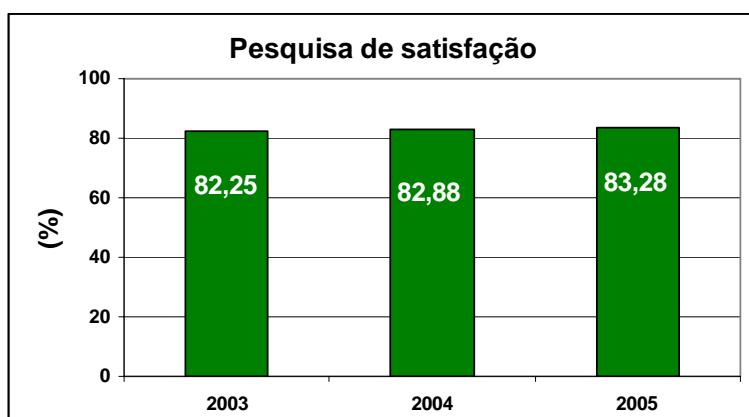


Gráfico 3: Evolução da pesquisa de satisfação do consumidor Fonte: DANTAS (2006)

A comparação dos resultados obtidos nos anos 2003 e 2005 indica elevação de 25,4% na energia recuperada por equipe, redução de 19,1% no custo de inspeção e aumento de 1,3% na satisfação dos clientes.

O modelo de avaliação implantado, além dos benefícios diretos para a redução das perdas de energia elétrica, tornou-se para a organização um aprendizado muito importante na implantação do planejamento estratégico, já que é o primeiro processo onde o desdobramento das metas se dá até o nível de colaborador.

Essa ferramenta avalia a qualidade intrínseca das inspeções, incentiva a criatividade e produtividade, contribuindo para a melhoria dos processos internos. Verifica-se,

com o modelo adotado, que equipes motivadas e alinhadas com as estratégias empresariais constituem um grande diferencial na difícil missão de redução de perdas comerciais.

A estruturação desses indicadores demonstra a busca da COELBA em melhorar permanentemente o processo de redução das perdas. No entanto, a variável procedência das inspeções somente foi incorporada em maio de 2006. Essa decisão revela que o percentual de procedência das inspeções é fundamental para o combate as perdas e que há espaço para melhoria do indicador, sobretudo pelo custo envolvido.

2.7 - Estrutura de Custos

O custo unitário por inspeção é um indicador preponderante para a tomada de decisão gerencial, sobretudo na adoção de medidas que impactem fortemente na reversão das perdas.

De acordo com pesquisa realizada nos dados disponibilizados pela COELBA (2005), a estrutura de custo incorpora todos os componentes diretos e indiretos associados à realização das inspeções e está assim constituída:

DESCRIÇÃO	CUSTO (R\$)	%
Custo com Pessoal	14.807.670,70	80,27
Orçamento de Custeio	2.847.367,00	15,44
Veículo	232.711,32	1,26
Ferramental e Equipamentos	77.072,68	0,42
Fardamento e EPI	100.000,00	0,54
Equipamento de Informática	22.000,00	0,12
Sistemas Corporativos	120.000,00	1,30
Total	18.446.821,70	100,00

Quadro 2: Composição do custo do processo de inspeção Fonte: COELBA (2005)

Ainda de acordo com os dados fornecidos pela COELBA, no exercício de 2005 foram realizadas, em todo o Estado da Bahia, 93.934 inspeções. Tomando como base essas inspeções e o custo global acima incorrido, o custo unitário por inspeção alcançou o valor unitário de R\$ 196,38 (cento e noventa seis reais e trinta oito centavos).

Considerando o índice de procedência das inspeções verificado em 2005 e os custos acima incorridos, há um desperdício anual da ordem de R\$ 13.281.711,00 (Treze milhões duzentos e oitenta e um mil, setecentos e onze reais).

A relevância desse custo no processo de inspeção impõe à concessionária uma busca permanente da melhoria do índice de procedência das inspeções e de um volume maior de energia recuperada, sobretudo com o estabelecimento, pela ANEEL, de uma “trajetória regulatória” para perdas, definindo-se uma curva decrescente que estimule a distribuidora a gerenciar sua redução progressiva.

2.8 - Trajetória regulatória

As perdas de energia elétrica, em função do impacto financeiro na receita das distribuidoras, com óbvias conseqüências nas tarifas cobradas dos consumidores, vêm exigindo atenção especial do órgão regulador.

A estrutura da tarifa de energia elétrica é composta de impostos e de duas parcelas, normalmente chamadas no setor de Parcela "A" e Parcela "B". Na parcela "A" estão as componentes de custos cuja gestão não depende diretamente da concessionária. Os principais custos incluídos nessa parcela são encargos do setor, geração e transmissão de energia. Na parcela "B" os principais componentes de custos são remuneração do capital e dos investimentos, operação e manutenção do sistema e perdas de energia.

É entendimento da ANEEL, conforme conteúdo da nota técnica 052/2003 (ANEEL, 2003), que embora as concessionárias não controlem os custos da parcela "A", já que as condições e restrições da legislação vigente limitam a capacidade das concessionárias de negociar preços, elas possuem forte capacidade de gerenciar as perdas de energia elétrica. E essas perdas influem na quantidade de energia elétrica comprada considerada no cálculo da parcela "A". Como efeito, a quantidade de energia de vendas das distribuidoras adicionada com as perdas incorridas desde a geração até os pontos de consumo é incluída na parcela "A".

Segundo Araújo (2006), do ponto de vista comercial, as ações do regulador visam aprimorar as relações de consumo entre as distribuidoras de energia elétrica e os

consumidores, sendo uma das linhas mestras de atuação o combate ao desvio e à fraude no consumo. Merecem destaque os seguintes pontos:

a) Medição

- Regulamentar a instalação de medidores de consumo eletrônico;
- Estudar a possibilidade de cobrança antecipada do consumo de energia elétrica (pré-pago);
- Aprimorar os procedimentos de gestão da medição.

b) Programa de Eficiência Energética

- Direcionar os recursos destinados aos programas de eficiência energética para pesquisa de procedimentos que dificultem o desvio de energia.

c) Combate à fraude no consumo de energia elétrica;

- Estimular a troca de experiências entre as distribuidoras, visando à melhoria de gestão;
- Revisar os critérios para estabelecimento do montante de energia efetivamente fraudado.
- Propiciar a interação entre os agentes do setor de distribuição de energia elétrica e as autoridades policiais, Ministério Público e o Poder Judiciário para fortalecer o combate à fraude no consumo de energia elétrica e ao desvio de energia;
- Esclarecer a sociedade sobre os impactos financeiros nas tarifas de energia elétrica decorrentes do consumo irregular;
- Preparar campanha nacional de combate ao furto de energia; e

- Disseminar, no interior da própria agência reguladora, o conceito da importância do combate às perdas não-técnicas da distribuição de energia elétrica, na busca de unificação de discurso e de procedimentos para a gestão do tema.

Ante esse contexto e considerando ainda que a ANEEL tenha como função reguladora prezar pela qualidade dos serviços e pela modicidade tarifária, entende-se que é fundamental definir um tratamento regulatório para as perdas de energia elétrica.

Assim sendo, as concessionárias serão obrigadas a melhorar a eficácia do seu processo de redução das perdas, adotando soluções que assegurem a efetividade das ações de combate dessas perdas e garantam o retorno do investimento.

2.9 – Soluções Adotadas no Setor Elétrico

De acordo com Araújo (2006), para combater as perdas não-técnicas de energia elétrica as concessionárias distribuidoras vem adotando uma série de soluções. Entretanto, a experiência demonstra a impossibilidade de aplicação de soluções únicas pelos respectivos agentes econômicos, até mesmo dentro da área de concessão das empresas, o que se deve não apenas a fatores físicos, mas, principalmente, à enorme diversidade cultural, social e econômica da sociedade brasileira. Esse panorama sugere a necessidade de construção de soluções criativas e diferenciadas por parte das distribuidoras.

Ainda segundo Araújo (2006), de forma sintética, essas são algumas das ações desenvolvidas no âmbito das distribuidoras:

- a. identificação de áreas críticas: a identificação clara das áreas com maior incidência de perdas não-técnicas de energia dentro da área de concessão da distribuidora é essencial para a eficácia e a efetividade de suas ações de combate ao problema;
- b. balanço energético: o balanço energético aqui referido é o cálculo da diferença entre a energia medida por registradores instalados nos postos de transformação e a energia medida pelos registradores instalados nas unidades consumidoras conectadas aos referidos transformadores;
- c. sistemas de faturamento: uma importante ferramenta no combate às perdas de energia no âmbito das distribuidoras é a inserção, nos seus sistemas de faturamento, de ferramentas que possibilitem a obtenção e a gestão de informações precisas referentes às variações acentuadas no consumo de energia de unidades consumidoras, assim como a inserção de filtros para a definição estratégica de inspeção em unidades consumidoras e o controle do número dos lacres dos medidores nelas instalados;
- d. ações de *marketing* institucional: as distribuidoras vêm lançando mão de ações de *marketing* institucional com o desenvolvimento de campanhas educativas para consumidores carentes, em cujo âmbito são prestadas informações sobre a adequada e eficiente utilização da energia elétrica;

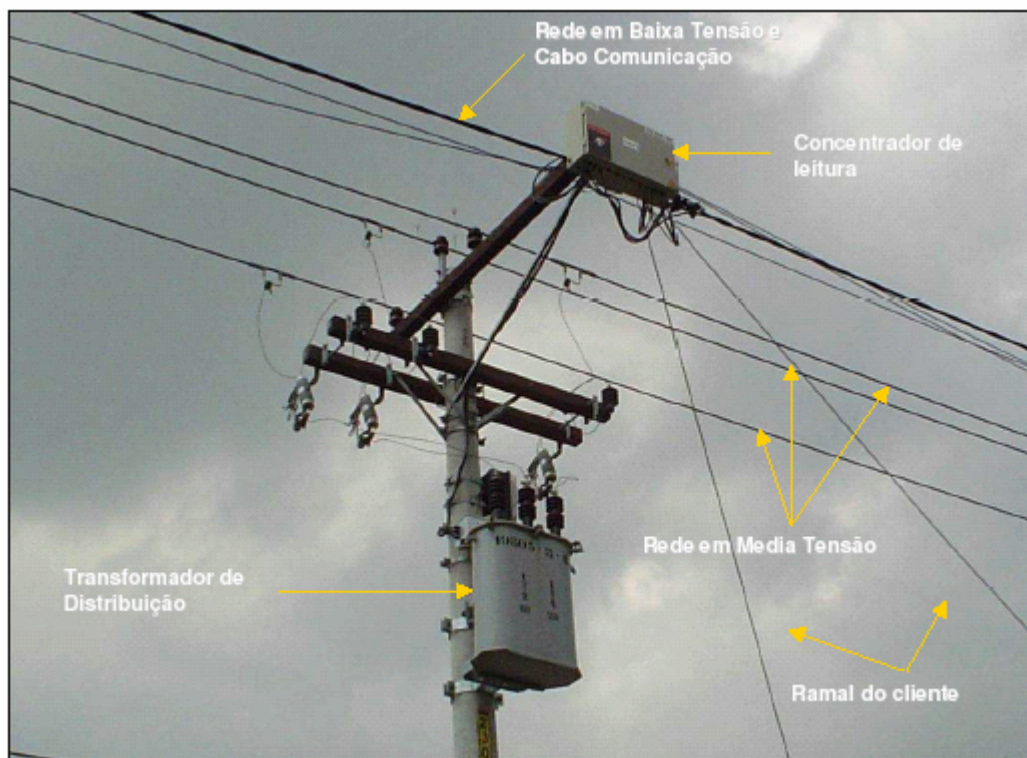
- e. motivação de colaboradores: para um efetivo combate às perdas não-técnicas, é imprescindível o engajamento de todos os empregados da Empresa;
- f. criação de equipes especializadas: devido à notória criatividade dos fraudadores, faz-se necessário a constituição de equipes especializadas no combate às perdas não-técnicas, que recebem treinamento constante e remuneração condizente; e,
- g. desenvolvimento e/ou utilização de novas tecnologias: várias tecnologias têm sido desenvolvidas e/ou implementadas na busca de soluções mais eficazes para o combate às perdas de energia elétrica, merecendo destaque, entre outras, a utilização de medição externa e de medidores eletrônicos, a blindagem de cabos e o desenvolvimento de novos tipos de medidores e de *softwares* que empregam inteligência artificial para aumentar a eficácia das inspeções.

