



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO**

Marcelo Miguel

**MODELOS DE GESTÃO DE AUDITORIA ENERGÉTICA
PARA USINAS HIDRELÉTRICAS:
ESTUDO DE CASO NA ITAIPU**

Dissertação de Mestrado

FLORIANÓPOLIS

2003

MARCELO MIGUEL

**MODELOS DE GESTÃO DE AUDITORIA ENERGÉTICA
PARA USINAS HIDRELÉTRICAS:
ESTUDO DE CASO NA ITAIPU**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. C. Celso de Brasil Camargo, Dr.

FLORIANÓPOLIS

2003

MARCELO MIGUEL

**MODELOS DE GESTÃO DE AUDITORIA ENERGÉTICA
PARA USINAS HIDRELÉTRICAS:
ESTUDO DE CASO NA ITAIPU**

Esta Dissertação foi julgada e aprovada para a obtenção do grau de **Mestre em Engenharia de Produção** no **Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção** da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 9 de abril de 2003.

Prof. Edson Pacheco Paladini, Dr.
Coordenador

Banca Examinadora

Prof. C. Celso de Brasil Camargo, Dr. Eng.
Orientador

Prof. Jorge Coelho, D. Sc.

Prof. Hans Helmut Zürn, Ph. D

*Este trabalho é dedicado a toda
minha família, pela compreensão
e incentivo durante todo o
desenvolvimento dos trabalhos.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me dar força e inspiração para a realização deste trabalho.

Em especial, agradeço ao Professor C. Celso de Brasil Camargo, Dr. Eng., pela honra sua de orientação e pela atenção dispensada durante todo o desenvolvimento deste trabalho;

Ao Professor Jorge Coelho, D. Sc., por conceder a honra de sua participação como membro da banca examinadora;

Ao Professor Hans Helmut Zürn, Ph. D., por conceder a honra de sua participação como membro da banca examinadora;

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), através do Prof. Edson Pacheco Paladini, Dr., por oferecer o curso de Mestrado em Engenharia de Produção;

À entidade ITAIPU BINACIONAL e a seu corpo gerencial, através dos Engs. Ricardo César Pamplona e Silva e Juan N. Jimenez Mendoza, por acreditarem e ajudarem a viabilizar este projeto;

À UNIOESTE - Universidade do Oeste do Paraná e a FUNPEA - Fundação de Projetos e Estudos Avançados, pelo apoio interinstitucional ao curso;

A todas as empresas, instituições de ensino e pessoas citadas neste trabalho, pela disponibilização dos dados de referência necessários.

A todos os colegas, colaboradores e amigos, pelo apoio e incentivo.

Está aqui um rapaz que tem cinco pães de cevada e dois peixinhos; mas que é isto para tantos?

E disse Jesus: Mandai assentar os homens. E havia muita relva naquele lugar. Assentaram-se, pois, os homens em número de quase cinco mil.

E Jesus tomou os pães e, havendo dado graças, repartiu-os pelos discípulos, e os discípulos pelos que estavam assentados; e igualmente também dos peixes, quanto eles queriam.

E, quando estavam saciados, disse aos seus discípulos: Recolhei os pedaços que sobraram para que nada se perca. Eles os recolheram e dos pedaços dos cinco pães de cevada que sobraram, encheram doze cestos.

(A multiplicação dos pães. João, 6, 9-13.)

RESUMO

MIGUEL, Marcelo. Modelos de gestão de auditoria energética para usinas hidrelétricas: estudo de caso na Itaipu. 2003. 121f. **Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.**

A realização de auditorias energéticas para detecção de desperdícios de energia elétrica tem sido amplamente disseminada no Brasil após a implantação do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL). No entanto, os modelos de gestão adotados pelos profissionais da área apresentam muita diversidade e, na prática, nem sempre contemplam todos os aspectos técnicos, econômicos e administrativos necessários à tomada de decisão gerencial, para que dêem suporte à viabilização e alavanque a implementação de medidas de redução de desperdícios de energia elétrica, tão necessárias à redução dos custos nas instalações e ao cumprimento das metas de eficiência do PROCEL. Esta proposta de modelos de gestão surgiu do acompanhamento e participação em atividades teóricas e práticas em intercâmbio com as diversas empresas e profissionais da área.

Palavras-chave: modelos de gestão, auditoria energética, usina hidrelétrica, conservação de energia, eficiência energética.

ABSTRACT

MIGUEL, Marcelo. **Modelos de gestão de auditoria energética para usinas hidrelétricas:** estudo de caso na Itaipu. 2003. 121f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

The practice of performing energy audits designed to detect wasted electric power has become widely disseminated in Brasil after the implementation of the National Program of Energy Conservation - PROCEL. Nevertheless, the management models adopted by the professional experts in the area are extremely varied and, in practice, don't always contemplate all technical, economic and administrative aspects required for making the appropriate management decisions that both support their execution and also leverage the implementation of the measures for reducing electric power wastage, and which are so essential for cutting back the costs of the installations and fulfilling the goals of efficiency promoted by PROCEL. This proposed management model arises from participation in theoretical and practical activities; in the exchange of experiences with the most varied corporations and experts in this field.

Key words: management models, energy audit, hydroelectric power plant, Energy conservation, energy efficiency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Exemplo de diagrama de Sankey	55
Figura 2: Como funciona o programa Energy Efficiency Best Practice Programm – EEBP.....	68
Figura 3: Modelo de fluxograma da auditoria energética	79
Figura 4: Triângulo das potências.....	96

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Consumo no Centro Executivo 2001/2002	83
Gráfico 2 : Consumo no Centro Executivo 2002	84

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 : Aplicações típicas para inversores.....	38
Quadro 2 : Potenciais de conservação de energia de equipamentos “energy saving”	43
Quadro 3: Resultados do PROCEL	49
Quadro 4: Recomendações de auditorias energéticas	56
Quadro 5: Consumo do Centro Executivo 2001/2002.....	82
Quadro 6: Consumo do Centro Executivo 2002.....	83
Quadro 7: Medições nas galerias da casa de força: outras medições	88
Quadro 8 : Banco de capacitores.....	101
Quadro 9 : Custos adicionais.....	101
Quadro 10: Custo total.....	102

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Importância da Itaipu para os mercados brasileiro e paraguaio	30
Tabela 2: Plano 2015 - lado da oferta.....	31
Tabela 3: Plano 2015 - lado da demanda.	31
Tabela 4: Retrofit da iluminação de emergência.....	85
Tabela 5: Retrofit da iluminação da área industrial	87
Tabela 6: Medições nas galerias da casa de força	88
Tabela 7: Retrofit da iluminação no lado brasileiro	90
Tabela 8: Retrofit da iluminação no lado paraguaio	92
Tabela 9: Redução na potência instalada	94
Tabela 10: Redução na energia consumida.....	94
Tabela 11: Redução no custo anual	94

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE GRÁFICOS	10
LISTA DE QUADROS	11
LISTA DE TABELAS	12
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	17
1.1 Contextualização	17
1.1.1 A conservação de energia	19
1.1.2 O racionamento de 2001.....	20
1.2 Problema	20
1.3 Pergunta de pesquisa	20
1.4 Objetivos	21
1.4.1 Objetivo geral.....	21
1.4.2 Objetivos específicos	21
1.5 Justificativa	22
1.6 Resultados esperados	23
1.7 Limites do trabalho	24
1.8 Estrutura do trabalho	24
CAPÍTULO 2 - REVISÃO DE LITERATURA	26
2.1 Histórico da conservação de energia	26
2.2 A Itaipu	29
2.3 As perdas de energia elétrica	30
2.4 Módulos temáticos para auditorias energéticas	32
2.4.1 Gerenciamento pelo lado da demanda	32
2.4.2 Fator de potência	34
2.4.3 Iluminação	34

2.4.4 Motores	37
2.4.5 Inversores de frequência.....	38
2.4.6 Sistemas de bombeamentos	39
2.4.7 Ventiladores	39
2.4.8 Ar condicionado	40
2.4.9 Refrigeração	41
2.4.10 Transformadores.....	41
2.4.11 Condutores	42
2.4.12 Computadores	42
2.4.13 Ar comprimido.....	44
2.4.14 Tubulações e válvulas.....	44
2.4.15 Geradores de vapor ou caldeiras	44
2.4.16 Fornos e estufas	45
2.4.17 Quadros de distribuição de carga	46
2.4.18 Transporte vertical	46
2.4.19 Fator de carga.....	47
2.4.20 Queda de tensão	47
2.5 Modelos de gestão de auditorias energéticas.....	47
2.5.1 Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL.....	48
2.5.2 Instituto Nacional de Eficiência Energética – IEEEE	49
2.5.3 Companhia Paranaense de Eletricidade – COPEL.....	50
2.5.4 Centrais Elétricas de Minas Gerais – CEMIG	51
2.5.5 Fundação de Pesquisa e Assessoramento da Indústria – FUPAI.....	52
2.5.6 Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC	56
2.5.7 Universidade de São Paulo – USP	58
2.5.8 Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco - POLI/UPE	60
2.5.9 Department of Energy - Estados Unidos.....	61
2.5.10 Gard Analytics - Estados Unidos	62
2.5.11 Direção Geral de Energia – Portugal	63
2.5.12 Instituto Superior Técnico – Portugal	65
2.5.13 Christian-Albrecht-Universität – Alemanha	66
2.5.14 Department of Industry, Tourism and Resources – Austrália	67

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA	70
3.1 Natureza da pesquisa	71
3.2 Coleta e análise dos dados	72
3.3 Procedimentos metodológicos	72
3.3.1 Desenvolvimento do modelo de gestão	72
3.3.2 Gerenciamento pelo lado da demanda	73
3.3.3 <i>Retrofit</i> de sistemas de iluminação	74
3.3.4 Correção do fator de potência.....	75
3.3.5 Aplicação do método	76
3.3.6 Implementação das ações	76
3.3.7 Fluxograma modelo da auditoria energética	78
CAPÍTULO 4 - APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS	80
4.1 Gerenciamento pelo Lado da Demanda (GLD) nas instalações elétricas do Centro Executivo: caso de uso racional de energia	80
4.1.1 Legislação.....	80
4.1.2 Caracterização do objeto em estudo.....	81
4.1.3 Aplicação do método	81
4.1.4 Resultados obtidos	82
4.1.5 Considerações finais.....	84
4.2 <i>Retrofit</i> dos sistemas de iluminação: caso de renovação tecnológica	84
4.2.1 Sistema de iluminação de emergência	85
4.2.2 Sistema de iluminação na área industrial.....	86
4.2.3 Sistema de iluminação no lado brasileiro.....	90
4.2.4 Sistema de iluminação no lado paraguaio	91
4.2.5 Considerações finais.....	93
4.3 Correção do fator de potência dos serviços auxiliares da usina: caso de inovação tecnológica	95
4.3.1 Serviços auxiliares em 50 Hz.....	98
4.3.2 Serviços auxiliares em 60 Hz.....	99
4.3.3 Solução proposta	100
4.3.4 Análise financeira.....	101
4.3.5 Considerações finais.....	103
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	104

5.1 Conclusões	104
5.1.1 Conclusões sobre o objetivo geral	105
5.1.2 Conclusões sobre os objetivos específicos.....	105
5.2 Recomendações	108
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	111
ANEXO	

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Num mercado cada vez mais competitivo, as empresas buscam incessantemente a redução de seus custos de produção. Uma das alternativas para alcançar-se este objetivo é minimizar o consumo de energia elétrica, promovendo a redução dos gastos com energia.

A energia elétrica está presente em todos os setores da vida moderna. A humanidade, com o passar do tempo, está se tornando cada vez mais dependente da eletricidade. Assim, também, está presente na composição dos custos das empresas.

No entanto, a idéia de que a energia é barata e abundante não existe mais. O esgotamento dos recursos naturais e os impactos ambientais dificultam os aproveitamentos de geração. No Brasil, as imensas distâncias dos grandes potenciais hidroelétricos longe dos centros consumidores, encarecem os investimentos em transmissão.

Segundo Oliveira e Sá Jr. (1998), "no horizonte de médio prazo, a maior de todas as fontes de energia para o futuro está na sua conservação".

Além disso, as dificuldades com os investimentos na oferta de energia por insuficiência da poupança interna e necessidade de captação externa de recursos, encarecem financeiramente a expansão do sistema.

Segundo Borenstein e Camargo (1997), a pressão pela demanda de energia se dá em maior intensidade nos países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil, principalmente pelo crescimento demográfico e pela industrialização.

Assim sendo, podemos imaginar os grandes desafios do país para se atingir o acréscimo de demanda necessária.

Os reais prejuízos para a sociedade, que podem ser causados pela falta de energia neste quadro que se apresenta, podem ser catastróficos como em hospitais, no trânsito, nas edificações, na segurança da população e na produção.

