

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA TÊXTIL DE FELPUDOS

Cesar Ricardo Câmara da Silva, Eduardo Deschamps, Adriano Péres

Universidade Regional de Blumenau – FURB

Departamento de Engenharia Elétrica e de Telecomunicações

Rua São Paulo 3250 – FURB Campus II

CEP 89030-000, Blumenau – SC

Brasil

e-mail: aperes@furb.br

Resumo – Este trabalho apresenta uma metodologia para auxílio ao estudo de substituição de equipamentos tidos como menos eficientes na indústria têxtil de felpudos. A ferramenta auxilia na melhor compreensão da instalação industrial e permite simular novas situações de carga, configurações de ligações, substituição de equipamentos e alteração de tarifas de energia. A aplicação da metodologia permite maior confiabilidade nas tomadas de decisão. O trabalho fornece contribuição técnica, social e ambiental, pois pode estimular investimentos na redução de consumo, evitando a necessidade de geração de energia nova e seu conseqüente impacto ambiental. Apresenta-se o estudo de um caso real de substituição de equipamento provando a eficiência da metodologia e o aplicativo computacional desenvolvido, reduzindo-se o consumo da indústria.

Palavras-Chave – aplicativo computacional, eficiência energética, não degradação ambiental, substituição de equipamento elétrico menos eficiente.

ENERGETIC EFFICIENCY IN TEXTILE INDUSTRY

Abstract – This work presents a methodology that assists the user to verify advantages in less efficient electric equipment substitution in textile industry. This tool helps the user to be familiar with better its industrial installation and to simulate new situations of charges and fees of energy. This study was developed with the idea to generate more confidence for those whose will to implement changes in the industrial charges expecting. This work gives its social and environmental contribution because it can stimulate the investments in reduction of electric energy consumption avoiding the necessity to increment the offer of new energy and its consequent environmental degradation. It is presented a real example of equipment substitution that proves the efficiency of the proposed methodology and the software created.

Keywords – energy efficiency, no environment degradation, software, substitution of less efficient electric equipment.

Artigo submetido em 15 de maio de 2008; primeira revisão em 03 de outubro de 2008; segunda revisão em 06 de março de 2009. Recomendado para publicação pelos Editores da Seção Especial, João Carlos dos Santos Fagundes e Felix Alberto Farret.

I. INTRODUÇÃO

A busca cada vez mais intensa do homem por fontes de energia tem agravado o problema da degradação ao meio ambiente. A frenética busca por melhor conforto faz parte de uma de suas necessidades enquanto ser. Os países fortemente industrializados são exemplos do sempre crescente aumento do uso de energia, provocando uma degradação ambiental cada vez maior.

Atualmente o cenário mundial para a oferta de energia elétrica aponta para dificuldades em atendimento a demanda. Dificuldades ambientais e econômicas tornam o produto cada dia mais nobre. Essa valorização da energia elétrica aponta, por sua vez, para a necessidade de usá-la mais racionalmente, buscando sempre executar a mesma tarefa com menor dispêndio de energia.

Toda nova geração de energia elétrica gera impacto ambiental. A única forma de se gerar energia elétrica sem impacto algum é usar melhor o que já está sendo produzido, usar melhor o que já produziu sua parcela de degradação e, conseqüentemente, atender a mais necessidades humanas sem ampliar a degradação ao meio ambiente [1, 2].

A redução do consumo de energia, além de ser ação ambiental de preservação do meio natural, uma vez que representa a redução da necessidade de ampliação da oferta, também proporciona retorno financeiro para as empresas [3, 4].

A conservação é tida como uma geração virtual de energia comprovando, inclusive, o baixo custo social dos governos com programas de incentivo ao combate ao desperdício em detrimento da instalação de novas usinas [5].

Sob o enfoque da conservação de energia elétrica através de seu uso racional este trabalho apresenta um aplicativo computacional desenvolvido para auxiliar a tomada de decisão nas questões que envolvem substituição de equipamentos pouco eficientes por outros mais eficientes.

A pesquisa se limita à análise de pequenas e médias empresas do ramo de felpudos têxteis da região de Brusque, em Santa Catarina, porém pode ser estendida a outros segmentos, caso sejam observadas as limitações metodológicas implementadas.

O aplicativo simula mudanças nos equipamentos de uma empresa e apresenta os novos prováveis valores para a fatura de energia elétrica. A ferramenta fornece maior segurança na implementação de modificações nos equipamentos capazes de manterem a produtividade e reduzirem o custo com energia. O trabalho explora uma das muitas lacunas existentes na eficiência energética das indústrias de felpudos

têxteis, as quais apenas as empresas de grande porte tiveram a oportunidade de modernizar seus parques fabris.

II. A REALIDADE DA INDÚSTRIA TÊXTIL REGIONAL

A última década foi ruim para as indústrias têxteis nacionais, especialmente a de felpudos. Muitas das indústrias da região de Brusque não sobreviveram aos problemas econômicos e fecharam suas portas, outras sobrevivem de forma prejudicada.