Sobre furto de energia, pode-se dizer que na Região da Baixada Fluminense, conhecida como uma das campeãs em desvio de energia elétrica, a concessionária Ampla, antiga Cerj, sofre perdas pesadas. A empresa atende 66 municípios fluminenses, entre os quais Niterói e Duque de Caxias. Dos 2,2 milhões de clientes, existentes na área de concessão da Ampla, 600.000 furtam energia. Há bairros onde a queda de faturamento chega a 70%. Medidas como postes mais altos e medidores de consumo eletrônicos reduziram as perdas não-técnicas quase a zero. (MOREIRA, 2006, p.2).

No ano passado, a Ampla (MOREIRA, 2006) começou a obter suas primeiras vitórias contra a ilegalidade. Para tanto foram necessários investimentos da ordem 125 milhões de reais. A ofensiva contra o desvio de energia elétrica começou com uma medida relativamente simples. Como metade dos furtos ocorre em fios de baixa tensão, normalmente presos aos postes à altura de 6,5 metros, a saída encontrada foi elevar esse padrão. Os fios estão sendo transferidos para cima dos cabos de média tensão. Atualmente há 270.000 domicílios atendidos por uma rede com fios a 10 metros do solo.

A segunda inovação da Ampla foi a implantação de medidores eletrônicos de consumo residencial, um recurso até há pouco tempo restrito aos grandes consumidores, como empresas. Os aparelhos são gratuitos, mas ficam instalados no topo dos postes para evitar a manipulação (Figura: 4). Segundo os dados da Ampla, onde foi implantado o novo sistema as perdas não-técnicas praticamente foram eliminadas. O mesmo modelo já está sendo testado em outras distribuidoras, como a Light (RJ), a Coelce (CE) e a Ceron (RO) (ELLER, 2003).

Figura 4 – Modelo de rede da AMPLA com medição eletrônica centralizada



A CELPA adotou o sistema de medição às claras, que consiste em transferir os equipamentos de medida da propriedade do cliente para o poste da concessionária, tentando com isso eliminar as irregularidades praticadas nos medidores.

Na COELBA e na Celpe está sendo implantado projeto-piloto de medição eletrônica com comunicação de dados através da rede – PLC (*power line communication*), cujo sistema é capaz de identificar imediatamente em que ponto estão ocorrendo as perdas de energia elétrica, permitindo fazer uma atuação de imediato na irregularidade.

O modelo da Ampla somente é viável onde o mercado de energia elétrica for bastante representativo e a densidade das irregularidades for elevada. Para o

Estado da Bahia, onde o consumo médio residencial não ultrapassa os 95kWh/mês e as irregularidades são praticadas por apenas 8% dos consumidores (DANTAS, 2005), o sistema não é atrativo. Além disto, no Rio de Janeiro, onde o modelo está sendo testado, há uma série de protestos e ações cíveis, considerando que o cliente não tem acesso ao sistema de medição, impedindo com isto o acompanhamento direto da leitura do medidor.

Quanto ao modelo da CELPA, o sistema não elimina totalmente a hipótese de irregularidade e não é viável para as áreas de periferia, onde o vandalismo danifica as lentes de aumento das caixas de medição, impedindo a tomada de leitura. Isso foi constatado no projeto-piloto, implantado pela COELBA, no conjunto Viveiros, na cidade de Feira de Santana.

O modelo adotado pela COELBA e Celpe, tal como no modelo da Ampla, somente é viável em áreas cujo mercado tenha consumo médio elevado e tenha alta densidade de medições com irregularidade e/ou ligações clandestinas.

Na área de concessão da Bahia, em função da grande dispersão das unidades consumidores com irregularidade, conclui-se que as alternativas descritas acima são aplicáveis em caso específicos, não sendo viáveis para maioria dos segmentos onde existem as unidades com irregularidade, dado ao comprometimento da relação custo x benefício.

Essa constatação reforça, mais uma vez, a necessidade de priorizar a busca pela melhoria do índice de procedência das inspeções.

3 - METODOLOGIA

3.1 - Introdução

A matriz das perdas, conforme visto no item 2.3, define as principais causas e atividades nas quais existem as perdas não-técnicas de energia. A partir dessa matriz são definidos os critérios de atuação para redução das perdas comerciais e as classes de consumidores prioritários para inspeção.

Essa matriz pode ser caracterizada como a representação sintética e ponto de partida para todas as ações de combate às perdas. A partir daí, o desafio é identificar de forma racional e equilibrada, do ponto de vista econômico, as unidades com irregularidades que provocam essas perdas. Assim, a metodologia está voltada, em princípio, para o desenvolvimento de um sistema que auxilie a identificação das perdas comerciais nas unidades consumidoras que representem maiores perdas. Nesta etapa, procurou-se uma associação entre consumo médio mensal de energia elétrica (kWh) e parâmetros que efetivamente tenham correlação com este consumo. Por exemplo, para um condomínio residencial pode-se correlacionar o consumo com o número de elevadores, número de unidades habitacionais, consumo de água etc, visando que variações de consumo de energia elétrica ou de alguns desses parâmetros sinalizem para a necessidade de inspeção da unidade consumidora.

A metodologia proposta consiste em aplicar algoritmos adequados e modernas técnicas de inteligência artificial, para correlacionar parâmetros característicos das unidades consumidoras onde está concentrada a maior distribuição de perdas identificadas com o consumo de energia elétrica.

Procurou-se também aproveitar a experiência já adquirida pelos inspetores e técnicos da COELBA que trabalham na área. Inicialmente foi efetuada uma pesquisa visando correlacionar consumo de energia elétrica com parâmetros específicos que muito influenciem no consumo, para os condomínios residenciais e mais outras nove atividades comerciais indicadas, a exemplo de comércio de combustíveis, *delicatessens*, mini-mercados, bares e lanchonetes, salões de beleza, restaurantes etc.

Para essas atividades foi identificada uma amostra de unidades consumidoras para compor o banco de dados inicial. Essas unidades consumidoras deveriam ter sido inspecionadas pela concessionária nos últimos 24 meses, de modo a garantir que seu histórico de consumo fosse válido. As unidades foram visitadas com o objetivo de levantar em campo os demais parâmetros selecionados.

Num segundo momento, as técnicas de inteligência artificial, ou outros algoritmos que se mostraram adequados, foram aplicados visando a identificação de variação significativa desses parâmetros e, conseqüentemente, maior probabilidade de ocorrências de perdas comerciais.

Foi então desenvolvido um sistema computacional para a identificação rotineira, de forma que houvesse geração automática de inspeções para essas unidades consumidoras. Tal prática certamente conduzirá a maior número de acertos pelas equipes de inspeção em campo, isto é, aumento da relação entre número de unidades consumidoras identificadas com perdas e número de unidades inspecionadas.

O objeto da pesquisa é o universo das unidades classificadas no segmento comercial e industrial, existentes no banco de dados da COELBA, tomando como base os resultados encontrados na matriz de perdas comerciais.

3.2 – Escolha das Classes de Atividades

Para a escolha das classes consumidoras estudadas foi elaborada uma metodologia com base no nível de consumo *per capita*. A metodologia foi validada com base no histórico de ocorrências de irregularidades na medição existente na COELBA, tendo sido adotado os seguintes passos:

- a) Foram extraídos dois arquivos com os consumidores comerciais e industriais, contendo ao todo 61.339 consumidores, com histórico de consumo de seis meses, perfazendo um total de consumo médio de 28.886.016 kWh/mês.
- b) Em seguida, foram segmentados os consumidores monofásicos, bifásicos e trifásicos, divididos por classe de atividade, conforme a tabela 6 a seguir.

CN	Dados	BI	%	MONO	%	TRI	%	kWh/cons.	Total Global
COMERCIAL OUTROS SERVIÇOS	Nº. consum.	13.994		16.247		9.137			39.378
	Consumo	4.027.859	71,4	1.944.094	55,7	10.779.835	54,6	1.179,8	16.751.788
COMERCIAL/ COMERCIAL	Nº. consum.	3.346		10.059		3.382			16.787
	Consumo	1.232.481	21,8	1.233.012	35,3	4.481.323	22,7	1.325,1	6.946.816
INDUSTRIAL OUTRAS	Nº. consum.	415		387		1.781			2.583
	Consumo	112.647	2,0	44.924	1,3	1.574.058	8,0	883,8	1.731.629
INDUSTRIAL PANIFICAÇÃO	Nº. consum.	14		14		500			528
	Consumo	12.897	0,2	8.522	0,2	1.482.493	7,5	2.965,0	1.503.912
COMERCIAL SERVIÇOS DE COMUNICAÇÃO	Nº. consum.	406		584		402			1.392
	Consumo	224.331	4,0	248.955	7,1	994.875	5,0	2.474,8	1.468.160
COMERCIAL	Nº. consum.	43		53		135			231

CN	Dados	BI	%	MONO	%	TRI	%	kWh/cons.	Total Global
TRANSPORTE	Consumo	14.103	0,2	6.958	0,2	254.167	1,3	1.882,7	275.228
INDUSTRIAL PADARIAS	Nº. consum.	36		27		256			319
	Consumo	9.097	0,2	2.150	0,1	171.120	0,9	668,4	182.367
COMERCIAL SAZONAL	Nº. consum.	33		63		17			113
	Consumo	8.538	0,2	3.727	0,1	3.985	0,0	234,4	16.249
INDUSTRIAL SAZONAL	Nº. consum.	-		3		5			8
	Consumo	-	-	93	0,0	9.774	0,0	1.954,8	9.867
Total Nº. cons.		18.287		27.437		15.615			61.339
Total Consumo		5.641.952		3.492.435		19.751.630			28.886.016

Tabela 6. Dados sobre as classes de atividade comerciais.

- c) As unidades consumidoras classificadas como monofásicos e bifásicos foram suprimidas, por representarem, respectivamente, apenas 20% e 12% do consumo total, apesar de corresponderem a 30% e 45%, respectivamente, do total de consumidores. Desta forma, foram mantidos apenas os consumidores trifásicos: 15.615 consumidores e 19.751.630 kWh/mês de consumo (soma dos consumos médios);
- d) Do universo anterior, as classes consumidoras que representavam um consumo percentual de apenas 1% em relação ao total das unidades classificadas com fornecimento trifásico foram suprimidas. Assim, o novo universo passou a ter as seguintes características: 15.337 consumidores (98,2% dos trifásicos) e 19.566.751 kWh/mês (99,1% dos trifásicos);
- e) O novo universo, com um total de nove classes, ficou com 4.653 consumidores e 9.220.276 kWh/mês (30% e 47% do universo de trifásicos, respectivamente);
- f) Dentre as nove classes selecionadas, foram suprimidas aquelas com consumo per capita inferior a 1.500kWh e com número de consumidores inferior a 40; e,

- g) Desta nova seleção, foram suprimidas as unidades consumidoras sem histórico de consumo. A partir daí, foram selecionadas algumas classes para, dessa relação, selecionar-se as 10 atividades a serem trabalhadas.
- h) Comparando com o histórico de ocorrência de irregularidades existente na COELBA, foram selecionadas as seguintes atividades a serem trabalhadas (tabela 7).

Classe	Nº. de cons.	Consumo					
		Soma	Média	Máximo	Mínimo	Desv pad	Desv/ Méd
COM VAR INDEPENDENTE MERCADOR EM GERAL	244	2.723.691	453.949	21.776	100	3.018	0,66%
COM MERCADOR EM GERAL, REDE DE VAREJO	90	1.683.785	280.631	80.400	100	8.418	3,00%
POSTOS ÁLCOOL, GASOL, DEMAIS DER PETRO	81	1.885.350	314.225	16.660	100	3.411	1,09%
REST, CHURRASC, PIZZAR, PENS/ALIMENTAÇÃO	283	4.314.453	719.076	25.720	100	3.338	0,46%
SERV ADM BENS IMOVEIS (ADM COND,ETC)	171	1.749.713	291.619	12.489	100	2.058	0,71%
ENSINO REGULAR (PRE-ESCOLAR,1 E 2GRAU)	179	1.948.688	324.781	12.118	100	2.052	0,63%
DANÇA, ESPORTE E GINÁSTICA	56	603.288	100.548	13.114	100	626	0,62%
FAB PAES, BOLOS, BISCOITOS E TORTAS	117	1.900.645	316.774	29.720	100	3.799	1,20%
FABRICACAO PAES, BOLOS, BISCOITOS	455	8.386.304	1.397.717	21.560	100	3.320	0,24%
Total	1.676	25.195.917	4.199.319				

Tabela 7. Atividades selecionadas para desenvolvimento da pesquisa.