Vejamos um exemplo do que pode acontecer com a falta de energia:

Cerca de 30% dos consumidores do Nordeste ficaram sem energia elétrica por uma hora ontem, num dos maiores blecautes (em extensão geográfica) dos últimos cinco anos na região. Ao todo cinco Estados foram atingidos: Pernambuco, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Alagoas. Indústrias registraram prejuízo, houve confusão no trânsito em algumas cidades e pessoas ficaram presas em elevadores. Entre as empresas afetadas em Pernambuco, estão a unidade da Rhodia-Ster no Cabo de Santo Agostinho. Como a empresa é de produção, a produção só foi normalizada no início da noite. A fábrica produz fibras de poliésteres e polímeros, ambos para a indústria têxtil. Metade da produção diária sofreu o impacto do apagão, sendo que 10% destes 50% viraram refugo e os 90% restantes transformaram-se em material de segunda linha. "No final das contas, o impacto foi de US\$ 100 mil", afirma o gerente de planta da unidade, Darcio da Silva (CASTRO, 2002).

Segundo Tolmasquim et al. (1998),

se antes, para atender os requisitos energéticos demandados pelo crescimento econômico, a maior parte das avaliações se concentrava nas perspectivas de expansão da oferta de energia, atualmente a ênfase no uso eficiente da energia torna-se preponderante.

Portanto, a alternativa, que se apresenta frente à questão da idéia única da expansão quantitativa da produção, é à busca da eficiência com o combate às perdas de energia elétrica que geram prejuízos para o país e para a sociedade.

Segundo Nadel e Geller (2001), a eficiência no uso da eletricidade proporciona vários benefícios como a redução dos custos, a redução da probabilidade de falta da eletricidade, ajuda a aumentar a competitividade das empresas, reduz a necessidade de investimentos e reduz os impactos ambientais.

Segundo Jannuzzi e Swisher (1997), com o desenvolvimento das leis ambientais, deve-se acrescer nos cálculos econômicos o custo das reduções de emissões, variando de acordo com as opções de fontes de energia existentes.

A relação de economia de energia com a ecologia é chamada por Mainom (1996) como "estratégia ECO-ECO".

Portanto, a conservação da energia é indispensável para o desenvolvimento sustentável mundial.

1.1.1 A conservação de energia

O tema conservação de energia do inglês *energy conservation*, significa, segundo Geller (1994), usar a energia sem desperdiçar, o que em português foi traduzido como o uso racional da energia ou, mais recentemente, combate ao desperdício de energia.

Além da conservação, é usado o termo eficiência energética que, segundo Michaels (2002), significa reduzir as perdas numa instalação elétrica otimizando-se os processos ou melhorando-se a tecnologia.

No setor de energia elétrica, existem perdas em todo o ciclo da energia, ou seja, tanto no lado da oferta que engloba as áreas de geração, transmissão e distribuição, quanto no lado da demanda, ou seja, no consumo, assim como desperdícios no uso da energia.

As formas tecnológicas usuais para a identificação de perdas e desperdícios são as auditorias energéticas. Existem em uso as mais diversas metodologias para diagnóstico energético utilizadas pelas diversas empresas de serviços de energia, ou, em inglês, "Energy Service Companies" (ESCOs), assim como, pelas diversas empresas do setor elétrico e demais consultorias.

No aspecto econômico, minimizar os desperdícios e as perdas elétricas significa reduzir os custos de produção reduzindo as faturas mensais enviadas pelas concessionárias.

Existe também uma relação direta entre a conservação de energia e o meio ambiente. Atualmente, o desafio da expansão passa pela busca de alternativas energéticas, pois o uso de recursos não renováveis possui a limitação no esgotamento das matérias primas mundiais. Sendo assim, a procura de fontes renováveis caracteriza as atuais prioridades energéticas. Quanto ao meio ambiente, sabemos do grande impacto ambiental causado pela indústria energética mundial com a dependência cada vez maior do homem na energia elétrica.

As usinas hidrelétricas necessitam de vastas áreas inundadas pelos reservatórios de água. Então, quanto mais conservarmos energia menos danos à natureza teremos, assim como, menos ônus à sociedade causará pela menor necessidade de recursos para a expansão.

1.1.2 O racionamento de 2001

O racionamento de energia, instituído em maio de 2001 e extinto em fevereiro de 2002, aprofundou as questões de conservação de energia. A imposição de redução do consumo, de forma compulsória pelo governo, levou a sociedade a buscar meios para se atingir as metas.

Neste sentido, a experiência adquirida durante os 15 anos de programa de conservação de energia no Brasil foi fundamental para ser aplicada neste momento da conjuntura nacional.

Com o aprofundamento da crise e a imposição de metas, começaram a proliferar palestras, campanhas e cursos para levantamento de dados *in loco* para identificação de pontos críticos, e futuras elaborações de propostas com posterior implementação, a fim de que as metas de redução de consumo fossem atingidas.

Enquanto o país depender fundamentalmente de usinas hidrelétricas, o risco de racionamentos será constante e dependente dos índices pluviométricos. Enquanto no Brasil 91% tem origem hidrelétrica, a matriz no mundo apresenta-se mais diversificada, formada com 34% de derivados de petróleo, 31% de carvão e 22% de gás natural.

1.2 Problema

O problema pesquisado é a conservação de energia, a sua história no Brasil e no mundo, os temas que a envolve e como são feitas as auditorias energéticas para a obtenção dos diagnósticos energéticos.

1.3 Pergunta de pesquisa

A pergunta básica prevê a existência de perdas elétricas nas instalações de usinas hidrelétricas.

Uma pergunta específica deduzida aponta para a possibilidade de redução das perdas existentes, ou seja, como é possível se aumentar a eficiência dessas instalações.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo geral

- ❖ Avaliar as instalações elétricas, com seus equipamentos e sistemas, através de auditorias energéticas, propondo-se, assim, melhorias para a redução de desperdício de energia elétrica e custos.

1.4.2 Objetivos específicos

- ❖ Dissertar sobre as auditorias energéticas existentes, além dos módulos temáticos envolvidos nas auditorias energéticas.
- ❖ Aplicar um modelo de gestão de auditoria energética num estudo de caso na Hidrelétrica de Itaipu.
- ❖ Contribuir com a empresa para o cumprimento das metas de redução de consumo do Governo Federal.
- ❖ Propor aos profissionais da área, uma ferramenta eficaz para quantificar os potenciais de conservação de energia de suas instalações e melhoria da eficiência energética de seus sistemas.
- ❖ Gerar uma discussão para melhoria contínua do entendimento do assunto, visando dar praticidade na implementação de auditorias energéticas e eficácia dos resultados.
- ❖ Discutir mudanças conceituais na arquitetura, no projeto das instalações e na própria utilização da energia.

1.5 Justificativa

Parecia existir a crença de que, do ponto de vista da utilização de energia, pouco se tinha a fazer. Quando os primeiros sinais do racionamento de energia elétrica começaram a surgir, a preocupação com a eficiência energética se tornou visível nas empresas. Os gerentes e os empregados começaram a visualizar o potencial de ganho com a eficiência energética.

Portanto, a conjuntura atual do setor elétrico com a crise de energia, a escassez de oferta, a falta de recursos e investimentos ocorridos nos últimos anos trouxeram, como consequência compulsória, as cotas de consumo com reduções impostas para todas as classes sociais através de resoluções da Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica (GCE) do governo federal, obrigando, assim, as empresas a adotarem medidas de redução de consumo. Assim sendo, os temas conservação de energia, auditorias e diagnósticos energéticos aumentaram significativamente de importância, fazendo com que medidas de economia de energia passassem a ser questão de sobrevivência tanto para as empresas quanto para o próprio setor, na tentativa de se evitar o colapso do fornecimento penalizando a sociedade, que se tornou, ao longo do tempo, dependente da energia elétrica.

Observando-se toda esta conjuntura, temos a clara visão de que vale a pena economizar energia. Neste sentido, está toda a justificativa e motivação deste trabalho, sendo este o grande motivo da escolha do tema.

No entanto, na área de auditoria do consumo próprio das usinas ainda existem poucas publicações, tornando ainda incipiente a literatura específica para o tema de diagnóstico em usinas hidrelétricas pelo fato de consumirem energia própria e, portanto, não terem sido atingidas pelos sistemas de cotas de redução, nem pagarem faturas de energia para as concessionárias.

Neste aspecto, este trabalho pode suscitar uma maior discussão deste tema, assim como balizar ou contribuir para trabalhos nesta área. A redução no consumo próprio das usinas, além de contribuir para a melhoria da eficiência no processo, pode, também, contribuir com o aumento da oferta de energia, uma vez que a energia não utilizada pode ser disponibilizada para a rede.

Os custos com energia elétrica têm impacto direto sobre o custo de produção e sobre o desempenho da empresa no mercado. Por isso, diante dos

riscos crescentes de crises energéticas com aumento nas tarifas e riscos de desabastecimento, economizar energia passou a ser fundamental justificando as ações de economia de energia.

Além disso, as normas ISO, em especial as da série 9000, também citam a redução das perdas. Segundo Rothery (1993, p. 6)

A característica mais marcante da ISO 9000 no gerenciamento não é apenas fornecer automaticamente controles para assegurar a qualidade da produção e expedição, mas também reduzir desperdício, tempo de paralisação da máquina e ineficiência da mão-de-obra, provocando, por conseguinte, aumento da produtividade.

Ainda, o autor comenta diretamente a economia de energia quando cita as exigências da Diretriz de Produtos de Construção da ISO 9000, implantada em 1991, que se aplica a todos os produtos a serem utilizados de forma permanente nas obras de engenharia de construção ou civil: resistência mecânica e estabilidade, segurança contra incêndio, higiene, saúde e segurança em uso, proteção contra ruído, economia de energia e retenção de calor.

O trabalho busca proporcionar uma ferramenta de análise que permita a identificação de potenciais de melhoria da eficiência energética, baseando a tomada de decisão na avaliação do custo/benefício do retorno do investimento para a implementação de inovações tecnológicas.

1.6 Resultados esperados

- ❖ Adequar os modelos de gestão de auditoria energética existentes para aplicação em usina hidrelétrica;
- ❖ identificar os casos típicos de conservação de energia e selecionar alguns módulos temáticos para estudo de caso;
- ❖ obter resultados efetivos em termos de oportunidades de redução de desperdício de energia elétrica e custos associados.

1.7 Limites do trabalho

As instalações elétricas da Itaipu Binacional são o espaço físico deste trabalho, e o período de desenvolvimento se dá de janeiro de 2001 a janeiro de 2003.

Apesar do programa do Procel abranger todas as fases da energia elétrica, este trabalho abrangeu apenas o lado da demanda, ou seja, a redução das perdas no uso final das instalações elétricas da usina, objetivando a economia de energia e a redução dos custos de produção com a energia elétrica. Não constam deste trabalho as perdas no lado da oferta, ou seja, na geração da energia elétrica.

Devido à grande abrangência da auditoria energética, à grandiosidade das instalações existentes na usina pelo fato de ser hoje a maior do mundo, assim como da numerosa quantidade de módulos temáticos que envolvem uma auditoria energética, a parte prática da aplicação se limita a alguns módulos temáticos. Estes módulos se tornam modelos para as demais aplicações nas instalações da usina.

Este trabalho se ateve apenas ao tema da auditoria energética, que é um dos tópicos de um programa completo de conservação de energia a se implementar numa empresa. Programa este, que envolve também temas como educação (PROCEL nas escolas) e divulgação (marketing e endomarketing). Um programa integrado atua, também, na parte comportamental de conscientização para o uso racional da energia em que se pode agregar uma maior redução de consumo.

1.8 Estrutura do trabalho

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos principais:

Capítulo 1: Apresenta a introdução, o problema, a hipótese, os objetivos, a justificativa, os resultados esperados, os limites e a estrutura do trabalho.

Capítulo 2: É apresentada a Revisão de Literatura, através da qual pretende-se caracterizar o problema em estudo.

Capítulo 3: Versa sobre a metodologia utilizada para a coleta de dados.

Capítulo 4: Apresenta os resultados obtidos na pesquisa.

Capítulo 5: Apresenta a conclusão e recomendações para trabalhos futuros.

Referências Bibliográficas e os Anexos.

CAPÍTULO 2

REVISÃO DE LITERATURA

A busca pela eficiência induz as organizações ao combate das perdas, trazendo, como consequência, a melhoria da produtividade e qualidade da energia elétrica, contribuindo, também, para a redução dos custos, sendo, portanto, uma questão de sobrevivência para essas empresas em ambiente competitivo.

O objetivo deste capítulo é dissertar sobre os temas e modelos de gestão de auditorias energéticas existentes na busca de uma metodologia a ser definida no Capítulo 3, sendo que, o caso prático de aplicação na usina hidrelétrica de Itaipu é o objeto do Capítulo 4, levando-se em conta, também, o caso extraordinário ocorrido durante o período de desenvolvimento deste trabalho que foi o racionamento de energia pelo qual passou o Brasil.

2.1 Histórico da conservação de energia

Desde a lâmpada elétrica de Thomas Edison, em 1884, percebe-se nitidamente o grande potencial de conservação de energia, pois sabemos que mais de 90% da energia da lâmpada incandescente se transforma em calor, ou seja, menos de 10% da energia é convertida em luz.

No que se refere à conservação de energia em edificações, Lamberts et al (1997), em seu livro “Eficiência energética em arquitetura”, descreve que esta remonta à antiguidade.

