



**XX SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0
XXX.YY
22 a 25 Novembro de 2009
Recife - PE

GRUPO VI

GRUPO DE ESTUDO DE COMERCIALIZAÇÃO, ECONOMIA E REGULAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - GCR

IDENTIFICAÇÃO DAS PERDAS COMERCIAIS ATRAVÉS DE REDE BAYESIANA

**Paulo R. F. de M. Bastos (*)
UFBA**

**Niraldo R. Ferreira
UFBA**

**Benemar A. de Souza
UFCEG**

RESUMO

É apresentada uma metodologia para identificação das perdas comerciais conforme as causas, quantificando-as por região, grupo e classe de consumo. Usa-se um modelo de rede Bayesiana aplicado a três grupos de consumidores ativos, aqueles do Grupo A, B e da iluminação pública, e dois grupos de não consumidores, as unidades desligadas e ligações clandestinas. Pesquisas amostrais verificando a conformidade por grupo são usadas para obtenção das relações de probabilidade. Os resultados podem orientar o planejamento de ações para redução das perdas sendo realizado um estudo de caso em uma empresa com perdas totais de 26,5%.

PALAVRAS-CHAVE

Perda na distribuição, perda não-técnica, rede Bayesiana, perda comercial, perda de energia.

1.0 - INTRODUÇÃO

No Brasil como em vários outros países em desenvolvimento as perdas não técnicas de energia elétrica são altas, e isto se deve dentre outros motivos ao baixo nível de renda da população e aos preços relativamente elevados da energia, associados à impunidade no que diz respeito à corrupção e à fraude. Assim há concessionárias de distribuição nas quais as perdas comerciais alcançam patamares de até 25% da energia adquirida.

Vários artigos ou trabalhos tratam das perdas técnicas e dos métodos para quantificá-las nos diversos segmentos (1) (2) (3), entretanto com respeito às perdas comerciais não tem havido preocupação com a identificação das suas origens e localização. Nos últimos anos, com a reforma do setor elétrico até surgiram trabalhos abordando o tema perdas comerciais (4) (5), porém mostrando ações para reduzi-las (6) ou que as mesmas não devem ser toleradas por constituir um ônus aos consumidores legais (7). Os técnicos normalmente não se dedicam ao tema "perdas comerciais" por considerá-lo apenas um problema de gerenciamento, mas é importante responder à questão "onde estão estas perdas?" visto que erradicar ligações clandestinas requer investimento em rede, procurar fraudes implica em despesas com montagem e preparação de equipes específicas para este fim, e para acabar com enganões ou erros internos da distribuidora é preciso treinamento.

Face à dificuldade e ao custo para fiscalizar anualmente toda a área de concessão se faz necessário um diagnóstico para avaliar em quais grupos de clientes e regiões se concentram as perdas comerciais, identificando as causas de maior incidência. O objetivo deste trabalho é apresentar um modelo de Rede Bayesiana (8) (9) que permite identificá-las e quantificá-las de modo a tornar mais eficaz os métodos para sua redução.

Redes Bayesianas são modelos gráficos probabilísticos nos quais o problema é colocado como um conjunto de variáveis e suas relações de probabilidades; tais redes têm sido aplicadas com sucesso na área médica

(*) Rua Aristides Novis, 02 – DEE/Escola Politécnica – Federação – CEP 41.210-910 – Salvador, Ba – Brasil
Tel: (+55 71) 2383-9760 – Fax: (+55 71) 3283-9779 – Email: pbastos@ufba.br

(diagnósticos de doenças), em investigações geológicas e criminais, mas raramente em sistemas elétricos (10). O caráter inovador é o uso de uma rede Bayesiana que quantifica as perdas comerciais de energia por causa e região em cinco grupos diversos, sendo usadas probabilidades a posteriori relativas a unidades não conformes. Os índices de não conformidade são obtidos através de pesquisas em amostras aleatórias de unidades por grupo, nas quais são realizadas inspeções em campo.

Numa primeira aplicação foram usados dados de unidades do Grupo B (baixa tensão) contidos em um dos poucos trabalhos que abordam o assunto (5), permitindo avaliar o desempenho da Rede proposta tendo os resultados sido satisfatórios. O modelo proposto está sendo testado em duas empresas. Entretanto neste artigo é mostrada uma completa aplicação a todos os grupos e regionais de uma empresa distribuidora cujos dados técnicos constam num dos relatórios do antigo Comitê de Distribuição (11) sendo os dados de mercado de energia adaptados de modo que as perdas globais atingissem a 26,5%. Outros dados como as quantidades de unidades consumidoras por classe e resultados de inspeção são estimados tão próximo quanto possível da realidade das concessionárias. Os resultados finais dentro de uma empresa real permitiriam à mesma elaborar ações mais eficientes visando minimizar ou erradicar as perdas comerciais.

