



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

Versão 1.0
GDS.01
22 a 25 Novembro de 2009
Recife - PE

GRUPO - X

GRUPO DE ESTUDOS DE DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS ELÉTRICOS - GDS

**FERRAMENTA DE APOIO À TOMADA DE DECISÕES EM PROCEDIMENTOS DE RESSARCIMENTO A DANOS
BASEADO EM ANÁLISES DAS PERTURBAÇÕES DA TENSÃO E DADOS DE SUPTABILIDADE DE
EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS**

**Maria da Conceição. P. Fonseca (*)
UFPA/NESC**

**Jose Adolfo da S. Sena
ELETRONORTE/LACEN**

**Ubiratan H. Bezerra
UFPA/NESC**

**Marcus G. da Rocha
UFPA/NESC**

**Jurandyr N. Garcez
UFPA/NESC**

**Marcus Vinícius A. Nunes
UFPA/NESC**

**Maria Emília de L. Tostes
UFPA/NESC**

**Francrdey M. Pinheiro
CELPA**

**Luiz H. Pereira
CELPA**

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um aplicativo baseado em modelos e medidas, composto por um banco de dados contendo resultados de simulações computacionais sobre ocorrência de prováveis defeitos no sistema elétrico, um banco de dados de monitoramento, obtido a partir das medidas coletadas junto aos medidores disponíveis no sistema e também da própria oscilografia, e um banco de dados de suportabilidade de equipamentos. Todos integrados a um módulo de análise de dados onde através de um algoritmo de classificação apresenta como saída subsídios para a elaboração do parecer técnico comprovando a existência ou não do nexos de causalidade.

PALAVRAS-CHAVE

K-Nearest Neighbors, Ressarcimento, Suportabilidade de Equipamento, Variação de Tensão de Curta Duração.

1.0 - INTRODUÇÃO

O mundo globalizado tem cada vez mais interagido com a energia elétrica. Percebe-se que o processo de industrialização tem-se acelerado juntamente com o incentivo de substituir tarefas que antes eram executadas de forma manual ou mecânica, por procedimentos automatizados executados na grande maioria por aparelhos eletroeletrônicos ou micro-processados, aumentando o dinamismo da indústria e o conforto das pessoas.

Isso tem levado o sistema elétrico a atender novos padrões de qualidade, forçando as empresas de energia elétrica a prestarem adequados serviços a todos a seus clientes de modo a atender aos indicadores de qualidade de fornecimento de energia de acordo com as resoluções dos órgãos que regulam o setor.

Entretanto, garantir a boa qualidade da prestação de serviços tem sido um desafio para os agentes de Geração, Transmissão e Distribuição na medida em que há um crescimento na utilização de equipamentos sensíveis, uma maior fiscalização por parte dos agentes reguladores e também pelos consumidores terem maior conhecimento de seus direitos.

Com intuito de se adequar a esse novo e exigente processo as empresas tentam se defender através de informações de falhas onde há nexos causal capaz de inferir sobre a causa e o dano, o que nem sempre satisfaz o consumidor. Esse fato tem conduzido a uma situação de impasse na decisão pelo deferimento ou indeferimento em

(*) Rua Augusto Corrêa, n° 01 – Universidade Federal do Pará - Laboratório de Engenharia Elétrica e Computação – Anexo 1 – Núcleo de Energia, Sistemas e Comunicação – CEP 66.075-900 Belém, PA – Brasil
Tel: (+55 91) 3201-7842 – Fax: (+55 91) 3201-7680 – Email: mconcei@yahoo.com.br

processos de pedido de indenização por dano em equipamento do consumidor, causando um conflito entre empresas e consumidores (1).

Dentro desse contexto, a ferramenta descrita neste artigo visa auxiliar no processo de atribuição de responsabilidade em processo de pedido de indenização por danos em equipamentos dos consumidores, provocados por possíveis contingências no sistema de distribuição.

