



**XXI SNPTTE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0  
23 a 26 de Outubro de 2011  
Florianópolis - SC

**GRUPO XIV  
GRUPO DE ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E GESTÃO DA TECNOLOGIA, DA INOVAÇÃO E DA  
EDUCAÇÃO - GET**

**SISTEMAS DE PREVISÃO DE DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA UTILIZANDO TÉCNICAS DE MINERAÇÃO  
DE DADOS**

**OLIVEIRA, R.C.D. (\*)  
UFPA**

**SILVA, R.D.D.S.E.  
UFPA**

**TOSTES, M.E.  
UFPA**

**RESUMO**

O grande volume de dados disponível atualmente nem sempre é transformado em informação útil, muitas empresas apesar de possuírem dados de demanda de consumo de energia não selecionam um modelo contratual de energia elétrica mais adequada a sua carga de demanda. Este artigo descreve o sistema de tributação nacional realizando uma comparação entre as tarifas, posteriormente analisa a fatura de energia visando identificar as variáveis passíveis de controle pela empresa de forma a minimizar a conta de energia elétrica aplicando técnicas de mineração de dados.

**PALAVRAS-CHAVE**

Sistema de Previsão de Demanda, Mineração de Dados, Contrato de Energia Elétrica, Descoberta de Conhecimento em Bancos de Dados.

**1.0 - INTRODUÇÃO**

Estamos impressionados com os dados. A quantidade de dados no mundo, em nossas vidas, parece não ter fim. O barateamento do *hardware* possibilitou o grande volume de armazenamento, tornando demasiadamente fácil adiar as decisões sobre o que fazer com todos esses dados. Porém, testemunhamos a crescente lacuna entre a geração de dados e a nossa compreensão sobre eles. Escondidos sob todos estes dados há informação potencialmente útil que raramente é explicitada ou aproveitada.

Dentre os muitos dados que são ignorados encontram-se os dados da demanda de energia. Atualmente, pode-se contratar o fornecimento de energia de acordo com a demanda prevista, ou seja, selecionar a tributação que mais se adequa ao consumo energético de cada empresa.

Entre os vários custos gerenciáveis em uma empresa, seja do setor industrial ou comercial, a energia vem assumindo importância crescente, motivada pela redução de custos decorrentes do mercado competitivo, pelas incertezas da disponibilidade energética ou por restrições ambientais. Apesar da sua importância, muitas empresas não controlam seus custos no que tange ao consumo de energia, e não fazem previsão desses custos.

De acordo com Witten e Frank (2005), as ferramentas e técnicas empregadas para análise automática e inteligente dos imensos repositórios de dados de indústrias, governos, corporações e institutos científicos são os objetos tratados pelo campo emergente da Descoberta de Conhecimento em Bancos de Dados (*Knowledge Discovery in Databases* - KDD). Mineração de dados é a etapa em KDD responsável pela seleção dos métodos a serem utilizados para localizar padrões nos dados, seguida da efetiva busca por padrões de interesse numa forma particular de representação, juntamente com a busca pelo melhor ajuste dos parâmetros do algoritmo para a tarefa em questão.

(\*) Ceamazon, Parque de Ciência e Tecnologia do Guamá – Avenida Perimetral 2651, Prédio 01. CEP: 66077-830. Guamá - Belém/Pará.  
Tel: (+55 91) 8186-2635 – Email: rosanacavalcante@gmail.com.br

Witten e Frank (2005) definem a mineração de dados como o processo de descoberta de padrões nos dados. O processo deve ser automático ou (mais geralmente) semi-automático. Os padrões descobertos devem ser significativos na medida em que leva a alguma vantagem, geralmente uma vantagem econômica.

No que tange aos dados provenientes da tributação da demanda de energia consumida a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) é responsável por regular e fiscalizar a geração, a transmissão, a distribuição e a comercialização da energia elétrica, atendendo reclamações de agentes e consumidores com equilíbrio entre as partes e em benefício da sociedade. Além disso, a ANEEL media os conflitos de interesses entre os agentes do setor elétrico e entre estes e os consumidores; e concede, permiti e autoriza instalações e serviços de energia.