Em 1904, o arquiteto norte-americano Frank Lloyd Wright, afirmou que “uma edificação é uma expressão diretamente aplicada a seu propósito, da mesma forma que um transatlântico e um automóvel”, ou seja, o projeto arquitetônico é a base da incorporação de tecnologias voltadas ao conforto e eficiência.

Mas, a verdadeira necessidade de incorporação da eficiência energética em um edifício veio com a crise do petróleo em 1973, que determinou uma maior economia de energia. Em Cambridge, na Inglaterra, surgiram os primeiros modelos de edifício inteligente com controle predial automatizado, administrando o consumo de energia de 134 edifícios em 2.400 pontos a um custo de 5,5 milhões de dólares, proporcionando uma amortização do investimento ao final de dois anos.

No âmbito mundial, a crise do petróleo de 1974 deu origem à geração dos primeiros esforços para melhorar a eficiência energética, sendo que a preservação deste insumo estratégico da matriz energética mundial era primordial.

As primeiras ações no Brasil em relação à área da conservação de energia, seguindo a tendência mundial, também se voltaram para a área do petróleo, através do CNP em 1978. Nesta época, 80% do petróleo consumido era importado e 50% da receita das exportações totais do país eram gastas com essas importações.

Neste sentido, foi criado o programa CONSERVE em 1981 com o objetivo de reduzir em 200 mil barris/dia o consumo de petróleo, através da difusão de tecnologias eficientes.

Em 1984, foi construído em Nova York pela companhia AT&T, projetado por Philip Johnson Burges, o prédio que incorporava os princípios de flexibilidade e os mais avançados sistemas de automação e telecomunicações. Dois anos mais tarde, a companhia de seguros Lloyd's constrói em Londres um edifício que pode ser considerado um dos marcos da história dos edifícios com alta tecnologia. Projetado pelo arquiteto Richard Rogers, sua estrutura foi concebida para durar 50 anos, o sistema de ar condicionado 15 anos, e as comunicações 5 anos. No mesmo ano, em São Paulo, foi construído o edifício do Citybank, sendo, no Brasil, o pioneiro em novas tecnologias, e os edifícios do Centro Empresarial Itaú Conceição (CEIC), concebidos com tecnologia nacional.

As seguidas pressões exercidas pelo CNP para que as indústrias reduzissem de forma linear o consumo de petróleo, forçaram a indústria a evoluir na direção de mecanismos de substituição dos derivados de petróleo. Com isso, apesar da redução do consumo de petróleo, houve uma migração da indústria para outras fontes de energia e, em alguns casos, sem vincular necessariamente a melhoria da eficiência energética.

Isso levou a conservação de energia no Brasil a se dividir em duas vertentes: o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), em 1985, para a energia elétrica ligada à Eletrobrás, e o Programa Nacional da Racionalização do Uso de Derivados de Petróleo e Gás Natural (CONPET), em 1991, para o petróleo ligado à Petrobrás.

Um dos precursores do programa de conservação de energia norte-americano na década de 70 foi Rosenfeld (1996), que descreve a evolução deste tema nos prédios comerciais nos Estados Unidos.

Em 1990, foram criadas as Comissões Internas de Conservação de Energia (CICE's), pelo Decreto da União nº 99.656, de 16/10/90.

Com a lei 9.991/2000 de 24/07/2000, que dispõe sobre realização de investimentos nas empresas do setor, a ANEEL determinou a aplicação anual de 1% da receita operacional líquida das empresas, sendo 0,5% para eficiência energética no uso final e 0,5% para pesquisa & desenvolvimento.

Em 2001, foi criado o Grupo Coordenador da Crise de Energia (GCCE), a fim de gerenciar a crise de energia que assolou o país, resultante pelo fato de haver um aumento maior do consumo do que da oferta de energia. Este período durou até fevereiro de 2002, durante o qual foram utilizadas as técnicas desenvolvidas pelo PROCEL, a fim de que as metas de redução do consumo fossem atingidas, evitando-se, assim, uma situação caótica para o país que poderia advir do desequilíbrio entre a capacidade instalada e a demanda nacional. Neste período, foi desenvolvido o trabalho aqui descrito, tendo-se obtido, de forma emergencial, os índices de economia de energia solicitados pelo Governo Federal.

Na crise de fornecimento de energia elétrica em 2001, é implantado o racionamento de energia pelo Governo Federal, e o decreto 3.818, de 15/05/2001 (Anexo B), definiu os percentuais de redução de consumo no âmbito da administração pública federal em 15% para maio de 2001, 25% para junho de 2001 e 35% a partir de julho de 2001.

A aprovação da Lei N°10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, permitiu ao país que seu programa, nesta área, fosse respaldado na legislação. Esta lei foi regulamentada pelo Decreto N°4.059, de 19 de dezembro de 2001.

O decreto 4.145/2002, de 25/02/2002, que dispõe sobre os novos percentuais de redução de consumo no âmbito da administração pública federal, define a meta de 17,5% de redução de consumo mensal, tendo como referência o mesmo mês do ano de 2000, a partir de fevereiro de 2002.

A conservação de energia, que é um elemento atenuador da necessidade de expansão, se torna um parceiro estratégico do lado da demanda para a redução dos custos com energia elétrica, e do lado da oferta, para o planejamento do sistema, pois o ganho com a conservação de energia pode ser comparado à construção de uma “usina virtual” equivalente.

2.2 A Itaipu

Localizada no rio Paraná, na fronteira entre o Brasil e o Paraguai próxima à cidade de Foz do Iguaçu, a usina hidrelétrica de Itaipu é hoje a maior usina hidrelétrica do mundo com a potência instalada de 12.600 MW. Com a instalação em andamento de mais duas unidades geradoras de 700 MW, a potência instalada será de 14.000 MW com conclusão prevista para o ano de 2004.

É um empreendimento pertencente ao Brasil e ao Paraguai, implantado com base no tratado celebrado em 26 de abril de 1973, que registra a decisão de realizar "o aproveitamento hidrelétrico dos recursos hídricos do Rio Paraná, pertencentes em condomínio aos dois países, desde e inclusive o Salto Grande de Sete Quedas ou Salto de Guaíra, até a foz do Rio Iguaçu."

Dentre outras disposições, o tratado de Itaipu estabelece que a energia produzida pelo aproveitamento será dividida igualmente entre os dois países, possuindo cada um o direito de adquirir a energia que não for utilizada pelo outro para seu próprio consumo.

A Itaipu Binacional foi constituída em 17 de maio de 1974 com igual participação no capital por parte da Eletrobrás e da ANDE, sendo esta última, a responsável pelos serviços de eletricidade no Paraguai.

As obras de construção do aproveitamento foram iniciadas em 1975, e em maio de 1984 entrou em operação a primeira unidade geradora. Sete anos depois, em abril de 1991, foi colocada em operação a 18ª máquina e, com este marco, a

usina atingiu a capacidade de 12.600 MW, com nove unidades geradoras em cada uma das frequências de 50 Hz e 60 Hz. Sua conclusão ainda está prevista para 2004 com a inclusão das duas últimas unidades geradoras, passando a ter uma capacidade instalada de 14.000 MW.

A importância da Itaipu para os mercados brasileiro e paraguaio pode ser verificada na tabela abaixo.

Ano: 2001	Previsto (GWh)	Realizado (GWh)	Participação no Mercado
Paraguai	5.555	5.563	93%
Brasil	84.445	72.849	22%
	90.000	78.412	

Fonte: Itaipu Binacional

Tabela 1: Importância da Itaipu para os mercados brasileiro e paraguaio

Na Itaipu, cabe à Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE), instituída em 1995, elaborar os Programas Anuais de Conservação de Energia (PACE).

2.3 As perdas de energia elétrica

Com o objetivo de elaborar um plano de metas para o programa, a Eletrobrás fez um levantamento das perdas no setor de energia elétrica, abrangendo todos os segmentos desde a geração até o uso final. Este levantamento serviu como base para a inclusão da conservação de energia no planejamento, em longo prazo, do setor elétrico.

A Tabela 2 representa as perdas do lado da oferta de energia distribuída pelos segmentos de geração, transmissão e distribuição:

Áreas	Perdas (%)		Redução de Perdas	
	S/Conservação	C/Conservação	Diferença (%)	Energia(TWh)
Geração e transmissão	4,0	3,5	0,5	6
Distribuição:				
1)Técnicas	9,0	5,5	3,5	28
2)Comerciais	4,0	1,0	3,0	21
Total	17,0	10,0	7,0	55

Fonte: Eletrobrás/PROCEL

Tabela 2: Plano 2015 - lado da oferta.

A Tabela 3 representa as perdas do lado da demanda de energia distribuída pelos segmentos residencial, comercial e industrial:

Setor	Consumo(TWh)		Economia	
	S/Conservação	C/Conservação	Diferença(TWh)	%
Residencial	179	168	11	6,4
Comercial	96	80	16	16,6
Industrial	307	262	45	14,8
Outros	86	83	3	3,4
Total	668	593	75	11,2

Fonte: Eletrobrás/PROCEL

Tabela 3: Plano 2015 - lado da demanda.

As perdas técnicas correspondem àquelas em que, o estado da arte permite a melhoria da eficiência energética dos sistemas. As perdas comerciais são perdas por problemas de medição.

Nos diagnósticos de perdas, estão incluídos também os desperdícios. Borna (1995), define o desperdício como sendo “o esforço econômico que não agrega valor ao produto da empresa, nem serve para suportar diretamente o trabalho efetivo”. Já Castelli e Guerreiro (1995), definem os desperdícios como sendo todo recurso gasto inutilmente na confecção de um produto.

Devem ser levadas em conta, também, as perdas normais que, segundo Martins (1998), são aquelas ligadas ao próprio processo como no caso de stand-by de equipamentos podendo ser, portanto, inevitáveis.

Na verdade, o conceito de perda poderia ser contestado por Resnick e Halliday (1977), quando citam a lei da conservação da energia, na qual afirma que, na verdade, um fenômeno físico, quando ocorre, é a transformação de uma forma de energia em outra, pois a energia global se conserva, sendo que, este conceito está de acordo com Lavoisier: "na natureza nada se perde, nada se cria, tudo se transforma".

Este princípio, na história da Física, estimulou vários experimentadores a procurar descobrir outros fenômenos, além das leis do movimento de Newton, inclusive a sua 2ª lei na qual a energia cinética se transforma na potencial. Todos esses fatos são citados por Machado (1998).

Para efeito deste trabalho, não serão consideradas as perdas em geração, transmissão e distribuição, apenas as perdas no uso final, ou seja, perdas no consumo da energia.

2.4 Módulos temáticos para auditorias energéticas

Segundo Mondelo (2001), "o Brasil desperdiça anualmente, de forma global, o equivalente a 40% do seu Produto Interno Bruto (PIB) e as empresas perdem cerca de 20% de seu faturamento anual."

Estes dados mostram o grande potencial de conservação de energia existente. Neste item, são descritos abaixo os temas analisados em uma auditoria energética, enfatizando as ações diretas de verificação e levantamento de perdas.

2.4.1 Gerenciamento pelo lado da demanda

Segundo Camargo (2001),

O gerenciamento pelo lado da demanda consiste no planejamento, implementação e acompanhamento de atividades ou estratégias que visam modificar a curva de carga dos consumidores. Isto pode ser realizado

adotando tecnologias e processos mais eficientes, e também através de técnicas de gerenciamento e fontes alternativas de energia.

Conforme Camargo (1996), existem dois tipos básicos de programas de GLD: aquele que possibilita o controle direto da carga do consumidor e o que procura mudar os hábitos de consumo através do marketing, da educação ou do preço.

Através da supervisão e controle dos principais dispositivos elétricos de uma instalação como transformadores, disjuntores de alta e baixa tensão, quadros de alimentação de equipamentos e centrais de medição de grandezas elétricas, é possível atuar sobre as operações de liga-desliga e ajustar equipamentos nos períodos mais críticos, de modo a gerenciar o nível de consumo e controlar a demanda de energia para se beneficiar de tarifas diferenciadas.

Uma aplicação que gera economia é a de se deslocar as cargas do horário de ponta entre 18 e 21 horas, no qual a tarifação é maior, para horários fora de ponta.

Outra alternativa é a de se ligar em paralelo, uma fonte alternativa mais econômica, para alimentar as cargas no horário de ponta.

Para implantação dos programas de GLD, Camargo (2001) propõe:

- ❖ programas de educação do consumidor;
- ❖ programas envolvendo ação direta sobre o cliente;
- ❖ programas de cooperação, envolvendo grupos que podem influir na aceitação de programas de GLD;
- ❖ programas promovendo promoções e publicidade, através dos meios de comunicação, seminários, treinamento, impressão de folhetos e mensagens aos consumidores;
- ❖ programas envolvendo o uso de tarifas alternativas;
- ❖ incentivos diretos oferecidos pelas concessionárias.

2.4.2 Fator de potência

Segundo Lima e David (1996), a portaria, nº 1569 do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) em vigor desde abril de 1994, estabeleceu o fator de potência de referência no Brasil em 0,92 calculado da seguinte forma:

$$FP = \cos(\phi) = P(kW) / S(kVA) \quad (2.1)$$

Onde:

P(kW) = potência ativa;

S(kVA) = potência aparente;

ϕ = ângulo entre a potência ativa e a potência aparente.

