

PROPOSTA DE FERRAMENTA PARA DETECÇÃO DE PERDAS NÃO-TÉCNICAS EM DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA UTILIZANDO ÁRVORES DE DECISÃO.

PROPOSAL OF A TOOL TO DETECT NON-TECHNICAL LOSSES IN ELECTRIC POWER DISTRIBUTION USING DECISION TREES

Fernando de Souza Savian¹, José Renes Pinheiro², Julio Cezar Mairesse Siluk³, Taís Bisognin Garlet⁴

^{1,2,3}Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil.

⁴Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

Resumo. A demanda pelo consumo de energia elétrica é crescente no mundo. O Brasil apresenta grande potencial de aumento de demanda por eletricidade, tendo em vista que setores como o industrial e comercial apresentam índices de crescimento. Nesse contexto, as concessionárias distribuidoras de energia elétrica ainda registram altos índices de perdas não-técnicas, sendo que cerca de 80% correspondem a fraudes e furtos de eletricidade. Apesar de essas empresas fiscalizarem possíveis locais de fraudes, o custo acaba sendo muito alto, tendo em vista que grande parte das verificações apresenta resultados negativos. Dessa forma, os pesquisadores identificaram a oportunidade de desenvolver uma proposta de modelagem para identificação de perdas não-técnicas em distribuição de energia elétrica baseada no método da árvore de decisão, verificando os parâmetros necessários para sua utilização. Com a modelagem proposta, os autores buscam ampliar o nível de assertividade, auxiliando as concessionárias a economizarem recursos e a gerarem maior qualidade no fornecimento de energia elétrica.

Palavras Chave: Energia e Recursos Renováveis; Perdas Não-Técnicas; Fraudes de Energia.

Abstract. The demand for electricity consumption is increasing in the world. Brazil has great potential for increasing demand for electricity, considering that sectors such as industrial and commercial have growth rates. In this context, electricity distribution concessionaires still record high non-technical losses, with about 80% corresponding to fraud and theft of electricity. Although these companies monitor possible fraud sites, the cost is very high, given that most of the checks have negative results. Thus, the researchers identified the opportunity to develop a modeling proposal to identify non-technical losses in electric power distribution based on the decision tree method, verifying the parameters necessary for its use. With the proposed modeling, the authors seek to increase the level

Key Words: Energy and Renewable Resources, Non-Technical Losses; Energy Fraud.

INTRODUÇÃO

Com o avanço do desenvolvimento humano e dos progressos tecnológico e econômico, as pessoas necessitam de mais energia elétrica para criar um ambiente de vida melhor (Sampaio; González, 2017). O consumo de energia elétrica per capita de um país é muitas vezes considerado como um indicador de sua condição socioeconômica (Dincer, 1997; Chauhan, 2013). Em muitos países, o crescimento econômico é dificultado pelo fornecimento inadequado e irregular de energia elétrica devido ao furto de energia (Smith, 2004).

No Brasil, o consumo total de energia elétrica cresceu 22,45% no período de 2008 a 2015, sendo que atualmente 37,6% do consumo total corresponde ao setor industrial, 25,6% ao setor residencial, 17,2% ao setor comercial e 8,3% ao setor público. Os outros 11,4% são divididos entre os setores energético, de transportes, agricultura e pecuária (Brasil, 2017). No mesmo período, o Rio Grande do Sul apresentou uma taxa de crescimento no consumo de energia elétrica de 20,18%, um pouco abaixo do índice nacional (Capeletto; Moura, 2015).

A distribuição de energia elétrica no Rio Grande do Sul é executada por oito concessionárias. As três maiores são a Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica (CEEE-D), a Rio Grande Energia (RGE) e a Distribuidora Gaúcha de Energia Elétrica (AES Sul). Cada uma delas possui mais de 1 milhão de unidades consumidoras. As outras cinco concessionárias são de pequeno porte, e além delas existem 15 cooperativas de eletrificação rural no estado (Capeletto; Moura, 2015).

Um dos principais problemas que impacta a eficiência e a segurança das empresas de energia são as perdas associadas ao processo de distribuição e fornecimento aos consumidores. As perdas representam a diferença entre a quantidade de energia injetada no sistema de distribuição e a quantidade de energia que é faturada, e são divididas em dois tipos: técnicas e não-técnicas (Management Solutions, 2017; Leite; Mantovani, 2018).