2.0 - INTRODUÇÃO ÀS REDES BAYESIANAS

Redes Bayesianas (RB) são grafos acíclicos orientados cujos “nós” representam as variáveis e os ramos definem as relações de dependência entre as mesmas em um modelo probabilístico. As RB se constituem em uma boa estratégia para trabalhar com incertezas especialmente quando não se tem todas ou muitas informações [9]. Elas se fundamentam teoricamente nas probabilidades condicionais, e o termo homenageia a Thomas Bayes que no século XVIII aplicou as probabilidades condicionais mostrando que podem ser obtidas estimativas (ou crenças) relativas a probabilidade *a priori*, conhecidas as probabilidades *a posteriori*.

A principal expressão relativa à probabilidade condicional é também conhecida por regra ou teorema de Bayes [7], que aplicado a variáveis X e Y normalmente é assim apresentado:

$$P(X|Y) = \frac{P(X,Y)}{P(Y)} \quad (1)$$

Onde:

$P(X|Y)$ é a probabilidade condicional, acontecer “X” tal que tenha acontecido “Y”;

$P(X,Y)$ é a probabilidade de acontecer “X” e “Y” simultaneamente, da lógica $P(X \cap Y)$.

As variáveis ou nós das RB se relacionam conforme um modelo probabilístico e as mesmas são denominadas “pais” ou “filhas” conforme a relação de dependência entre elas. Poderia aqui serem apresentadas classificações de redes Bayesianas e alguns conceitos importantes como d-separação e fator de marginalização mas se preferiu não enfatizar aspectos teóricos que podem ser vistos na literatura. Aqueles que desejem conhecer mais o tema recomendam-se [8], [9], e [12]. Para trabalhar com redes Bayesianas há softwares específicos normalmente registrados e comercializados como Netica, Hugin, Elvira, etc, que podem ser pesquisados na internet, e estão disponíveis também em versões demonstrativas. O modelo de RB proposto para estudo das perdas comerciais é simples; em algumas das ilustrações aqui apresentadas foi usado o software Netica.

3.0 - A METODOLOGIA PROPOSTA

Conforme colocado na introdução deseja-se quantificar as perdas comerciais identificando as áreas de maior incidência e as suas principais causas. Propõe-se uma metodologia análoga àquela usada em vários estudos de qualidade calcada no exame da conformidade do faturamento, cujo diagrama é mostrado na Figura 1.

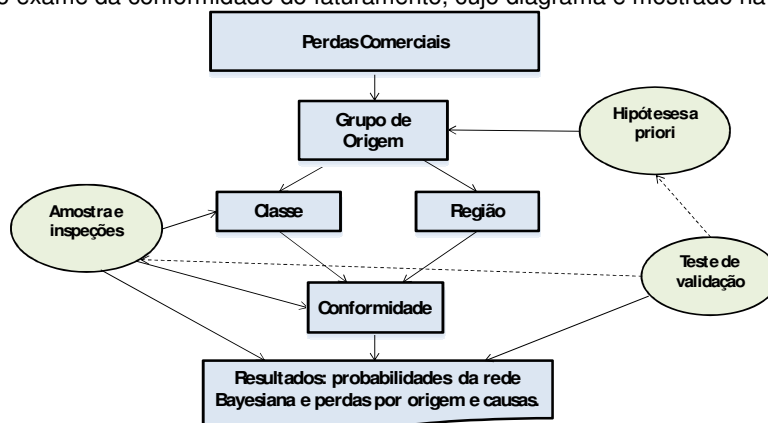


Figura 1- Modelo proposto para identificação das perdas comerciais analisando a conformidade.

A conformidade é verificada nos três grupos de consumidores ativos das distribuidoras (Grupo A, Grupo B e iluminação pública), e é examinada a situação de dois grupos de não clientes: os ex-clientes que estão desligados por motivos diversos (grupo “Desligados”), e as ligações clandestinas. Enfim, o método analisa a situação atual de amostras aleatórias de clientes e não clientes sob o aspecto conformidade em relação às perdas, assim na Figura 1 “Grupo de Origem” são estes cinco grupos classificados por região ou classe de consumo.

A verificação da conformidade é feita realizando-se inspeção nas unidades da amostra, sendo os dados tratados como probabilidades condicionais e, em vista disto, são usados modelos adequados de redes Bayesianas. Os modelos para os grupos A e Desligados são mostrados nas Figuras 2 (a) e 2 (b) respectivamente, sem ainda a introdução de quaisquer dados probabilísticos, apenas apresentando-se as variáveis e seus estados.