A resolução ANEEL Nº 456, de 29 de novembro de 2000. Estabelece, de forma atualizada e consolidada, disposições referentes às Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica, visando aprimorar o relacionamento entre os agentes responsáveis pela prestação do serviço público de energia elétrica e os consumidores.

Neste artigo, desenvolveu-se um sistema que utilizando técnicas de mineração de dados, busca padrões nos dados de demanda de energia, de tal forma a escolher o modelo de tributação que traga o menor custo na conta de energia.

## 2.0 - TRIBUTAÇÃO

### 2.1 Parâmetros para a tributação

De acordo com COPEL (2011), a adoção de estratégias para a otimização do uso de energia elétrica requer o perfeito conhecimento do sistemática de tarifação. Pois, a legislação brasileira permite às concessionárias calcular as faturas em função do: consumo (kWh), demanda (kW), fator de potência e diferentes tipos de tarifas.

- a. Consumo: refere-se ao registro do quanto de energia elétrica foi consumida durante determinado período. No cálculo das faturas é considerado o período mensal e este é expresso em kWh (quilo watts hora).
- b. Demanda: corresponde ao consumo de energia dividido pelo tempo adotado na verificação. Conforme a legislação brasileira é determinada para fins de faturamento que este período seja de 15 minutos.
- c. Demanda registrada: corresponde ao maior valor de demanda medido em intervalos de 15 minutos durante período, em média considera-se um mês. Desta forma, dentre 3000 valores registrados, seleciona-se o maior.
- d. Demanda contratada: cabe ao usuário, com base nas cargas instaladas e processo produtivo, definir o valor de demanda necessário. Fator que será considerado pela concessionária ao definir os equipamentos para atender a solicitação de serviço, como: transformadores, dispositivos de proteção e/ou eventualmente até a subestação.
- e. Demanda de ultrapassagem: parcela da demanda medida que excede o valor da demanda contratada, expressa em quilowatts (kW).
- f. Demanda faturável: valor da demanda de potência considerada para fins de faturamento, com aplicação da respectiva tarifa (kW).
- g. Fator de Potência: geralmente em circuitos elétrico têm-se potências ativas e reativas. As potencias ativas referem-se ao somatório dos valores dispensados a realização de trabalho como: aquecimento, resfriamento, iluminação e acionamento de equipamentos. Enquanto as potências reativas são associadas à manutenção de campos elétricos, como os que ocorrem nas espiras dos motores elétricos. Ao somar vetorialmente as potências ativas e reativas têm-se a potência total.

Desta forma, define-se como fator de potência, a razão entre potência ativa e potência total, e seu valor varia entre 0 e 1. Conforme legislação brasileira, o fator de potência deverá ter como limite mínimo o valor de 0,92. Caso ocorra valores menores o consumidor será penalizado. O registro do fator de potência ocorre em intervalos horários. Para o cálculo da fatura seleciona-se o menor valor ocorrido no mês em questão. Assim, dentre 700 registros mensais, seleciona-se o menor.

De acordo com a ANNEEL, para a elaboração das faturas os consumidores finais (indústrias, residências, propriedades rurais, comércio e outros), são classificados em dois Grupos. O Subgrupo A que abrange os subgrupos A1, A2, A3, A3a, A4 e AS; e o Subgrupo B que abrange Subgrupos desde residencial até iluminação pública.

## 2.2 Sistema Tarifário

Segundo a ANEEL, a estrutura tarifária é o conjunto de tarifas aplicáveis às componentes de consumo de energia elétrica e/ou demanda de potência ativas. Ela pode ser classificada como estrutura tarifária convencional onde as tarifas de consumo e demanda independentemente das horas de utilização do dia e períodos do ano; e estrutura tarifária horo-sazonal em que há tarifas diferenciadas de consumo e de demanda.