2.0 - ASPECTOS DA PERDA DE QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA

No mundo globalizado a energia elétrica passa a ser uma importantíssima matéria-prima para quase todos os tipos de operações comerciais e, como toda matéria prima, a qualidade no fornecimento deve ser extremamente confiável. Entretanto, o interesse por se exigir energia de boa qualidade intensificou-se, principalmente, devido aos elevados prejuízos econômicos associados à ocorrência da perda de qualidade da energia, forçando os agentes de GTD a se capacitar de forma a garantir a qualidade do serviço e a universalização do atendimento.

Entretanto, o investimento com medidas preventivas e corretivas para garantir a qualidade no fornecimento de energia tem sido insuficiente, tanto do ponto de vista da concessionária como do consumidor. Isso se verifica a medida que se observa a intensificação das solicitações por ano, recebidas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e pelas Agências Estaduais Conveniadas, de reclamações por parte de consumidores insatisfeitos com a falta de qualidade da energia recebida. A Figura 1 ilustra quantitativamente essas solicitações desde 2000 até 2008 disponíveis no site da ANEEL (www.aneel.gov.br).

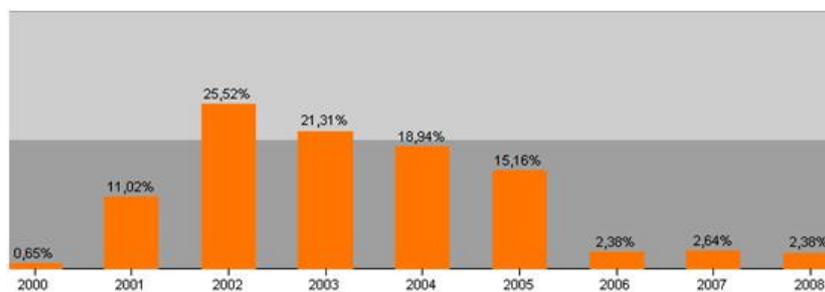


FIGURA 1 – Divisão Percentual das Solicitações por Ano na ANEEL. (2)

A falta de qualidade da energia elétrica é um problema para todos os setores (residências, comércios ou indústrias) do mundo globalizado e industrializado. É um fator relevante na vida das pessoas, independente de serem pessoas físicas ou jurídicas. Todos estão sujeitos a perder quando a energia não está nas condições adequadas para o uso.

3.0 - PROCESSO DE RESSARCIMENTO A DANOS

O tema de ressarcimento tem sido uma preocupação cada vez maior por parte das empresas de energia elétrica, das agências reguladoras e dos consumidores. Essa preocupação tem levado as empresas prestadoras do serviço a se adequarem às exigências das agências reguladoras, que para isso, elaboram estratégias para melhorar a qualidade do serviço prestado ao consumidor.

Entretanto, cada empresa possui a sua forma e procedimento para atuar na questão do processo de ressarcimento a danos, de acordo com suas particularidades, necessidades e dentro de suas possibilidades. De maneira geral os processos de ressarcimento parecem entre si, pois os mesmos se baseiam nas exigências dos órgãos regulamentadores.

A Figura 2 ilustra o fluxograma resumido do processo de ressarcimento baseado na Resolução Normativa n.º 61 de 29 de abril de 2004, da ANEEL, que estabelece as disposições relativas ao ressarcimento de danos elétricos em equipamentos elétricos instalados em unidades consumidoras, causados por perturbações ocorridas no sistema elétrico.

Sendo este trabalho direcionado a dá suporte ao processo ressarcimento nas empresas do setor elétrico mais diretamente a etapa “Parecer Técnico”, que diariamente sentem necessidade de criar maneiras de se adequar as normas, ficando livres de multas, conseqüentemente, minimizando suas despesas e melhorando a prestação de serviço de energia elétrica.