As perdas técnicas compreendem a dissipação de potência nas linhas de distribuição e transformadores. Já as perdas não-técnicas são causadas por ações externas ao sistema de fornecimento de energia, consistindo principalmente em fraudes de energia, inadimplência de clientes e perdas por erros nos processos de faturamento. Vários efeitos de perdas não-técnicas têm sido relatados na literatura, sendo o mais importante a perda de receita que, na maioria dos casos, leva as empresas de serviços públicos a repassarem essas perdas para consumidores benignos através de tarifas (Depuru; Wang; Devabhaktuni, 2011). Além disso, a qualidade do fornecimento de eletricidade é afetada (violação de tensão, danos à infraestrutura, entre outros), há a possibilidade de ocorrer cortes de energia e a segurança pública pode ficar em risco (Kadurek et al., 2010; Depuru; Wang; Devabhaktuni, 2011; Dos Angelos et al., 2011; Lo; Ansari, 2013; Arango et al., 2016; Messinis; Hatziaargyriou, 2018).

Artículo No. 04. No. 10, Vol. V, Año 5, 2019. Revista de divulgación y tecnología de la Red Internacional de Investigadores de Ingeniería Industrial <REDI4>

Sendo assim, as perdas não-técnicas são a principal fonte de perda comercial devido à dificuldade de medi-las (Management Solutions, 2017; Leite; Mantovani, 2018). Dessa forma, as companhias energéticas estão realizando campanhas de implementação de medidores inteligentes que ajudam a reduzir as perdas não técnicas na respectiva rede de distribuição (World Bank, 2009).

No setor energético, a fraude pode ocorrer em várias atividades, tais como trading de energia, aprovisionamentos, gerenciamento de projetos, entre outros. Contudo, mais de 80% das fraudes existentes nesse setor são relativas ao furto de energia, caso em que não há o faturamento de energia consumida (Association of Certified Fraud Examiners, 2016). Dessa forma, a identificação de perdas não-técnicas relacionadas a fraudes na distribuição de energia elétrica é importante a fim auxiliar as concessionárias de distribuição de energia elétrica a aumentar a qualidade do fornecimento de eletricidade e a reduzir eventuais perdas de faturamento. Assim, o objetivo deste estudo é propor o desenvolvimento de uma modelagem para identificação de perdas não-técnicas em distribuição de energia elétrica.

Estima-se que, a nível mundial, os serviços de utilidade pública cheguem a deixar de faturar mais de 95 bilhões de dólares por ano devido a perdas não-técnicas (Management Solutions, 2017). No Brasil, as perdas de eletricidade em 2016 foram de 99.663GWh, representando um acréscimo de 38,67% em comparação com 2007. Um levantamento da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2015) aponta que perdas não-técnicas representaram R\$3.780.643.000,00 se somadas as principais concessionárias do país.

Dentre as três principais concessionárias de distribuição de energia elétrica do Rio Grande do Sul, a CEEE é a que apresenta maior percentual de perdas não-técnicas, com um índice de 11,90% em 2014. A Figura 1 apresenta um gráfico comparando os índices percentuais de perdas não-técnicas reais de cada concessionária. De acordo com levantamento da Agência Nacional de Energia Elétrica, as perdas não-técnicas representaram para as três concessionárias gaúchas R\$153.281.679,30 no ano de 2015, com a RGE correspondendo a 22,18% desse valor, a AES Sul representando 27,31% e a CEEE correspondendo a 50,29% do total (ANEEL, 2015).