Na Figura 2 (a) vê-se que a variável de entrada “Grupo A” tem sete estados, as classes de consumidores dentro do Grupo e como estes números de clientes são conhecidos na empresa, é fornecida a distribuição de probabilidade destes consumidores. A variável “Regional” tem o número de estados correspondente às regiões que se deseja pesquisar tendo aqui sido tratadas por AA, BB e CC. A variável “Inspeção” tem cinco estados: Fraude, Defeito na Medição, Erro ou engano de cadastro, Irregular porém Sem Perdas e Normal; como esta variável é filha de Grupo A e Regional, após a realização da pesquisa em campo é fornecida uma “tabela de probabilidade condicional” que é uma matriz 21x5, tendo nas linhas as combinações das classes e regiões, por exemplo, residencial em AA, residencial em BB, residencial em CC, comercial em AA, etc, e nas colunas os estados da Inspeção.

Por fim “Conformidade” tem os estados “ComPerda” e “SemPerda”, e tendo como pai Inspeção, relaciona as probabilidades de ter ou não perda com o resultado da inspeção; por exemplo, Fraude significa 100% de chance de ter perda e 0% de não ter, já o estado Normal é traduzido como 100% de chance de não ter perdas comerciais.

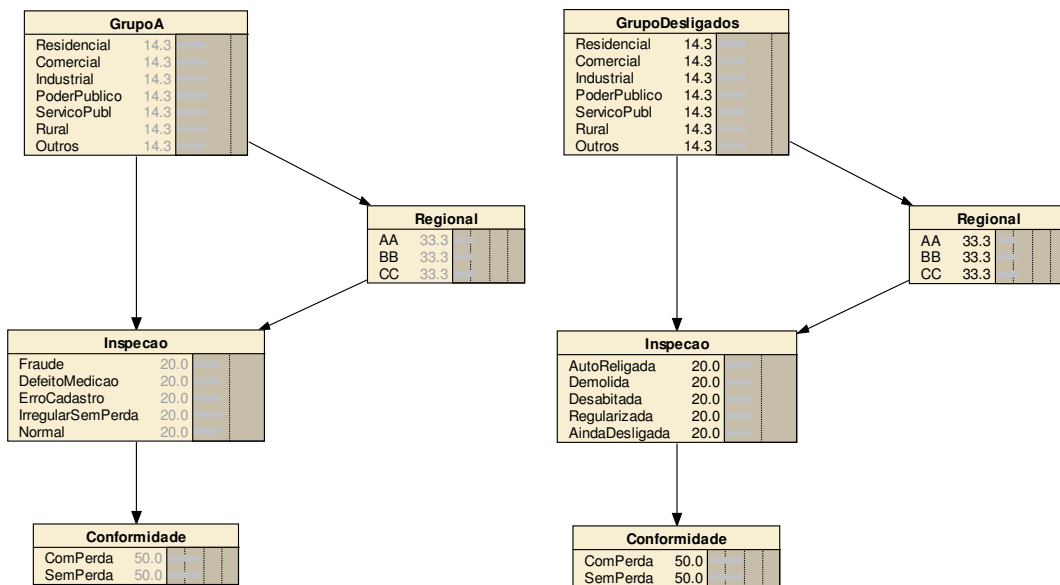


Figura 2 – RB com estados das variáveis. (a) Relativo ao Grupo A, (b) Relativo aos Desligados

No Grupo Iluminação Pública a variável “Inspeção” tem três estados: lâmpadas acesas/apagadas indevidamente (que correspondem a não conformidade), engano ou destualização de cadastro (também uma não conformidade), e “normal” (esta única situação conforme, portanto sem perdas). O modelo para os não clientes, Grupo Desligados e Ligações Clandestinas, é análogo ao dos clientes do Grupo A. Para o Grupo Desligados, Figura 2 (b), uma vez que são ex-clientes, pode-se introduzir a distribuição de probabilidades por classe entretanto para Ligações Clandestinas é feita uma correlação com os clientes residenciais existentes nas regiões. A variável “Inspeção” do Grupo Desligados diferentemente do Grupo A, tem cinco estados. Para os demais Grupos o modelo de RB e a definição dos estados das variáveis serão mostrados e comentados melhor no decorrer do estudo aplicativo.

Em cada “Grupo de Origem” para o dimensionamento das amostras aleatórias a inspecionar são feitas hipóteses iniciais (*a priori*) relativas às parcelas das perdas comerciais por grupo. De modo semelhante às aplicações estatísticas na área de qualidade se deseja examinar a conformidade, há ou não há perda, e isto significa uma distribuição binomial onde p é o índice de não conformidade, de modo que as amostras podem ser dimensionadas por técnicas e equações convencionais dos estudos estatísticos.

Definidas as amostras nos vários Grupos realizam-se as inspeções verificando-se as não conformidades, possibilitando determinar a matriz das probabilidades da RB e inferir o número de unidades com perdas em cada Grupo. Por fim, considerando os consumos médios por classe dentro dos grupos são quantificadas as perdas comerciais relativas a cada Grupo e classe de consumo associadas às suas causas e regiões. Como para os dois grupos de não clientes não há registro de médias de consumo, para o Grupo Desligados fez-se uma correlação por classes do Grupo B, e para as Ligações Clandestinas foi feita correlação com os clientes residenciais do Grupo B. Ao final é feito um teste de validação (Figura. 1) e se necessário reinicia-se o processo reavaliando tais hipóteses iniciais e as amostras.