Além dessas, embora não estivessem dentro dos critérios descritos anteriormente na etapa *g*, em função do histórico de irregularidades e o critério descrito na etapa *h*, foram incorporadas duas novas atividades (tabela 8).

Classe	Nº. de cons.	Consumo				Desv pad	Desv/ Méd (%)
		Soma	Média	Máximo	Mínimo		
FRIGORÍFICOS E AÇOUGUES	33	293.576	48.929	12.611	100	2.336	4,77
INDÚSTRIA DE PLÁSTICO	14	145.133	24.189	24.256	100	4.346	17,97
Total	47	438.709	73.118				

Tabela 8. Atividades incluídas no desenvolvimento da pesquisa.

Chegou-se a um total de 1.723 (11% do total de trifásicos) e a um consumo de 4.272.438 kWh (22% dos trifásicos).

As dificuldades na pesquisa de campo na maioria das vezes utilizando um tempo relevante com o consumidor, com o objetivo de obter sua permissão para o levantamento detalhado da carga instalada comprometeram a conclusão das inspeções e levantamentos de parâmetros, cuja execução estava sob a responsabilidade dos técnicos da COELBA. Foi necessário, então, reduzir o escopo das 11 (onze) atividades inicialmente definidas (quadro 3). A escolha das atividades para conclusão da pesquisa foi feita com base na quantidade de levantamentos de campo que precisavam ser realizados para concluir a amostragem. As atividades que representavam menor quantitativo de vistorias foram:

- Fabricação de pães, bolos, biscoitos e tortas;
- Postos de álcool, gasolina e demais derivados de petróleo; e
- Dança, Esporte e Ginástica.

Código de classe no sistema da COELBA	Nome da Atividade
CA4211	COM VAR INDEPENDENTE MERCADOR EM GERAL
CA4212	COM MERCADOR EM GERAL, REDE DE VAREJO
CA4232	POSTOS ALCOOL, GASOL, DEMAIS DER PETRO
CF5121	REST, CHURRASC, PIZZAR, PENS/ALIMENTAÇ
CF5712	SERV ADM BENS IMOVEIS (ADM COND,ETC)
CF6311	ENSINO REGULAR (PRE-ESCOLAR,1 E 2GRAU)
CF6357	DANÇA, ESPORTE E GINÁSTICA
DA2683	FAB PAES, BOLOS, BISCOITOS E TORTAS
DG2683	FABRICACAO PAES, BOLOS, BISCOITOS
CA4314	FRIGORÍFICOS E AÇOUQUES
DA2326	INDÚSTRIA DE PLÁSTICO

Quadro 3. Atividades selecionadas para estudo.

3.3 – Definição da Amostragem e do Sorteio

A amostragem para pesquisa dentro da atividade de consumo está baseada nos fundamentos técnicos da estatística, portanto sua demonstração teórica não é objeto desta dissertação. O número de amostras foi obtido segundo a aplicação da fórmula a seguir, considerando que o tamanho do universo é inferior a 100.000:

$$n = \frac{(1,96)^2 pqN}{d^2(N-1) + (1,96)^2 pq}$$

Onde:

n = tamanho da amostra;

p = probabilidade estimada com base na perda comercial existente nos últimos 36 meses;

q = probabilidade complementar ou (1-p).

d = erro máximo admitido ou diferença máxima admitida entre o resultado da amostra e o parâmetro da população - neste caso de 2%;

1,96 = nível de confiança escolhido – 95%

N = tamanho do universo.

Os resultados obtidos estão demonstrados na Tabela 9, a seguir:

Código da classe no sistema da COELBA	Atividade	Número de unidades	Amostra calculada
CA4232	POSTOS ÁLCOOL,GASOL,DEMAIS DER PETRO	81	24
CF6357	DANÇA, ESPORTE E GINÁSTICA	56	21
DA2683	FAB PAES,BOLOS,BISCOITOS E TORTAS	572	34
Total		709	79

Tabela 9. Amostras por atividade selecionada.

Para simplificar e uniformizar o processo de amostragem, além de ampliar a amostra, pode-se adotar valores específicos para faixas de quantidades de consumidores. Respeitando-se o limite mínimo da amostra apresentado na Tabela 9 e a quantidade total de consumidores da atividade. A Tabela 10 apresenta os valores calculados para faixas de 100 em 100 unidades consumidoras.

Faixa de quantidade de consumidores	Amostra uniformizada
Até 100 unidades	25
De 100 a 200 unidades	28
De 200 a 300 unidades	30
De 300 a 400 unidades	32
De 400 a 500 unidades	33
De 500 a 600 unidades	34

Tabela 10. Uniformização da amostra.

Assim, a amostragem final ficou com a seguinte distribuição (Tabela 11):

Atividade	Número de unidades	Amostra uniformizada
POSTOS ALCOOL,GASOL,DEMAIS DER PETRO	81	25
DANÇA, ESPORTE E GINÁSTICA	56	25
FAB PAES,BOLOS,BISCOITOS E TORTAS	572	34
Total	709	84

Tabela 11. Amostras por atividade selecionada.

Conforme apresentado na Tabela 11, foram selecionadas 84 unidades para amostra. No caso da atividade Indústria de Plástico, que apresenta quantidade de consumidores igual a 14, inferior ao valor uniformizado (22), adotou-se a fiscalização de todas as unidades.

As unidades consumidoras que compuseram a amostra foram sorteadas de forma aleatória dentro de cada atividade. Para obter o sucesso desse extrato, é necessário a adoção de rigor no sorteio das unidades, caracterizado pela adoção de um sistema aleatório isento.

3.4 – Parâmetros para Correlação

Neste tópico, o objetivo é descrever os parâmetros (cargas típicas, horário de funcionamento, condições de atendimento, fluxo de clientes, localização da unidade consumidora, quantidades de medições existentes, etc.) levantados para verificação da sua correlação com o consumo. Ou seja, aqueles que interferem diretamente no

consumo da unidade consumidora, em cada atividade escolhida para estudo, e que podem ser usados para indicar que o consumo apresenta valor inconsistente.

O universo desta pesquisa restringiu-se às unidades consumidoras de energia elétrica cadastradas e clientes da COELBA, das classes comerciais e industriais, conforme descrito na Tabela 11.

Os parâmetros inicialmente utilizados para correlação com o consumo são os descritos no quadro 4, a seguir:

Classe	Parâmetros
POSTOS DE ÁLCOOL, GASOLINA E DEMAIS DERIVADOS DE PETRÓLEO.	Cargas; N.º de bombas; <i>Delicatessen</i> (sim/não); Horário de funcionamento; Lavajato; Área.
DANÇA, ESPORTE E GINÁSTICA.	Cargas; Sauna; Piscina (sim/não) / Aquecida (sim/não); Horário de funcionamento; Área.
FABRICAÇÃO DE PÃES, BOLOS, BISCOITOS E TORTAS.	Cargas; N.º de fornadas; N.º caixas; Balcão refrigerado (sim/não) / Aberto ou fechado?; Horário de funcionamento; Área.

Quadro 4. Parâmetros estabelecidos para as atividades selecionadas.

Numa análise preliminar de correlação de parâmetros, foi verificado que, para as atividades Academia (DANÇA, ESPORTE E GINÁSTICA), código de classe CF 6357 no sistema da COELBA e Postos de Combustíveis (POSTOS DE ÁLCOOL, GASOLINA E DEMAIS DERIVADOS DE PETRÓLEO), código de classe CA 4232 no sistema da COELBA, não foram encontradas unidades com fraude que permitissem uma avaliação correta das ferramentas de análise. Inspeções antigas foram analisadas para verificar a possibilidade de inclusão na amostra, porém não apresentavam todos os dados solicitados na pesquisa atual. Para análise dessas atividades eram necessárias novas inspeções para levantamentos dos dados. Em função disso a análise foi restringida a apenas uma das atividades, dadas as alegações de a COELBA não poder, no curto prazo, retornar às unidades já inspecionadas, por limitações operacionais e também dadas às restrições impostas

pelos consumidores para retomada das informações. Desta forma, foi desenvolvida a metodologia e a ferramenta de análise de padrão de consumo somente para a atividade FABRICAÇÃO DE PÃES, BOLOS, BISCOITOS E TORTAS.

3.5 – Métodos e Ferramentas de Análise de Dados

Aqui estão descritas algumas ferramentas utilizadas para verificação de classificação, correlação e ordenamento de objetos, de acordo com parâmetros conhecidos.

3.5.1 – Mineração de Dados (ou *Datamining*)

Mineração de dados, ou *datamining*, é o processo de análise de conjuntos de dados que tem por objetivo a descoberta de padrões interessantes e que possam representar informações úteis. Um padrão pode ser definido como sendo uma afirmação sobre uma distribuição probabilística. Esses padrões podem ser expressos principalmente na forma de regras, fórmulas e funções, entre outras (SONI, 2005).

Rezende (2003) divide o processo de mineração de dados em três etapas: pré-processamento, extração de padrões e pós-processamento. Estão incluídas nesta divisão etapas anteriores ao processo de mineração. Duas fases anteriores e uma posterior a esse processo, que são respectivamente: conhecimento do domínio, identificação do problema e utilização do conhecimento obtido.

Os dois objetivos de mais alto nível da mineração de dados tendem ser a predição e a descrição. Os padrões preditivos são encontrados para resolver o problema de

predizer o valor futuro ou desconhecido de um ou mais atributos do banco de dados a partir do valor conhecido dos demais atributos. Os padrões descritivos, ou informativos, têm por objetivo encontrar padrões interessantes, de forma interpretável e que descrevam os dados (REZENDE, 2003).

Situações em que se quer predizer uma variável em função de outras (e.g., o valor de um imóvel em função de suas características físicas e ambientais) ou efetuar previsões (e.g., prever as vendas para o próximo mês), com base em modelos ou regras a serem construídos a partir de uma grande massa de dados, podem ser tratadas com a análise de regressão, a análise de séries temporais, os algoritmos em árvore de decisão ou as redes neurais com aprendizado supervisionado.

3.5.2 – Análise Multivariada

A Análise Multivariada é uma ferramenta estatística que processa as informações de modo a simplificar a estrutura dos dados e a sintetizar as informações quando o número de variáveis envolvidas é muito grande, facilitando o entendimento do relacionamento existente entre as variáveis do processo (MOITA, 2002).

Segundo Hair (2003), as técnicas de análise multivariada possibilitam avaliar um conjunto de características, levando em consideração as correlações existentes, o que permite que interferências sobre o conjunto de características sejam feitas em um nível de significância conhecida.

Ainda de acordo com Hair (2003), a análise de agrupamento tem por finalidade reunir as unidades amostrais em grupos, por algum critério de classificação, de tal forma que exista homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre grupos.

Quando um fenômeno depende de muitas variáveis, geralmente esse tipo de análise falha, pois não basta conhecer informações isoladas, mas é necessário também conhecer a relação entre essas informações.

Análise Multivariada corresponde a um grande número de métodos e técnicas que utilizam simultaneamente todas as variáveis na interpretação teórica do conjunto de dados obtidos. Existem vários métodos de análise multivariada com finalidades bem diversas entre si (MOITA, 2002).

Com uma finalidade bem diversa, existem métodos de análise multivariada que podem ser usados na etapa inicial de uma pesquisa, na própria escolha das variáveis que descreverão o sistema, e na otimização de processos, destacando-se o método simplex e o fatorial. Assim, os métodos estatísticos são escolhidos de acordo com os objetivos da pesquisa, por isto, mostrar, prever ou otimizar são obtidos por diferentes métodos (MOITA, 2002).