De acordo com COPEL (2011), o perfil de comportamento do consumo ao longo do dia encontra-se vinculado aos hábitos do consumidor e às características próprias do mercado de cada região. Além disso, o sistema elétrico brasileiro, em quase sua totalidade, possui geração por meio de hidroelétricas. Portanto, o maior potencial de geração concentra-se no período chuvoso. Baseando-se nestas características na Estrutura Tarifária Horo-sazonal as tarifas têm valores diferenciados segundo: horários do dia e períodos do ano, conforme descrito abaixo:

### a. Divisão do Dia

- Horário de Ponta: corresponde ao intervalo de 3 horas consecutivas, ajustado de comum acordo entre a concessionária e o cliente, situado no período compreendido entre as 18h e 21h e durante o horário de verão e das 19h à 22h.
- Horário Fora de Ponta: corresponde às horas complementares ao horário de ponta.

### b. Divisão do Ano

- Período Seco: compreende o intervalo situado entre os meses de maio a novembro de cada ano (sete meses).
- Período Úmido: compreende o intervalo situado entre os meses de dezembro de um ano a abril do ano seguinte (cinco meses).

Considerando, os parâmetros de tributação e a sistemática horo-sazonal, têm-se as tarifas: Convencional e Horo-sazonal. O cálculo das faturas no sistema convencional considera apenas os parâmetros de tributação. Enquanto no sistema horo-sazonal é considerado os parâmetros de tributação e as variações horo-sazonais descritas acima. Sendo que na estrutura Horo-sazonal têm-se as tarifas: Azul e Verde.

- a. Tarifa Azul: são tarifas diferenciadas de consumo de acordo com as horas do dia e períodos do ano, e tarifas diferenciadas de demanda de acordo com as horas do dia, aplica-se às unidades consumidoras que possuem processo produtivo contínuo e enquadram-se no Grupo A. A adoção desta é obrigatória aos consumidores dos tipos A-1, A-2 e A-3 e opcional aos demais.
- b. Tarifa Verde: tarifas diferenciadas de consumo de acordo com as horas do dia e períodos do ano, e uma tarifa de demanda, aplica-se a consumidores com capacidade de modulação do processo produtivo. Esta é opcional aos consumidores do Grupo A tipos A-3a, A-4 e A-S.

O Art. 56 da resolução ANEEL Nº 456 diz que sobre a parcela da demanda medida, que superar a respectiva demanda contratada, será aplicada a tarifa de ultrapassagem, caso aquela parcela seja superior aos limites mínimos de tolerância a seguir fixados:

- I - 5% (cinco por cento) para unidade consumidora atendida em tensão de fornecimento igual ou superior a 69 kV;
- II - 10% (dez por cento) para unidade consumidora atendida em tensão de fornecimento inferior a 69 kV.

A Tabela 1 mostra uma comparação entre os valores das Tarifas

Tabela 1 - Comparação entre as Tarifas. (Fonte: Tostes, 2010)

	CONVENCIONAL	VERDE	AZUL
<b>Demanda F. Ponta</b>	<b>1,5X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
<b>Demanda Ponta</b>	<b>1,5X</b>	<b>X</b>	<b>3X</b>
<b>Consumo F. Ponta</b>	<b>2Y</b>	<b>Y</b>	<b>Y</b>
<b>Consumo Ponta</b>	<b>2Y</b>	<b>9Y</b>	<b>2Y</b>

### 3.0 - CLASSIFICAÇÃO DA DEMANDA DE ENERGIA

#### 3.1 Problema analisado

A energia é essencial para os processos de empresas tanto industriais como comerciais, porém apesar dos dados sobre demanda de energia ser abundante em vários setores, muitas empresas não buscam um modelo tarifário que mais se adeque a sua carga de consumo e acabam por pagar muito mais do que o precisariam. Observe a conta apresentada na Figura 1, nessa conta a demanda contratada, tanto em período de ponta quanto fora de ponta, é 200KW, porém observando o consumo registrado no mês houve consumo maior do que o contratado gerando uma multa de R\$3.026,65 valor que representa 10,5% da fatura total de energia e poderia ter sido evitado com contratação de fornecimento mais próximo da demanda necessária.