A metodologia foi experimentada inicialmente para o Grupo B de uma concessionária e os resultados foram satisfatórios, semelhantes aqueles obtidos através de um software específico objeto de um projeto de pesquisa e desenvolvimento (5). Atualmente está em testes em duas distribuidoras e a seguir há um estudo de caso.

4.0 - QUANTIFICAÇÃO DAS PERDAS COMERCIAIS EM UMA DISTRIBUIDORA

É feita uma aplicação a todos os grupos de uma empresa distribuidora cujos dados técnicos são de um dos relatórios do antigo Comitê de Distribuição (11) sendo os dados de mercado de energia adaptados de modo que as perdas globais atingissem a 26,5%. Outros dados como as quantidades de unidades consumidoras por classe e região bem como os resultados de inspeções são estimados, tão próximo quanto possível da realidade de uma concessionária típica.

4.1 Mercado e dimensionamento das amostras

A empresa concessionária usada como exemplo tem 585.555 consumidores atendidos (11) e vende anualmente 2.243.327 MWh. São atendidas 1.718 unidades em alta tensão (Grupo A), 583.837 unidades em baixa (Grupo B), além das unidades da iluminação pública, em geral quase todas estas com consumo estimado. Na situação de perda global em 26,5% a energia adquirida é 3.052.146 MWh/ano, dado este alterado em relação ao original (11).

A perda técnica foi calculada seguindo uma metodologia que considera alguns aspectos normalmente não incorporados pelos métodos em geral (13), apresentando como resultado um intervalo provável para a perda: limite inferior de 205.209 MWh/ano e limite superior de 244.756 MWh/ano. Em termos de segmentos, os maiores valores das perdas técnicas estão na sub-transmissão e subestações. O valor médio da perda técnica calculada é de 224.982 MWh/ano (7,4%) e da perda comercial é de 583.837MWh/ano (19,1%). Isto leva a acreditar que a perda comercial deva ficar entre 564.063 MWh (18,5%) e 603.610 MWh anuais (19,6%).

São estabelecidas hipóteses iniciais necessárias para o dimensionamento das amostras para inspeção: crê-se que a não conformidade no Grupo A seria de 5%; em IP 5,0% do consumo; para os não clientes o número de unidades clandestinas existente seria igual a 10% das residenciais e teria o mesmo consumo médio que estes (119 kWh/mês). Com respeito aos ex-clientes Desligados (123.572 unidades, supridos anteriormente em baixa tensão), acredita-se que 20% estariam auto-religados tendo consumo médio igual à média do Grupo B (237 kWh/mês). Com tais hipóteses e admitindo que no Grupo B o consumo médio das unidades não conformes seja o mesmo do mercado legal, estima-se que *a priori* o percentual de não conformidade no Grupo B seria de 24,1%.

Com tal cenário de perdas deveriam existir 58.314 ligações clandestinas e 140.771 unidades não conformes no Grupo B, estas responsáveis pela maior parte da perda comercial (401.349MWh/ano). Com tais índices de não conformidade são dimensionadas as amostras adotando-se o intervalo de confiança de 95% para todos os grupos e margem de erro de 5% para os Grupos B e Desligados que têm maior expectativa de não conformidade. Para o Grupo A a margem de erro adotada foi de 3,0%.

Isto resultou em 440 unidades a inspecionar no Grupo B em cada uma das três regiões mas garantindo um número mínimo de inspeções por classe, decrescente em função da quantidade de unidades da própria classe, a amostra é de 1.648 unidades (548 na região AA e 550 nas demais). A amostra para o Grupo A é de 509 clientes (181, 177 e 151 para as regiões AA, BB e CC) dentre os 1.718 existentes na empresa, e para os Desligados são 1.266 unidades a visitar (422 por regional).

4.2 Aplicação ao Grupo B

O modelo de RB do Grupo B é o mesmo do Grupo A mostrado na Figura 2- (a), diferenciando-se nos estados da variável Grupo B pois aqui foram subdivididas as classes residencial e comercial. Assim, feita a inserção das tabelas de probabilidade após a inspeção infere-se que a não conformidade é de 21,3%, sendo que fraude responde por 11,9%, e os motivos de responsabilidade da concessionária como defeito na medição e erro/engano no cadastro respondem respectivamente por 6,13% e 3,27%, conforme mostra a Figura 3 – (a). Várias

informações importantes no planejamento das estratégias e ações para redução das perdas podem ser obtidas: para verificar como estão as perdas regionalmente basta examinar as probabilidades condicionais em relação a um novo universo que é o estado “ComPerda” da variável conformidade, isto em RB é denominado instanciação.