A forte concorrência com produtos provenientes da Ásia e a redução da capacidade de investimento levou muitas empresas a nem cogitar, durante este período, qualquer tipo de investimento na planta. A grande maioria dos estabelecimentos é de pequeno e médio porte, não possuindo capacidade para a contratação de especialistas que possam orientar ações na busca do uso racional de energia. Muitas delas pagam valores extras devido ao contrato incorreto de fornecimento de energia, ultrapassagens de consumo ou demanda contratados, excesso de reativos, etc.

O impacto ambiental proveniente do uso inadequado de energia elétrica costuma não comover os pequenos e médios empresários da região, até porque a degradação não é gerada próxima de seu estabelecimento. Devido a esta característica, há a necessidade de se averiguar casos de uso inadequado de energia elétrica que ainda possam retornar financeiramente pela redução do gasto com a mesma, bem como orientar estas pessoas para a possível redução de custos ainda não vislumbrados.

A conjunção desses fatores apresenta um quadro bastante favorável à exploração e ao sucesso na implementação de ações que visem à eficiência energética. Os maiores focos com retorno certo em relação à busca por uma eficiência energética são: motores antigos de baixo rendimento e superdimensionados, sistemas de variação de velocidade totalmente mecânicos e sistemas de iluminação ineficientes.

Em alguns casos há a necessidade de revisar toda a instalação da planta fabril, pois se percebe nitidamente que o crescimento da produção é refletido em adaptações mal executadas. Estas características, apesar de não terem sido motivo de estudo, certamente indicam como um ponto de obtenção de maior eficiência. São os casos de transformadores sobrecarregados, excesso de cargas em ramais inadequados, falta de proteções, fator de potência baixo, corrente irregular nas fases, etc. [6, 7].

III. METODOLOGIA

Aplica-se neste trabalho o método dedutivo, pois se tenta comprovar as hipóteses a partir de conhecimentos gerais e multidisciplinares já existentes [8].

Através da análise das cargas instaladas no parque fabril, monta-se uma fatura de energia elétrica simulada numericamente e se compara com a fatura da concessionária local. A análise das cargas é feita através de analisador de energia com capacidade para armazenar dados tabulados e transferi-los para o computador.

Com os dados reais da empresa podem-se simular substituições de cargas existentes por novas mais eficientes e determinar o resultado financeiro do processo. O aplicativo fornece uma fatura simulada com todos os dados que a fatura

real da concessionária disponibiliza. A ferramenta pode ser adaptada a realidade de cada empresa e, caso necessário, o usuário do aplicativo pode retirar novas amostras na empresa de interesse. Nem todas as empresas usam necessariamente seus equipamentos da mesma forma, no entanto, a versatilidade do aplicativo garante possibilidade de fácil adaptação a particularizações.

Não é levado em consideração o universo de empresas existentes no setor e nem a representatividade da empresa estudada como relação ao todo do setor.

Todas as amostras coletadas são classificadas de acordo com o tipo de equipamento, data e hora da coleta e as características de parada do equipamento no processo fabril. Isto possibilita que o usuário possa definir o comportamento do equipamento de maneira diferente do que foi amostrado, permitindo a simulação de arranjos produtivos diversos. Há a possibilidade de se fazer novas medições e cadastrar novos equipamentos de acordo com o uso dado ao aplicativo.

IV. AMOSTRAGEM DE DADOS

O uso dos equipamentos industriais, em geral, tem sua utilização variável ao longo do dia, da semana e/ou do mês. Deve-se determinar o tamanho da menor amostra capaz de representar o comportamento do equipamento ao longo do período da fatura de energia elétrica.

O tamanho de amostra pode variar de equipamento para equipamento, dependendo do seu ciclo de trabalho. O ciclo de trabalho do equipamento está relacionado com a sua função no processo produtivo.

Em geral, na indústria de felpudos da região de Brusque, os teares trabalham 24h por dia em três turnos de 8 horas, parando apenas no sábado às 13h e retornando no domingo às 22h. Neste caso, podem-se representar os equipamentos com uma pequena amostra do uso da energia. Optou-se por garantir uma boa precisão com a representação do comportamento energético médio dos equipamentos em amostragens com funcionamento em torno de 24 horas.

O aplicativo permite o cadastramento dos custos da energia elétrica fornecida por várias concessionárias de energia, permitindo, também, a atualização destes dados.

A Resolução 456 da ANEEL é fonte de consulta para enquadramento do consumidor nas diversas tarifas de energia disponíveis para contratação, permitindo também uma análise neste aspecto. A NBR 5410 fornece a forma de cálculo das grandezas e dimensionamentos necessários [9].

As amostras adquiridas do analisador de energia e inseridas no banco de dados são armazenadas em arquivos do tipo "valores separados por vírgula" (.csv). Este tipo de arquivo pode ser elaborado em planilhas eletrônicas, da forma como apresentado na Tabela I.

Os dados são dispostos em tabelas de duas colunas. A primeira coluna representa o horário em que se processou a leitura e a segunda a demanda correspondente. O intervalo de tempo entre cada leitura efetuada é de 15 minutos.

V. TRATAMENTO DOS DADOS

Todo levantamento realizado é catalogado por equipamento em base de dados e pode ser atualizado, substituído ou excluído a qualquer momento.