Observe na Figura 1 que a tarifa para o consumo fora de ponta é R\$ 0,140490; enquanto para o consumo ponta a tarifa aumenta para R\$1,3892; já para a demanda que ultrapassa o contrato de fornecimento a tarifa é de R\$42,39. Logo selecionar um modelo de tarifação mais adequado a demanda da empresa representa uma grande economia nos custos da empresa.

Celpa

REDE ENERGIA

Centrais Elétricas do Pará S.A.

Rodovia Augusto Montenegro Km 8,5 - Belém - PA

CNPJ 04.895.728/0001-80 INSC. EST. 15.074.480-3

RESERVADO AO FISCO

PERÍODO FISCAL: 24/09/2010

66BF.7FF6.9770.73C1.C1F1.B7FC.29D4.3584

EMISSION: 24/09/2010

PRESENTATION: 25/09/2010

UNIT NUMBER

21083

ATTENDANCE TO CLIENT

LIGUE

0800 091 0196

NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA

GRUPO A 4

09/2010 - 001.232.220

FAT-01-20101024846638- 17

REFERENCE: 09/2010

VENCIMENTO

04/10/2010

TOTAL CONSUMED

69.755 kWh

VALUE UP TO DUE DATE

R\$ 29.067,95

DADOS DA UNIDADE CONSUMIDORA / FATURAMENTO / FORNECIMENTO

INDUSTRIAL / HORA-SAZONAL VERDE / TRIFÁSICO

CONTRACT OF SUPPLY: 200 PERIOD: TODOS

DEMANDA PONTA(KW) : 200 CONSUMO PONTA(KW): 0

DEMANDA FORA PONTA(KW): 200 CONSUMO FORA PONTA(KW): 0

DEMANDA SUPPLEMENTAR : 0

DADOS DA MEDIÇÃO - CONSUMO REGISTRADO NO MÊS

EQUIPAMENTO	LEITURA ATUAL	LEITURA ANTERIOR	GRANDEZA	CONSTANTE DE FATURAMENTO	MEDIDO
14130583	5618939	4788510	kWh TP	0,0840	69756,00
14130583	286754	256228	kWh PT	0,0840	2564,00
14130583	5332185	4532282	kWh FP	0,0840	67191,00
14130583	1736	1582	kW PT	0,3360	51,70
14130583	6592	5784	kW FP	0,3360	271,40
14130583	868248	765278	kWh TP	0,0840	8649,00
14130583	86132	83745	kWh PT	0,0840	200,00
14130583	782119	681536	kWh FP	0,0840	8448,00
14130583	692	726	kW PT	0,0840	58,10
14130583	3696	3607	kW FP	0,0840	310,40
14130583	7674	6982	kW PT	0,0840	58,10
14130583	30348	26652	kW FP	0,0840	310,40

DATA DA LEITURA ATUAL: 23/09/2010

DATA DA LEITURA ANTERIOR: 23/08/2010

DIAS FATURADOS: 31

PERDAS DE TRANSFORMAÇÕES (%): 0

DEMANDA MÁXIMA:

FATOR DE POTÊNCIA: 0,82

HISTÓRICO DE CONSUMO TOTAL FATURADO

REF.	kWh	REF.	kWh	REF.	kWh
08/2010	51786	04/2010	33074	12/2009	34524
07/2010	49086	03/2010	34563	11/2009	38089
06/2010	39614	02/2010	34668	10/2009	30322
05/2010	42920	01/2010	48110	09/2009	35165

AGÊNCIA DE ATENDIMENTO / MENSAGENS

R JULIO MARIA, PE.1231-5 RUA

LANÇAMENTOS

DESCRIÇÃO	QTDE-REF. FATURADA	TARIFA SÍMBO	VALOR (R\$):
CONSUMO FORA PONTA	67191	0,140490	9.439,66
CONSUMO PONTA	2564	1,389200	3.561,91
DEMANDA	200,00	14,130000	2.826,00
EXCED DE DEMANDA REATIVA	39,00	14,130000	551,07
CONSUMO REAT.FORA PONTA	8448	0,140490	1.186,86
CONSUMO REAT.PONTA	200	1,389200	277,84
DEMANDA ULTRAP.	71,40	42,390000	3.026,65
VALOR DO PIS			225,45
VALOR DO COFINS			1.039,60
CIP-CONTRIB DE ILUM PUB			840,27
CRED VIOL META CONT			-1.285,68
VALOR DO ICMS			7.378,32