3.5.3 – Análise de Componentes Principais (PCA)

A análise de componentes principais consiste essencialmente em reescrever as coordenadas das amostras em outro sistema de eixo mais conveniente para a análise de dados. Dito de outra forma, as diversas variáveis originais geram, pelas

suas combinações lineares, várias componentes principais, cuja característica preponderante, além da ortogonalidade, é ser obtida em ordem decrescente de máxima variância, ou seja, a componente principal 1 detém mais informação estatística que a componente principal 2, que por sua vez tem mais informação estatística que a componente principal 3 e assim por diante (MOITA, 2002).

Duas são as características das componentes principais que as tornam mais efetivas que as variáveis originais para a análise do conjunto das amostras. As variáveis podem guardar entre si correlações que são suprimidas nas componentes principais. Isto quer dizer que as componentes principais são ortogonais entre si. Deste modo, cada componente principal traz uma informação estatística diferente das outras. A segunda característica importante decorre do processo matemático-estatístico de geração de cada componente, que maximiza a informação estatística para cada uma das coordenadas que estão sendo criadas. As variáveis originais têm a mesma importância estatística, enquanto que as componentes principais têm importância estatística decrescente. Ou seja, as primeiras componentes principais são tão importantes, que se pode até desprezar as demais (REZENDE, 2003).

3.5.4 – Redes Neurais Artificiais (RNA)

Segundo Yoshida (1996), as redes neurais artificiais consistem em um método de solucionar problemas de inteligência artificial, construindo um sistema que tenha circuitos que simulem o cérebro humano, inclusive seu comportamento, ou seja, aprendendo, errando e fazendo descobertas. São mais que isso, são técnicas computacionais que apresentam um modelo inspirado na estrutura neural de organismos inteligentes e que adquirem conhecimento por meio da experiência.

Uma grande rede neural artificial pode ter centenas ou milhares de unidades de processamento, enquanto que o cérebro de um mamífero pode ter muitos bilhões de neurônios (YOSHIDA, 1996).

A rede neural artificial é um sistema de neurônios ligados por conexões e dividido em neurônios de entrada, que recebem estímulos do meio externo, neurônios internos ou ocultos e neurônios de saída, que se comunicam com o exterior (YOSHIDA, 1996).

As redes neurais artificiais têm como propriedade mais importante a habilidade de aprender de seu ambiente e, com isso, melhorar seu desempenho. Isso é feito por meio de um processo iterativo de ajustes aplicado a seus pesos, o treinamento. O aprendizado ocorre quando a rede neural atinge uma solução generalizada para uma classe de problemas.

Ainda de acordo com Yoshida (1996), a rede neural se baseia nos dados para extrair um modelo geral. Assim, a fase de aprendizado deve ser rigorosa e verdadeira, com o objetivo de evitar modelos espúrios. Todo o conhecimento de uma rede neural está armazenado nos pesos atribuídos às conexões entre os neurônios. De 50 a 90% do total de dados devem ser separados para o treinamento da rede neural, dados estes escolhidos aleatoriamente a fim de que a rede "aprenda" as regras e não "decore" exemplos. O restante dos dados só é apresentado à rede neural na fase de testes, a fim de que ela possa "deduzir" corretamente o inter-relacionamento entre eles.

3.5.5 – Lógica *FUZZY*

Segundo Shaw (2001), a Lógica Fuzzy é baseada na teoria dos Conjuntos Fuzzy. Esta é uma generalização da teoria dos Conjuntos Tradicionais para resolver os paradoxos gerados à partir da classificação “verdadeiro ou falso” da Lógica Clássica. Tradicionalmente, uma proposição lógica tem dois extremos: ou “completamente verdadeiro” ou “completamente falso”. Entretanto, na Lógica Fuzzy, uma premissa varia em grau de verdade de 0 a 1, o que leva a ser parcialmente verdadeira ou parcialmente falsa.

A Lógica Fuzzy fornece meios, a uma base de dados, para geração de técnicas poderosas para a solução de problemas, com uma vasta aplicabilidade, especialmente, nas áreas de controle e tomada de decisão.

O poder da Lógica Fuzzy deriva da sua habilidade em inferir conclusões e gerar respostas baseadas em informações vagas, ambíguas e qualitativamente incompletas e imprecisas. Neste aspecto, os sistemas de base Fuzzy têm habilidade de raciocinar de forma semelhante à dos humanos. Seu comportamento é representado de maneira muito simples e natural, levando à construção de sistemas compreensíveis e de fácil manutenção (CARVALHO, 2003).

Com a incorporação do conceito de “grau de verdade”, a teoria dos Conjuntos Fuzzy estende a teoria dos Conjuntos Tradicionais. Os grupos são rotulados qualitativamente (usando termos lingüísticos, tais como: alto, morno, ativo, pequeno, perto etc.) e os elementos destes conjuntos são caracterizados variando o grau de pertinência (valor que indica o grau em que um elemento pertence a um conjunto). Por exemplo, um homem de 1,80 metro e um homem de 1,75 metro são membros

do conjunto “alto”, embora o homem de 1,80 metro tenha um grau de pertinência maior neste conjunto (CARVALHO, 2003).

3.5.6 – Análise de Agrupamento (*Clustering*)

O objetivo desse método é o agrupamento de elementos em um número restrito de classes homogêneas, que são chamados de *clusters*. Cada *cluster* representa o agrupamento de indivíduos semelhantes, a partir de um conjunto de variáveis descritivas de cada um deles. Assim, para cada elemento do universo considerado, deve-se conhecer os parâmetros a partir dos quais se realizará o processo de classificação (TANURE, 2000).

Na formação dos *clusters*, deve-se classificar em um mesmo agrupamento elementos com o maior grau possível de homogeneidade, e entre os *clusters* deverá haver o maior grau de heterogeneidade possível. Existem dois métodos de classificação formal, sistematizados por meio de algoritmos matemáticos, desconsiderando métodos subjetivos que dependem significativamente da sensibilidade de quem faz a análise dos dados. Os métodos são denominados de hierárquicos e não-hierárquicos.

O método não-hierárquico permite formar um número pré-definido de agrupamentos, enquanto o hierárquico, a partir de uma seqüência de sucessivos *clusters*, permite classificar todo o universo analisado em um número crescente ou decrescente de conjuntos.

Existem duas possibilidades para o método hierárquico: ascendente e o descendente. No método ascendente, parte-se dos elementos considerados, a partir dos quais será construída uma agregação crescente até que todos os objetos sejam alocados em um único *cluster*. No método descendente, segue-se o sentido inverso: partindo-se do dado mais agregado, promove-se, passo a passo, uma desagregação dos seus elementos.

Quando o problema a ser analisado envolve um conjunto significativo de dados, as técnicas hierárquicas não apresentam viabilidade de aplicação, uma vez que a ordem da matriz de similaridade torna-se bastante elevada.

Para contornar tais dificuldades surgem os métodos não-hierárquicos, que buscam encontrar os melhores agrupamentos possíveis de um conjunto de elementos, com um número de *clusters* previamente definidos.

3.5.7 – Análise Envoltória De Dados (*Data Envelop Analysis – Dea*)

De acordo com Tanure (2004), a Análise Envoltória de Dados (DEA) é um método relativamente novo, tendo surgido a partir do trabalho desenvolvido por Edward Rodhes para obtenção do grau de Ph.D., publicado em 1978. Esse método quantifica a medida de eficiência na utilização de insumos para obtenção de um dado produto e, por isso, tem se tornado cada vez mais popular, considerando sua grande potencialidade de aplicação em praticamente todas as áreas do conhecimento, nas quais se possa correlacionar, de forma objetiva, insumos e produtos que sejam processados em determinadas unidades produtivas.

Ainda de acordo com Tanure (2004), a técnica de Análise Envoltória de Dados consiste em buscar identificar, dentro de um universo de soluções de produção possível, aquela que representa a melhor solução. Para implantação da metodologia DEA deve-se inicialmente definir Unidades de Produção (UPs) chamadas de *decision-marking-units* (DMUs) a serem estudadas. Essas unidades devem caracterizar-se por desempenharem as mesmas atividades, sendo unidades que consomem insumos e geram os mesmos produtos. Com base na eficácia de transformação de cada UP, é possível estabelecer quais as mais eficientes e quais as menos eficientes nessas transformações.

A estrutura matemática das técnicas da Análise Envoltória de Dados permite que uma DMU (*Decision Making Unit*) seja considerada eficiente, ao permitir que pesos nulos sejam atribuídos para algumas variáveis. Essas variáveis são desconsideradas na avaliação da eficiência daquela unidade, podendo ocasionar uma análise incompleta. É possível complementar o modelo matemático adicionando restrições que permitem variar os pesos em certas faixas pré-definidas, minimizando a quantidade de variáveis que recebem peso zero. Além disso, os modelos DEA permitem mensurar e localizar a ineficiência e estimar uma função de produção linear por partes, que fornece a referência para as DMUs ineficientes.

3.5.8 – Regressão Logística (RL)

O método de Regressão Logística é um modelo de resposta qualitativa, tendo em vista ser utilizado com o objetivo de modelar o comportamento de um tomador de decisão que deve escolher entre um conjunto finito de alternativas. Exemplos de

eventos no qual o modelo tem sido usado, incorpora decisão de um indivíduo entre comprar ou locar um carro, comprar ou alugar uma casa, votar sim ou não numa assembleia de condomínio, abrir ou não um novo ponto de venda.

A grande vantagem da regressão logística está no fato de poder estimar a probabilidade de ocorrência de um evento de forma direta e pode ser utilizada para identificar a pertinência do objeto avaliado em um grupo ou não. Assim, pode-se utilizar a equação a seguir para calcular a probabilidade (P) de um dado objeto com determinadas características (X_1, X_2, \dots, X_n) estar ou não classificado em um grupo ($Y=1$) ou em outro ($Y=0$).

$$P(Y = 1) = \frac{1}{1 + e^{-g(x)}} \quad (27); \quad g(x) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n \quad (28)$$

Os coeficientes $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n$ são estimados a partir de um conjunto de dados, utilizando o método de máxima verossimilhança. Dessa forma, quando a função $g(x)$ tende a $+\infty$, a probabilidade tende a 1, e quando a função tende a $-\infty$, a probabilidade tende a 0. A alocação de um objeto em um dos dois grupos de classificação segue a seguinte regra de corte (*cut off*) (PEREIRA e NESS Jr., 2004):

- Se $P(Y=1) > 0,5$, então se classifica o objeto no grupo de $Y=1$;
- Se $P(Y=1) < 0,5$, então se classifica o objeto no grupo de $Y=0$.

No caso do estudo em questão, podem ser indicados consumidores para inspeção com base na sua probabilidade de apresentar fraude ($Y=1$), a partir de suas cargas principais.

Existem vários métodos utilizados para fazer a regressão logística e que permitem a definição de como as variáveis independentes pode ser inseridas na análise, entre os quais (MINUSSI, 2002):

- *Enter*: todas as variáveis são consideradas na análise em um único passo;
- *Forward Selection*: método de seleção passo a passo, com testes de entrada baseados na significância estatística das variáveis e testes de remoção de variáveis baseado em estatística de máxima verossimilhança. Este método subdivide-se em outros três, de acordo com a metodologia utilizada eliminação de variáveis:
 - ◇ *Conditional*: baseado em estimativas dos parâmetros condicionais;
 - ◇ *Likelihood Ratio*: baseado na estimativa parcial de máxima verossimilhança; e,
 - ◇ *Wald*: baseado na probabilidade da estatística de Wald¹.
- *Backward Stepwise*: método de seleção inversa passo a passo, com testes de entrada baseados na significância estatística das variáveis e testes de remoção de variáveis baseado em estatística de máxima verossimilhança. Este método subdivide-se em outros três, de acordo com a metodologia utilizada para eliminação de variáveis:
 - ◇ *Conditional*: baseado em estimativas dos parâmetros condicionais;
 - ◇ *Likelihood Ratio*: baseado na estimativa parcial de máxima verossimilhança; e,
 - ◇ *Wald*: baseado na probabilidade da estatística de Wald².

¹ Teste estatístico para identificação das variáveis independentes que explicam a variação na variável dependente (PINDYCK e RUBINFELD, 2004).