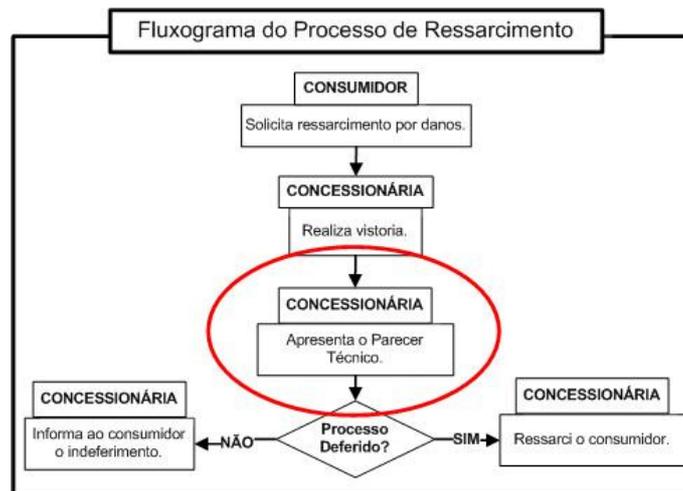


FIGURA 2 – Fluxograma do Processo de Ressarcimento.

4.0 - METODOLOGIA DA FERRAMENTA PROPOSTA

A metodologia consistiu em desenvolver uma ferramenta baseada em modelos e medidas utilizando uma técnica inteligente de classificação. Esta técnica identifica onexo-causal entre os fenômenos de Variações de Tensão de Curta Duração (VTCD's) ocorridas no sistema elétrico com os danos causados em equipamentos dos consumidores.

Como técnica de mineração de dados foi testado e implementado o algoritmo de classificação KNN - K vizinho mais próximo (*K – Nearest Neighbors*), objetivando realizar a tarefa de nexo-causal entre o dano no equipamento do consumidor e o possível distúrbio ocorrido na rede elétrica no período especificado pelo reclamante.

3.1 Estrutura da Ferramenta

A Figura 3 ilustra a estrutura do aplicativo, destacando as duas partes principais que são: o módulo da base de dados e o módulo de análise nexo-causal, tendo como saída o comportamento do equipamento frente aos distúrbios relacionados.

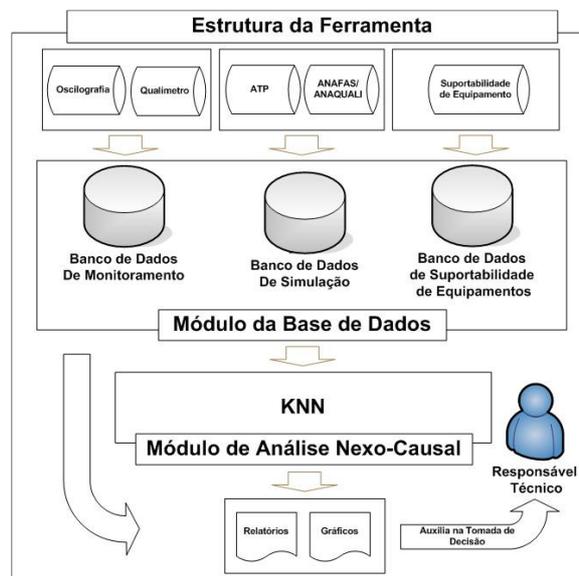


FIGURA 3 – Estrutura da Ferramenta

3.1.1. Módulo da Base de Dados

Módulo composto por um banco de dados de simulação, formado por um conjunto de informações provenientes de simulações computacionais desenvolvidas nos programas ATP (*Alternative Transients Program*) e ANAFAS/ANAQUALI (Programa de Análise de Falhas Simultâneas/Análise de Afundamentos de Tensão); banco de

dados de medidas adquiridas dos qualímetros instalados na rede elétrica, bem como por dados de oscilografias e banco de dados de suportabilidade de equipamentos adquiridos de relatório de projetos de pesquisa (3), (4), (5), (6).