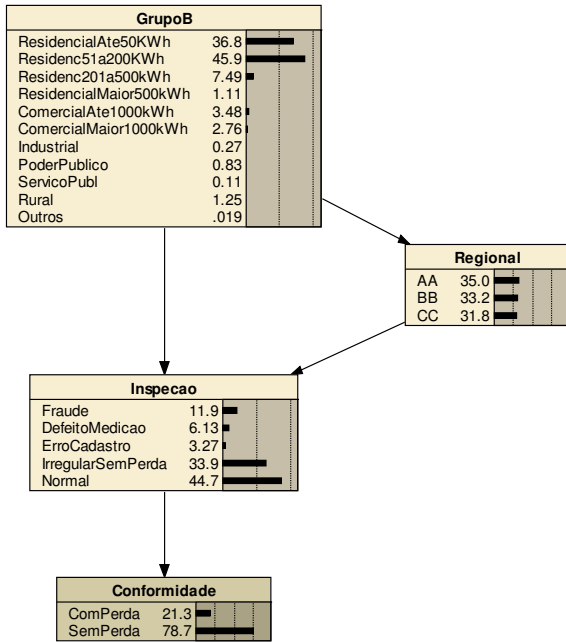


Figura 3 – (a) Conformidade no Grupo B.

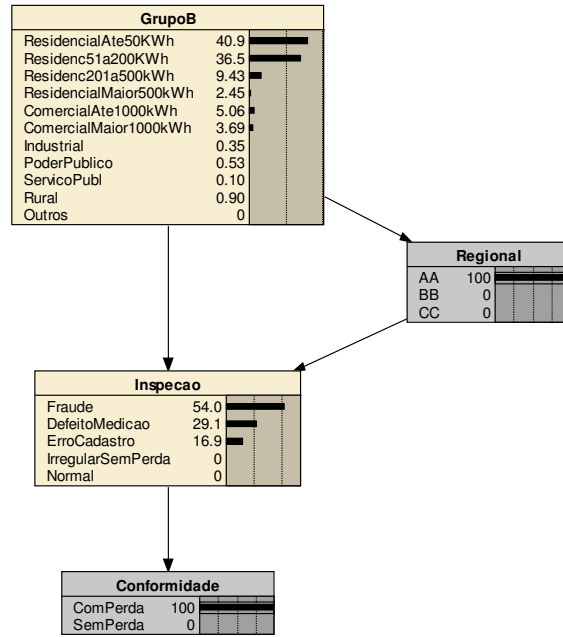


Figura 3 – (b) Instanciação simultânea “AA” e “ComPerda”.

Aqui, a maior concentração de perdas está na região AA que tem 41,9% de participação nas irregularidades. Querendo-se examinar a não conformidade em “AA” pode ser feita a instanciação simultânea como na Figura 3 – (b), na qual são fixados os estados “AA” da variável Regional e “ComPerda” da Conformidade, observando-se que as fraudes nesta região chegam a 54%, a maior parte nas duas menores faixas de consumo da classe residencial.

Para o cálculo das perdas de energia, tendo-se as quantidades de não conformidade, admitiu-se que estas unidades teriam os mesmos consumos médios anuais de cada faixa de consumo e classe, sendo estimada uma perda total de 385.223 MWh/ano, dos quais 178.530 MWh na região AA e 88.662 na região CC.

4.3 Aplicação ao Grupo A

Após a inserção na RB dos dados de probabilidade fruto das inspeções em campo relativas ao Grupo A, crê-se que existam 4,04% de unidades não conformes, o que é mostrado na Figura 4 – (a).