Tabela I
Modelo de arquivo de dados (amostra de 24h)

Horário da leitura	Demanda
00:15	1,41164
00:30	1,3838
00:45	1,57724
01:00	1,32944
01:15	1,6346
...	...
23:00	1,30552
23:15	1,94312
23:30	1,52656
23:45	1,3636
00:00	1,27424

A fatura de energia da empresa é recomposta somando todos os resultados individuais das medições de energia nos equipamentos com a preocupação temporal da utilização dos mesmos. Esta recomposição da fatura prevê horários de desligamento dos equipamentos e eventuais feriados. Estes eventos podem ser cadastrados pelo usuário do aplicativo de forma fácil e simples, garantindo uma grande flexibilidade.

Estudos a respeito de equipamentos mais eficientes são fundamentais para a simulação da substituição de cargas antigas por novas [10, 11, 12]. De posse do comportamento da carga nova simula-se a fatura de energia e é obtido o resultado financeiro da economia energética caso fosse feita à substituição. O resultado financeiro da economia energética, por sua vez, é confrontado com os custos de implantação da nova tecnologia e determinado seu tempo de retorno.

VI. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Qualquer atividade econômica em uma sociedade moderna só é possível com o uso intensivo de uma ou mais formas de energia. Todo equipamento possui uma eficiência característica, sendo que as perdas representam a parcela de energia que não foi adequadamente utilizada, ou seja, não realizou o trabalho a que se destinava.

A energia perdida pode ser classificada como fonte de desperdício, principalmente quando se tem sistemas de baixo rendimento, ou seja, sistemas ou equipamentos que aproveitam mal a energia empregada para seu funcionamento normal.

Além da necessidade de conservar energia pelas questões ecológicas, há uma vantagem de economia financeira proveniente da conservação. Porém, nem todas as ações de conservação de energia elétrica são facilmente retornáveis em termos financeiros, há que se considerar a necessidade de inserção de políticas públicas de incentivos, tais como: fiscal, educacional, regulamentação e etc. Muitas vezes não é economicamente viável a obtenção ou utilização de sistemas mais eficientes sem que haja uma política estatal que a subsidie.

Conservar energia elétrica é muito mais que combater o desperdício, significa melhorar a maneira de utilizar a energia elétrica, conciliando a melhor maneira de produzir com as menores perdas, sem abrir mão do conforto e das vantagens que ela proporciona. Significa também otimizar a produção, diminuir o consumo de energia e de outros insumos, reduzindo custos, sem perder, em momento algum, a eficiência e a qualidade dos serviços [13].

Para o Programa de Conservação de Energia Elétrica da Eletrobrás – PROCEL [14], o combate ao desperdício é uma fonte virtual de produção de energia elétrica. Isto quer dizer que a energia não desperdiçada pode ser utilizada para mover outra carga sendo, portanto, a fonte de produção mais barata e a mais limpa que existe, pois não agride o meio ambiente. A conservação de energia pode ser também vista como um processo dentro das empresas assim como o processo de produção, compras, vendas e outros.

As reduções do desperdício, juntamente com as medidas de baixo custo, podem proporcionar até 10% de economia de eletricidade e essas medidas são aplicáveis a indústrias que representam 65% do consumo da eletricidade até 2010. Estas suposições levam a 15,6 TWh de economia de eletricidade em 2010. Já na Indústria Têxtil pode-se chegar a uma economia que varia de 8 a 15% [5].

A energia representa um insumo vital, que pode responder por um terço do custo dos produtos. Também se pode considerar a energia como insumo estratégico para o estabelecimento de qualquer política de desenvolvimento econômico e social.

Como a energia elétrica está na base de toda a cadeia de produção industrial, agropecuária e também na prestação de serviços, a necessidade de reduzir o custo deste insumo é grande. Isto produz enormes benefícios não só para a cadeia produtiva tornando as empresas mais competitivas, mas também, para a população em geral, pois o preço final dos produtos acaba ficando mais reduzido [15].

Existem várias políticas que podem ser adotadas para buscar o uso eficiente da energia elétrica pelos consumidores. Entre elas destacam-se: desenvolvimento tecnológico e modificações técnicas, programas de informação, financiamento e incentivos financeiros, marketing e desenvolvimento de mercado [5]. Dentre as medidas apresentadas, muito interessa a questão dos financiamentos e incentivos financeiros, visto que por mais que se consiga mostrar a redução nos custos da empresa com energia elétrica, nem sempre vai se poder tornar atrativa financeiramente a operação, as políticas públicas é que dão o tom para a atratividade ao consumidor.

VII. O SETOR DE FELPUDOS

O setor de felpudos têxteis representa um segmento da indústria da tecelagem voltado à produção de atalhados em geral. O Brasil é um grande produtor destes artigos e os confecciona com qualidade e de forma bastante competitiva. Não há muitos produtores no mundo, entre eles, cabe destacar os Estados Unidos, a Bélgica, a Itália, a Alemanha, a Índia e a Turquia.