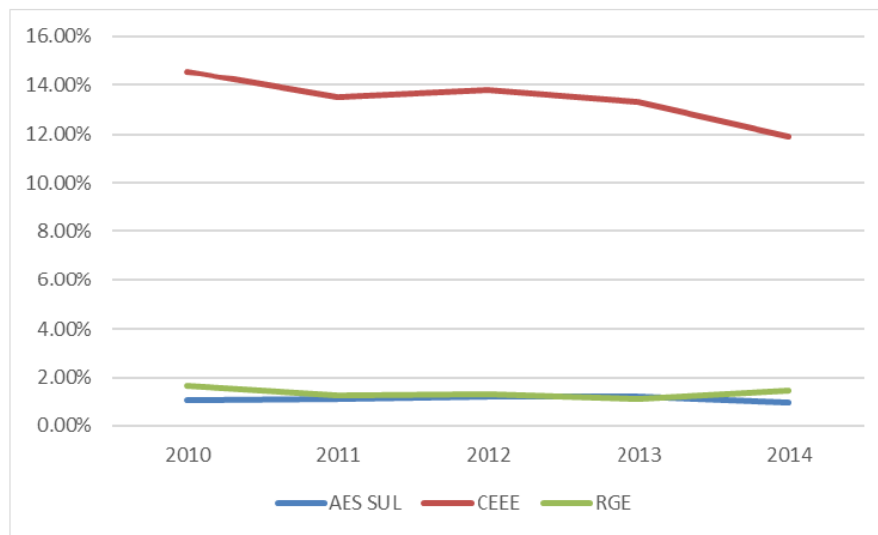


Figura 1. Índices de perdas não-técnicas reais das três principais concessionárias gaúchas. Fonte: Adaptado de ANEEL (2015).

Para as concessionárias de distribuição de energia elétrica, as inspeções in loco de possíveis fraudes de energia elétrica acabam tornando-se muito caras, tendo em vista que muitas delas acabam não se confirmando (Monedero et al., 2012). A Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) possuía um nível de assertividade de 35% na identificação dos fraudadores na distribuição de energia elétrica. Com a adoção de um modelo de identificação de fraudes, o índice de assertividade subiu para mais de 50% (SAS, 2015).

Dessa forma, prova-se importante um modelo que indique com maior nível de assertividade às concessionárias os locais onde estão sendo realizadas as fraudes e furtos de energia elétrica. Além disso, tem-se o desafio de construir um modelo com maior índice de assertividade, proporcionando maior redução de custos e perdas para as concessionárias de energia elétrica. Assim, propõe-se um modelo que utilize o método de árvores de decisão para atingir aos objetivos da presente pesquisa.

Árvores de Decisão

O método de árvores de decisão auxilia no melhor entendimento das características e nos padrões de consumo de clientes das concessionárias, assim como das principais características das perdas não-técnicas. As regras de árvores de decisão também devem ser combinadas com regras definidas por especialistas e outros classificadores que formam conjuntos. Além da capacidade das árvores de decisão de extrair regras simples e compreensíveis, outra vantagem é a sua capacidade de manipular variáveis de categoria, o que é frequentemente o caso de dados de consumidores como o tipo de consumidor (residencial, industrial etc.) ou informações de contrato, entre outros (Messinis e Hatziaargyriou, 2018).

Artículo No. 04. No. 10, Vol. V, Año 5, 2019. Revista de divulgación y tecnología de la Red Internacional de Investigadores de Ingeniería Industrial <REDI4>

De forma a caracterizar os padrões de consume de cada consumidor, devem ser gerados uma série de indicadores para serem usados como entradas para a árvore de decisão:

- Valores máximo e mínimo de consumo mensal ou bimestral;
- Número de leituras por parte da concessionária de energia elétrica;
- Coeficiente de energia ativa/reactiva;
- Número de horas de máximo consumo de potência;
- Número de vezes que o consumidor saiu da média de padrão de consumo (streaks);
- Estimativa futura do número de streaks do consumidor, dada pela Equação a seguir:
- $$\text{Estimator_Streak} = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{Ns} (NT^2)}{Ns}}$$
, onde Ns é o número de streaks de cada consumidor e Nt é o número de medidas do streak t;
- Coeficiente relativo da diferença entre a energia cobrada do consumidor e a energia consumida;
- Coeficiente de Pearson (R), que apresenta o consumo no tempo para 2 anos de análise (Monedero et al., 2012)

METODOLOGÍA

Esse capítulo apresenta a proposta de metodologia a ser desenvolvida para atingir os resultados desejados. Inicialmente, é apresentado o enquadramento metodológico da pesquisa, e posteriormente as etapas a serem cumpridas para o desenvolvimento da modelagem para identificação de perdas não-técnicas em distribuição de energia elétrica.

Enquadramento Metodológico

Todo projeto de pesquisa deve conter premissas ou pressupostos teóricos sobre os quais o pesquisador fundamentará sua interpretação. Quanto à sua abordagem, é considerada quantitativa, tendo em vista que propõe uma modelagem para a identificação de perdas não-técnicas através de dados estáticos e dinâmicos (Marconi e Lakatos, 2010).