² Teste estatístico para identificação das variáveis independentes que explicam a variação na variável dependente (PINDYCK e RUBINFELD, 2004).

4. ESTUDO DE CASO E SOFTWARE DESENVOLVIDO

Segundo Yin (2001) os estudos de caso representam a estratégia preferida quando se colocam questões do tipo “como” e “por que” determinado fenômeno ocorre, bem como quando o pesquisador tem pouco controle sobre os eventos.

Esse autor também afirma que os estudos de caso se caracterizam como uma das maneiras de se fazer pesquisa, quando o foco dos eventos se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em contextos da vida real. Alerta, ainda, para a necessidade de não se confundir a pesquisa desenvolvida através de estudo de caso com o ensino de estudos de caso. “No ensino, a matéria-prima do estudo de caso pode ser deliberadamente alterada para ilustrar uma determinada questão de forma mais efetiva” (YIN, 2001, p.29). Já nos estudos de caso, os pesquisadores devem se concentrar na exposição de todas as evidências de forma justa, sem alterar a realidade.

Porém, quando se busca entender um fenômeno mais complexo, de muitas variáveis, às vezes até variáveis desconhecidas para responder perguntas do tipo “como” e “por que”, o Estudo de Caso pode ser a melhor estratégia a ser adotada, por ser necessário estabelecer ligações operacionais ao longo do tempo e suas interações.

O Estudo de Caso conta com técnicas utilizadas em pesquisas históricas, porém acrescentadas de duas fontes que normalmente inexistem naquelas pesquisas: observação direta e série de entrevistas.

Este módulo tem como objetivo descrever passo a passo o estudo de caso e a descrição do aplicativo desenvolvido.

4.1 – Ferramentas Seleccionadas para Teste dos Dados

Serão descritas as análises que foram realizadas e as ferramentas testadas, dentre as citadas anteriormente, objetivando verificar a correlação dos parâmetros e definição da metodologia de mensuração dos padrões de consumo.

Algumas ferramentas foram descartadas por não serem compatíveis com a quantidade de dados disponíveis, a exemplo da mineração de dados e análise por agrupamento, dentre outras. No entanto, essas ferramentas serão úteis para o aperfeiçoamento do *software*, quando forem pesquisadas novas atividades de consumo, com maior volume de dados.

Foram consideradas nessa análise as atividades de fabricação de pães e tortas, dada a conclusão do levantamento dos dados capaz de estabelecer uma correlação entre esses e o consumo das unidades, bem como das informações relacionadas à existência ou não de irregularidades na medição.

4.1.1 – Metodologia 1: “Análise de Consumo”

Primeiramente foram tratados dados dos parâmetros levantados para a amostra, e feita uma análise utilizando as ferramentas do Microsoft Excel® para avaliação dos parâmetros que melhor correlacionavam-se com o consumo.

No caso dos dados da atividade “Fabricação de pães e tortas”, observou-se, nos gráficos de dispersão, que os parâmetros que possuíam melhor correlação com o consumo eram carga instalada e horário de funcionamento. O horário de funcionamento foi desconsiderado por ser uma informação fornecida pelo responsável pela unidade consumidora (UC), que pode ter interesse em fornecer informação inverídica. Os demais parâmetros considerados individualmente não mostraram uma boa correlação (R^2 abaixo de 0,3).

Entretanto, quando agrupados, alguns parâmetros apresentaram forte correlação. As potências das cargas forno, masseira, cilindro, modeladora, balcão e freezer, quando somadas, apresentaram correlação (R^2) superior a 0,9. Isso indica que os parâmetros não devem ser analisados de forma isolada, mas como um conjunto que tem forte interferência no valor do consumo.

Para a atividade “Postos álcool, gasolina e demais derivados de petróleo”, observou-se da mesma forma pouca correlação entre o consumo e as cargas individualmente analisadas (R^2 inferior a 0,6). Entretanto, para o agrupamento das principais cargas (lâmpadas, motor, ar condicionado, compressor e elevador), a correlação com o consumo foi relevante (R^2 superior a 0,9). Como concluído para a outra atividade, deve-se analisar, prioritariamente, o relacionamento entre a potência total das principais cargas e o consumo, para chegar a uma conclusão final.

Foi feita também a análise de componentes principais (PCA), na ferramenta Matlab®, no Toolbox de Redes Neurais, para as principais cargas da atividade, que

não apresentou redução das variáveis (parâmetros) avaliadas, indicando que todas as variáveis selecionadas têm alguma significância para esse tipo de análise.

A presente metodologia foi desenvolvida tomando como base as potências das principais cargas (definidas no item anterior) mais algumas cuja existência impacta significativamente o consumo, apesar de não serem muito comuns, como câmara frigorífica, e as informações levantadas sobre o tempo de funcionamento das mesmas e os dias de funcionamento da UC. A partir desses dados foram calculados os valores médios de potência dos equipamentos, de tempo de funcionamento mensal, consumo médio mensal dos equipamentos e consumo médio mensal de uma UC.

Uma vez determinados esses valores, foi estabelecida a representatividade da energia consumida pelas principais cargas no consumo mensal de uma UC, considerando o valor médio de consumo. De posse desses dados, pode-se estimar o consumo de uma dada UC a partir dos valores das potências dos equipamentos principais, permitindo um desvio para baixo. Então se compara esse valor de consumo com o registrado para a UC. Caso o valor registrado seja inferior ao estimado menos o desvio, a UC é indicada para inspeção.

Nos testes realizados com as UC da amostra, observou-se que a representatividade das cargas principais (forno, balcão, freezer, masseira, modeladora, cilindro e câmara) era de 77%, ou seja, o consumo dessas cargas representa cerca de setenta e sete por cento do consumo total da UC. Considerando-se um desvio de 10% para menos, encontrou-se um índice de procedência das inspeções de 22%.

4.1.2 – Metodologia 2: “Aplicação de RNA”

A primeira etapa do teste com redes neurais utilizando a ferramenta Matlab®, no Toolbox de Redes Neurais, consistiu na normalização dos dados, realizada para que os valores dos parâmetros variassem sempre entre “0” e “1”. Para tal, empregou-se o valor máximo de cada parâmetro. Essa análise foi feita apenas para a atividade “Fabricação de pães e tortas”.

Em seguida, foi feita a separação do arquivo de entrada, que continha inicialmente 48 UC, em três arquivos diferentes. Essa estratégia atende a necessidade da rede neural ser treinada, depois testada e, por último, validada. Assim, foram criados arquivos de treinamento, teste e validação, cada um com 16 UC. Esse volume de dados é muito pequeno para que se tenha um treinamento adequado, mas foi o disponível para as simulações.

Foi criada uma rede com duas camadas (intermediária e saída), sendo a segunda com um único neurônio. Para a camada intermediária foram feitas diversas simulações com quantidades diferentes de neurônios para identificar o melhor resultado, ou seja, o melhor treinamento alcançado. A rede neural foi simulada com as funções de transferência hiperbólica tangente sigmóide e logarítmica sigmóide.

Além disso, foram feitas diversas simulações, com os dados das principais cargas e com os outros parâmetros, para identificar a arquitetura que apresentava a melhor resposta.

Alguns dos resultados alcançados com essa metodologia ficaram acima da marca atual de acerto. Para o arquivo de teste foram encontrados níveis de acerto de 30% , e para o de validação houve uma variação de 0 a 20% de acerto. Cabe ressaltar que a rede neural foi treinada com uma quantidade muito pequena de dados. O ideal é que seja organizada uma base de dados maior e que se faça um novo treinamento.

4.1.3 – Metodologia 3: “Aplicação de LOGIT”

Foram feitas diversas simulações a partir do *software* SPSS®, utilizando os diversos métodos existentes, conforme descrito no item 3.5.8, e com várias combinações dos dados de entrada.

Inicialmente os dados foram divididos de forma aleatória em duas amostras, sendo uma para geração dos coeficientes $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n$, e a outra para teste e validação da equação, utilizando as ferramentas existentes no próprio SPSS®.

O sistema encontrou melhores resultados com a seguinte combinação de dados:

- Variável dependente: a variável qualitativa foi codificada com os valores 0 e 1, sendo a condição de fraude (1) e não fraude (0);
- Amostra de geração constou de 28 UC e de validação ficou com 20 UC;
- Método: Backward Stepwise (Likelihood Ratio);
- Parâmetros: consumo, carga, forno, balcão, freezer, masseira, modeladora, cilindro e lâmpada; e,
- Valor de corte foi definido em 50%.

Para a simulação realizada com as características acima foram encontrados os seguintes resultados:

- A simulação atingiu a estabilidade em três passos;
- O parâmetro “cilindro” foi eliminado por não apresentar significância na definição da classificação; e,
- Os testes de significância indicaram que os parâmetros escolhidos não apresentam correlação expressiva com a variável dependente.

Os resultados encontrados na amostra de validação são apresentados na tabela 12.

Tabela 12. Resultados encontrados na simulação com a amostra de validação.

Informação conhecida	Resultados alcançados	
	Não Inspeccionar	Inspeccionar
Não Inspeccionar	13	3
Inspeccionar	2	2

Os dados acima indicam que o método escolhido tem um índice de acerto de 40% para a amostra de validação.

Os testes de Wald apresentaram valores indicadores de pouca significância dos parâmetros para a classificação. Os valores encontrados para os coeficientes indicaram que os parâmetros que mais contribuem para a indicação de situação de fraude são: freezer, modeladora e balcão.

Uma observação importante retirada desses testes é que as cargas não possuem a significância esperada na identificação dos possíveis fraudadores. Esse fato incita à

busca de outros fatores que, combinados com as cargas, determinem de forma mais efetiva a indicação de fraude.

4.1.4 – Metodologia 4: “Aplicação de DEA”

Foram realizadas simulações considerando os seguintes parâmetros: ar, balcão, câmara, carga, cilindro, consumo, forno, freezer, lâmpada, masseira e modeladora. A partir desses dados foi montado um banco, com os parâmetros descritos acima, para as UC da amostra.

A metodologia foi testada utilizando-se a ferramenta Matlab®, empregando a função linprog, que é uma variação do método de programação linear simples. Neste método, todos os dados dão entrada e são testados juntos. Assim, para cada novo contrato a ser analisado, todo o conjunto de informações é novamente analisado, para definir a eficiência do novo contrato. Isso se deve ao fato de que o método avalia a eficiência relativa, necessitando sempre refazer os cálculos a cada novo elemento inserido no banco de dados.

O sistema tem por saída uma lista de UC com o seu valor de eficiência relativo, ou seja, o menos eficiente é utilizado como linha de base para definição do grau de eficiência dos demais. Com isso, tem-se uma lista de UC com o respectivo valor de eficiência na utilização da energia elétrica. A partir daí, pode-se definir um valor eficiência de corte que delimita as unidades consideradas “muito eficientes”.

Estabelecendo-se um valor de corte de 2% de eficiência, foram selecionados 12 contratos para inspeção, estando 5 deles com irregularidade. Isso perfaz um índice

de acerto de 42%. Se o valor de corte for alterado para 1%, o percentual de acerto cai para 31%.

4.1.5 – Metodologia 5: “Fronteira Para Inspeção”

As metodologias testadas acima utilizam a ferramenta computacional para a análise, não atendendo ao objetivo de se dispor de uma ferramenta de fácil uso em campo, a menos que as turmas de inspeção da COELBA venham a dispor de *laptops* para as suas atividades. Deste modo, procurou-se também obter algo mais simplificado, sendo a seguir descrita a metodologia que se denominou de “Fronteira para Inspeção”, visto que absorve muito do DEA e da “Fronteira de Eficiência”, proposta por Markowitz na “Teoria do Portfólio” (PAMPLONA, 2002), quando, nas análises financeiras de carteiras de investimento, busca otimizar a relação retorno *versus* risco.

Conforme anteriormente exposto, o consumo das unidades amostradas, para as atividades padaria e posto de combustíveis, não mostraram elevados coeficientes de correlação para parâmetros como área, número de bombas etc. Assim, para obtenção de um método mais simplificado para uso em campo, retornou-se à tradicional análise das relações de Consumo *versus* Carga (ou potência) Instalada e, de forma mais simplificada ainda, à justificável correlação entre o consumo e as principais cargas.