3.1.2. Módulo de Análise Nexo-Causal

Módulo desenvolvido para fazer o relacionamento entre as características dos distúrbios com os dados de suportabilidade de equipamento. Este módulo é alimentado pelo módulo da base de dados. Além disso, utiliza o processo de descoberta de conhecimento em bases de dados, tendo como classificador o algoritmo KNN – K vizinho mais próximo (*K – Nearest Neighbors*) na etapa de mineração de dados

3.2 Funcionamento do Aplicativo

Na Figura 4 visualiza-se a lógica do software desenvolvido, onde se observa que com os dados referentes ao equipamento danificado do consumidor faz-se uma consulta no banco de dados de monitoramento para identificar se há registros de VTCD's ocorridos no sistema elétrico no período identificado pelo cliente. Caso haja esse tipo de informação verifica-se o comportamento do equipamento frente aos distúrbios existentes, caso contrário, verifica-se a existência de contingências no sistema elétrico no período, identificando o local e o tipo de falhas ocorridas, sendo que com essas características é possível identificar no banco de dados de simulações computacionais os distúrbios que poderiam causar danos no equipamento através de sua curva de suportabilidade (7).

O resultado da análise nexo-causal é ilustrado através de relatórios de diagnóstico, podendo classificar o comportamento do equipamento em dois estados, que são: comportamento normal ou anormal. Este resultado irá subsidiar a tomada de decisão.

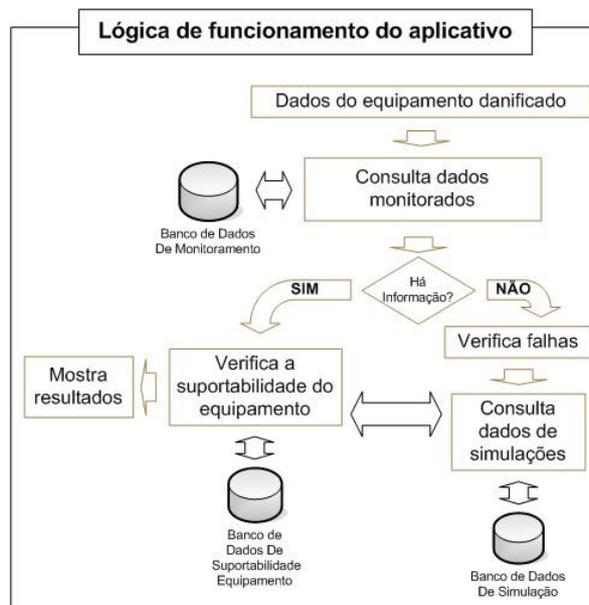


FIGURA 4 – Lógica de Funcionamento do Aplicativo.

3.3 Suportabilidade de Equipamentos Elétricos

A suportabilidade varia de equipamento para equipamento, sendo que, mesmo dentro de uma mesma categoria, podem ser encontrados diferentes desempenhos, dependendo do modelo e do fabricante. Devido a isso, torna-se difícil normalizar um padrão único para se definir o que um ou outro equipamento é capaz de suportar. Um exemplo de curva de suportabilidade é a curva *Information Technology Industry Council / Computer Business Equipment Manufacturers Association* (ITIC / CBEMA), conforme ilustra a Figura 5, que engloba os equipamentos de tecnologia de Informação.

Devido a grande variedade de equipamento, mesmo aqueles que estão na mesma categoria possuem marcar que divergem na sua tecnologia, não se pode qualificar a suportabilidade de vários tipos de equipamentos em apenas um padrão de curva (4). Sendo assim, há a necessidade de se fazer ensaios com cada equipamento para realmente construir a curva de suportabilidade individual. O ideal seria o fabricante já fornecer a curva de suportabilidade para seu equipamento, assim as concessionárias de energia poderiam melhorar a qualidade do sistema tentando ajustar suas tensões para as faixas adequadas.

