

1 INTRODUÇÃO

1.1.Motivação

Duas componentes formam as perdas globais das empresas distribuidoras: perdas técnicas e perdas comerciais – também denominadas perdas não técnicas. As perdas técnicas são, basicamente, relativas à própria natureza de perdas de energia no decorrer de sua condução, transformação e distribuição. Por outro lado, perdas comerciais são em geral decorrentes de fraudes, ligações clandestinas e irregularidades encontradas na rede de distribuição.

O atual mercado de distribuição de energia elétrica tem sofrido sérios prejuízos devido às perdas comerciais, que fogem ao controle das empresas distribuidoras, sendo um dos elementos de maior diminuição de receita destas empresas. Deste modo, torna-se fundamental, para as empresas distribuidoras de energia elétrica, a prevenção, a detecção e o combate às perdas comerciais.

Ao se tratar de combate às perdas comerciais, o principal método utilizado pelas empresas distribuidoras é a realização de inspeções nos consumidores. Estas inspeções têm a finalidade de detectar fraudes, furtos ou outras irregularidades, como equipamentos manipulados ou defeituosos. Entretanto, o número de clientes das distribuidoras de energia elétrica é relativamente grande. A empresa Light, caso de estudo desta dissertação, ultrapassou os 3.791.000 clientes consumidores no terceiro trimestre do ano 2007 [LIGHT3T, 2007]. Esse número bastante elevado de clientes de baixa tensão dificulta ainda mais a fiscalização realizada através de inspeções.

Ademais, torna-se importante ressaltar que o Rio de Janeiro vive uma situação particular em relação à maioria das capitais brasileiras, tendo em vista que a ocupação urbana irregular¹ tem-se expandido aceleradamente. Nestes aglomerados urbanos a Light encontra grandes dificuldades no monitoramento do furto de energia e nas ações de combate a inadimplência. Adicionalmente, nota-se que muitas áreas da cidade são consideradas áreas de alto risco devido

¹ Cabe ressaltar que a topografia da capital é caracterizada pela presença de montanhas, cujas encostas têm sido ocupadas, também de forma irregular, pela população de baixo poder aquisitivo. Tais áreas são de difícil acesso, o que prejudica a ação dos funcionários da concessionária.

à violência, onde a questão é ainda mais crítica, uma vez que as atividades das equipes da Light são, muitas vezes, impedidas por ação do crime organizado. Nestas regiões, geralmente dominadas pelo narcotráfico ou outro tipo de poder local, a Light fica impedida de implementar uma fiscalização efetiva devido ao risco de vida de seus funcionários [DOSSIÊ_LIGHT, 2006].

Em paralelo, a ausência de instrumentos regulatórios que permitam o efetivo combate às perdas dificulta significativamente sua gestão pelas concessionárias. A regulamentação vigente que estabelece as condições do fornecimento de energia elétrica das concessionárias de distribuição, Resolução nº 456/2000, não contempla todos os instrumentos necessários à redução das perdas de energia.

É por isso, com o objetivo de pressionar as concessionárias a ajustarem suas tarifas, por meio da redução de perdas, que a Agência Nacional de Energia Elétrica ANEEL adotará, a partir do próximo ciclo de revisão tarifária 2007-2010, novas regras para reconhecimento das perdas não-técnicas, fraudes e furtos.

Na metodologia definida para o segundo ciclo de revisões tarifárias, a partir de 2007, foram introduzidas metas variáveis (levando em conta características de cada região) para redução de perdas comerciais. As empresas terão que apresentar metas de redução por subáreas dentro de sua área de concessão. Cada uma destas subáreas será dividida a partir de um índice de complexidade social. A Agência Nacional de Energia Elétrica ANEEL, então, fará uma comparação dos índices com os de outras distribuidoras para saber se as metas são factíveis e estão em linha com o setor, para estimular as empresas a combater furtos e fraudes.

Quando as inspeções detectam fraudes, furtos ou irregularidades, o custo envolvido na inspeção é coberto pela receita recuperada com a eliminação da fraude; entretanto, quando se realizam muitas inspeções que não detectam fraudes, estas podem agravar os prejuízos para as empresas distribuidoras e, conseqüentemente, para os consumidores.

A maioria das distribuidoras emprega métodos simples para direcionar suas inspeções, geralmente baseados no conhecimento de especialistas no assunto e no uso das informações contidas nas bases de dados das empresas.