Segundo Burgoa et al (1988), as empresas devem orientar seus consumidores a fazerem a medição do fator de potência como parte do diagnóstico energético, pois valores fora deste limite fazem com que o consumidor pague pelo adicional, por baixo fator de potência.

Havendo excesso de potência reativa indutiva, a correção se dá com o acréscimo de capacitores, cuja potência reativa capacitiva compense o excesso de indutivos.

Como as concessionárias penalizam a ultrapassagem tanto abaixo de 0,92 indutivo quanto abaixo de 0,92 capacitivo e, além disso, penaliza a ultrapassagem destes valores a cada hora, os bancos chaveáveis de capacitores são os mais adequados, monitorando os níveis de reativos requeridos.

2.4.3 Iluminação

Várias associações mundiais estudam os grandes problemas técnicos e científicos da iluminação, como a Comissão Internationale de L'Éclairage (CIE) representada por 30 países membros, a Illuminating Engineering Society of North America, a British Illuminating Engineering Society, a Association Française de

L'Éclairage e, no Brasil, a Associação Brasileira das Indústrias de Iluminação (ABILUX).

Segundo Limaverde et al. (1990), após 2.000 diagnósticos energéticos, o Procel detectou que 8,5% dos ambientes, medidos nos mais variados segmentos analisados, apresentavam valores superiores aos recomendados pelas normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Segundo Alvarez (1999), no módulo de sistemas de iluminação, são contemplados os itens: conforto visual, medição da intensidade luminosa, levantamentos de dados, tecnologias eficientes, projeto adequado e aspectos arquitetônicos.

Há a possibilidade de se instalar sensores de presença, que acionam as luzes pela entrada de pessoas no ambiente. Determinado por um sistema de gerenciamento, um escritório, por exemplo, pode ter suas luminárias acesas por pouco tempo antes de se iniciar o expediente. O sistema pode estar vinculado à iluminação natural a partir de sensores que avisam a hora de diminuir a luminosidade artificial.

Outras opções são o controle da iluminação artificial com sensores que regulam a capacidade das luzes vinculadas à intensidade da luminosidade natural, ou, ainda, a integração de células fotovoltaicas às fachadas em cortinas de vidro para aproveitamento da energia solar incidente, transformando-a em eletricidade.

Segundo Haddad e Martins (2002), a iluminação pública é responsável por 3,5 % do consumo total do país. O potencial de conservação, neste setor, é de 27% do consumo atual. Tornando mais eficientes oito milhões de pontos de iluminação pública no país, o potencial de economia de energia é de cerca de 540 MW, o que quase corresponde à potência de Angra 1.

Isto pode ser alcançado com a substituição de lâmpadas, luminárias, reatores e relés fotoelétricos por equipamentos energeticamente mais eficientes. Lâmpadas de vapor de mercúrio serão substituídas por lâmpadas de vapor de sódio. Uma lâmpada a vapor de mercúrio de 250 W pode ser substituída por uma de vapor de sódio de 150 W, gerando uma economia de 100 W por lâmpada, isso sem diminuir o iluminamento.

A iluminação requer aparelhos específicos para cada caso. Cada um dos ambientes tem necessidades particulares de iluminação, cuja variação é definida

quanto ao grau de eficiência da iluminação, quanto ao nível de segurança e quanto ao efeito visual provocado por essa iluminação, associando-a, sempre, com a decoração. Tudo isso, sempre combinando com a questão do custo dos aparelhos e com a necessidade de economia de energia.

As luminárias devem ser de alta reflexão. Banhos preparatórios de desengorduramento, desoxidação e fosfatização com fosfato de zinco fazem parte da preparação das superfícies. Pinturas feitas por processo eletrostático, que utilizam epóxi em pó, devem ser realizadas em cabine adequada.

Funcionando como um interruptor inteligente, o sensor de presença acende a luz ao detectar movimento no recinto em que está instalado, mantém a luz acesa enquanto perdurar o movimento e apaga quando o recinto estiver desocupado ou não for detectado nenhum movimento. Idealizado para proporcionar economia, evitando o desperdício de energia elétrica, é indicado para uso em locais cuja ocupação seja intermitente ou imprevisível como corredores, garagens, halls, escadas e depósitos. O funcionamento está baseado na utilização de sensores piroelétricos, componentes sensíveis a raios infravermelhos passíveis, que respondem a movimentos de calor produzidos pelo corpo humano. O sensor permite, ainda, o tempo em que a luz deverá permanecer acesa quando não detectar mais movimentos no ambiente. Esta é uma característica importante, já que, se este tempo for muito curto, exigirá movimento constante para manter a luz acesa, o que pode acarretar um chaveamento maior da lâmpada, reduzindo sua vida útil. Por outro lado, tempo demais pode levar ao desperdício de energia.

O ajuste de luminosidade é outro fator pensado para proporcionar maior economia de energia. Através deste recurso, o sensor pode ser regulado para acender luzes apenas quando o ambiente estiver escuro, permitindo a utilização da iluminação natural onde for o caso.

Conforme Costa (1998), as normas brasileiras a serem seguidas são a NBR5413, referente aos níveis mínimos de iluminação, e a NBR 5382, relativa à medição da iluminância.

2.4.4 Motores

Os motores se constituem num grande potencial de conservação de energia tanto pela grande quantidade de motores instalados quanto pela aplicação ineficiente dos mesmos.

Em termos de quantidade, segundo Santos et al. (2001), cerca de 50% da carga industrial são compostos de motores de indução, chegando a 70% em alguns casos.

Com relação ao uso ineficiente, também segundo Santos et al (2001), é muito comum encontrar o chamado motor sobredimensionado, ou seja, acionando cargas inferiores à sua capacidade nominal, acarretando em baixos fatores de potência e também baixos rendimentos.

Segundo Limaverde et al (1990), o estudo inicial de motores feito pelo Procel, analisando 49.521 motores a nível nacional, totalizando 861.866,5 CV, levou ao seguinte resultado:

- ❖ quanto ao carregamento dos motores: 21,11% estavam super dimensionados;
- ❖ quanto às perdas aproveitáveis: 16,39% apresentavam potencial de melhoria;
- ❖ quanto aos sistemas de transmissão máquina-motor: 8,90% eram inadequados.

Problemas de transmissão máquina-motor ocasionam perdas de energia. Os principais problemas a serem verificados são a folga, o aquecimento excessivo, o tensionamento, as danificações, o desalinhamento e os problemas nos acionamentos dos motores.

Conforme Alvarez (1999), itens vistos são o dimensionamento adequado, a aplicação e a seleção de motores, os motores de alto rendimento, os sistemas de acionamento, os aspectos de operação e os aspectos de manutenção.

2.4.5 Inversores de frequência

O crescente desenvolvimento dos semicondutores de potência e da crescente oferta de microprocessadores e microcontroladores no mercado tornou os inversores de frequência numa excelente opção técnico-econômica para o controle de velocidade de motores elétricos.

O objetivo deste equipamento é controlar a velocidade no motor de indução trifásico, a fim de colocar o motor em funcionamento numa faixa otimizada de torque e corrente.

Seu uso é facilitado por ter emprego em áreas que requeiram motores à prova de explosão, à prova de tempo ou a atmosferas quimicamente agressivas, possuindo um método simples de interfaciamento para sinais de controle externo provenientes de transmissores de pressão, vazão, nível ou telemetria.

Alimentos	Evaporadores, extratores de óleo, transportadores contínuos, misturadores, fornos contínuos, máquinas de engarrafar e bombas dosadoras.
Têxtil	Teares circulares, alimentadores de cardas, cardas, máquinas de tingimento, lavadeiras, mercerizadeiras, secadores, retorcedeiros de fio e urdideiras.
Mineração e cimento	Bombas, ventiladores, agitadores, peneiras, separadores dinâmicos e transportadores contínuos.
Siderurgia e metalurgia	Trefiladores, mesa de rolos, osciladores de moldes, bobinadores, desbobinadores, transportadores, ventiladores e exaustores e, pontes rolantes.
Papel e celulose	Bombas dosadoras, bombas de processo, ventiladores, válvulas rotativas, agitadores e fornos rotativos.
Química e petroquímica	Bombas, ventiladores, extrusoras, agitadores, misturadores e centrífugas.
Plástico e borracha	Extrusoras, misturadores, calandras e filatórios

Fonte: Fundação de Pesquisa e Assessoramento à Indústria (FUPAI).

Quadro 1: Aplicações típicas para inversores

2.4.6 Sistemas de bombeamentos

Segundo Santos et al. (2001), a aplicação de inversores de frequência, descrito no item 2.4.5, no controle do fluxo de vazão de uma bomba tipo hidráulica, traz os seguintes principais benefícios:

- ❖ redução no consumo de energia;
- ❖ melhoria da eficiência do sistema pela otimização do ponto de funcionamento;
- ❖ limitação da corrente de partida;
- ❖ manobras suaves, evitando picos na rede e esforços na tubulação;
- ❖ eliminação das válvulas de estrangulamento;
- ❖ aumento da vida útil pela diminuição do desgaste mecânico;
- ❖ otimização do sistema nas respostas às variações de pressão e fluxo;
- ❖ padronização dos motores, reduzindo custos de aquisição e manutenção.

Além disso, sistemas gerenciais para redes hidráulicas são adequados para minimizar o consumo de água, identificar vazamentos e controlar a acumulação e o despejo de efluentes nas redes públicas.

2.4.7 Ventiladores

Segundo Santos et al. (2001), os ventiladores são definidos como geradores de fluxo que trabalham no estado gasoso, provocando uma diferença de pressão abaixo de $0,20 \text{ kgf/cm}^2$, nos quais a massa específica do fluido praticamente não se altera.

O ideal seria que os ventiladores trabalhassem na faixa de melhor rendimento, o que proporcionaria menor consumo, melhor desempenho e menor desgaste.

O primeiro passo é a seleção dos ventiladores de melhor rendimento, visando minimizar o consumo de energia. Além disso, é necessário o conjunto girante ser devidamente instalado e sofrer uma manutenção conveniente.

Um dos pontos que mais contribui para o consumo de energia é o sobredimensionamento. Segundo Santos et al (2001), a margem de segurança imposta pelos técnicos no dimensionamento contribui em até 15% no aumento do consumo.

Segundo Doolin (1984 apud SANTOS et al, 2001), o fato de se projetar um equipamento para operar com uma vazão maior no futuro, se o período for de 2 a 3 anos, vale mais à pena se a instalação for feita com um equipamento de menor capacidade que depois será substituído.

Conforme Karassik (1984 apud SANTOS et al, 2001), outra fonte de desperdícios é instalar um ventilador operando com rotação constante em uma instalação que solicita grandes variações de vazão. A solução seria instalar duas ou três rotações menores em paralelo, ou escolher um equipamento com rotação variável.

2.4.8 Ar Condicionado

Conforme Barbalho et al (1995), a metodologia do PROCEL para ar condicionado, descrita no item 2.5.1, disserta sobre os seguintes itens:

- ❖ Os sistemas de ar condicionado de última geração, interligados a sensores térmicos nas janelas permitindo a sua regulação automática, podem assegurar um desempenho térmico controlado com o gerenciamento, aproveitamento e otimização dos recursos do sistema, tendo-se, assim, economia de energia e controle individualizado pelos usuários. A maior novidade do setor é a integração do sistema de água gelada ou gelo que acumula frio durante a noite para ser consumido durante o dia.
- ❖ Controle de calor e iluminação natural com o controle automático de brises, vidros seletivos capazes de bloquear determinados

comprimentos de onda da radiação solar para evitar que o calor penetre nos ambientes mantendo a iluminação natural.

Já a metodologia da USP, descrita no item 2.3.7, contempla, conforme Alvarez (1999), os seguintes itens: inspeção, análise de dados, medidas propostas e identificação do potencial de conservação.

2.4.9 Refrigeração

Conforme Santos et al. (2001), o diagnóstico sobre refrigeração baseia-se nas condições de operação e manutenção dos diversos equipamentos que compõem este sistema, e na verificação da existência e estado de manutenção de seus componentes: compressor, evaporador, condensador, linha de líquidos e gás.

No levantamento da utilização são verificadas as formas de armazenamento dos produtos nos espaços refrigerados, o tipo de iluminação, as temperaturas das câmaras frigoríficas, balcões e ilhas. Os resultados apurados são confrontados com os valores recomendados para cada uso, apurando-se a quantificação da economia possível (kWh/mês), assim como, a avaliação econômica de cada medida recomendada.

2.4.10 Transformadores

Segundo Limaverde et al (1990), dos 1920 transformadores avaliados pelo Procel, cerca de 80% estavam sobredimensionados, mostrando um alto potencial para atuação neste tipo de equipamento.

Medições realizadas na baixa tensão dos transformadores podem verificar desequilíbrio de carga nos condutores. Isto pode gerar queda de tensão, ocasionando mau funcionamento de motores e equipamentos elétricos, além de contribuir para perdas de energia. Para solucionar este problema, é necessária análise visando redistribuir as cargas.