Os principais clientes desse segmento são o pequeno varejo tradicional, grandes lojas de departamento, hipermercados e supermercados, lojas especializadas, shopping centers, hotéis, hospitais e restaurantes, além do mercado externo. Os atalhados constituem um dos principais produtos das exportações têxteis nacionais. Representavam 70% das exportações do segmento de cama, mesa e banho, em 1997.

Em 1998 o mercado doméstico encontrava-se super-ofertado, o que tornava a competição bastante acirrada, principalmente via preço. Ademais, alguns fabricantes

estavam trabalhando com capacidade ociosa, sendo que a ociosidade média do setor cresceu entre 1996 e 1997.

O quadro recente da reestruturação produtiva nas grandes empresas de fiação e tecelagem de Santa Catarina marca-se pela introdução generalizada de novas tecnologias e por drásticas alterações no processo e na organização do sistema produtivo. Baseadas em intensa inovação tecnológica de maquinário e de gestão, a reestruturação introduz formas de flexibilização do trabalho que reduzem custos operacionais e aumentam o lucro das empresas.

Por mais que muitas grandes empresas tenham se modernizado, a modernidade da gestão do negócio apontou para a terceirização do setor, que por sua vez manteve os maquinários antigos em operação nas pequenas e médias empresas, ou seja, os prestadores de serviço terceirizado, ou as chamadas facções. Maquinários estes que possuem tecnologias antigas, cuja eficiência energética pode ser melhorada.

VIII. O APLICATIVO COMPUTACIONAL

O estudo baseou-se na hipótese de que ao utilizar o comportamento padrão de cada tipo de equipamento usado na indústria de felpudos têxteis, armazenados em um banco de dados, poder-se-ia recompor, com boa aproximação, a fatura de energia elétrica durante um período de tempo determinado.

É certo que as amostras colhidas nas medições de energia realizadas necessitam de validação para que representem com fidelidade a realidade média daquele tipo de equipamento. Por se tratar de uma estimativa, a fidelidade amostral é a garantia da representação do todo que se pretende determinar.

A linguagem de programação escolhida para a criação do aplicativo foi o Borland Delphi 7. Ele pode ser dividido em quatro grandes partes: banco de dados, cadastro da empresa, cadastro de substituições e relatórios. Para ilustração apresenta-se na Figura 1 a estruturação do banco de dados. Nele se armazenam as características de tarifas, dados da empresa, dos setores, dos equipamentos, as amostragens colhidas experimentalmente ou estimadas, os dados para substituições de equipamentos e para montagens de tabelas e gráficos.

O aplicativo é uma ferramenta multifuncional, a qual possui várias rotinas, sendo conveniente a apresentação de fluxogramas para um bom entendimento. A geração de um fluxograma único se torna uma tarefa complexa com resultado pouco esclarecedor, dessa forma gerou-se fluxogramas por funções. A título de exemplo mostra-se na Figura 2 o fluxograma de geração de curva de carga, a qual pode ser gerada por setores ou para a totalidade da empresa, facilitando a observação mais detalhada de determinados processos, quando necessário.

O aplicativo possibilita a simulação da fatura de energia elétrica, a migração do tipo de tarifação, a substituição de equipamentos e a consequência disto na fatura de energia e no retorno do investimento. Este aplicativo dá, também, a possibilidade de traçar curvas de carga da empresa e visualizar as lacunas por melhoria na forma de consumir e, conseqüentemente, no custo da energia, além de oferecer informações detalhadas por setor fabril, de forma a

apresentar o custo de cada área da empresa em separado, propiciando melhor gerenciamento da carga.

Na Figura 3 apresenta-se a tela principal do aplicativo, a qual possui as funcionalidades de cadastramento de empresas e equipamentos utilizados e as operações disponíveis, tais como: simulação de obtenção de fatura, substituição de equipamentos e rearranjos de cargas por setores da indústria.

Na Figura 4 é apresentada a tela de cadastramento de equipamentos, onde se pode inserir, editar, excluir ou atualizar os dados de equipamentos. Os dados elétricos dos equipamentos podem ser inseridos através de importação de resultados experimentais ou através de estimativa.

Na Figura 5 apresenta-se a tela de substituição de equipamentos, onde se pode fazer a alteração de um equipamento por outro já cadastrado. Pode-se escolher o método de substituição total ou parcial, a quantidade de equipamentos a serem substituídos e se verificar os resultados elétricos e de abordagem econômica.

IX. RESULTADOS

Foram feitas aquisições de carga de vários setores de uma indústria têxtil de felpudos. Todas as amostras são de períodos de 24h, algumas delas foram feitas por equipamento e outras por setor, dependendo da importância da carga no parque fabril. Os dados dos equipamentos ou grupos de equipamentos amostrados são apresentados na Tabela II.

Com os dados amostrados efetuou-se uma simulação inicial para se comparar a fatura de energia da concessionária com a estimativa feita pelo aplicativo. Os resultados da comparação são referentes ao faturamento compreendido entre os dias 15/09/2005 e 18/10/2005 e são apresentados na Tabela III.

Na Figura 6 apresenta-se a curva de carga simulada da empresa entre os dias 15 e 22 de setembro de 2005.