Então, para cada atividade, independentemente, considerando os parâmetros levantados a partir das inspeções realizadas nas unidades amostradas, identifica-se

em um gráfico Consumo *versus* Carga Instalada os pontos relativos às diversas unidades. Não se busca, entretanto, determinar nenhuma curva de melhor ajuste, mas simplesmente aplicar raciocínios semelhantes ao DEA e à Fronteira de Eficiência da Teoria do Portfólio: todas as unidades consumidoras, com elevada carga instalada e baixo consumo ou estão sendo bastante eficientes no uso da energia elétrica ou apresentam grande probabilidade de que haja energia não faturada (perda) na mesma.

Assim, uma vez lançados os pontos no plano Consumo *versus* Carga Instalada, pode-se imaginar uma série de retas que passem pela origem (ponto carga instalada zero, consumo médio zero) e pelo ponto correspondente a carga instalada e consumo médio da unidade. São determinados os diversos coeficientes angulares dessas retas, calculado o coeficiente angular médio e desvio padrão; pode-se então, como forma de priorizar unidades para inspeção, organizar as unidades consumidoras por ordem crescente dos coeficientes angulares ou, no próprio gráfico, procurar identificar uma reta relativa a determinado coeficiente limite, que delimitaria uma zona dentro das unidades aí situadas que têm coeficientes abaixo do limite, caracterizando a denominada “fronteira para inspeção”.

Isso foi feito para essas duas atividades. Para posto de combustível, no entanto, não se dispunha de UC com fraude para validar o método. A figura 5 mostra, para as padarias, a representação dos pontos relativos à amostra pesquisada e as duas retas, a do coeficiente angular médio (preto) e aquela que determina a fronteira para inspeção (em vermelho).

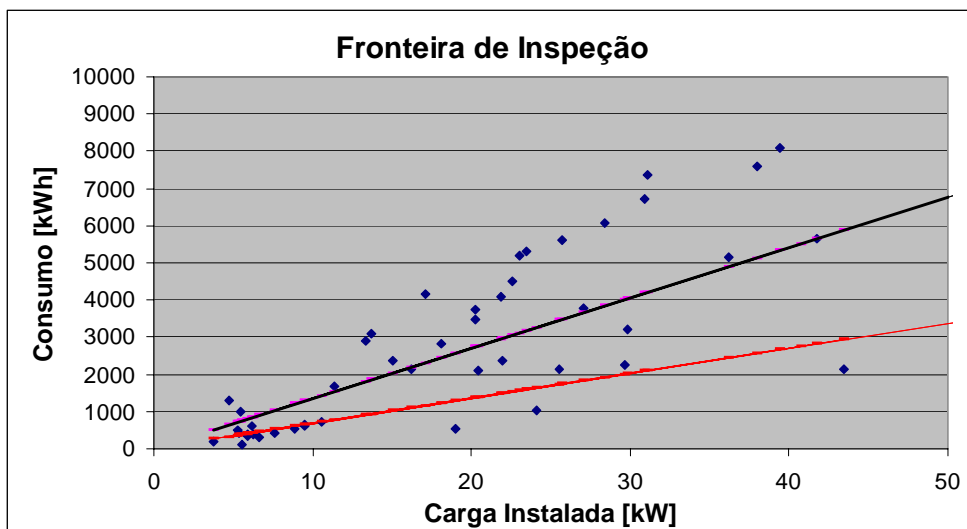


Figura 5. Fronteira de inspeção para a atividade Panificadora, considerando toda a carga instalada.

Para as padarias, o universo amostrado foi de 48 unidades consumidoras e o coeficiente angular médio foi de 135,1 isto é, para cada 1 kW de carga instalada corresponde um consumo médio mensal de 135,1 kWh. O desvio padrão dos coeficientes foi de 73,9. Para a fronteira de eficiência foi estabelecido o valor correspondente à metade do coeficiente médio; isto conduziria à seleção de 13 unidades para inspeção, onde houve perdas em cinco, o que significa um índice de acerto de 38,5%.

Visando obter gráficos ainda mais simplificados, ou seja, que não necessitassem do levantamento de toda a carga instalada para sua consulta e decisão quanto à inspeção da unidade, procurou-se a definição dessas fronteiras para inspeção a partir de ábacos que relacionam o Consumo *versus* Carga Instalada dos seus usos finais de energia elétrica mais representativos (forno, balcão, freezer, modeladora, masseira e cilindro), dentro da respectiva atividade. Isto aplicado a padarias resulta no ábaco da figura a seguir, no qual a zona caracteriza o limite indicado pela

fronteira para inspeção significando área onde a unidade deve ser inspecionada, se o ponto (cargas principais, consumo) da unidade aí se situa, pois há grande chance de que haja perda.

Na prática de campo, a aplicação para unidades consumidoras dentro do ramo de atividade padaria, seria feita do seguinte modo: o inspetor em campo faz o somatório das cargas principais, isto é, aquelas relativas a forno, masseira, cilindro, modelador, freezer e balcão frigorífico, encontrando “x” kW. Como tem o consumo médio da unidade obtido do seu histórico de consumo, lança no ábaco o ponto correspondentes a esses kW das cargas principais e o consumo. Caso se encontre na zona abaixo da reta relativa à fronteira para inspeção, a unidade deve ser inspecionada. A figura 6 apresenta uma representação gráfica desse método.

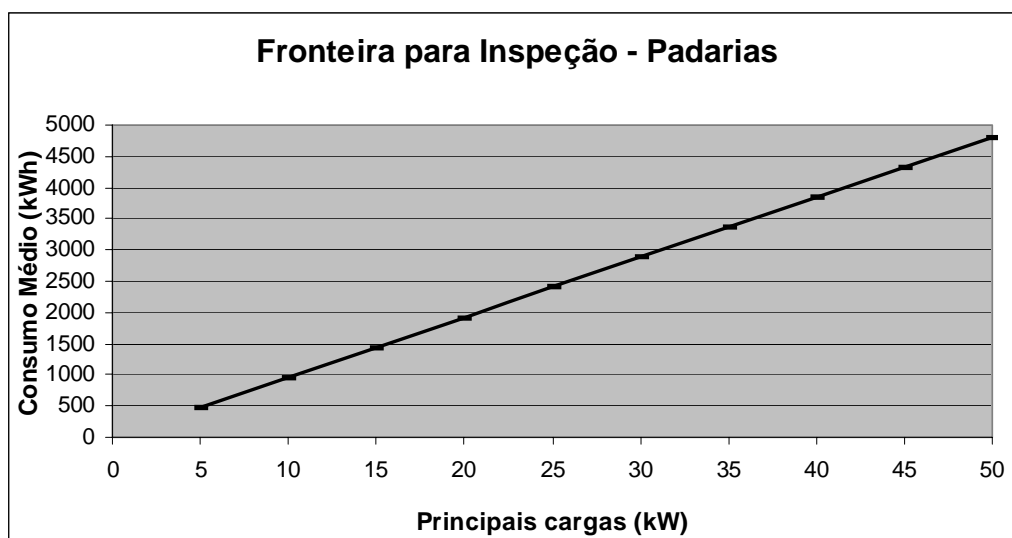


Figura 6. Fronteira de inspeção para a atividade Panificadora, considerando a carga instalada das principais cargas.

4.1.6 – Considerações

Dentre as metodologias testadas obteve-se os seguintes resultados:

Tabela 13. Resumo dos resultados encontrados nos testes de ferramentas de análise.

Ferramenta	Índice de acerto
Análise de Consumo	22%
Aplicação de RNA	0 a 20%
Fronteira de Inspeção	38,5%
Aplicação de LOGIT	40%
Aplicação de DEA	42%

Considerando-se o valor de acerto atual da inspeção para toda a área de concessão da COELBA em torno de 28%, os resultados encontrados acima mostram que as duas primeiras ferramentas não são relevantes para esta pesquisa. Entretanto, deve-se observar que as simulações foram realizadas dentro de uma atividade específica, cujo índice de acerto de inspeção deve ser bastante superior ao total da Empresa.

Considerando esse fato, optou-se pelo desenvolvimento de um *software* que incorporasse mais de uma das ferramentas testadas e que permitisse a análise por quaisquer das ferramentas ou por todas elas. Assim, foram incluídas as ferramentas “Análise de Consumo”, “Aplicação de LOGIT” e “Aplicação de DEA”. A “Aplicação de RNA” foi deixada de fora por apresentar resultados muito variáveis e por considerar-se o banco de dados muito pequeno para que a ferramenta fosse considerada válida.

O resultado final apresentado pelo *software* é uma lista com as UC a inspecionar, sendo que se pode ter acesso aos resultados individuais dos métodos ou ao resultado final. Este último considera a ordenação das UC indicadas para inspeção de acordo com a indicação em mais de um método, ou seja, quanto mais vezes a UC aparecer na lista individual do método, mais forte a sua indicação para inspeção.

4.2 – Descrição do SAPC

O *software* Sistema de Análise de Padrões de Consumo (SAPC) foi desenvolvido para indicar a inspeção em UC com base nas ferramentas testadas definidas no item anterior. Seu principal objetivo é qualificar a UC sob análise para inspeção, tendo como entrada o consumo registrado, a carga instalada e as potências das principais cargas. O protótipo aqui apresentado foi desenvolvido apenas para a atividade de “Fabricação de pães e tortas”, estando preparado para incorporação de outras atividades, considerando que a sua estrutura de blocos e a amplitude das ferramentas existentes são de aplicação comum, bastando apenas a incorporação dos parâmetros de cada atividade a ser pesquisada.

O sistema foi desenvolvido para rodar na plataforma Windows, em computadores com a configuração mínima de: CPU de 700MHZ e 64MB de memória RAM. É um sistema local podendo ser facilmente instalado em qualquer tipo de microcomputador.

O SAPC é dividido nas seguintes macro funcionalidades, conforme figura 7:

- Métodos:
 - Escolha da atividade da UC em análise;
 - Entrada de dados;
 - Escolha do(s) método(s) de análise;
 - Verificação dos dados de entrada;
 - Visualização do resultado.
- Consultas:
 - Visualização das UC analisadas;
 - Gravação da relação de UC analisadas.

Figura 7: Macro funcionalidades do sistema SAPC

O SAPC faz a análise de um contrato de cada vez, armazenando os resultados na memória volátil, para posterior gravação em arquivo texto (formato .txt). A figura 8 mostra a tela principal do SAPC. A seguir são detalhadas as macro funcionalidades do *software*.



Figura 8. Tela principal do SAPC.

4.2.1 – Métodos

No item “Métodos” do menu principal são feitas as parametrizações necessárias ao desenvolvimento da análise. Primeiramente deve-se proceder a escolha da atividade à qual pertence a UC sob análise. De acordo com a atividade, é apresentada a tela apropriada para entrada de dados. Para a atividade “Fabricação de pães e tortas” foram definidos os seguintes parâmetros de entrada:

- Consumo (kWh);
- Carga instalada (kW);
- Potências (kW) das seguintes cargas:
Forno, Masseur, Modeladora, Cilindro, Freezer, Balcão refrigerado, Condicionador de ar, Câmara frigorífica e Lâmpada.

Como passo seguinte, tem-se a escolha da(s) metodologia(s). É possível escolher qualquer dos métodos ou mesmo todos eles, sendo o padrão do *software* executar todas as metodologias. Após a análise pelo(s) método(s) escolhido(s), é apresentada uma tela com os dados de entrada e os resultados da análise. A figura 9 apresenta a tela para um contrato analisado pelo método de “Análise de Consumo”.

A imagem mostra uma janela de software intitulada "Sistema de Análise de Padrões de Consumo". O título da janela é "Método de Análise de Consumo". O conteúdo da janela é dividido em seções:

- Detalhamento do Método de Análise do Consumo (kWh)**:
 - Número do Contrato: 00Fictício
 - Consumo Mensal (kWh): 5.290
 - Potência de Fornos (kW): 12,00
 - Potência de Balcões (kW): 2,00
 - Potência de Freezers (kW): 1,30
 - Potência de Modeladoras (kW): 0,74
 - Potência de Masseiras (kW): 1,48
 - Potência de Cilindros (kW): 2,96
- Análise**:
 - Consumo dos Equipamentos (kWh): 6.193
 - Potência Total (kW): 20,48
 - Consumo Estimado com 77% de Participação (kWh): 8.043
 - Consumo Estimado com 10% de Desvio (kWh): 7.239
- Resultado da Análise**:
 - Contrato a Inspeccionar

Na base da janela, há quatro botões: "Consultar Resultados", "Novo Cálculo", "Alterar Cálculo" e "Ok".