Quanto à natureza, essa pesquisa enquadra-se como aplicada, sendo conceitualmente clara, específica, possuindo referências empíricas, parcimoniosa, relacionada com técnicas já disponíveis e com a teoria. Por fim, quanto à classificação com base nos objetivos da pesquisa, o presente estudo pode ser considerado exploratório pois tem como objetivo tornar o problema mais explícito, construindo hipóteses para sua resolução (Gil, 2010).

Procedimento Metodológico

Existem algumas etapas a serem cumpridas para atingir os objetivos e assim solucionar o problema de pesquisa. A Figura 2 apresenta as etapas de desenvolvimento do estudo.

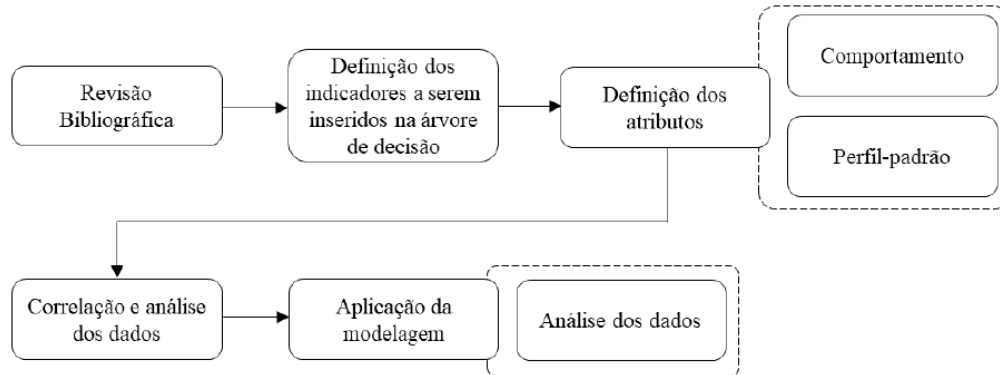


Figura 2. Etapas do procedimento metodológico da pesquisa. Fonte: Autores.

A primeira etapa consiste no levantamento bibliográfico e aprofundamento do estudo das teorias necessárias para o desenvolvimento da pesquisa. Através dessa etapa, é possível compilar todos os dados necessários para a construção da modelagem proposta. A segunda fase abrange a seleção dos indicadores a serem inseridos na árvore de decisão, obtidos através de bases internas e externas das concessionárias, buscando as que conseguirem resultado mais eficaz para atingir os objetivos da pesquisa.

A terceira etapa compreende a definição dos atributos, selecionando dados referentes a comportamento do consumidor (com dados provenientes de bases internas das concessionárias) e ao perfil-padrão dos usuários, através de bases externas. Na penúltima etapa, ocorre a correlação e a análise inicial dos dados obtidos através da modelagem, de modo a verificar sua potencial assertividade. Na última etapa, buscar-se-á aplicar a modelagem em uma concessionária a fim de verificar a real assertividade na análise dos dados, realizando os devidos ajustes necessários para otimizar os resultados obtidos.

CONCLUSÕES

O consumo de energia elétrica no Brasil e no estado do Rio Grande do Sul é crescente e apresenta perspectivas interessantes para os próximos anos. Contudo, o grande índice de perdas não-técnicas por parte das concessionárias distribuidoras de energia elétrica representa um grande prejuízo às empresas, além de comprometer a distribuição de eletricidade para usuários comerciais, residenciais, industriais, entre outros.

Tendo como base esse cenário, essa pesquisa visou apresentar uma proposta de modelagem para identificação de perdas não-técnicas em distribuição de energia elétrica. O presente artigo buscou

Artículo No. 04. No. 10, Vol. V, Año 5, 2019. Revista de divulgación y tecnología de la Red Internacional de Investigadores de Ingeniería Industrial <REDI4>

demonstrar a importância de um modelo que cumpra essa função com alto índice de assertividade, tendo em vista que as soluções existentes não alcançam níveis maiores do que 50% de acerto.