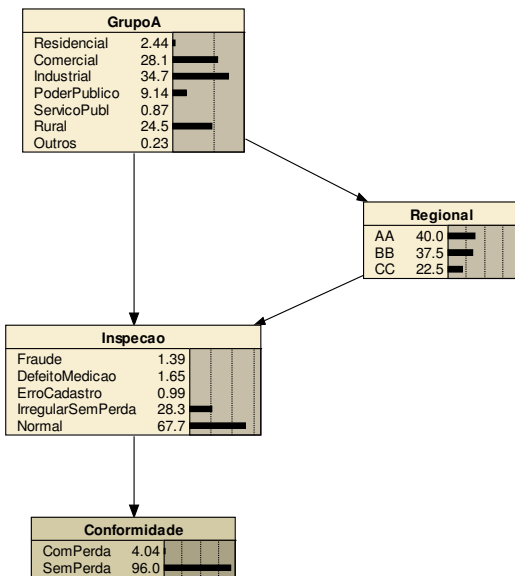


Figura 4– (a) Conformidade do Grupo A

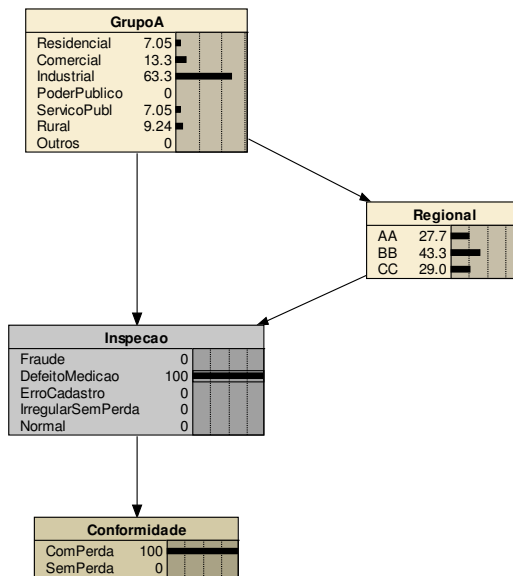


Figura 4 – (b) Instanciado o estado “Defeito na Medição”.

Observa-se na Figura 4 – (a) que a maior parte da não conformidade é devido a defeito na medição (1,65%) e de modo semelhante aos demais grupos extraem-se outras informações, por exemplo, na Figura 4 – (b) vê-se que tais defeitos estão em maior proporção na região BB (43,3%) e nas unidades da classe industrial (63,3%).

Fazendo-se cálculos através planilhas e usando os consumos médios para as várias classes de unidades do Grupo A, a crença é que há 24.248 MWh/ano de perdas comerciais, das quais 47,6% devido a fraude, 46,2% motivado por defeito na medição, além disto 51,2% destas perdas estariam na região AA e apenas 11,7% na CC.

4.4 Aplicação ao Grupo Iluminação Pública (IP)

O consumo anual de IP em toda a área da distribuidora é de 85.426 MWh, considerando os dados adaptados de uma empresa do mesmo porte àquela objeto do estudo apresentado no relatório CODI (11). Caso a empresa tivesse o cadastro da rede de IP em mapas por quadrículas poderia a amostra ser definida por sorteio randômico de algumas quadrículas, entretanto aqui se admitiu que houvessem sido inspecionados municípios tais que o consumo excedesse a 10% do consumo de IP de cada regional. O levantamento de campo deve investigar as parcelas de incidência dos três estados da variável “Inspeção_IP” citados no item 3.

Após inspeções as perdas em IP são calculadas na proporção entre consumo irregular da área amostrada e consumo total da Região. Os resultados são mostrados na Tabela 1: a maior perda absoluta está na região AA e percentualmente na região BB, o total de perda comercial em IP é da ordem de 5.129 MWh/ano correspondendo a não conformidade em 6,0%.

Tabela 1 – Estimativa da perda comercial em IP (MWh/ano) e não conformidade.

	AA	BB	CC	Total
Energia não cadastrada	1.009	868	735	2.612
Energia, balanço apagada/acesa	882	935	700	2.517
Perda de energia	1.891	1.803	1.435	5.129
Não conformidade (%)	5,40	6,62	6,20	6,00

4.5 Aplicação aos Grupos de não clientes: “Desligados” e “Ligação Clandestina”

Com respeito aos ex-clientes atualmente Desligados, após a inspeção nas unidades da amostra os dados são trabalhados de forma a compor as tabelas de probabilidades condicionais conduzindo a uma crença de que o índice de não conformidade é de 18,8% (23.178 unidades auto-religadas), ver Figura 5 – (a).

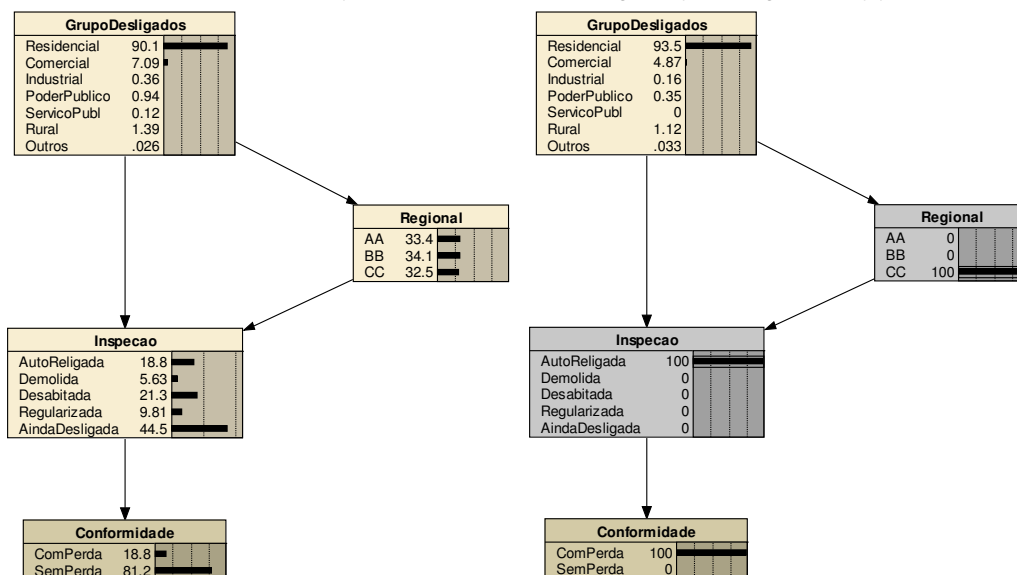


Figura 5– (a) Conformidade do Grupo Desligados

Figura 5 – (b) Instanciação simultânea.