Alvarez (1999), trata do assunto propondo as seguintes ações:

- ❖ Determinação das perdas;
- ❖ correção do fator de potência;
- ❖ dimensionamento adequado.

2.4.11 Condutores

O dimensionamento dos condutores é fundamental para a definição do nível de perdas nos circuitos. Segundo Cotrim (1993), as perdas nos condutores dos circuitos podem ser estimadas em 7%.

Conforme Creder (1995), pode-se reduzir as perdas admissíveis no dimensionamento dos ramais de 4% para até 1%, conforme a seção nominal (bitola) dos condutores.

Os cabos de fibra ótica estão revolucionando os critérios de dimensionamento de rede e do volume de sinais que transmitem e, nos próximos anos, substituirão os cabos metálicos de comunicação.

2.4.12 Computadores

Em junho de 1992, a Agência Norte Americana de Proteção Ambiental (U.S. Environmental Protection Agency -EPA), motivada pelo crescente e elevado consumo de energia elétrica dos equipamentos de escritório, anunciou um programa de incentivo ao desenvolvimento de equipamentos eficientes dotados de gerenciadores de energia. O programa foi batizado de Energy Star e foi baseado na parceria da EPA com os fabricantes de equipamentos. Na Europa, padrões semelhantes de conservação de energia foram adotados pelo NUTEK, Departamento de Eficiência Energética da Suécia.

Basicamente, o programa definiu dois níveis de operação para os computadores: o modo normal, no qual o computador está sendo continuamente operado e consome a potência nominal, e o modo de baixo consumo de energia ("low-power mode ou "sleep mode), no qual, após um determinado tempo ajustável de ociosidade, passa a consumir menos energia, conforme o quadro abaixo.

Equipamento	Potencial de conservação (%)
Microcomputador pessoal	80
Impressora	65
Fotocopiadora	60
Fax	50

Fonte: EPA

Quadro 2: Potenciais de conservação de energia de equipamentos “energy saving”.

A metodologia de cálculo não necessita, necessariamente, de um equipamento analisador de energia. Segundo Saidel e Alvarez (1999), para se estimar o potencial de conservação de energia basta determinar o seu fator de ociosidade a partir da inspeção de seu horário de utilização efetiva.

Atualmente, todos os microcomputadores já são “green PCs”, sendo que o potencial real de economia se torna dependente do ajuste do tempo de ociosidade.

A economia de energia em monitores passou a ser significativa com o desenvolvimento dos monitores LCD (Liquid Crystal Display), os quais consomem aproximadamente 0,3 ampéres em 240 volts, enquanto que os monitores CRT (Cathode Ray Tubes) equivalentes, consomem de 0,8 a 2,7 ampéres para uma mesma tensão.

Isso significa que, a cada 1,58 monitores CRT20" substituídos por LCD20", a economia de energia seria equivalente ao consumo de 1 família de baixa renda (30 kWh, padrão Copel), ou a cada 9,48 trocas seria equivalente ao consumo de 1 família média brasileira (180 kWh, padrão Procel).

Já no caso onde se substitui o monitor “CRT21" por LCD20", a economia é ainda maior, ou seja, cada troca equivale ao consumo de 3,04 famílias de baixa renda, ou ainda, cada 1,97 trocas equivalem a 1 consumo médio residencial brasileiro.

2.4.13 Ar Comprimido

Segundo Barbalho et al. (1995), deve ser verificado inicialmente o controle de partida do compressor. Quando ocorre um elevado número de paradas e partidas que acarretam grandes esforços no motor e nos mancais do compressor, é recomendado o sistema “By-Pass”, no qual o motor trabalha continuamente. Caso contrário é recomendado o sistema partida/parada. Se a demanda de ar permanece fixa em uns períodos e variável em outros, o mais adequado se torna o controle duplo (“By-Pass” e Partida/parada).

O próximo passo é verificar a existência do filtro de aspiração do ar no compressor e as condições desse filtro.

Outro instrumento de controle importante é o manômetro. Através dele se pode ajustar a pressão de desarme e rearme, assim como, a pressão de trabalho, ajustando os valores aos de placa do equipamento.

Deve-se, também, verificar as condições de temperatura do ambiente, o estado da transmissão motor compressor, assim como, verificar o dimensionamento do motor, a fim de que trabalhe num ponto de maior rendimento.

2.4.14 Tubulações e válvulas

Segundo Haddad (2002), por falta de isolamento térmico ou por estar em estado precário de conservação, podem existir perdas de combustível nas tubulações e válvulas. Para solucionar este problema, sugere-se fazer análise de viabilidade econômica na troca do isolamento térmico da rede de distribuição de vapor.

2.4.15 Geradores de vapor ou caldeiras

Geradores de vapor ou caldeiras são equipamentos destinados a produzir e acumular vapor sob pressão superior à atmosférica, utilizando qualquer fonte de

energia, excetuando-se os refervedores e equipamentos similares utilizados em unidades de processo.

Para a otimização de caldeiras, Burgoa et al. (1988) recomenda verificar os seguintes itens: a relação ar/combustível, a quantidade de consumo com a produção de vapor, o tipo, a qualidade, a forma de utilização, a armazenagem, a umidade, a temperatura de queima, e a pressão de queima do combustível, além disso, o estado de limpeza dos filtros de óleo, tiragem e temperatura dos gases, estado de limpeza interna e avaliação da recuperação de calor.

Com relação ao último item acima, as seguintes medidas devem ser estudadas:

- ❖ Retorno para aproveitamento no reservatório de água de alimentação, aumentando a temperatura da mesma;
- ❖ caso não exista isolamento térmico da rede ou o mesmo seja precário, sugere-se fazer uma análise econômica para efetivar sua implantação ou correção;
- ❖ verificar a possibilidade de utilização do vapor de reevaporação do condensado (vapor flash), que poderia ser aproveitado em equipamentos de baixa pressão;
- ❖ fazer uma avaliação da utilização do calor do condensado, ou seja, verificar se o mesmo está sendo aproveitado de maneira adequada.

2.4.16 Fornos e estufas

Fornos são equipamentos destinados ao aquecimento de materiais com vários objetivos: cozimento, fusão, calcinação, tratamento térmico e secagem.

O objetivo, neste caso, é transferir calor ao material com o máximo de eficiência, uniformidade e segurança. O projeto de um forno requer um cuidadoso estudo de transferência e da circulação do calor, dos meios de se minimizar as perdas de chaminé, e por radiação.

Para a eficiência térmica dos fornos, segundo Martins (apud SANTOS et al., 2001) valem as seguintes perdas a serem estudadas:

- ❖ Perdas por transferência de calor, através do calor absorvido pelas paredes, pelo teto e pela soleira do forno, e liberado por radiação e convecção. O valor destas perdas, embora possam ser calculados teoricamente, são estimados em função do tipo e do estado do refratário, correspondendo a 20% do calor total;
- ❖ perdas por vazamentos na estrutura do forno, que costumam operar com pressão superior à atmosférica, e perdas de calor pela porta quando esta é aberta. Estas perdas geralmente variam de 2% a 8% do calor total, dependendo da operação e manutenção do forno;
- ❖ perdas pelos gases de exaustão, que, como nos geradores de vapor, correspondem a maior parte dessas perdas;
- ❖ outras perdas, de acordo com o tipo de forno: perdas de calor por radiação pelas superfícies de banhos de sal ou de metal, perdas nos eletrodos de fornos elétricos, perdas para o ambiente em fornos tipo túnel.

2.4.17 Quadros de distribuição de carga

Segundo Burgoa et al. (1988), na avaliação técnica dos quadros de distribuição, devem ser levantados os seguintes problemas que causam perdas elétricas: desequilíbrio de fases, barramento precário, proteção inadequada, conexão precária, isolamento precário, localização do quadro fora do centro de carga (o que pode aumentar os comprimentos dos condutores, aumentando as perdas), fixação inadequada, vibração no quadro, conservação precária, falta de aterramento, deixar o quadro aberto e atmosfera inadequada.

2.4.18 Transporte vertical

Segundo Godoy et al. (1999), nos sistemas de elevadores e escadas rolantes podem ser dotados com gerenciamento informatizado ou mecânico. Por exemplo, escadas rolantes com controle de passo para acionamento, permitindo que

ela fique em repouso durante a ausência de fluxo de pessoas e, portanto, sem consumir energia.

2.4.19 Fator de carga

Segundo Soares et al. (1996), se o fator de carga da instalação está abaixo do valor médio normalmente verificado em instalações do mesmo ramo de atividade, ele indica a existência da possibilidade de redução dos custos com energia elétrica.

A melhoria no fator de carga permite a renegociação de contratos de demanda com a concessionária de forma mais favorável para o consumidor, assim como, contribui para um melhor aproveitamento de produção da concessionária, uma vez que racionaliza a curva de consumo, reduzindo os valores de pico e distribuindo melhor o consumo ao longo do dia.

2.4.20 Queda de tensão

Segundo Limaverde et al. (1990), nos primeiros 2.000 diagnósticos realizados pelo Procel, 8,8% dos circuitos apresentavam queda de tensão acima do limite de 5%, variando entre 5% e 8%.

Através de medições em motores e equipamentos elétricos quando detectado valor abaixo da tensão de placa, verificam-se condições anormais de operação, o que ocasiona perdas de energia e causa danos ao equipamento. Para corrigir este problema, Burgoa et al. (1988) recomenda o redimensionamento dos condutores e redistribuição de cargas, caso haja desequilíbrio de cargas.

2.5 Modelos de gestão de auditorias energéticas

Com a necessidade dos consumidores se adaptarem à nova conjuntura de alta das tarifas e, principalmente da crise de energia de 2001 no Brasil, houve um

aumento do mercado para auditorias energéticas, o que fomentou o surgimento de novas empresas de consultoria no ramo, chamadas de ESCOs (Energy Service Companies), a exemplo do que ocorreu nos Estados Unidos há três décadas, para dar conta do crescente mercado da eficiência energética.

2.5.1 Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL

O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) foi instituído em dezembro de 1985 pela Portaria Interministerial nº 1.877 de 30/12/85. É coordenada pelo Ministério das Minas e Energia, cabendo à Eletrobrás o controle da sua execução e à Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a sua fiscalização.

Inicialmente, o PROCEL criou incentivos às empresas para fomentar a disseminação das auditorias energéticas no Brasil. Com o objetivo de criar uma ferramenta para esta aplicação, foi criado o software “Mark IV”. Este software foi desenvolvido por um grupo de trabalho multidisciplinar e interinstitucional, a pedido do PROCEL. Atualmente este software está disponibilizado no *Site* do PROCEL numa versão Mark IV-Plus *for windows*.

Os usos finais contemplados nesta metodologia são: transformadores, quadros de distribuição de circuitos, motores elétricos, iluminação, ar condicionado, refrigeração, ar comprimido, caldeiras, fornos e estufas, perdas de vapor em tubulações e válvulas, além da análise de conta de energia.

A realização do controle energético é feita através de preenchimento de planilhas para a entrada de dados no programa, o qual emite um relatório de diagnóstico energético.

Este projeto foi concebido inicialmente em 1983 e consolidado em 1989. Foi desenvolvido em ambiente DOS. Como não houve uma atualização do programa MARK IV, este foi se tornando ultrapassado devidas às novas tecnologias emergentes. Sendo assim, as empresas passaram a não mais utilizar este programa que, apesar de ser prático, era distribuído como um pacote fechado, não dando a elas, também, a possibilidade edição e atualização.

A partir do surgimento, no Brasil, das empresas de serviço de energia ou Escos (Energy Service Companies), foram surgindo com metodologias próprias. No entanto, as metodologias existentes trazem como base, em sua maioria, os fundamentos teóricos da metodologia do PROCEL.

Conforme consta no plano 2015 da Eletrobrás, descrito no item 2.2, a meta é economizar 130 TWh/ano, o que implica em investimentos anuais de 200 milhões de dólares com um custo médio de 30 US\$/MWh conservado, visando a redução do consumo de energia na ordem de 130 TWh até o ano 2015. Portanto, deve-se evitar a expansão do sistema elétrico em 25.000 MW (duas usinas de Itaipu), com isso, haverá ganho líquido para o Brasil de R\$ 34 bilhões.

FASES	PERÍODO	ENERGIA ECONOMIZADA
FASE 1	1986-1993	930 GWh
FASE2	1993-1999	8.553 GWh
FASE3	1999-2000	2.000 GWh
TOTAL	1986-2000	11.483 GWh

Fonte: Eletrobrás/PROCEL

Quadro 3: Resultados do PROCEL

2.5.2 Instituto Nacional de Eficiência Energética - INEE

O Instituto Nacional de Eficiência Energética sugere a criação de uma organização para promover a eficiência energética, a partir de uma ação articulada de especialistas e entidades.