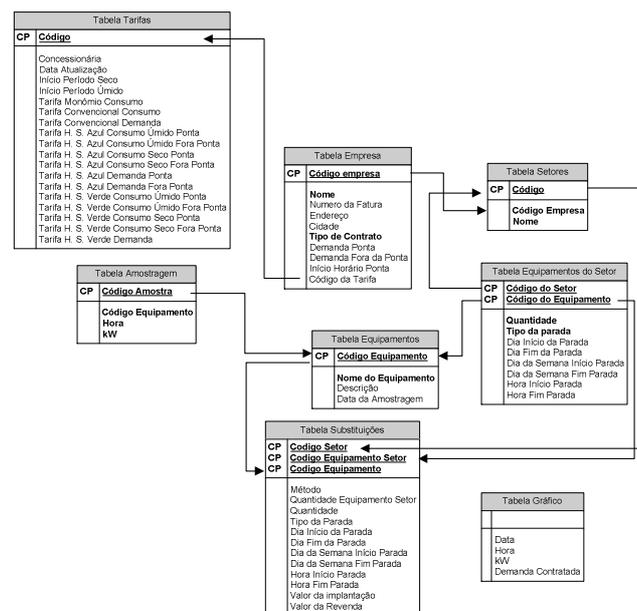


Fig. 1. Estruturação do banco de dados do aplicativo.

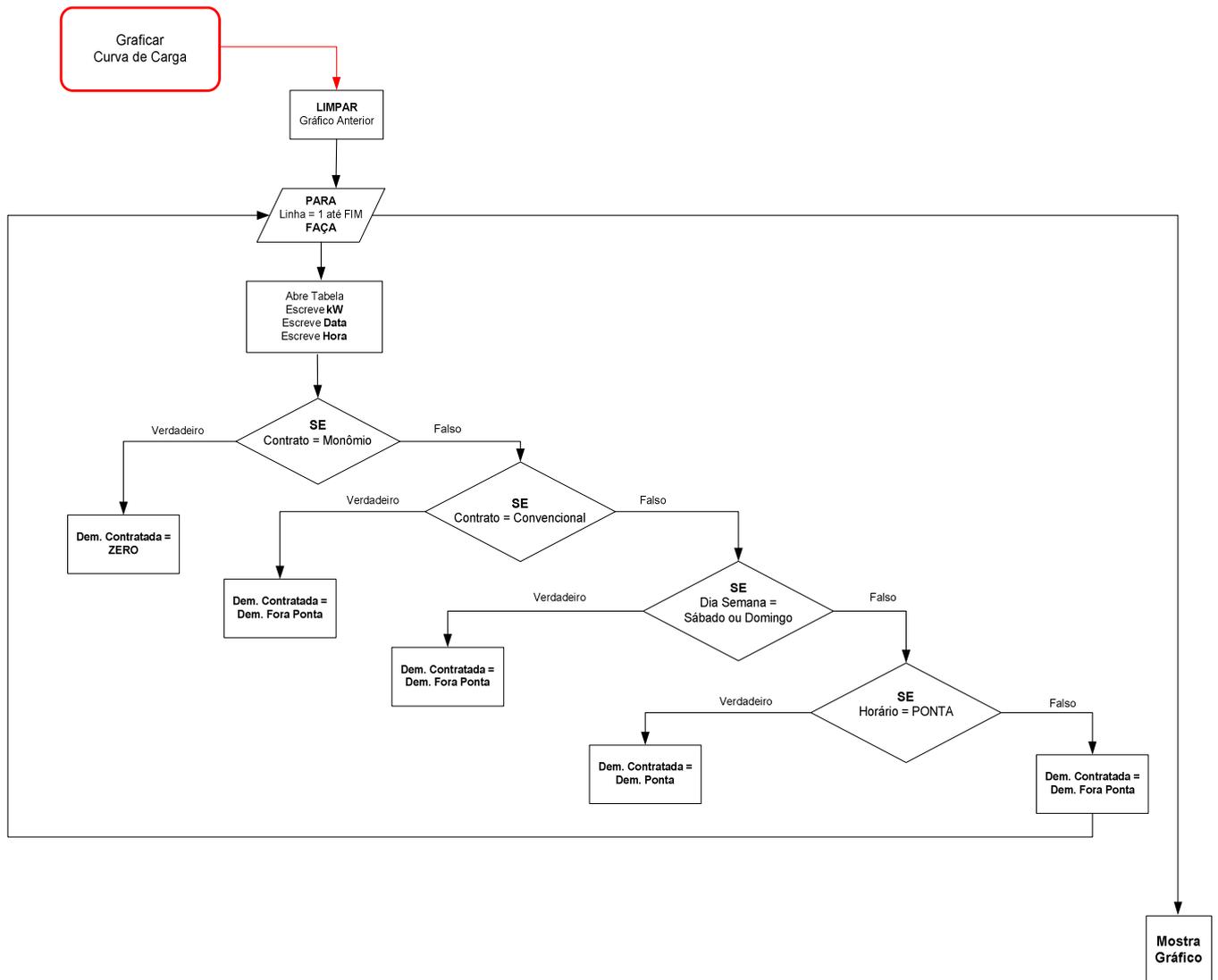


Fig. 2. Fluxograma da montagem do gráfico de curva de carga.