A região CC tem o maior índice (20,0%) ou 8.039 auto-religadas dentre as unidades desligadas, sendo que 7.510 anteriormente pertenciam à classe residencial e 391 à comercial. A Figura 5 – (b) traz a instanciação simultânea da região CC e do estado “auto-religado” da variável inspeção, apresentando tais números percentuais. Usando as médias de consumo mensal por classe estima-se a perda no Grupo Desligados em 73.750 MWh/ano.

Com respeito às ligações clandestinas (LC) são feitas correlações com a quantidade de unidades residenciais por região e é tomado o consumo médio anual da classe residencial Grupo B, devido à maioria destas ligações se situarem em invasões e favelas, destinando-se à finalidade residencial. As áreas pesquisadas correspondem a 10,3% do total das unidades residenciais ativas, e feitas as projeções para toda a área da distribuidora os resultados são apresentados na Tabela 2. O número de LC é 8,46% das unidades residenciais ativas, maior incidência na região AA, podendo ser aí iniciada uma campanha de regularização (normalmente mais eficaz), ou de retirada destas ligações.

Tabela 2 – Estimativas de Perdas com as Ligações Clandestinas.

	AA	BB	CC	Total
Crença de LC existentes	20.056	13.031	11.967	45.054
Perda de energia (MWh/ano)	28.573	18.564	17.048	64.185

4.6 Perda comercial estimada

Pesquisados e analisados os cinco “Grupos de Origem” as estimativas das perdas comerciais em MWh/ano por regional são apresentadas na Tabela 3. A crença é que tais perdas correspondem a 552.535 MWh/ano com maior incidência na região AA (248.046 MWh) e mais concentrada nos clientes do Grupo B. Consideradas as margens de erros da inspeção amostral realizada a perda comercial situa-se entre 532.062 e 573.008 MWh/ano. Os valores em percentuais da última coluna da Tabela 3 estão referidos ao total de energia comprada anualmente pela empresa, e conforme colocado no item 4.1, deveria totalizar algo da ordem de 19,1%.

Tabela 3 – Perda comercial estimada por Grupo e Regional (MWh/ano).

	AA	BB	CC	Total	%
Ativos do Grupo B	178.530	118.031	88.662	385.223	12,6
Ativos Grupo A	12.419	8.985	2.845	24.248	0,8
Ilum. Pública	1.891	1.803	1.435	5.129	0,2
Desligados	26.633	27.047	20.070	73.750	2,4
Ligação Clandestina	28.573	18.564	17.048	64.185	2,1
Perda Comercial Total	248.046	174.430	130.060	552.535	18,1

Como exposto inicialmente, as perdas técnicas calculadas como intervalo probabilístico estariam entre os limites de 6,7% a 8,0% de modo que a perda comercial total deveria situar-se entre 564.063 e 603.610 MWh/ano. Deste modo há uma “perda comercial não identificada” entre 32.001 e 30.602 MWh/ano (média de 1,0%) que também pode ser oriunda de perdas técnicas não consideradas, denominadas então de “não identificadas”.

Tomando por base a perda global de 26,5% foi feito o gráfico da Figura – 6 (a) com os valores anuais estimados para as parcelas da perda comercial, a perda técnica e as “não identificadas”, vendo-se a importância da perda comercial nas unidades ativas do Grupo B (12,6%), das perdas técnicas (7,4%) e da auto-religação dentre os Desligados (2,4%). Também os motivos de não conformidade são vistos graficamente na Figura 6 (b): mais significativos fraude e defeito medição no Grupo B, e auto-religação.