COMPOSIÇÃO DO ICMS

BASE DE CÁLCULO (R\$): 29.513,36 ALÍQUOTA (%): 25 VALOR (R\$): 7.378,32

PARA PAGAMENTO APÓS VENCIMENTO, SERÁ COBRADO MULTA DE 2%,

ACRESCIDO DE JUROS DE 0,333 % POR DIA DE ATRASO, CONFORME

LEI Nº 10.438/02 E CORREÇÃO MONETÁRIA CONFORME LEI Nº 10.192/01

ESTA UNIDADE CONSUMIDORA ESTARÁ PASSÍVEL DE SUSPENSÃO

DO FORNECIMENTO, EM CASO DE NÃO PAGAMENTO DESTA FATURA,

CONFORME LEGISLAÇÃO VIGENTE.

Figura 1 - Fatura de energia

#### 3.2 Trabalhos correlatos

Terra (2003) apresenta o estado da arte na pesquisa sobre aplicação de técnicas de mineração de dados na área de energia. Ressaltando-se os trabalhos de ZHANG *et al.* (1998) que aplicou técnicas de séries temporais na predição de modelos; e GAVRILAS *et al.* (2001) que propôs 12 redes neurais de Kohonen – uma para cada mês do ano – para fazer a predição do consumo horário de energia dos quatro dias típicos existentes, totalizando 48 dias típicos em um ano. Cada modelo trabalha com 4 classes de neurônios, correspondendo aos quatro dias característicos de cada mês, e outros 50 valores na entrada, representando variáveis macroeconômicas (2) e consumo horário (48 valores correspondendo às curvas de consumo de dois dias). Os resultados gerados pelos modelos foram avaliados em um único mês (abril/2000) com a comparação dos perfis dos quatro dias típicos gerados, e apresentaram erro relativo da ordem de 3,8%, 4,6%, 4,7% e 8%, para cada dia típico.

### 4.0 - APLICAÇÃO DE MINERAÇÃO DE DADOS

Muitas empresas desconhecem seu consumo de energia o que ocasiona um gasto de 5% a 20% a mais na conta de energia. O presente artigo propõe a aplicação de mineração de dados para, de acordo com o comportamento de demanda do consumidor, selecionar qual a demanda contratada que trará o menor custo de energia.

Analisando a Figura 1, observa-se que as principais variáveis de controle do empresário que influenciam no valor da conta que se deseja minimizar são: consumo fora de ponta, consumo ponta, demanda e demanda ultrapassada. Sendo que, quando a empresa consumir ou ultrapassar o valor contratado a demanda será igual ao valor contratado. Verifica-se também que as variáveis observadas apresentam valores numéricos.

A experiência mostra que nenhuma ferramenta de aprendizagem única é adequada para todos os problemas de mineração de dados. As bases de dados reais variam, e para a obtenção de modelos precisos do viés do algoritmo de aprendizagem deve-se corresponder à estrutura do domínio. A mineração de dados é uma ciência experimental.

O sistema desenvolvido inclui métodos para problemas de mineração de dados padrão: regressão, classificação, regra de mineração de associação e seleção de atributos. Conhecer os dados é uma parte integrante do trabalho, e muitas facilidades de visualização de dados e ferramentas de pré-processamento de dados são fornecidos.

#### 4.1 Pré-processamento

De acordo com Witten e Frank (2005), a primeira etapa de um processo de extração de conhecimento é o pré-processamento dos dados e envolve uma análise quantitativa e qualitativa das informações disponíveis. Um aspecto relevante é a melhora expressiva nos resultados de modelos construídos a partir de dados, onde houve uma maior dedicação nessa etapa. Nessa fase são analisadas características básicas, como número de atributos e exemplos, valores incompletos e erros grosseiros.