Fig. 3. Tela principal do aplicativo desenvolvido.

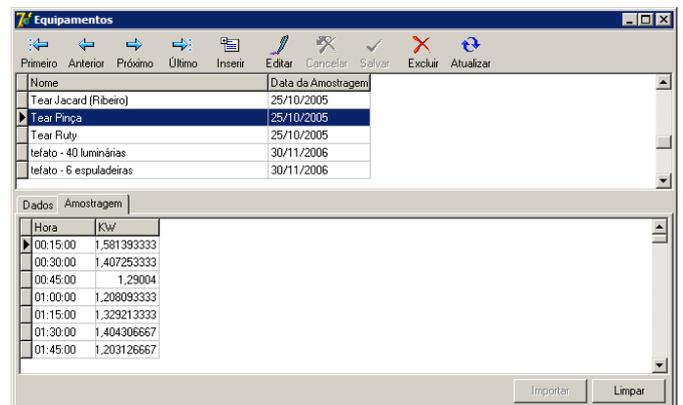


Fig. 4. Tela de cadastramento de equipamentos.

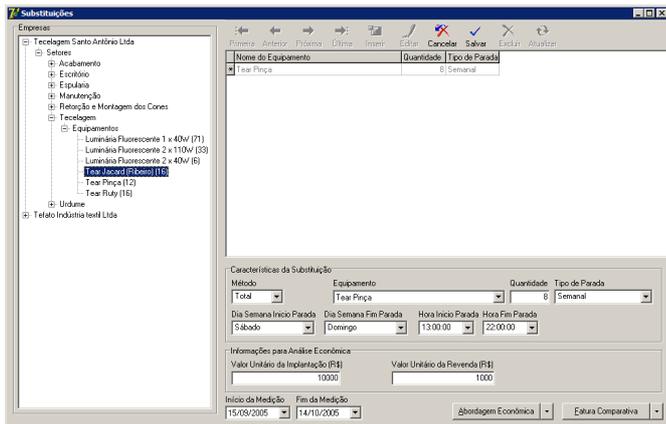


Fig. 5. Tela de substituições de equipamentos.

Tabela II
Levantamento de carga da empresa

Setor	Equipamento	Quantidade	Observação
Acabamento	Costura	01	Acabamento (costureiras)
	Revisão	01	Palanque
	Luminária 2 x 110W	04	Amostra estimada
	Luminária 1 x 40W	01	Amostra estimada
	Luminária 2 x 40W	01	Amostra estimada
Tecelagem	Tear Jacard (Ribeiro)	16	Laçadeira
	Tear Ruty	16	Laçadeira
	Tear Pinça	12	Pinça
	Luminária 2 x 110W	33	Amostra estimada
	Luminária 1 x 40W	71	Amostra estimada
Escritório	Computadores	10	Amostra estimada
	Luminária 2 x 40W	06	Amostra estimada
Espularia	Espularia	01	Medição do setor inteiro
	Luminária 2 x 110W	02	Amostra estimada
Manutenção	Manutenção	01	Medição do setor inteiro
	Compressor de ar	01	Medição do funcionamento
	Luminária 1 x 40W	10	Amostra estimada
Retorção e montagem dos cones	Autoconner	01	Equipamento individual
	Retorceira, Belcone e Murata	01	Os 3 equipamentos foram medidos juntos
	Luminária 2 x 40W	40	Amostra estimada
Urdume	Urdideiras	01	2 equipamentos juntos
	Luminária 2 x 110W	01	Acabamento (costureiras)
	Luminária 2 x 40W	01	Palanque

A segunda simulação foi para avaliar a mudança nas quantidades de alguns equipamentos e uma alteração técnica em dois equipamentos de urdume ineficientes. A alteração proposta nos equipamentos de urdume foi a retirada do Varimot usado como variador de velocidade e a substituição por conversores de frequência para o mesmo fim. Também se substituiu quatro teares Jacard por quatro teares do tipo Pinça, com a retirada da Autoconner.

A alteração proposta foi posta em prática em maio de 2006, sendo analisada a fatura de energia referente ao faturamento 07/2006 onde se teve o primeiro mês de trabalho

contínuo com as duas urdideiras automatizadas operando. Os resultados são apresentados na Tabela IV.

Deve-se levar em consideração que durante esse período houve aumento no preço da energia elétrica e, logicamente, não se podem confrontar os valores obtidos em reais. Portanto neste exemplo trabalhou-se apenas com as grandezas elétricas. Os resultados indicam que a simulação ficou muito próxima da fatura real e que os dados de amostragem têm consistência para representar o todo. Considerou-se que as diferenças, 10% e 5% respectivamente para a demanda e o consumo, são aceitáveis dentro das simplificações adotadas.