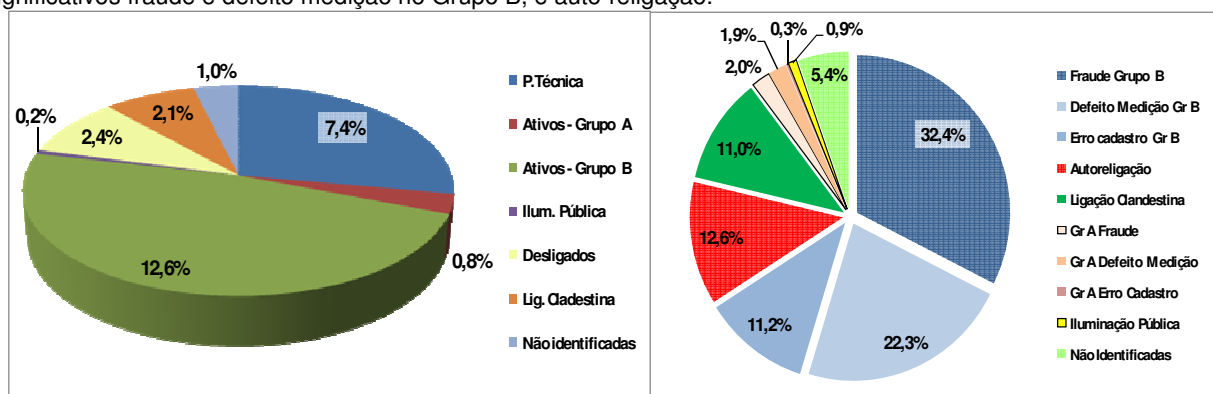


Figura 6– (a) Perdas em % da energia adquirida

Figura 6 – (b) Motivos das perdas comerciais.

Poder-se-ia estreitar as margens de erros das pesquisas o que levaria a amostras maiores, entretanto com tais estimativas já podem ser estabelecidas estratégias para iniciar o combate às perdas pelos Grupos B, ativo, Desligados e a eliminação ou regularização das ligações clandestinas, com ações mais intensas nas regiões AA e BB. Pelo número de unidades pode-se também estabelecer como meta inspecionar todas as do Grupo A em dois anos, iniciando-se com revisão do cadastro e buscando as causas de erros/defeitos na medição.

5.0 - CONCLUSÃO

A metodologia proposta para identificação das parcelas das perdas comerciais, sua incidência por região e motivos de origem apresenta-se consistente, bem como os modelos de rede Bayesiana trabalhados em cada "Grupo de Origem". Tais modelos podem ser adaptados a condições específicas das concessionárias.

Os resultados da quantificação das perdas comerciais na distribuidora considerada no Relatório CODI (11) permite obter informações importantes na definição de estratégias de redução das perdas, no estabelecimento de metas relativas a inspeções, treinamento, revisões cadastrais, bem como na priorização de ações regionais.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) R. Nadira, S. Benchluch, C. A. Dortolina, 2003, "A Novel approach to computing distribution losses", IEEE, 2003.
- (2) A. Méffe, 2001, "Metodologia para cálculo de perdas técnicas por segmento do sistema de distribuição", [dissertação]. Universidade de São Paulo, Brasil.
- (3) M. E. Poveda, 1999 "A new method to calculate power distribution losses in environment of high unregistered loads", Transmission and Distribution Conference, IEEE, New Orleans, USA, p. 609-614.
- (4) N. A. Eller, 2003, Arquitetura de informação para o gerenciamento de perdas comerciais de energia elétrica, [tese em engenharia de produção], Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- (5) P. R. P. Dantas, 2006, "Avaliação de perdas de energia elétrica não técnicas, metodologia aplicada ao município de Salvador-Ba", [dissertação], Universidade Salvador, 2006
- (6) E. de X. Vleiralves, Proposta de uma metodologia para avaliação das perdas comerciais dos sistemas elétricos: o caso Manaus [dissertação], Unicamp, Campinas, SP, 2005.
- (7) ANEEL, Nota técnica 035/SRD/ANEEL: Metodologia e procedimentos para o estabelecimento de regulamentação para apuração de perdas técnicas no segmento de distribuição de energia elétrica, de 22.07.2007, e seu anexo, disponíveis em <http://www.aneel.gov.br>.
- (8) F. V. Jensen, T. D. Nielsen, Bayesian networks and decision graphs. 2nd edition, Springer Science, New York, USA, 2007, p.32-35, p.5.
- (9) S. Russel, P. Norvig, Inteligência Artificial. Quinta tiragem da tradução da segunda edição. Elsevier Editora Ltda, Rio de Janeiro, Brasil, 2004, p.451
- (10) Chenf-Fu Chien, S.L. Chen, Y.S. Lin, "Using Bayesian network for fault location on distribution feeder". IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.17, No.3, July 2002.
- (11) Relatório CODI – Comitê de Distribuição. "Método para determinação, análise e otimização das perdas técnicas em sistemas de distribuição". Documento técnico CODI-3.2.19.34.0, agosto de 1996.
- (12) R. Sampaio, Notas e apresentações de aulas referentes a redes bayesianas, disponíveis em www.dcc.ufla.br/~rudini/bayes.html, consulta em 27.09.08.
- (13) P. R. F. de M. Bastos, N. Ferreira, B. A. de Souza, 2008, "Proposta de uma metodologia simplificada para o cálculo das perdas técnicas", XVIII SENDI –Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica, Olinda, Brasil.

AGRADECIMENTO: O autor Paulo agradece a CAPES, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela bolsa recebida.