Devido à diversidade e heterogeneidade dos dados, esforços de pré-processamento e limpeza dos mesmos são cruciais na geração dos dados que possam vir a ser trabalhados em busca de conhecimento útil.

No presente trabalho as seguintes ações de pré-processamento foram executadas; na representação dos dados, os dados foram agrupados em uma única tabela; onde cada linha na tabela é uma instância ou amostra (registros) e cada coluna na tabela é um atributo (campos). Observando-se que no trabalho todos os atributos são numéricos. Posteriormente foi realizada a normalização dos dados. O propósito da normalização é minimizar os problemas oriundos do uso de unidades e dispersões distintas entre variáveis.

#### 4.2 Sistemas de Aprendizado

As decisões são tomadas baseadas em experiências acumuladas contidas em casos resolvidos com sucesso, busca-se extrair conhecimento (regras) de um conjunto de dados de tal forma que estas regras possam ser aplicadas a novos dados. As tarefas de aprendizado clássicas são classificação e predição.

No presente trabalho aplicou-se a tarefa de classificação cuja função é mapear objetos com características comuns, na mesma classe. Classificam-se dados baseados em um conjunto de treino e os valores (rótulos da classe) em um atributo de classificação utilizando-os na classificação de novos dados. Dada uma coleção de instâncias (conjunto de treinamento), cada instância contém um conjunto de atributos, um dos atributos é a classe.

Previsão numérica é uma variante de classificação de aprendizagem em que o resultado é um valor numérico, em vez de uma categoria. A Tabela 2 apresenta os dados da unidade consumidora em uma classe numérica, verifica-se uma versão dos dados do contrato em que está a ser previsto não é mudar ou não o contrato, mas qual o novo valor (kw) do contrato.

Em problemas de previsão numérica, como ocorre com outras situações de aprendizagem, o valor previsto para novas instâncias é geralmente de menor interesse que a estrutura da descrição do que é aprendido, expresso em termos do que os atributos são importantes e como eles se relacionam com os resultados numéricos.

Tabela 2 - Dados da unidade consumidora em uma classe numérica

Consumo F.P	Consumo Ponta	Demanda	Valor Médio da Demanda ultrapassada	Valor Contrato (KW)
32285	2239	120	113,8	240
46769	1341	120	139,7	250
32676	1992	200	14,8	220
32410	2153	120	104,4	220
30813	2261	120	72,5	200
40544	2376	120	130,9	250
46608	2478	118	0,0	120
49446	2340	200	61,3	260
67191	2564	200	5,2	200

### 4.3 Modelo Desenvolvido

O algoritmo desenvolvido usou como base a regressão linear, segundo Breiman (1999), quando a classe é numérica e todos os atributos são numéricos, a regressão linear é uma técnica natural a considerar. A idéia é expressar a classe como uma combinação linear dos atributos, com pesos pré-determinados:

$$x = w_0 + w_1 a_1 + w_2 a_2 + \dots + w_k a_k \quad \text{equação 1}$$

Onde x as classes;  $a_1, a_2, \dots, a_k$  são os valores dos atributos e  $w_0, w_1, \dots, w_k$  são os pesos. Os pesos são calculados a partir dos dados de treino. O valor previsto para a primeira instância da classe pode ser escrita como:

$$w_0 a_0^{(1)} + w_1 a_1^{(1)} + w_2 a_2^{(1)} + \dots + w_k a_k^{(1)} = \sum_{j=0}^k w_j a_j^{(1)} \quad \text{equação 2}$$

A equação 2 apresenta o valor previsto, não o valor real para a categoria de primeira instância. É interessante a diferença entre o previsto e os valores reais. O método da regressão linear consiste em escolher os coeficientes de  $w_j$  - há  $k + 1$  deles para minimizar a soma dos quadrados dessas diferenças sobre todas as instâncias de formação. A somatória dos quadrados das diferenças é

$$\sum_{i=1}^n \left( x^{(i)} - \sum_{j=0}^k w_j a_j^{(i)} \right)^2 \quad \text{equação 3}$$

Onde a expressão entre parentese é a diferença entre a  $i$ th instância atual da classe e a predição.