A abordagem inicial proposta neste artigo abrange o método de árvores de decisão. Apesar de o método já ter sido usado em aplicações do tipo, pode fazer-se necessário adicionar metodologias distintas para tratar dos dados obtidos através de bases externas com maior precisão. Após o desenvolvimento da modelagem para identificação de perdas não-técnicas em distribuição de energia elétrica, tem-se como resultado esperado o desenvolvimento de um software que construa uma biblioteca de dados a partir de bases estáticas e dinâmicas de maneira iterativa. Espera-se que essa solução contribua para a redução de custos relacionados a perdas não-técnicas em concessionárias de distribuição de energia elétrica, melhorando a qualidade do fornecimento de eletricidade e ampliando a assertividade na identificação de fraudes e furto de energia elétrica.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. (2015). Tabela de Perdas de Energia Elétrica. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=801&idPerfil=4>.

Arango, L.G.; Deccache, E.; Bonatto, B.D.; Arango, H.; Ribeiro, P.F.; Silveira, P.M. (2016). Impact of electricity theft on power quality. 2016 IEEE PES International Conference on Harmonics and Quality of Power (ICHQP), pp. 557-562.

Association of Certified Fraud Examiners - ACFE. (2016). Report to the nations on occupational fraud and abuse. 2016 Global Fraud Study, Austin: ACFE.

Brasil. Empresa Brasileira de Pesquisa Energética – EPE. (2017). Balanço Energético Nacional 2017: Ano base 2016. Rio de Janeiro: EPE.

Capeletto, G.J.; Moura, G.H.Z. (2015). Balanço Energético do Rio Grande do Sul 2015: Ano base 2014. Porto Alegre: Grupo CEEE / Secretaria de Minas e Energia do Rio Grande do Sul.

Chauhan, A. (2013). Non-Technical Losses in Power System: A Review. 2013 International Conference on Power, Energy and Control (ICPEC).

Depuru, S.S.S.R.; Wang, L.; Devabhaktuni, V. (2011). Electricity theft: overview, issues, prevention and a smart meter based approach to control theft. Energy Policy, Vol. 39, pp. 1007-1015.

Dincer, I. (1997). Energy and GDP analysis of OECD countries. Energy Conversion and Management, Vol. 38, No. 7, pp. 685-696.

Artículo No. 04. No. 10, Vol. V, Año 5, 2019. Revista de divulgación y tecnología de la Red Internacional de Investigadores de Ingeniería Industrial <REDI4>

Dos Angelos, E.W.S.; Saavedra, O.R.; Cortés, O.A.C.; De Souza, A.N. (2011). Detection and identification of abnormalities in customer consumptions in power distribution systems. IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 26, pp. 2436-2442.

Kadurak, P.; Blom, J.; Cobben, J.F.G.; Kling, W.L. (2010). Theft detection and smart metering practices and expectations in the Netherlands. 2010 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies (ISGT Europe), pp. 1-6.

Leite, J.B.; Mantovani, J.B.S. (2016). Detecting and locating non-technical losses in modern distribution networks. IEEE Transactions on Smart Grids, Vol. 9, No. 2, pp. 1023-1032.

Lo, C.-H.; Ansari, N. (2013). Consumer: a novel hybrid intrusion detection system for distribution networks in smart grid. IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing, Vol. 1, pp. 33-44.

Management Solutions. (2017). Gestão de fraude no setor energético. Espanha: Management Solutions, 44 p.

Messinis, G.M.; Hatziargyriou, N.D. (2018). Review of non-technical loss detection methods. Electric Power Systems Research, Vol. 158, pp. 250-266.

Monedero, I.; Biscarri, F.; León, C.; Guerrero, J.I.; Biscarri, J.; Millán, R. (2012). Detection of frauds and other non-technical losses in a power utility using Pearson coefficient, Bayesian networks and decision trees. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, Vol. 34, No. 1, pp. 90-98.

Sampaio, P.G.V.; González, M.O.A. (2017). Photovoltaic solar energy: conceptual framework. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 74, pp. 590-601.

SAS. (2015). Combating energy theft with analytics. Disponível em: https://www.sas.com/en_us/customers/cemig-br.html.

Smith, T.B. (2004). Electricity theft: A comparative analysis. Energy Policy, Vol. 32, No. 18 pp. 2067-2076.

World Bank. (2009). Reducing Technical and Non-Technical Losses in the Power Sector. Background paper for the World Bank Group Energy Sector Strategy.