Tabela III
Confrontação da fatura da concessionária com simulada

ORIGEM	DEMANDA (kW)	CONSUMO (kWh)
Fatura CELESC 10/2005	160	74538
Simulação 10/2005	144	77053

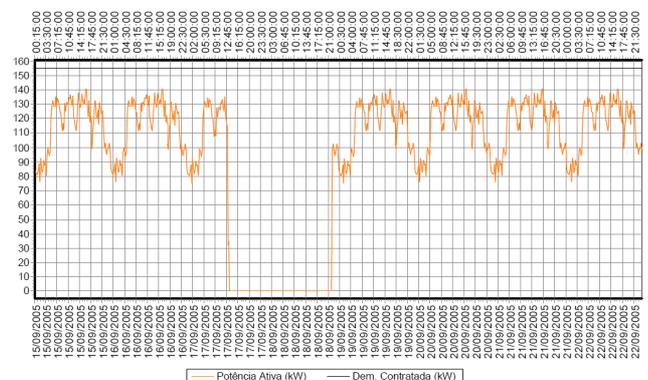


Fig. 6. Curva de carga simulada da empresa.

Tabela IV
Comparação da fatura com a simulação das substituições

Origem	Demanda (kW)	Consumo (kWh)
Fatura CELESC 07/2006	142	66092
Simulação com as substituições	129	69158

Comparando-se as Tabelas III e IV verifica-se uma redução de consumo e demanda de energia elétrica, tanto na fatura real da concessionária quanto na simulação. A demanda caiu de 160kW para 142kW e o consumo de 74538 kWh para 66092 kWh na fatura da concessionária. Já na simulação a demanda caiu de 144kW para 129kW e o consumo de 77053 kWh para 69158 kWh.

Caso a simulação fosse feita apenas para a substituição dos quatro teares ter-se-ia um incremento na fatura, pois os novos equipamentos produzem uma maior quantidade de kilogramas de produto. É importante que o operador do aplicativo esteja atento para essas situações, uma vez que nem sempre será obtida redução nas grandezas elétricas, pois nesse caso além de trocar os equipamentos antigos por outros mais eficientes, o empresário optou por aumentar a produção, o que acarreta maior consumo e demanda de energia. Proporcionalmente à quantidade produzida os novos consumo e demanda são menores para a nova situação. Considerando-se que a produção antes e depois das

modificações sejam as mesmas, chega-se a uma comparação mais efetiva em termos de eficiência energética. Estes resultados são apresentados na Figura 7 e mostram a redução de demanda e consumo da empresa no período analisado. A economia mensal obtida foi de aproximadamente 9970 kWh em consumo e 16 kW em demanda.

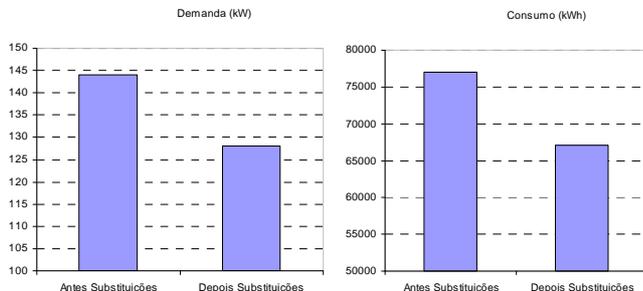


Fig. 7. Comparação da fatura com os dados simulados antes e depois das modificações de carga para a mesma produção.

Vale ressaltar que o aumento da produção de felpudos após as substituições de equipamentos foi de 56747 kg em 10/2005 para 58533 kg em 07/2006, mostrando que a eficiência energética não ficou tão evidente devido a maior produção (acréscimo de 3,5%). Entretanto, a demanda registra uma redução considerável, comparando-se os dados. Na análise das faturas reais percebe-se uma real redução de energia, mesmo com o aumento da produção. Isto caracteriza a maior eficiência energética da indústria considerada.

Para verificar a conveniência de realizar o investimento na substituição de algum equipamento é importante simular um equipamento ou grupo de equipamentos por vez, para que a contribuição de um não interfira na eventual ineficiência de outro.

X. CONCLUSÕES

O aplicativo computacional representa um grande facilitador de análises complexas para investigações que envolvam alterações na planta de uma empresa e os consequentes resultados na fatura de energia elétrica.

Consideraram-se as possíveis alterações com o intuito de conservar energia através da troca de equipamentos menos eficientes por outros mais eficientes energeticamente. Porém pode-se simular qualquer arranjo, desde que se tenha idéia da nova carga e dos horários e dias que funcionará. Podem-se prever os resultados de inúmeros tipos de arranjos de cargas ainda não implementados e planejar a melhor forma de utilizar a energia elétrica.

Os relatórios apresentados fornecem ao usuário uma fatura de energia elétrica simulada, para que compare com uma fatura de energia real da empresa. Gera relatório de substituições para comparação com as faturas a fim de avaliar a conveniência ou não da possível substituição.

Não se pode afirmar que todas as empresas do setor de felpudos têxteis têm a mesma característica por não se tratar de uma pesquisa de levantamento de dados das várias indústrias deste segmento.

As sugestões de oportunidades relevantes de economia de energia elétrica encontradas na indústria têxtil de felpudos são muitas, as mais relevantes são: substituição de variadores

de velocidade mecânicos por conversores de frequência; potências dos motores devem estar bem ajustadas ao trabalho dos mesmos e substituição de antigos reatores eletromagnéticos do sistema de iluminação por reatores eletrônicos de alta eficiência.