Segundo Fernandes et al. (2001, p. 4), essas ações devem ser contemplados desde o projeto, passando pela construção até a utilização final da instalação, conforme se segue:

Durante a fase de projeto: considerar os conceitos de eficiência energética na arquitetura; utilizar os modelos de simulação energética das edificações para estudo de prédios novos e pós-ocupados; incluir os conceitos de racionalidade bio-climáticas na orientação da edificação; escolher materiais que

cumpram o papel de reter ou dispersar a energia térmica no interior da edificação; especificar equipamentos e sistemas de supervisão e controle que otimizem a eficiência energética nas áreas de transporte; iluminação; refrigeração e bombeamento; e, sistematizar informações sobre dados climáticos adequados para a elaboração dos projetos de climatização.

Durante a fase de construção: utilizar técnicas construtivas e equipamentos que possam reduzir o consumo de energia durante o período da construção, com aumento da segurança e redução do prazo.

Durante a fase de uso das instalações: estudar possibilidades de melhoria na operação dos equipamentos existentes; viabilizar a substituição de equipamentos ineficientes pelos de maior eficiência; identificar comportamentos inconscientes ou desinformações dos usuários sobre o uso racional da energia; procurar aproveitar a energia renovável originária do sol sob a forma de calor, luz e vento, disponibilizada pela natureza local.

2.5.3 Companhia Paranaense de Eletricidade - COPEL

A Copel possui como meta a diminuição das perdas no meio rural: de 9.2% para 5.2%; e, no meio urbano: de 11.3% para 4.3%.

A metodologia utilizada nos serviços de auditoria energética compreende: estudo do contrato do fornecimento, simulação de tarifas, análise do comportamento da carga, análise de distorção harmônica, correção do fator de potência, substituição de equipamentos e treinamento.

São analisados os seguintes equipamentos e sistemas: transformadores, quadros de distribuição dos circuitos, motores elétricos instalados (bombas, ar comprimido), iluminação, ar comprimido e geração de vapor.

O serviço de eficiência energética necessita dispor antecipadamente de todas as informações necessárias para fornecer valores exatos de economia. No entanto, nem sempre isso é possível, ocasionando incertezas para quem contrata e para quem executa o serviço. Esta incerteza, na maioria das vezes, é suplantada por meio de contratos de performance.

Entende-se por contrato de performance ou contrato de desempenho, aquele, no qual uma empresa ESCO (Energy Saving Company) garanta certa economia monetária em energéticos, resultante do aumento de eficiência energética calculado nos diagnósticos. O valor de economia será utilizado durante o tempo necessário para amortizar o financiamento obtido para o empreendimento.

Portanto, em condições normais, o consumidor não necessitará aportar nenhum recurso para a implantação das medidas. A responsabilidade pela performance esperada é da ESCO, a qual, necessariamente, responderá pela obtenção dos resultados que garantirão o retorno dos investimentos em eficiência energética.

2.5.4 Centrais Elétricas de Minas Gerais - CEMIG

Segundo Burgoa et al. (1988), a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) adota um programa objetivando orientar o consumidor a identificar e quantificar o potencial de conservação de energia, elaborar estudos de otimização energética individual e setorial, e levantar o perfil de consumo de energéticos.

Para este fim, a CEMIG utiliza uma metodologia para aplicação de formulário de pesquisa, que engloba a seleção das unidades consumidoras em função do consumo e ramo de atividade, identificação das unidades consumidoras através dos dados cadastrais, elaboração de rota para minimizar o tempo e custos da pesquisa e uma visita efetiva à unidade consumidora.

Para preparar a visita à unidade consumidora, são necessários os seguintes requisitos: selecionar publicações sobre uso eficiente de energia, informar-se de visitas anteriores feitas à unidade consumidora, inteirar-se de diagnósticos de unidades de mesmo ramo de atividade, equipar-se de toda a instrumentação necessária para medição de campo e confirmar data para início efetivo da visita.

Durante a realização da visita propriamente dita, é necessário identificar e explicar o objetivo da visita, estar acompanhado de pessoas que conheçam a instalação, percorrer as instalações para conhecer o conjunto e aplicar o questionário próprio para levantamento de dados.

Os principais dados coletados em campo são: dados cadastrais: identificação, localização e contatos; dados complementares: horários de funcionamento, consumo de energia, fator de carga, fator de potência, potência instalada, demandas registradas, consumo de energéticos, dados de produção e de insumos e resíduos, levantamento das cargas, determinação das curvas de carga, participação percentual do custo de energia elétrica no faturamento, avaliação do fator de carga, avaliação do fator de potência, verificação da tensão aplicada, medição das correntes, avaliação das condições dos alimentadores, acoplamento e transmissão, proteção e controle do equipamento, horário de funcionamento e verificação da existência de queda de tensão.

Os temas cobertos pelo levantamento de campo são: equipamentos elétricos, iluminação, refrigeração, condicionamento de ar, ar comprimido, fornos e estufas, caldeiras, aquecedores de água e fluido térmico, perdas em tubulações de vapor de caldeiras, e aquecedores de água e fluido térmico.

Os dados obtidos na aplicação dos diagnósticos energéticos são arquivados em bancos de dados, estruturados em dbase III plus. Através do manual de instruções para montagem destes bancos e manipulação do software, se consegue obter os resultados de avaliação.

São emitidas cartas personalizadas de orientação para possibilitar uma resposta eficaz e imediata ao consumidor, com um software gerenciador, responsável também por relatórios possíveis de serem emitidos a partir do banco de dados, que permite a identificação de problemas, usos finais de energia, grau de difusão dos equipamentos, quantificação dos energéticos por setor ou individualmente.

2.5.5 Fundação de Pesquisa e Assessoramento à Indústria - FUPAI

Segundo a metodologia da FUPAI, deve-se seguir as seguintes etapas: identificar, quantificar, modificar e acompanhar.

Segundo Nogueira (1990 apud HADDAD e MARTINS, 2002), considerando uma abordagem bem genérica a ser adaptada caso a caso, a

seqüência apresentada abaixo pode ser adotada para o desenvolvimento de uma auditoria energética:

- ❖ Levantamento de dados gerais da empresa;
- ❖ estudo de fluxo de materiais e produtos;
- ❖ caracterização do consumo energético;
- ❖ avaliação das perdas de energia;
- ❖ desenvolvimento de estudos técnicos e econômicos das alternativas de redução das perdas;
- ❖ elaboração das recomendações e conclusões.

Concluída a auditoria, é emitido o “Relatório de Auditoria Energética”, contendo os seguintes itens:

- 1 – Resumo executivo.
- 2 – Empresa (localização, indicadores, descrição básica dos processos).
- 3 – Estudos energéticos (diagramas, características, estudos de perdas).
- 3.1 – Sistemas elétricos
 - a) Levantamento da carga elétrica instalada;
 - b) análise das condições de suprimento (qualidade do suprimento, harmônicas, fator de potência, sistema de transformação);
 - c) estudo do sistema de distribuição de energia elétrica (desequilíbrios de corrente, variações de tensão, estado das conexões elétricas);
 - d) estudo do sistema de iluminação (luminometria, análise de sistemas de iluminação, condições de manutenção);
 - e) estudo de motores elétricos e outros usos finais (estudos dos níveis de carregamento e desempenho, condições de manutenção).
- 3.2 – Sistemas térmicos e mecânicos:
 - a) Estudo do sistema de ar condicionado e exaustão (sistema frigorífico, níveis de temperatura medidos e de projeto, distribuição de ar);

- b) estudo do sistema de geração e distribuição de vapor (desempenho da caldeira, perdas térmicas, condições de manutenção e isolamento);
- c) estudo do sistema de bombeamento e tratamento de água;
- d) estudo do sistema de compressão e distribuição de ar comprimido.

3.3 – Balanços energéticos.

- 4 – Análise de racionalização de energia (estudos técnicos e econômicos das alterações operacionais e de projeto, como por exemplo, da viabilidade econômica da implantação de sistemas de alto rendimento para acionamento e iluminação); viabilidade de implantação de sensores de presença associados a sistemas de iluminação; análise do uso da iluminação natural; análise de sistemas com uso de termoacumulação para ar condicionado; viabilidade econômica da implantação de controladores de velocidade de motores; e, análise da implantação de sistemas de cogeração).
- 5 – Diagramas de Sankey atuais e prospectivos.
- 6 – Recomendações.
- 7 – Conclusões.
- 8 – Anexos (figuras, esquemas e tabelas de dados).

Os diagramas de Sankey, mencionados acima, são uma forma gráfica de representar os fluxos energéticos na empresa, desde a sua entrada até os usos finais, caracterizando as diversas transformações intermediárias e as perdas associadas. Os fluxos são representados por faixas, cuja largura corresponde à sua magnitude em unidades energéticas. A execução destes diagramas para a situação-base e para as alternativas propostas permite evidenciar que, com as medidas de racionalização energéticas, o nível de atendimento das demandas se mantém e pode mesmo até melhorar, sendo as reduções de consumo de vetores energéticos decorrente do menor nível das perdas de energia. A figura a seguir mostra um exemplo deste tipo de diagrama, no qual as perdas em um transformador, cabos de distribuição e o motor somem 52 kW, para um efeito útil de 48 kW no motor.

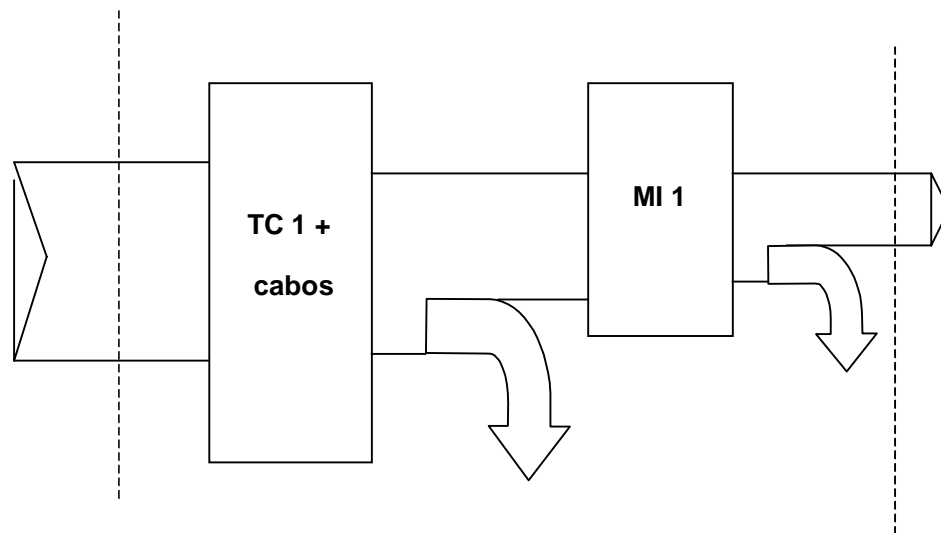


Figura 1: Exemplo de diagrama de Sankey

Segundo Kenney (1984), são os seguintes os requerimentos para uma auditoria energética:

- ❖ Consumos mensais de água, energia elétrica e combustível ao longo de um ano;
- ❖ plantas, desenhos e esquemas detalhados das instalações (as built, se possível);
- ❖ temperatura e pressão nos pontos relevantes, valores medidos e de projeto;
- ❖ características elétricas dos equipamentos e valores medidos associados;
- ❖ considerações sobre as especificações do produto de caráter energético;
- ❖ considerações ambientais e de locação da empresa;
- ❖ perspectivas de alterações no processo.

Já Susemichel (1980) sugere, para as empresas de maior porte, uma abordagem de auditoria energética “por equipe”. Nesta proposta devem atuar duas equipes: uma responsável pela área mecânica e térmica, e outra pela área elétrica,

coordenadas por uma terceira equipe, que analisa, estabelece estratégias e elabora o relatório final.

Segundo Haddad e Martins (2002), ao final do relatório da auditoria energética, é muito importante que conste uma síntese, indicando as ações recomendadas em nível de projeto/concepção, que envolva alteração ou substituição de sistemas, operação ou manutenção, com as prioridades correspondentes em uma matriz sintética, como indica a tabela a seguir. As ações de maior prioridade devem ser definidas com base nos indicadores de custo/benefício e impacto esperado em economia energética. A razoável complexidade de algumas auditorias energéticas tem sugerido o desenvolvimento de técnicas utilizando inteligência artificial, para orientar e priorizar as ações de conservação de energia.

Prioridade	Projeto	Operação	Manutenção
Alta	Devem estar fortemente justificadas	De aplicação imediata, recursos disponíveis ou apenas treinamento.	De aplicação imediata, recursos disponíveis ou apenas treinamento.
Média	Geralmente menos interessantes pelos recursos necessários ou pelo benefício esperado.	Envolvem maiores mudanças de processos.	Envolvem em geral investimentos em sistemas ou instrumentação.

Quadro 4: Recomendações de auditorias energéticas.