A unidade consumidora 20478 da Polícia Militar do Estado do Pará (PM) é classificada como consumidor A4 e está enquadrada na tarifação horo-sazonal verde e apresenta um contrato de 50 kW. O seu consumo médio no período de novembro de 2008 até outubro de 2009 foi 8.999 kWh, sendo que apresentou maior consumo no mês de dezembro de 2008 (aproximadamente 10.601 kWh) e menor no mês de julho de 2009 (aproximadamente 7000 kWh), conforme ilustrado na figura 2:

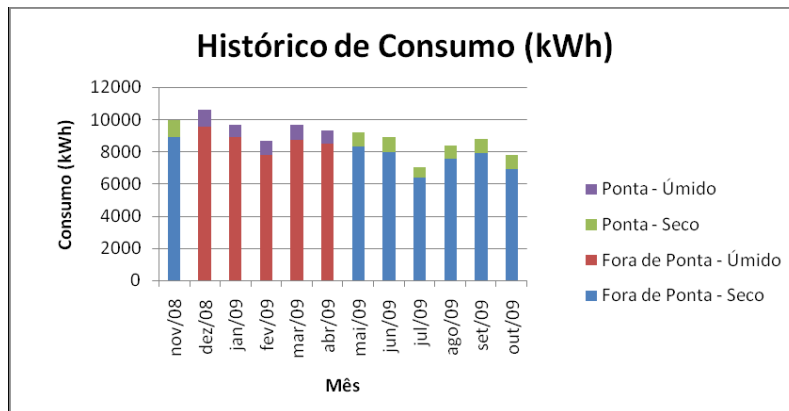


Figura 2 - Consumo da UC 20478

Quanto ao contrato de demanda estabelecido entre essa unidade consumidora e a concessionária de energia elétrica, que é igual a 50 kW, o modelo de previsão linear alterou o contrato de demanda para 30 kW. Essa alteração se justifica em virtude dos valores demanda medidos não ultrapassarem 35 kW. Essa alteração provocaria uma redução de R\$ 3.869,00 nos gastos com energia elétrica no período de novembro de 2008 até outubro de 2009.

Foram simulados 9 unidades consumidoras utilizando o algoritmo desenvolvido, cada unidade consumidora contendo dados de demanda de 12 meses. A tabela 3 apresenta os resultados encontrados.



Tabela 3 - Dados da unidade consumidora em uma classe numérica

Unidade Consumidora	Consumo Médio (kWh)	Contrato de Demanda (kW)	Demanda Média (kW)	Resultados
UC 10200	6.512,83	40	40,7	A UC 10200 não deve sofrer alteração, ou seja, ela deve permanecer na tarifação horo-sazonal verde e deve manter a demanda contratada igual a 40 kW.
UC 12771142	8.154,83	30	26,4	A UC 12771142 não deve sofrer alteração em seu contrato de energia, ou seja, ela deve permanecer enquadrada na tarifação horo-sazonal verde e seu contrato de demanda deve continuar sendo 30 kW
UC 20478	8.999	50	25,2	A UC 20478 deve sofrer alteração no contrato de demanda para 30 kW, no entanto deve permanecer na tarifação horo-sazonal verde
UC 24848	6.473	30	24	A UC 24484 não deve sofrer alteração no contrato de energia
UC 27	97.191,33	270	365	Deve ser alterado o contrato de demanda dessa UC para 365 kW, no entanto o tipo de tarifação deve permanecer horo-sazonal verde.
UC 3416658	12.180	50	47	Essa UC não deve sofrer alteração no contrato de energia
UC 37001	6.982	0	18,5	Essa UC deve sofrer alteração no contrato de demanda para 20 kW, entretanto o tipo de tarifação permanecer a convencional
UC 39160	5.873	30	16	A modalidade horo-sazonal verde deve ser mantida. A demanda deve ser alterada para 18 kW
UC 41637	14.022	30	53,67	modalidade horo-sazonal verde deve ser mantida. A demanda deve ser alterada para 62 kW.