Figura 9. Tela de resultado da análise para o método de “Análise de Consumo”.

Nessa tela, tem-se ainda a opção de proceder novo cálculo (análise de outra UC), alterar o cálculo (corrigir alguma das entradas de dados), confirmar a análise (os resultados são armazenados na memória volátil) ou ainda consultar os resultados já armazenados.

4.2.2 – Consulta

Os resultados armazenados podem ser consultados a qualquer momento via tela de detalhamento ou através do item “Consulta” do menu principal.

Pelo menu principal, inicialmente é preciso definir para quais dos métodos se deseja consultar os resultados, para que o SAPC exiba em tela os contratos analisados e o resultado da análise (contrato “normal” ou a “inspecionar”). Caso a opção tenha sido por todos os métodos, aparecerão na tela os contratos ordenados de acordo com a sua maior ocorrência em cada um dos métodos.

Os resultados podem ser gravados no arquivo do *software* para consultas posteriores ou em arquivo definido pelo usuário. A opção “Gravar Resultados Atuais” abre uma tela para o usuário definir local de gravação e nome do arquivo em formato texto. Este arquivo conterá apenas as UCs que foram indicadas para inspeção. A figura 10 mostra a tela onde é apresentada a lista de UC analisadas e o resultado da análise.

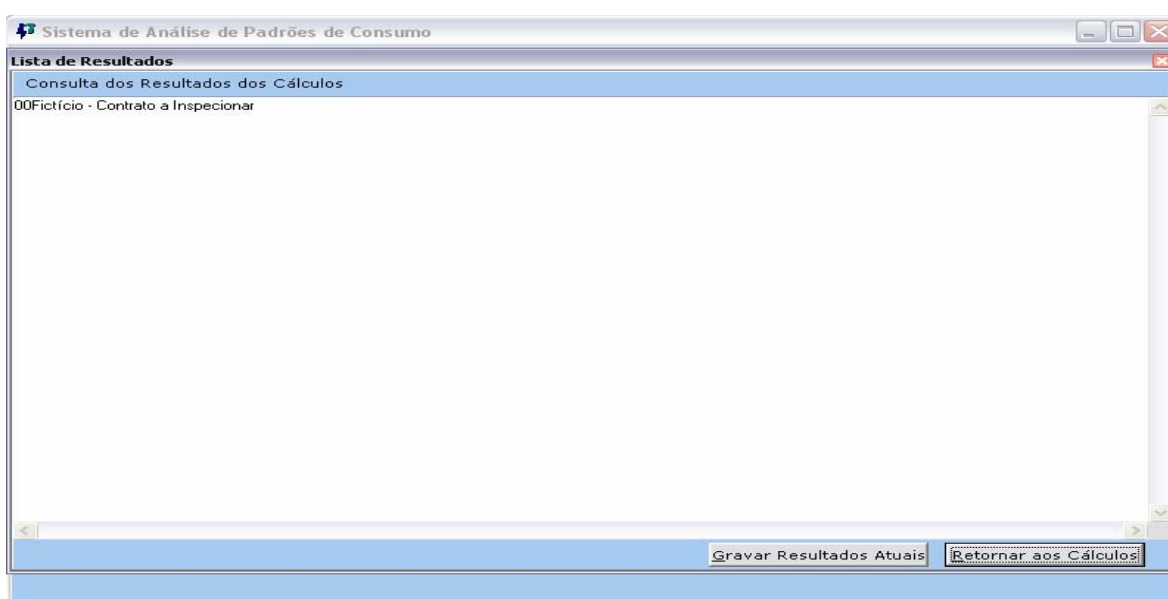


Figura 10. Tela de consulta aos resultados das análises

5 – CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Reduzir as perdas não-técnicas de energia elétrica é um desafio, e as variáveis que afetam o seu resultado são muito amplas. A cada dia, nota-se uma evolução na forma como as irregularidades são praticadas. Deste modo, a busca permanente de soluções que aperfeiçoem o processo das concessionárias deve ser uma obsessão dos seus gestores.

Neste contexto, o SAPC é uma ferramenta que se propõe a minimizar as dificuldades operacionais para identificação das fraudes. Embora os segmentos estudados sejam específicos da classe comercial, o sistema pode e deve ser aperfeiçoado para abranger os outros segmentos representativos do potencial de recuperação de mercado de qualquer concessionária distribuidora de energia.

A utilização conjunta dos três métodos desenvolvidos, no sistema SAPC, conforme figura 11, alcançou uma procedência de mais de 67% (ver tabela 14). Isso se dá quando as unidades selecionadas para inspeção são semelhantes em todos os métodos. Considerando que o segmento de classe pesquisado é um daqueles em que a COELBA exerce uma vigilância permanente e sofre constantes inspeções, o resultado alcançado é excepcional.

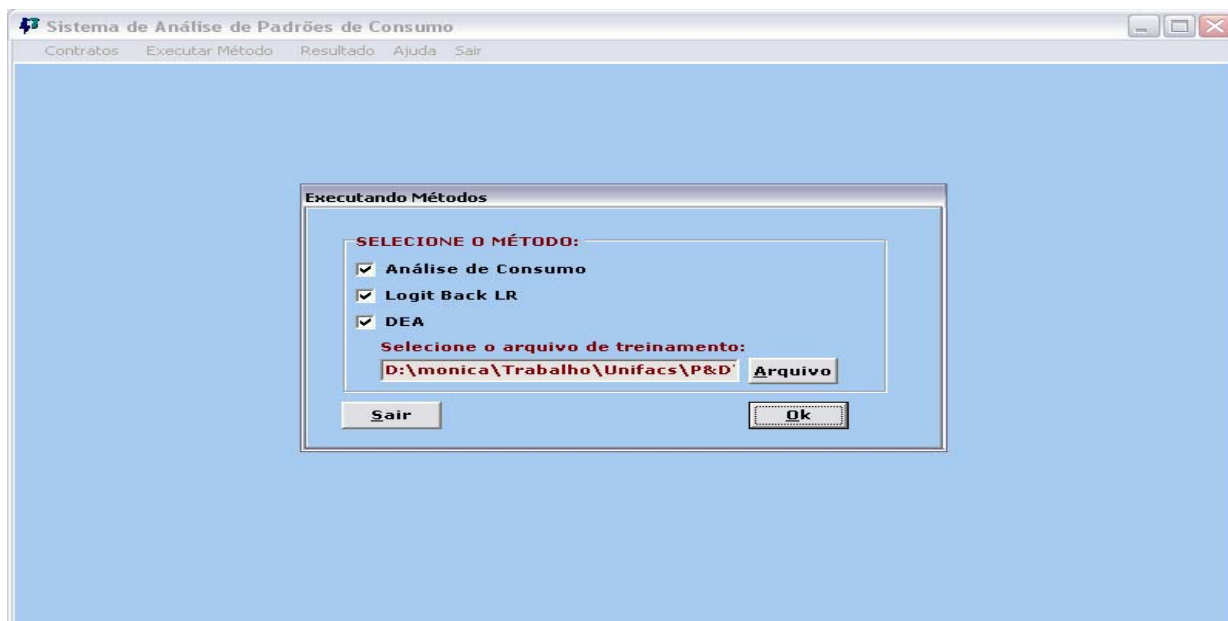


Figura 11. Tela de execução dos métodos

<i>Classe DA1581400</i>	
<i>Ferramenta</i>	<i>índice de procedência</i>
SAPC - Analise consumo & LOGIT & DEA	67%

Tabela 14. Resultado do uso dos métodos no SAPC

Esse resultado potencializa a excelência da ferramenta e deve ser considerado um feito relevante. Reforça, ainda, essa constatação o fato das inspeções geradas pelo modelo de análise existente na COELBA alcançarem um índice médio de procedência de 28%.

O índice de procedência considerando cada ferramenta individualmente, conforme tabela 15 abaixo, mostrou-se bastante promissor. No entanto, mais testes devem ser feitos, envolvendo um universo mais amplo de consumidores, de forma que seja possível verificar se há diferenças ou particularidades em outras áreas geográficas do Estado.

<i>Classe DA1581400</i>	
<i>Ferramenta</i>	<i>Índice de procedência</i>
Fronteira de Inspeção	38,5%
Aplicação de LOGIT	40,0%
Aplicação de DEA	44,0%

Tabela 15. Resultado da procedência de cada ferramenta

Nos experimentos realizados na classe industrial, verificou-se a necessidade de incorporar variáveis que, de uma forma geral, não fazem parte do cadastro básico da Concessionária, a exemplo de regime de funcionamento, curva de carga, detalhamento da carga instalada, potência individual dos equipamentos instalados etc. Essas variáveis são importantes para determinar comportamentos típicos de consumo, orientando mais precisamente as unidades consumidoras a serem inspecionadas.

Como visto na tabela 14, o uso simultâneo das três ferramentas resultou num índice de procedência de 67%. Este resultado está de acordo com o objetivo estabelecido para esta dissertação, qual seja, contribuir para maximizar as procedências das inspeções e, com isto, acelerar a redução das perdas não-técnicas.

O resultado deste trabalho em relação aos objetivos específicos estabelecidos foram assim avaliados e mensurados:

- Para objetivo específico de melhorar substancialmente a procedência das inspeções através do uso de técnicas de inteligência artificial, a aplicação das ferramentas *LOGIT* e *DATA ENVELOP ANALYSIS* (DEA) e a procedência de 67% das inspeções demonstram o alcance dos objetivos.

- Para o último objetivo específico, otimizar a atuação das equipes de combate as perdas e contribuir para a redução dos custos, se considerarmos: a procedência de 67% obtida com o SAPC, contra uma procedência média de 28% obtida pela COELBA; custo unitário (base) por inspeção de R\$ 196,38 (cento e noventa e seis reais e trinta e oito centavos) e o número de 93.9344 inspeções realizadas em 2005, o desperdício anual que foi superior a R\$ 13.000.000,00 (treze milhões de reais) seria reduzido para um pouco mais de R\$ 6.000.000,00 (seis milhões de reais).

Assim, apenas com a melhora da procedência das inspeções, de 28% para 67%, sem considerar a energia recuperada pelos processos de irregularidade, a redução do desperdício financeiro anual da COELBA pode chegar a exatos R\$ 6.159.769,00 (seis milhões, cento e cinquenta e nove mil, setecentos e sessenta e nove centavos).

O Sistema de Análise de Padrões de Consumo (SAPC) é um sistema que oferece a possibilidade de avaliação do nível de consumo esperado para uma unidade consumidora com base nos parâmetros próprios desta UC, como a potência das principais cargas. Esse sistema foi desenvolvido para incorporar diversas metodologias de análise, que possibilitam obter níveis de procedência das inspeções superiores aos valores atuais da COELBA. O sistema permite ainda que o usuário faça diversas simulações e grave os resultados para posterior impressão.

O SAPC, depois de aplicado em outras atividades, poderá absorver a incorporação de novos métodos de análise considerando outras ferramentas não avaliadas, e até mesmo reavaliar as metodologias com maior quantidade de dados para obtenção de resultados melhores.

Concluindo, o SAPC é um sistema de grande valia na definição e priorização das inspeções das unidades consumidoras, podendo ser aperfeiçoado e otimizado de modo a contribuir para a excelência dos programas de combate às perdas de energia.

Em que pese ter sido avaliado inicialmente como protótipo para análise de um tipo de atividade (fabricação de pães e tortas), o sistema deverá ser ampliado para abranger outras atividades que tenham sido identificadas na matriz de perdas com alto potencial de recuperação de energia elétrica. Neste sentido, como sugestão para trabalhos futuros, o mais importante será o desenvolvimento da pesquisa e do sistema para identificar as unidades, do segmento residencial, com maior probabilidade de irregularidade na medição.