O aplicativo computacional desenvolvido também permite a simulação da mudança contratual para verificação da melhor opção de compra de energia elétrica, isto possibilita que a empresa sempre busque consumir energia elétrica de forma mais econômica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] C. R. C. da Silva, E. Deschamps, A. Péres, "Aplicativo computacional para simulação da obtenção de eficiência energética na indústria têxtil de felpudos", in *Proc. of ICECE*, pp. 666-670, 2007.
- [2] M. A. Rosen, "The role of energy efficiency in sustainable development", in *Proc. of Interdisciplinary Conference: Knowledge Tools for a Sustainable Civilization*, pp. 140 – 148, 1995.
- [3] R. Eckmann, "Racionalizar o consumo pode representar ganhos para as empresas e para o país", *Revista Update*, no. 373, pp. 4-5, Julho 2001.
- [4] M. B. Rad, M. P. Moghadam, M. K. Sheikh-El-Eslami, T. Barforoushi, "Long term energy efficiency trading as an approach for the competition improvement in the electricity markets", in *Proc. of IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exposition*, pp. 1–7, 2008.
- [5] H. S. Geller, *O Uso Eficiente da Eletricidade: Uma Estratégia de Desenvolvimento para o Brasil*, Instituto Nacional de Eficiência Energética, Rio de Janeiro: 1994.
- [6] C. E. Carvalho, "Diagnóstico e gestão energética em indústrias de pequeno e médio portes", *Revista Eletricidade Moderna*, no. 357, pp. 146-155, Dezembro 2003.
- [7] G. M. G. Graça, "A conservação de energia elétrica e o terceiro mundo", *Revista Brasileira de Energia*, vol. 1, no. 1, 1990.
- [8] E. M. Lakatos, M. A. Marconi, *Fundamentos de metodologia científica*, Atlas, São Paulo, 1988.
- [9] Brasil, Agência Nacional de Energia Elétrica, "Resolução nº 456 de 29 de Novembro de 2000: Condições gerais de fornecimento de energia elétrica", *Diário da República Federativa do Brasil*, vol. 138, no. 230-E, seção 1, pp. 30-35, Novembro 2000.
- [10] C. O. Björk, B. G. Karlsson, "Load management applications for industrial loads", *IEEE transactions on Power Apparatus & Systems*, vol. PAS-104, no. 8, pp. 2058-2063, August 1985.
- [11] C. E. Becker, "The New IEEE Standard 739: Energy Conservation and Cost Effective Planning in Industrial Facilities Recommended Practice for Energy Conservation and Cost-Effective Planning in Industrial Facilities", *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. IA-21, no. 2, pp. 464-468, March 1985.
- [12] G. A. Soares, I. Herszterg, M. C. Arouca, "Avaliação Econômica da Utilização de Motores Elétricos Industriais de Alto Rendimento", in *Proc. of CBE e SLAE*, pp. 475-480, 1996.

- [13] J. MAMEDE FILHO, "Economia de energia elétrica na indústria e comércio", *Revista Mundo Elétrico*, no. 344, pp. 51-55, Junho 1988.
- [14] PROCEL, *Manual de conservação de energia elétrica*, ELETROBRÁS PROCEL, Brasil, 2000.
- [15] J. Seabright, S. G. Smith, H. L. Vierbicher, "Market conditions affecting energy efficiency investments", in *Proc. of IEEE IECEC*, vol. 3, pp. 1546-1551, 1996.

DADOS BIOGRÁFICOS

Cesar Ricardo Câmara da Silva, nascido em 17/10/1974 em Florianópolis, SC. É engenheiro eletricista (1997) e mestre em Engenharia Ambiental (2006) pela Universidade Regional de Blumenau - FURB.

Desde 2002 é professor na Universidade Regional de Blumenau (FURB). Suas áreas de interesse são: qualidade de energia, desenvolvimento de aplicativos para análise energética e aplicações industriais.

Eduardo Deschamps, nascido em 14/01/1966 em Blumenau, SC. É engenheiro eletricista (1989), mestre

(1991) e doutor em Engenharia Elétrica (1999) pela Universidade Federal de Santa Catarina..

Desde 1990 é professor na Universidade Regional de Blumenau (FURB). Suas áreas de interesse são: eletrônica de potência, conversores estáticos para telecomunicações e acionamentos elétricos.

É membro da SOBRAEP e IEEE. Em 2007 foi presidente do Congresso Brasileiro de Eletrônica de Potência – COBEP 2007.

Adriano Péres, nascido em 18/05/1969 em Biguaçu, SC, é engenheiro eletricista (1991), mestre (1993) e doutor em Engenharia Elétrica (2000) pela Universidade Federal de Santa Catarina.

Desde 1994 é professor na Universidade Regional de Blumenau (FURB). Suas áreas de interesse são: eletrônica de potência, qualidade de energia e acionamentos elétricos.

É membro da SOBRAEP e IEEE. Em 2007 foi coordenador técnico do Congresso Brasileiro de Eletrônica de Potência – COBEP 2007.