2.5.6 Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Correa (1998) adotou a seguinte metodologia para um estudo de caso no Departamento de Engenharia Química (ENQ) da UFSC, com quatro etapas:

- ❖ Caracterizar o consumo de energia do departamento de ENQ: esta parte é desenvolvida estudando as contas de energia dos anos anteriores, e fazendo uma comparação destas contas com registros mensais efetuados no ano corrente.
- ❖ Caracterizar os hábitos de consumo da população do ENQ: isto é feito mediante a aplicação e análise de questionários que avaliam os costumes desta população.
- ❖ Fazer uma análise tarifária: consiste em verificar onde o registro de consumo é mais econômico, seja em alta ou em baixa tensão. Caso seja vantajoso, se solicitaria à concessionária Centrais Elétricas de Santa Catarina (CELESC), mudança do ponto de medição. Adicionalmente, verificar se a tarifa atual aplicada à universidade é a mais atrativa do ponto de vista econômico.
- ❖ Definir estratégias de conservação de energia: com base nos resultados obtidos, traçar estratégias para diminuir o consumo de energia elétrica utilizando as tecnologias disponíveis no mercado brasileiro, e avaliar cada estratégia com indicadores de rentabilidade para analisar o custo-benefício das mesmas.

Já Ghisi (1997) propôs a seguinte metodologia para retrofit em sistemas de iluminação:

- ❖ Estimativa de usos finais;
- ❖ avaliação do atual sistema de iluminação artificial;
- ❖ avaliação das condições de iluminação natural;
- ❖ elaboração do novo projeto luminotécnico;
- ❖ avaliação das luminâncias para o novo projeto;
- ❖ análise da economia total de energia elétrica gerada pelo retrofit;
- ❖ análise do retorno do investimento.

Além da área elétrica, a UFSC se destaca também na área de conservação de energia na arquitetura, como referência os itens 2.1.

2.5.7 Universidade de São Paulo – USP

A metodologia da USP (Universidade de São Paulo) é uma das metodologias atuais mais seguidas. Ela é disponibilizada em cursos de eficiência energética, ministrados nesta universidade.

Segundo Alvarez (1999), para o desenvolvimento do projeto através da adoção de uma visão de administração energética, a metodologia adotada leva em conta a redução de custos e de investimentos passando pelos seguintes elementos:

- ❖ Levantamento de pesquisa bibliográfica com publicações e trabalhos realizados na área e consulta de dados junto a entidades afins;
- ❖ uniformização de conhecimentos entre os membros da equipe, mostrando os objetivos do programa e a metodologia a ser utilizada;
- ❖ aquisição de equipamentos necessários para efetuação da coleta de dados em campo: analisadores de energia, termômetros, luxímetros, ferramentas e materiais de informática;
- ❖ elaboração de planilhas simplificadas de aquisição de dados para levantamento de cargas instaladas, hábitos de uso e potencialidades de conservação de energia. As informações coletadas nestas planilhas permitem agrupar, identificar e classificar cada unidade de acordo com a sua representatividade de consumo de energia;
- ❖ quando houver muitos elementos, deve-se escolher uma representação amostral para se estimar o potencial de toda a instalação;
- ❖ levantamento de campo, execução de medições, coleta de dados através de consulta aos usuários e medições “*in loco*” indicando os pontos passíveis de conservação de energia, onde são quantificadas as economias resultantes sob os aspectos técnicos e econômicos;
- ❖ análise dos dados obtidos, evidenciando as tendências históricas de consumo e utilização de energia.
- ❖ identificação, agrupamento, classificação e seleção de unidades com características físicas semelhantes e representatividade do consumo de energia. Utilizando uma amostra de dados e avaliando-os estatisticamente;

- ❖ formação de um banco de dados utilizando as informações coletadas, sistematizadas através de softwares existentes e atualizando-as constantemente, fornecendo, assim, continuidade ao programa de conservação;
- ❖ levantamento das estratégias de economia de energia;
- ❖ determinação do potencial de cada estratégia estabelecida;
- ❖ definição e quantificação das linhas de ação para conservação;
- ❖ estabelecimento de índices e indicadores comparativos para subsídio dos estudos de conservação de energia;
- ❖ proposição de estratégias de conservação de energia;
- ❖ análise econômica;
- ❖ informação quanto aos benefícios, prováveis investimentos e economia, e possíveis resultados.

Os diagnósticos energéticos são divulgados nos cursos da USP como oportunidades de redução de custos e maior eficiência energética, e contemplam os seguintes módulos:

- ❖ Módulo 1: introdução e conceitos básicos;
- ❖ módulo 2: metodologia para diagnósticos energéticos e sistemas de iluminação;
- ❖ módulo 3: sistemas elétricos, motores e transformadores;
- ❖ módulo 4: sistemas de vapor e bombeamento de fluidos;
- ❖ módulo 5: sistemas de ar condicionado e análise tarifária;
- ❖ módulo 6: cogeração, sistemas de gerenciamento e controle de energia elétrica;
- ❖ módulo 7: estudo de caso;
- ❖ módulo 8: financiamento para projetos de conservação de energia: recursos e fontes de financiamento.

2.5.8 Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco - POLI/UPE

Segundo Godoy et al. (1999), foram realizados os seguintes procedimentos na UPE:

- ❖ Levantamento da potência instalada: descritivo de todos os equipamentos elétricos em cada sala, constituindo-se basicamente de iluminação, refrigeração e tomadas;
- ❖ levantamento da curva de carga: a Celpe, concessionária de Pernambuco, realizou as medições utilizando o Max-Meter e o MEMP (que fornece medição do fator de potência) para o cálculo da demanda. As curvas fornecem demanda média e demanda máxima, além da indicação da potência instalada;
- ❖ levantamento do nível de iluminação: as medições do iluminamento das salas foram feitas com o luxímetro digital LD-500 da ICEL, e os valores foram comparados com os valores requeridos pela norma NB-57, que estabelece um nível mínimo de 300 lux para salas de aula e escritórios, 500 lux para salas de desenho, bibliotecas e laboratórios. As medições foram realizadas à noite e com no mínimo 6 pontos por sala, considerando os pontos críticos como recomenda a norma;
- ❖ dimensionamento da refrigeração: foram verificados para cada ambiente, os valores da capacidade térmica instalada (BTU/h), a área (m^2), o número de pessoas e a carga térmica necessária de acordo com a quantidade de pessoas no ambiente, da orientação solar, do tipo e da área de cada ambiente;
- ❖ estudo da simulação: este estudo contemplou as simulações realizadas para a mudança tarifária, incluindo todas as possíveis opções;
- ❖ estudo do investimento: O estudo do investimento para implantação de um programa de economia de energia elétrica foi avaliado para os seguintes casos: mudança tarifária, mudança na iluminação e na criação de uma cultura de conservação (considerando neste caso o salário médio de um professor e bolsas para estagiários) .
- ❖ conclusões: neste item são descritos o tipo de consumidor e a adequação da tarifa, o percentual de economia e investimento, a

estratificação da potência instalada e do consumo, e a estimativa dos resultados das medidas educacionais.

2.5.9 Department of Energy - Estados Unidos

Conforme Friedman (1999), o acompanhamento de auditorias energéticas requer o seguimento sistêmico das seguintes condições básicas:

- ❖ Obter a autorização das condições de segurança pessoal;
- ❖ rever se o gerenciamento de pessoal está apropriado;
- ❖ avaliar o certificado de qualidade do laboratório de testes utilizado;
- ❖ rever se os relatórios estão de acordo com as normas de inspeção geral;
- ❖ proceder à revisão das leis e regulamentos aplicáveis;
- ❖ analisar os dados inventariados e levantamentos.

A metodologia de implementação sugere os seguintes passos:

- ❖ Entrevista com pessoas-chave;
- ❖ visita de observação às instalações;
- ❖ revisão da documentação existente;
- ❖ identificação e análise de viabilidade de economia de energia;
- ❖ análise econômica;
- ❖ preparação do relatório de diagnóstico energético;
- ❖ apresentação formal do relatório.

As auditorias podem ainda ser classificadas como auditorias preliminares ou simples, que são aquelas desenvolvidas nas visitas de observação, com detalhes apenas superficiais; auditorias gerais, descrevendo de forma geral as informações dos potenciais de economia de energia identificados; e, a auditoria com grau de investimento, na qual constam as expectativas financeiras do retorno do investimento.

O software utilizado é o DOE-2, o qual calcula a energia horária utilizada em prédios residenciais e comerciais. O consultor brasileiro cadastrado para este software é o Prof. Roberto Lamberts da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

2.5.10 Gard Analytics - Estados Unidos

A Gard Analytics é sediada em Illinois, USA, prestando serviços de consultoria na área de conservação de energia, segue as normas da American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. (ASHRAE), e utiliza os programas computacionais DOE-2, Blast e Trace.

As auditorias são divididas em 3 produtos: auditoria preliminar, auditoria geral e auditoria com grau de investimento.

As auditorias preliminares ou simples são rápidas, incluem vistoria, pequenas entrevistas, uma breve revisão dos dados financeiros e operativos identificando desperdícios e ineficiências. São indicadas medidas corretivas e análise financeira simples de retorno do investimento (*payback*).

A empresa utiliza como padrão a seguinte metodologia para auditoria geral, conforme Cornell et al (2002):

Passo 1: Entrevistas com pessoas-chave na empresa.

Passo 2: Visita de identificação e observação às instalações.

Passo 3: Revisão da documentação existente.

Passo 4: Visitas de inspeção, investigação e medição.

Passo 5: Entrevistas com os gerentes.

Passo 6: Análise dos dados.

Passo 7: Identificação/avaliação da viabilidade das soluções.

Passo 8: Análise econômica.

Passo 9: Elaborar o relatório de diagnóstico energético.

Passo10: Apresentação e discussão do relatório.

As auditorias com grau de investimento, também chamadas de maxi auditoria ou auditoria detalhada, incluem cálculos financeiros avançados e critérios de tomada de decisão para investidores, análise de dados mais profundas considerando períodos de sazonalidade, monitoramento da carga e outras variáveis.

2.5.11 Direção Geral de Energia - Portugal

Segundo Águas (2001), a auditoria energética em edifícios de Portugal é o documento de consultoria consignado no regulamento de Gestão do Consumo de Energia – RGCE (1990), no qual o responsável tem que estar reconhecido pela Direção Geral de Energia – DGE para a Classificação das Atividades Económicas – CAE, em cuja instalação esse responsável pertence.

Este documento consiste em 3 capítulos:

- ❖ Consumos e produções históricas, ou análise da contabilidade energética.
- ❖ Balanços energéticos obtidos das medições das grandezas termodinâmicas e elétricas, para a identificação dos potenciais de economia.
- ❖ Medidas de conservação de energia preconizadas, quantificadas pelas poupanças energéticas e pelo investimento associado.

Pela legislação, encontra-se regulamentado em:

- ❖ Decreto-Lei nº 58/82, D.R. nº 47, I série de 1982/02/26;
- ❖ Portaria nº 359/82, D.R. nº 81, I série de 1982/04/07.

A metodologia para análise de eficiência energética define o indicador de eficiência energética (IEE):

$$IEE = IEEI + IEEV + \frac{Q_{out}}{A_{útil}} = \frac{Q_{aq} \times F_{ci}}{A_{útil}} + \frac{Q_{arr} \times F_{cv}}{A_{útil}} + \frac{Q_{out}}{A_{útil}} \quad (2.1)$$

Onde:

IEEI = índice de eficiência energética para o inverno

IEEV = índice de eficiência energética para o verão

$A_{\text{útil}}$ = área útil do pavimento em m^2

Q_{aq} = consumo energético anual para aquecimento em kgep

Q_{arr} = consumo energético anual para arrefecimento em kgep

Q_{out} = consumo energético anual restante em kgep

F_{ci} = fator de correção geográfica para o inverno, inspirado no RCCTE

F_{cv} = fator de correção geográfica para o verão, inspirado no RCCTE

RCCTE = regulamento das características do comportamento térmico dos edifícios.

No método do fator global, tem-se:

$$IEE = C_{ei} \times F_c \quad (2.2)$$

Onde:

C_{ei} = consumo específico de energia em kgep

F_c = fator corretivo.

O consumo específico dos produtos produzidos é calculado pela razão entre o consumo energético anual e a produção anual. O princípio geral das metas de produção consiste em se propor medidas de conservação de energia que reduzam os valores de C_{ei} .

No entanto, Águas (2001), critica a utilização dos fatores F_{ci} , F_{cv} e F_c , pois nas auditorias completas, se multiplicam resultados precisos por fatores que apresentam uma precisão muito mais fraca. Sugere, então, que estes fatores sejam calculados de acordo com o comportamento sazonal de cada instalação individualmente.

O Anexo A apresenta valores médios de IEE para os diferentes subsetores.

2.5.12 Instituto Superior Técnico - Portugal

O Instituto Superior Técnico de Lisboa é uma instituição tradicional portuguesa e possui cursos de licenciatura, pós-graduações, mestrados e doutorados nas diversas áreas das ciências exatas.

Na área de auditorias energéticas, Roriz (2002) recomenda as seguintes ações:

- ❖ Inquérito do funcionamento, no caso da edificação;
- ❖ inquérito do processo, no caso da indústria;
- ❖ informação relativa aos consumos;
- ❖ análise dos resultados;
- ❖ propostas de alterações.

As auditorias são classificadas em dois tipos: auditorias simples e auditorias complexas:

Nas auditorias simples são utilizados os consumos existentes nas faturas de energia e de água. Quando necessário, estas informações podem ser completadas com algumas medições pontuais. No caso das edificações, são determinados os consumos específicos ou o Índice de Eficiência Energética – IEE (item 2.5.2), que podem ser comparados com valores padrões pré-estabelecidos. No caso da indústria, são verificadas informações relativas ao processo (fabricação e linhas de produção), que inclui informação dos equipamentos e horas de funcionamento, a fim de se garantir uma melhor eficiência. As vantagens das auditorias simples são a sua curta duração, baixo custo e uma resposta rápida.