Para este desafio, a base cadastral da Coelba deve ser radicalmente melhorada objetivando incorporar informações, hoje inexistentes, indispensáveis para uma perfeita correlação entre o consumo de energia elétrica apurado na UC e os parâmetros, tais como potência individual dos equipamentos, regime de funcionamento, curva de carga, número de moradores, detalhamento da carga instalada, etc.

A limitação dessa base cadastral constituiu-se na maior dificuldade operacional para o desenvolvimento deste trabalho. Assim, esse deve ser considerado o ponto crítico de sucesso para o aperfeiçoamento do sistema, em futuras etapas.

6. REFERÊNCIAS

ABRADEE, Dados disponíveis no site www.ABRADEE.com.br

Agência Nacional de Energia Elétrica. **Nota Técnica 052/2003** – SER, Brasília, 2003.

ALMEIDA, M.A. de; OLIVEIRA, C. O.; DANTAS, P.R. **Redução de Perdas de Energia Elétrica na COELBA**. In: Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica, XV, 2002, Salvador. Anais eletrônicos. Salvador, 2002. 1 CD-ROM.

ALMEIDA FILHO, A. **Priorização de investimentos em sistemas de distribuição de energia elétrica**. Dissertação de mestrado – Universidade Salvador – UNIFACS, Salvador, 2003.

ARAÚJO, A. C. e outros, **Considerações Sobre as perdas na distribuição de energia elétrica no Brasil**. Trabalho técnico selecionado para o SENDI 2006.

BASTOS, T. R.: DANTAS, P. R. **Redução de Perdas Não-Técnicas** – Uma Proposta Metodológica, apresentado no Seminário Interno da COELBA, Salvador-Bahia, 2000.

BITTENCOURT, G. **Inteligência Artificial: Ferramentas e Teorias**. 2ª ed. Florianópolis: ad UFSC, 2001.362p.

Boletim Mensal de Mercado, publicação mensal da COELBA, julho 2003

BUSSAB, W. O. E Morettim, P. A. **Estatística básica**, Atual, 1987.

CABRAL, A. G.; Cabussú, M. S.; Pereira, S. M. **“Estratégia de Marketing/ Experiência da COELBA na Execução de Inspeções em Clientes/ Regularização de Ligações Clandestinas”**, agosto 1999.

CARVALHO G. J. Lógica Fuzzy. **Monografia apresentada no seminário em Matemática do Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas – UESC, 2003.**

COCHRAN, W. **Sampling techniques**, John Wiley & Sons, NY, 1977

DANTAS, P.R.P. **Metodologia para Diagnosticar e Estratificar as Perdas Comerciais**, Dissertação apresentada à Universidade Salvador – UNIFACS, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Regulação da Indústria de Energia . Salvador: Maio, 2006. 93p.

ELLER, N. A. **Arquitetura de Informação para o Gerenciamento de Perdas Comerciais de Energia Elétrica**. 2003. 115f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

FONSECA, J. S. da. **Curso de Estatística**. Atlas. São Paulo, 1996. 320p.

GHIRARDI, A. G., Gabrielli, J. S. e Santos, V. B. P. **“Pesquisa de Perdas no Faturamento de Energia Elétrica”** – UFBA/COELBA, 1997.

HAIR, J. F. **Análise Multivariada de Dados**. Santana, 2003.

KAZMIER, L. J. **Estatística Aplicada à Economia e Administração**. São Paulo: Makron, 1982. 386p.

KELMAN, J. **Seminário de comunicação sobre perdas e inadimplência**, Brasília, 2005.

KISH, L. **Survey sampling**, Wiley, NY, 1965

LOPES, A. L. M. **Um Modelo de Análise Envoltória de Dados e Conjuntos Difusos para Avaliação Cruzada da Produtividade e Qualidade de Departamentos Acadêmicos** - Uma Aplicação na UFSC. 1998. 161f. Tese, Universidade Federal da Santa Catarina, Florianópolis.

MARTÍN, M. L.; Ramati, O. H., **Perdidas de Energia**, editado pela CIER – Comision de Integracion Electrica Regional, 1991.

MELO, J.C. e Outros. **Análise Envoltoria de Dados em Benchmarcks**, Atlas, 2002.

MINUSSI, J.A.; DAMACENA, C.; NESS JR., W.L. **Um Modelo de Previsão de Solvência utilizando Regressão Logística**. Revista de Administração. São Paulo, v. 6, n. 3, p. 109-128, set./dez. 2002.

MOITA, J.M.N. e Outros. **Uma Introdução à Análise Exploratória de Dados Multivariados**. Pioneira, 2002. 120p.

MOREIRA C.E. **Energia Elétrica – Medidas simples** - Exame, março,2006

NUNES, F.B.F. e Outros. **Reclamações de Consumidores: Oportunidades de melhorias no processo de recuperação de perdas comerciais**. Trabalho apresentado no XV Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica – SENDI. Salvador, 2002.

NUNES, F.B.F. **Otimização do MWh recuperado através de inspeção técnica**. Trabalho apresentado no XIV Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica – SENDI. Foz do Iguaçu, 2000.

PAMPLONA E. e outros. **Seleção de carteiras através do modelo Markowitz** – IX SIMPEP, Outubro, 2002, Bauru,SP.

PEREIRA, O. M.; NESS JR., W. L. **O Modelo de E-score de Previsão de Falências para Empresas de Internet** – Revista de Administração, São Paulo, v. 8, n. 3, p. 143-166, jul/set. 2004

Potencial de Recuperação de Mercado, publicação mensal da COELBA, setembro 2003.

REZENDE, S. O. (Org.). **Sistemas Inteligentes: Fundamentos e Aplicações**. São Paulo: Manole, 2003. 525p.

Santos, J.H. **Sistema de controle de inspeção da Coelba** – Relatório Gerencial, Salvador, 2006.

SEGER, K. A. Energy Theft. **An International Perspective**, Revista Metering International, edição 1 - 2002.

SENGER, E. C. et al. **Detecção, Localização e Análise de Defeitos na Rede de Média Tensão Utilizando Técnicas de Inteligência Artificial**. In: Congresso de Inovação Tecnologia em Energia Elétrica (Citenel), II, 2003, Salvador. Anais..., Brasília: Centro de Documentação – CEDOC, 2003. p. 974-979.

SHAW, I. S.; SIMÕES, M. G. **Controle e Modelagem Fuzzy**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 2001. 165p.

SILVA, E. M. da et al. **Estatística para os Cursos de Administração e Ciências Contábeis**. Atlas, 2002.

SILVEIRA, M.; GOMES, C.A.C.; BASTOS, P. R. F. M. **Nota técnica 002 - Projeto P&D ANEEL/COELBA/UNIFACS**, Salvador/BA, 2004.

SONI, S.; TANG, Z.; YANG, J. **Estudo do Desempenho dos Algoritmos de Data Mining da Microsoft**. Disponível via URL em: [http://www.technetbrasil.com.br/Downloads/Artigos Técnicos/sql/estudo.doc](http://www.technetbrasil.com.br/Downloads/Artigos_Técnicos/sql/estudo.doc). Acessado em: 20/01/2005.

STEHLING, M. O. **Estudo das Perdas de Energia Elétrica no Sistema de Distribuição do Município de Cabedelo-PB**. 1999. 122f. Dissertação, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

STRAUCH, M.T. **Desenvolvimento de metodologia para cálculo de perdas elétricas em redes de distribuição de baixa tensão**. Dissertação de mestrado apresentada à Universidade Salvador – UNIFACS. Salvador 2002.

TANURE, J.E.P.S. **Análise Comparativa de Empresas de Distribuição para o Estabelecimento de Metas de Desempenho para Indicadores de Continuidade do Serviço de Distribuição**, Dissertação apresentada à Escola Federal de Engenharia de Itajubá como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Ciências em Engenharia Elétrica. Itajubá: Novembro, 2000. 156p.

TANURE, J.E.P.S. **Proposta de Procedimentos e Metodologia para Estabelecimento de Metas de Qualidade (DEC e FEC) para Concessionárias de Distribuição de Energia Elétrica Através da Análise Comparativa**, Tese apresentada ao departamento de Engenharia e Automação Elétricas da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Engenharia. São Paulo: 2004. 249p.

VALENTE A. CORREIA, J., PEREIRA, O, S.: **A Universalização do serviço de energia elétrica**, Editora da UNIFACS – Universidade Salvador, Bahia. 2002.

Yin, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

YOSHIDA, K. M. **Redes Neurais e suas Aplicações em Inteligência Artificial**. Trabalho de Graduação da UESC, 1996.

APÊNDICES

Anexo 1 – Formulário de pesquisa em campo da Comercial – Posto

OIN – FORMULÁRIO PARA LEVANTAMENTO EM CAMPO

DADOS DA UNIDADE CONSUMIDORA

1 – CONTRATO: 96825

2 – MEDIDOR: 840510670

3 – NOME: SAPEL BAHIA PETROLEO LTDA

4 – ENDEREÇO: Avenida BARROZ REIS 636, TE

5 – CLASSE: CA4232 - Posto

CLASSE ENCONTRADA: _____

DADOS DE CAMPO

6 – CARGA INSTALADA (KW) _____

7 – HORÁRIO DE FUNCIONAM. _____

8 – ÁREA (m²) _____

9 – LOCAL REFERÊNCIA _____

10 – _____

11 – _____

SIM NÃO

12 – QUANT. DE BOMBAS _____

13 – DELICATEZEM _____

SIM NÃO

14 – LAVAJATO _____

SIM NÃO

15 – _____

SIM NÃO

16 – _____

17 – _____

18 – _____

SIM NÃO

19 – _____

SIM NÃO

20 – _____

SIM NÃO

21 – _____

22 – _____

23 – _____

24 – _____

25 – _____

26 – _____

SIM NÃO

27 – _____

SIM NÃO

28 – _____

29 – _____

30 – _____

31 – _____

SIM NÃO

32 – _____

33 – _____

SIM NÃO

34 – _____

SIM NÃO

35 – _____

SIM NÃO

36 – _____

SIM NÃO

37 – _____

GRUPO DE IRREGULARIDADE

38 – CÓDIGO 100

--	--

39 – CÓDIGO 200

--	--

40 – CÓDIGO 300

--	--

41 – CÓDIGO 400

--	--

SITUAÇÃO DEIXADA

42 – Regularizada

43 – Cortada

44 – Outra: _____

45 – Observação: _____

NOME E REGISTRO DO INSPECTOR: _____

DATA: ____ / ____ / ____

Anexo 2 – Formulário de pesquisa em campo da Industrial – Padarias

OIN – FORMULÁRIO PARA LEVANTAMENTO EM CAMPO

DADOS DA UNIDADE CONSUMIDORA

1 – CONTRATO: 20699

2 – MEDIDOR: 840508276

3 – NOME: NANCY MERY OLIVEIRA

4 – ENDEREÇO: Estrada DOS CABRITOS 172, TE

5 – CLASSE: PAZ2683 - Padarias CLASSE ENCONTRADA: _____

DADOS DE CAMPO

6 – CARGA INSTALADA (KW) _____

7 – HORÁRIO DE FUNCIONAM. _____

8 – ÁREA (m²) _____

9 – LOCAL REF. EFICÁCIA _____

10 – Q. UANT. DE CAIXA _____

11 – SIM NÃO

12 – _____

13 – SIM NÃO

14 – SIM NÃO

15 – SIM NÃO

16 – _____

17 – _____

18 – SIM NÃO

19 – SIM NÃO

20 – SIM NÃO

21 – _____

22 – _____

23 – _____

24 – _____

25 – _____

26 – SIM NÃO

27 – SIM NÃO

28 – _____

29 – _____

30 – _____

31 – SIM NÃO

32 – Nº DE FÓRMO S _____

33 – BALCÃO REF. RIG. ABERTO SIM NÃO

34 – BALCÃO REF. RIG. FECHADO SIM NÃO

35 – SIM NÃO

36 – SIM NÃO

37 – _____

GRUPO DE IRREGULARIDADE

38 – CÓDIGO 100 _____

39 – CÓDIGO 200 _____

40 – CÓDIGO 300 _____

41 – CÓDIGO 400 _____

SITUAÇÃO DEIXADA

42 – Pegu britada

43 – Cortada

44 – Outra: _____

45 – Observação: _____

NOME E REGISTRO DO INSPEOR: _____

DATA: ____ / ____ / ____