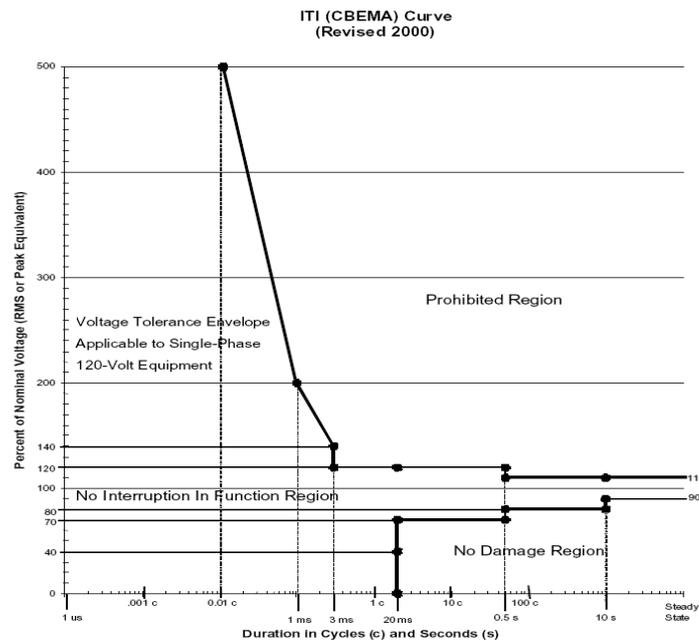


FIGURA 5 – Curva ITIC (CBEMA) (8).

5.0 - DESCOBERTA DE CONHECIMENTO EM BASE DE DADOS

É uma tendência incluir as técnicas de Descoberta de Conhecimento em Base de Dados (do inglês *Knowledge Discovery in Databases* - KDD) em análise de sistemas elétricos de potência, devido principalmente a quantidade de variáveis que deve ser analisada no complexo cenário que é o sistema elétrico.

5.1 Mineração de Dados

A ferramenta desenvolvida realiza a classificação das consequências através do algoritmo KNN na etapa de mineração de dados do processo de KDD, que de acordo com os dados coletados e armazenados nos bancos de dados, tanto em nível de simulação, quanto de monitoramento. Ou seja, identificar o comportamento do equipamento em um dos dois estados possíveis, que são: o equipamento apresentar um comportamento irregular (do inglês *Unsure Behavior* - UB) ou não há dano no equipamento (do inglês *Nothing Happen* - NH), identificando a existência ou não denexo-casualidade.

5.2 Classificador KNN

O KNN utiliza os próprios dados de treinamento como modelo de classificação, isto é, para cada novo padrão que se quer classificar, utilizam-se os dados do treinamento para verificar quais são os exemplos nessa base de dados que são “mais próximos” do padrão em análise (9), (10), (11).

Para o treinamento e teste do classificador foi selecionado quatro atributos, são eles: “amplitude”, “duração”, “equipamentos” e “consequências”. Sendo que na fase de treinamento utilizou-se toda a base de dados de suportabilidade de equipamentos, composta por mais de 10.000 tuplas. Já para o teste foi rotulado um arquivo de dados obtido dos qualímetros instalados na rede elétrica.

6.0 - ESTUDO DE CASO

O estudo de caso tem o objetivo de aplicar a ferramenta proposta, verificar suas principais possibilidades de utilização, validando seus resultados através de simulações que poderiam acontecer no sistema elétrico, visando demonstrar a eficiência do classificador quanto a sua aplicação.

Foram realizadas várias simulações de situações de supostos pedidos de indenizações por danos em vários equipamentos, envolvendo tanto os dados monitorados, como simulados, além das características de suportabilidade dos equipamentos cadastrados no banco de dados.

6.1 Sistema Elétrico

Foi utilizado no estudo de caso o sistema elétrico do oeste do Pará, na cidade de Santarém, que opera no Sistema Interligado Nacional, via a interligação com a rede TRAMOESTE da ELETRONORTE. São avaliados danos causados aos consumidores na região de Santarém, tanto para contingências originadas na própria rede de distribuição da cidade, como na rede de transmissão da ELETRONORTE.

Este sistema faz parte do Sistema Interligado Nacional (SIN), mas em situações de contingência, dependendo do horário, pode ocorrer perda da interligação causando variações na tensão durante um determinado intervalo de tempo, sendo estas variações refletidas para o sistema de distribuição, provocando danos elétricos aos consumidores.