## 5.0 - CONCLUSÕES

O grande volume de dados disponível nas empresas só trará retorno se forem analisados, processados e transformados em informações úteis, a mineração de dados é uma ferramenta que auxilia nesse processo de determinação de padrões possibilitando sua posterior aplicação na melhoria da tomada de decisão.

No presente trabalho dados de perfil de demanda de unidades consumidoras foram analisados e o sistema desenvolvido apresentou como resultado a demanda a ser contratada de energia elétrica mais adequada a realidade da empresa visando minimizar o custo de energia elétrica. Os resultados apresentados na tabela 3 trouxeram economias na conta de energia que variaram de 5% a 25%, essa economia é significativa e pode ser aplicada na melhoria do processo.

## 6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) WITTEN, I. H.; FRANK, E. *Data mining: practical machine learning tools and techniques*. Elsevier, 2005.
- (2) ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/>>. Acesso em: 02 de fevereiro, 2011.
- (3) COPEL - Companhia Paranaense de Energia. Tarifas de Energia Elétrica. Disponível em: <<http://www.copel.com/>>. Acesso em: 01 de fevereiro, 2011.
- (4) TOSTES, E. Notas de aula em eficiência energética. Programa de pós-graduação em engenharia elétrica – PPGEE, 2010.
- (5) TERRA, G. S. *Uma metodologia de mineração de dados para previsão de cargas*. Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D. Sc.), Junho/2003.
- (6) ZHANG, B.; PATUWO, B. E.; HU, M. Y. *Forecasting with artificial neural networks: The state of the art*. *International Journal of Forecasting*, v. 14, n. 1, pp. 35-62. March, 1998.
- (7) GAVRILAS, M., CIUTEA, I., TANASA, C. *Medium-term load forecasting with artificial neural network models*. International Conference and Exhibition on Electricity Distribution, Part 1: Contributions. CIRED. (IEE Conf. Publ No. 482), 2001.
- (8) BREIMAN, L. *Pasting small votes for classification in large databases and online*. Machine Learning, 1999.

## 7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

**Rosana Cavalcante de Oliveira** nasceu em Belém, PA, Brasil. Graduada em Engenharia de Produção pela Universidade do Estado do Pará – UEPA em 2005, e em Engenharia de Computação pela Universidade Federal do Pará – UFPA em 2006. Recebeu o título de mestrado em Engenharia de Produção na área de Pesquisa Operacional – UFPE em 2008; e de Especialista em Sistemas Mínero-Metalúrgicos pela Universidade Federal de Ouro Preto-UFOP em 2009. Atualmente é aluna de pós-graduação em Engenharia Elétrica na UFPA, pelo seu grau de Doutora; e é Analista de Negócios Tecnológicos da Embrapa Amazônia Oriental. Seus temas de interesse: eficiência energética, otimização de sistemas e inteligência computacional.

**Rogério D. de Souza e Silva** nasceu em Belém, PA, Brasil. Recebeu seu diploma de Engenharia Elétrica em 2002 e seu mestrado em 2004, ambos pela Universidade Federal do Pará - UFPA. Atualmente é aluno de pós-graduação na mesma Universidade, pelo seu grau de Doutor. Seus temas de interesse: eficiência, qualidade e energia, sistemas industriais e inteligência computacional aplicada a sistemas de alimentação.

**Maria Emília Tostes de Lima** nasceu em Recife, PE, Brasil. Começou o curso de Engenharia Elétrica da Federal Universidade do Estado do Pará, em 1988. Recebeu seu mestrado em 1992 e seu Doutorado em 2003, da pós-graduação Programa em Engenharia Elétrica pela mesma Universidade. Ela é professora da Faculdade de Engenharia Elétrica e agora ela é Presidente do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará. Seus temas de interesse são qualidade de energia, processos industriais e de distribuição de energia.