A Light possui um conjunto de metodologias heurísticas que visam a identificar os clientes de baixa tensão suspeitos de estarem cometendo algum tipo de fraude, furto ou irregularidade. Estes clientes, classificados como suspeitos por estas metodologias, são indicados para um especialista da empresa que, com base em sua experiência, seleciona um determinado conjunto

de clientes para serem inspecionados. Através deste processo, a Light tem obtido uma média de 25% de acertos (valor preditivo positivo) na comprovação de clientes irregulares (suspeitos de estarem cometendo algum tipo de perda comercial). Verifica-se, portanto, que o processo adotado não é eficiente.

Para melhorar a taxa de acerto na identificação dos clientes com perdas comerciais, utilizou-se a capacidade das Redes Neurais de aprender a classificar, de forma precisa, padrões distintos com comportamentos semelhantes. Estes comportamentos encontram-se registrados e ao mesmo tempo ocultos no enorme volume de dados históricos dos clientes, depositados nas bases de dados das empresas distribuidoras.

1.2.Objetivos do Trabalho

O objetivo desta dissertação é propor e desenvolver um sistema inteligente de apoio à decisão para a identificação do perfil do cliente irregular (com perdas comerciais). Portanto, o sistema proposto, denominado SIIPERCOM (Sistema Inteligente para a Identificação de Perdas Comerciais), deve oferecer informações que auxiliem na seleção mais precisa dos clientes de baixa tensão a serem inspecionados e, conseqüentemente, que aumentem a produtividade das ações de recuperação de energia por parte das distribuidoras de energia elétrica.

1.3.Descrição do Trabalho

Este trabalho foi realizado em cinco etapas principais: pesquisa bibliográfica; modelagem e desenvolvimento do sistema inteligente de apoio à decisão; obtenção de uma base de dados históricos; análise e pré-processamento da base de dados e avaliação de desempenho. Essas etapas são descritas de forma resumida a seguir.

Pesquisa bibliográfica – nesta primeira etapa foi realizada uma extensa pesquisa de material bibliográfico ligado aos assuntos de perdas comerciais e à utilização de técnicas de inteligência computacional, como Redes Neurais Artificiais RNAs, em sistemas elétricos de distribuição em baixa tensão.

Definição e desenvolvimento do modelo do sistema de apoio à decisão – De forma a determinar a melhor modelagem para o sistema de apoio à decisão, foram desenvolvidos 2 modelos, de filtragem e classificação, utilizando Redes Neurais Artificiais RNAs.

No modelo de filtragem de dados, procura se detectar registros com características semelhantes, de tal forma a refletir a estrutura de um conjunto de

dados em grupos. Esta etapa foi introduzida devido ao fato de existirem muitos dados conflitantes em relação ao perfil do consumidor.

No modelo de classificação, as Redes Neurais são responsáveis por identificar os clientes que podem se tornar *Irregulares* e *Normais*. Isso é feito mediante as informações provenientes do modelo de filtragem anterior.

Definição, seleção e obtenção do banco de dados históricos – de forma a avaliar o modelo proposto de identificação das perdas comerciais, os dados foram obtidos de um histórico real, evitando, assim, a utilização de dados simulados ou previstos.

Pré-processamento dos dados – para utilização no modelo de filtragem da base de dados, foi aplicada na base de dados: limpeza (eliminando dados duplicados, corrompidos e *outliers*); seleção de atributos de entrada que tivessem maior relevância; codificação (visando a codificar os atributos) e normalização (transformando os valores utilizados entre 0 e 1 à classe de saída correspondente Fraude+Irregular / Normal).

Avaliação do desempenho – Nesta última etapa foram realizadas diferentes avaliações para verificar a taxa de acerto na identificação dos clientes com possíveis Irregularidades.

1.4. Organização da Dissertação

Esta dissertação está dividida em mais seis capítulos, descritos a seguir.

Os conceitos básicos de perdas de energia são tratados no capítulo 2, no qual se faz uma análise prévia das perdas técnicas e apresenta-se uma análise mais profunda das perdas comerciais ou não técnicas no Brasil e, em particular, no estado do Rio de Janeiro, já que este é o foco principal deste trabalho.

O Capítulo 3 descreve sucintamente as Redes Neurais Artificiais, apresentando definições, conceitos básicos e arquiteturas de redes existentes; e também a formação e combinação dos Sistemas Multi-Net comissionados conhecidos como Comitês, assim como sua formação, e combinação.

No capítulo 4 descreve-se o Sistema Inteligente de Identificação de Perdas Comerciais SIIPERCOM proposto, detalhando-se a metodologia utilizada na identificação de clientes irregulares de baixa tensão.

O capítulo 5 apresenta os resultados do sistema inteligente SIIPERCOM quando aplicado à base de clientes da Light.

Finalmente, o capítulo 6 trata das conclusões extraídas com o desenvolvimento deste trabalho, e de sugestões de trabalhos futuros que possam ser realizados para aprimorar o sistema proposto.