6.2 Estudo de Caso com Dados de Medições

Será avaliado a suportabilidade de dois equipamentos frente aos distúrbios de VTCD's registrado pelo qualímetro no período que vai do dia 11/10/2007 a 13/10/2007, instalado no alimentador SN04 ligado a subestação de Santarém.

Observa-se na Tabela 1 o laudo do classificador KNN ao diagnosticar as conseqüências do que poderia ocorrer tanto no "telefone sem fio" quanto com o "microondas" quando submetidos as variações na tensão selecionadas no banco de dados referentes ao período.

Sendo que a avaliação que se tem é a seguinte: há possibilidade dos dois equipamentos virem a apresentar comportamento anormal – UB, devido aos distúrbios (627, 632, 637 e 641) caso estejam instalados na fase B ou instalados em qualquer das três fases (A, B e C) devido ao distúrbio 651. Entretanto, o distúrbio 652 causaria dano apenas no aparelho de microondas instalado em qualquer uma das fases.

Tabela 1 – Avaliação Nexo-Causal do Classificador KNN dos Aparelhos Telefone Sem Fio e Microondas.

Código	Evento	Duração (ms)	Amplitude (p.u.)			Telefone Sem Fio			Microondas		
			Fase A	Fase B	Fase C	KNN (NH ou UB)			KNN (NH ou UB)		
						Fase A	Fase B	Fase C	Fase A	Fase B	Fase C
625	subtensão	69,01	0,79	1	0,82	NH	NH	NH	NH	NH	NH
628	sobretensão	390,08	1,39	0,93	1,07	NH	NH	NH	NH	NH	NH
627	subtensão	361,07	1,29	0,54	1,02	NH	UB	NH	NH	UB	NH
631	sobretensão	370,07	1,31	0,8	1,04	NH	NH	NH	NH	NH	NH
632	subtensão	381,08	1,24	0,52	0,98	NH	UB	NH	NH	UB	NH
635	sobretensão	371,07	1,33	0,79	1,02	NH	NH	NH	NH	NH	NH
637	subtensão	489,10	1,24	0,53	0,98	NH	UB	NH	NH	UB	NH
641	subtensão	380,08	1,23	0,54	1,01	NH	UB	NH	NH	UB	NH
639	sobretensão	369,07	1,37	0,79	1,05	NH	NH	NH	NH	NH	NH
645	subtensão	4310,00	0,79	0,78	0,79	NH	NH	NH	NH	NH	NH
646	subtensão	319,06	0,73	0,77	0,86	NH	NH	NH	NH	NH	NH
647	subtensão	6800,00	0,91	0,9	0,91	NH	NH	NH	NH	NH	NH
651	subtensão	0,02	0,55	0,54	0,55	UB	UB	UB	UB	UB	UB
652	subtensão	219,04	0,72	0,72	0,72	NH	NH	NH	UB	UB	UB

6.3 Estudo de Caso com Dados de Simulações Computacionais Utilizando o ATP

Para os dados simulados pelo programa ATP, é necessário identificar onde ocorreu um curto circuito e verificar o comportamento do sistema elétrico em relação às tensões nas três fases, no local onde o equipamento do consumidor possivelmente estaria estalado, ou seja, em qual alimentador está fornecendo energia para este cliente, a fim de observar se os curtos circuitos aplicados no sistema elétrico causariam algum prejuízo nos equipamentos dos clientes.

Desta forma, foi simulado um curto circuito do tipo trifásico terra (FFFT) no período de carga leve em uma linha do sistema elétrico do Tramo Oeste localizada entre Rurópolis e Tapajós a 50% das distâncias das duas barras (RUR-TAP (50)). Sendo observado o comportamento do sistema elétrico em Santarém, alimentador SN06 barra 17. Como está representado no diagrama unifilar do sistema elétrico na Figura 7.

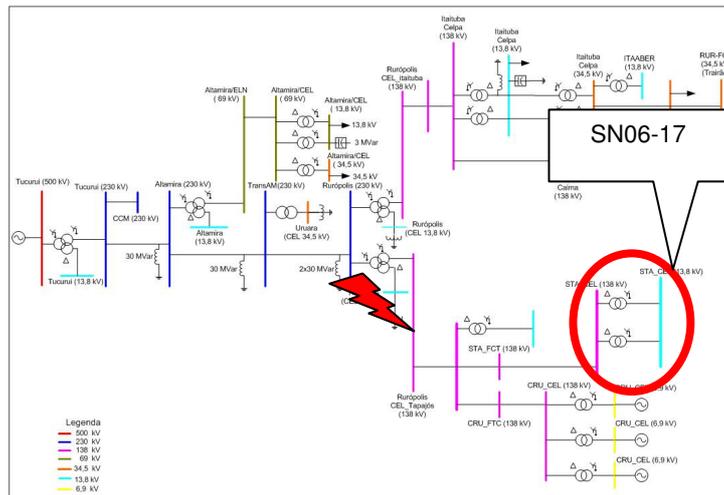


FIGURA 7 – Representação do Local da Falta no Sistema Elétrico do Oeste do Pará.

Observa-se na Tabela 2, que os equipamentos: ar condicionado, microondas, aparelho de som, televisor e telefone sem fio, poderiam se comportar de maneira irregular caso estivessem submetidos a situação simulada, enquanto que os aparelhos: vídeo cassete, rádio relógio, microcomputador, geladeira e fax, estariam livres de defeitos.

Tabela 2 – Avaliação Nexco-Causal do Classificador KNN de Dez Equipamentos.

Equipamento	Resultado do KNN para cada fase	
	NH ou UB	Fase
Ar Condicionado	UB	A, B e C
Microondas	UB	A, B e C
Aparelho de Som	UB	A, B e C
Video Cassete	UB	A, B e C
Televisor	UB	A, B e C
Rádio Relógio	NH	-
Microcomputador	NH	-
Geladeira	NH	-
Fax	NH	-
Telefone sem Fio	UB	A, B e C

7.0 - CONCLUSÃO

Neste artigo foi apresentado o desenvolvimento de uma ferramenta computacional baseada em modelos e medidas, utilizando o processo de Descoberta de Conhecimento em Base de Dados no manuseio dos dados. Sendo que na etapa de mineração de dados utilizou-se o classificador KNN. Este trabalho é direcionado a etapa “Parecer Técnico” do processo de pedido de ressarcimento a danos. É nessa etapa que se define o laudo sobre a análise nexco-causal, onde o encarregado da empresa dispõe de vários outros relatórios, além da ferramenta proposta, para chegar a definir se o processo será deferido ou indeferido.

A técnica de mineração de dados utilizada possui um único objetivo, classificar o comportamento de equipamentos sujeitos a VTCD's, quando solicitado a concessionária de energia, pedido de indenização por danos em equipamento, ao apresentar falha em seu funcionamento.

Vale a pena destacar que os resultados obtidos como diagnóstico do classificador na análise nexco-causal foram avaliados com comparações das curvas de suportabilidade dos equipamentos testados, objetivando validar o laudo do classificador no relatório de saída do software.

Esta ferramenta servirá para auxiliar engenheiros responsáveis no processo de ressarcimento a danos, em consequência das perturbações do sistema elétrico relacionados a variações de tensão, que provoquem danos em equipamentos sensíveis, fornecendo assim suporte às equipes quando da elaboração de parecer técnico, onde for comprovada a existência do nexco-causal.

8.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Fonseca, Maria C. P., Sistema de Apoio à Tomada de Decisão para Atribuição de Responsabilidade por Perda de Qualidade Devido a Variação de Tensão de Curta Duração, Universidade Federal do Pará, Dissertação de Mestrado, Março 2009.
- (2) www.aneel.gov.br, acessado em 08/01/2009
- (3) Carvalho, A. J. B.; Fonseca, M. C. P.; Rocha, M. G.; Morais, J.; Brasil, F. S.; Nunes, M. V. A.; Bezerra, U. H.; Garcez, J. N.; Klautau Junior, A. B. R.; Mattos, C. M.; Sistema inteligente de apoio à tomada de decisões baseado na análise das perturbações na tensão e frequência no sistema Santarém provocadas por contingências locais e no sistema TRAMOESTE, Universidade Federal do Pará, Belém, PA, Tech. Rep. TR-1688, Dec 2007.
- (4) Kagan, N.; Ferrari, N. E. L.; Matsuo, N. M.; Duarte, S. X.; Rocco, A.; Magrini, L. C.; Loureiro, P.; Crispino, F.; Monteiro, A. J.; Domingues, I. T.; Jonathan, S.; Metodologia para suporte à análise de pedidos de indenização em queima de aparelhos, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Tech. Rep, Sep. 2001.
- (5) Teixeira, M. D., Araújo, R. L.; Quoirin, N. S. R.; Ardjmand, L. M.; Aoki, A. R.; Sgobero, P.; Avaliação dos Limites de Parâmetros de Qualidade de Energia Aceitáveis para Prevenir Danos em Eletrodomésticos, II Seminário Paranaense de Energia Elétrica, Setembro 2004.
- (6) Karady, G. G.; Effects of Voltage Sags on Loads in a Distribution System, Power Systems Engineering Research Center (PSERC), Arizona State University, 2005.
- (7) Fonseca, M. C. P.; Bezerra, U. H.; Sena, J. A. S.; et al, Desenvolvimento de um sistema inteligente para apoio a tomada de decisão em ressarcimento por danos em equipamentos elétricos utilizando o algoritmo de classificação KNN, VIII Conferência de Internacional de Aplicações Industriais, Anais do congresso, Poços de Caldas, Agosto, 2008.
- (8) [HTTP://www.itic.org/archives/iticurv.pdf](http://www.itic.org/archives/iticurv.pdf), acessado em 23/06/2008.
- (9) Witten, I. H.; Frank, E., Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques, John Wiley & Sons, 2nd Edition, 2005.
- (10) Duda, R.; Hart, P.; Stork, D., Pattern classification. Wiley, 2001.
- (11) Quinlan, J. R.; Improved use of continuous attributes in C4.5. Journal of Artificial Intelligence Research, pages 77-90, 1996.

9.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Maria da Conceição Pereira Fonseca recebeu o grau de Bacharel em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará (UFPA) em 2006, o grau de Mestre em 2009 e atualmente é aluna de Doutorado do Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica da UFPA. Suas principais linhas de pesquisas são: Qualidade de Energia, Sistema de Distribuição, Dinâmica e Controle de Sistemas de Potências, Mineração de Dados, Inteligência Artificial e Computação Aplicada a Sistemas de Potências.

José Adolfo da Silva Sena graduado em Engenharia Elétrica na Universidade Federal do Pará em 1999. Mestre em Instrumentação Eletrônica pela Universidade Federal de Campina Grande em 2001. Atualmente é aluno de doutorado em Engenharia Elétrica na Universidade Federal do Pará. Atualmente é Engenheiro de Manutenção Eletrônica nas Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. Suas áreas de interesse são o desenvolvimento de dispositivos eletrônicos para medição e gerenciamento de energia elétrica, projeto e implantação de sistemas de monitoramento de equipamentos de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica e simulação computacionais de sistemas elétricos de potência.

Ubiratan Holanda Bezerra recebeu o grau de Bacharel em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará (UFPA) em 1976, o grau de Mestre na Universidade Federal de Itajubá em 1980, e o grau de Dr. na Universidade Federal do Rio de Janeiro em 1988, todos em engenharia elétrica. Desde 1977, é professor da Faculdade de Engenharia Elétrica da UFPA, atualmente encontra-se como professor titular. Suas linhas de pesquisa são: Qualidade de Energia, Geração de Energia Renovável e Avaliação de Segurança Dinâmica e Estática de Sistemas de Potências.