As auditorias completas permitem a monitorização dos sistemas. O número e tipo de medições são variáveis, dependendo do conhecimento prévio de cada caso. Uma auditoria completa inclui medições das condições da envolvente, interiores e exteriores e, medições desagregadas de consumo por equipamento ou grupo de equipamentos por área. As vantagens da auditoria completa são a determinação de uma resposta mais precisa e uma melhor solução técnico-económica.

São recomendadas as necessidades das seguintes verificações:

- ❖ Tipos utilizados de energia primária e final;
- ❖ formas de conversão dos diferentes tipos de energia em energia elétrica;
- ❖ eficiência das diversas formas de conversão;
- ❖ efeitos ambientais da conversão em energia elétrica;
- ❖ utilização de energia final nas edificações, na produção e nos transportes;
- ❖ custo da energia;
- ❖ efeitos ambientais da utilização da energia final;
- ❖ redução das emissões poluentes;
- ❖ redução do consumo de energia final.

A forma de atuação se dá através de inquéritos e medições nos seguintes parâmetros: potência, consumo, temperatura, vazões, umidade relativa e concentrações.

E os sistemas mais usuais a tratar: queima, refrigeração, ar condicionado, iluminação, bombeamento, ventilação, filtragem, maquinaria diversa, robótica, ar comprimido e cogeração.

Após a implementação das ações propostas, a implantação de um sistema de gestão de energia (SGE) para monitoração dos resultados garante as informações para a melhoria contínua da instalação.

2.5.13 Christian-Albrecht-Universität - Alemanha

Segundo Hennicke et al. (1997), a proposta do grupo de pesquisa Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) é uma análise interdisciplinar envolvendo economia de energia e a ecologia, utilizando, inclusive, o departamento de psicologia para o assunto do estudo sobre o uso racional da energia e a preocupação das pessoas como meio ambiente.

Outro programa interessante desenvolvido é o Negawatt, no qual se relaciona a redução do consumo com a redução das emissões de CO₂.

Para a mudança de comportamento, foi desenvolvido o modelo Sete Passos: mude um pouco, ganhe muito. Os sete passos são: observe o uso semanal, veja alternativas para usar menos, defina metas, coloque em prática, cheque os resultados, reveja as metas, faça com que seu novo comportamento se torne um hábito em longo prazo.

O complemento do programa relaciona a economia de energia com a economia da água, utilizando os mesmos conceitos de economia da energia para alavancar a economia da água em benefício do meio ambiente.

2.5.14 Department of Industry, Tourism and Resources - Austrália

O Departamento de Indústria, Turismo e Recursos da Austrália desenvolve o programa: “Energy Efficiency Best Practice Programme – EEBP: making a difference-working with industry to achieve results”. É um programa da Commonwealth, que trabalha em parceria com a indústria, para ajudar as organizações a redefinirem as melhores práticas em gerenciamento de energia, construindo sua capacidade de identificar e implementar melhorias contínuas em avanços e inovações tecnológicas. Este programa inclui treinamento tecnológico, programas de benchmarking, workshops e facilitação de acesso a tecnologias com especialistas.

Na prática, funciona da seguinte forma:

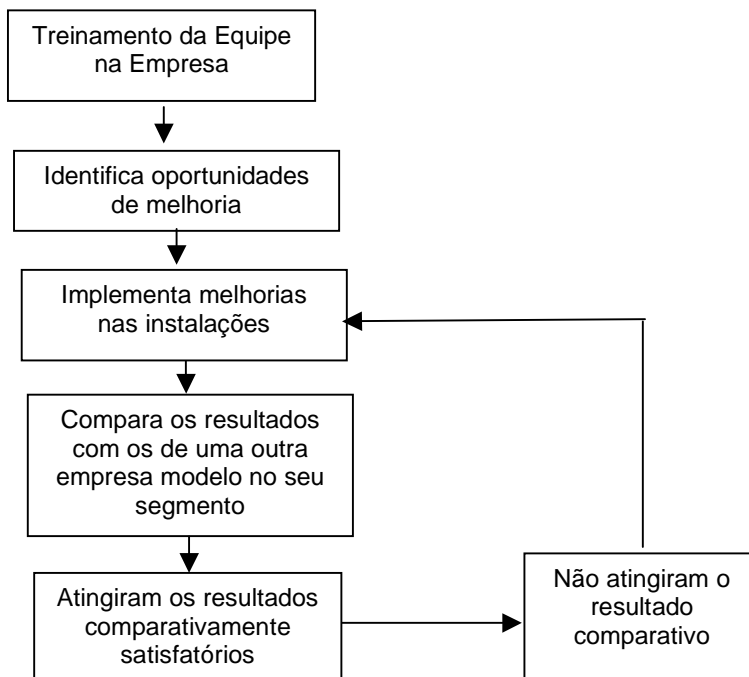


Figura 2: Como funciona o programa Energy Efficiency Best Practice Programm – EEBP

Segundo Crook e Grinberg (2000), a primeira auditoria energética de uma edificação deve ser feita no primeiro ano de sua ocupação e, a seguir, não deve passar cinco anos sem uma nova auditoria, sempre na forma de contratos de performance, que são contratos, nos quais o contratante divide em um percentual acordado os lucros dos resultados de eficiência energética com o contratado durante um período negociado.

Crook e Grinberg (2000) consideram que medidas de economia de energia são efetivas em relação ao custo se a taxa de retorno é de 15%; ou melhor, quando calculadas em relação ao tempo restante previsto de ocupação do imóvel, a vida útil dos equipamentos; ou quando não há previsão de desocupação, sugere os cálculos para 7 anos.

As auditorias são realizadas pela equipe do “Energy and Environmental Services Team-EEST, apta para desenvolver os estudos técnico-financeiros da auditoria energética através dos contratos de performance. Esta equipe trabalha em

conjunto com os "Joint Working Party", que são grupos de trabalho conjunto da Comunidade Britânica.

Estes grupos desenvolveram uma metodologia de trabalho integrado, no qual a auditoria faz parte de um amplo programa de eficiência energética, ou seja:

- ❖ Coordenar planejamento e programas de desenvolvimento;
- ❖ desenvolver projetos, sistemas e procedimentos com revisão bi-anual, para assegurar a efetividade dos resultados do programa;
- ❖ assegurar uma construtiva e adequada comunicação entre os stakeholders (ou grupos de influência) participantes;
- ❖ fomentar a participação das agências e departamentos de energia a participarem do programa;
- ❖ formular e propor medidas e programas de eficiência energética para os clientes;
- ❖ identificar as oportunidades e alternativas de eficiência energética;
- ❖ divulgar os resultados dos programas implementados entre os membros, parceiros e grupos de trabalho.

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA

A pesquisa bibliográfica mostra, conforme o Capítulo 2, que o método universalmente utilizado é o da auditoria energética. Segundo Oliveira e Sá Jr. (1998), além da auditoria energética ter como objetivo identificar a diminuição do consumo de energia elétrica, ela promove o aumento da eficiência do uso da energia.

Este capítulo visa adaptar os diversos modelos de gestão às necessidades de uma usina hidrelétrica como Itaipu, que possui tanto instalações com suprimento próprio quanto de concessionárias.

No entanto, conforme Eisenbeiss (1985), os temas constantes das auditorias são generalizados, e as tecnologias de uso racional da energia são diversas e específicas para cada tipo de instalação ou ramo de produção. Além disso, a Itaipu concentra um número muito elevado de sistemas com muita diversidade de temas por ser a maior geradora de energia do mundo, sendo que, a cobertura de uma auditoria total inviabilizaria o tempo disponível para este trabalho.

Por isso, foi adotado o critério de se identificar situações típicas, que podem ser usadas nos diversos sistemas com necessidades equivalentes para uma aplicação, na qual pudesse ser modelo para os demais sistemas.

Como as usinas hidrelétricas utilizam, em estado normal, a energia vinda de seus próprios serviços auxiliares e a legislação, nesta área, só contemplou as cargas alimentadas pelas concessionárias, ainda não houve fomento para o desenvolvimento de uma metodologia específica em usinas, nem para trabalhos científicos da conservação de energia.

Assim sendo, para que se pudesse realizar um estudo de caso numa usina hidrelétrica, não houve a aplicação direta de um determinado modelo, mas sim, uma adaptação dos modelos de auditoria que contemplassem os temas comuns às auditorias energéticas e às instalações da usina.

3.1 Natureza da pesquisa

Conforme Silva e Menezes (2001), do ponto de vista da natureza, esta pode ser considerada uma pesquisa aplicada, que objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos, envolvendo verdades e interesses locais ao direcionar o estudo para usinas hidrelétricas.

Do ponto de vista da forma de abordagem do problema, esta pode ser considerada uma pesquisa quantitativa, pois considera tudo que pode ser quantificável, indo a campo e fazendo medições, traduzindo, em números, informações para serem classificadas e analisadas, requerendo uso de técnicas matemáticas.

Do ponto de vista dos objetivos, esta pode ser considerada uma pesquisa exploratória, pois busca identificar os itens de uma auditoria energética aplicáveis às instalações de uma usina hidrelétrica, visando proporcionar maior familiaridade com o problema das perdas de energia, sendo que, o objetivo maior é tornar esse problema explícito e construir a hipótese básica de que, com a aplicação dos modelos de auditoria energética, é possível detectar as perdas em usinas hidrelétricas. Além disso, pode ser considerada descritiva, visto incluir levantamento de campo e na medida que propõe soluções para os problemas levantados.

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, a pesquisa está direcionada para ser estudo de caso, tomando como base a Usina de Itaipu. Além disso, pode ser considerada bibliográfica, uma vez que, também, utiliza material já publicado, tanto em livros quanto em artigos de periódicos e internet.

3.2 Coleta e análise dos dados

A coleta dos dados se desenvolve nas instalações elétricas pertencentes à Itaipu Binacional.

Conforme adaptado de Burgoa et al. (1988), a coleta dos dados segue levantamentos de campo através de medições das grandezas elétricas, com o apoio do Laboratório de Medidas Elétricas da Itaipu, além de coleta de dados existentes em documentos da Itaipu e de empresas de consultoria.

Em termos de equipamentos de medição, foram utilizados o Energy Analyser Vip System 3 da Elconsult para a medição do fator de potência e o Luxímetro modelo 3281 da Yokogawa para a medição dos iluminamentos.

3.3 Procedimentos metodológicos

Para se sistematizar uma auditoria voltada a este estudo, foi necessária a identificação dos casos e necessidades típicas de uma usina hidrelétrica para o desenvolvimento e definição de procedimentos, assim como, a identificação das etapas para sua implementação.

3.3.1 Desenvolvimento do modelo de gestão

Para melhor organizar a auditoria energética, o modelo proposto considera cada tema como um módulo individual. Na realidade, o modelo proposto se torna um *mix* dos modelos estudados no Capítulo 2 uma vez que não segue de forma incondicional a totalidade de nenhum dos modelos existentes, devido ao fato de não serem direcionados somente para um determinado tipo de instalação.

Para o estabelecimento de uma auditoria voltada a usinas hidrelétricas, foram propostos os seguintes passos:

- ❖ Estudar os módulos temáticos para auditorias energéticas disponíveis na literatura;

- ❖ identificar e analisar os modelos de gestão de auditorias energéticas;
- ❖ identificar que módulos temáticos são adequados às usinas hidrelétricas;
- ❖ propor um procedimento metodológico para usinas hidrelétricas;
- ❖ identificar quais são os mecanismos mais eficazes de gestão da conservação;
- ❖ identificar casos típicos de implementação para servirem de padrão.

Apesar de, pela sua grandeza, a Itaipu poder contemplar todos os módulos temáticos descritos no Capítulo 2, para efeito de aplicação foram considerados apenas: gerenciamento pelo lado da demanda, retrofit dos sistemas de iluminação e correção do fator de potência dos serviços auxiliares da usina, para servirem de estudo de caso de uso racional de energia, renovação tecnológica e de inovação tecnológica, respectivamente.

3.3.2 Gerenciamento pelo lado da demanda

No caso em que se precisa reduzir, de forma compulsória, o consumo de uma instalação, a opção escolhida foi o gerenciamento pelo lado da demanda, no qual é possível se atingir os objetivos tomando-se decisões de redução baseadas no estudo do consumo de energia. Friedman(1999), denomina este caso de como *emergency conservation plan*.

Para isso, um estudo preliminar de apoio à decisão pode ser aplicado com as seguintes etapas, adaptado de Camargo (2001):

- ❖ Levantamento da instalação e do consumo existente;
- ❖ estudar a possibilidade de transferir as cargas do horário de ponta (das 18h às 21h) para fora da ponta;
- ❖ verificar os períodos possíveis de serem desligadas cargas de forma a não afetar o conforto térmico nem a produção;

- ❖ desabilitar cargas consumidoras que podem ser substituídas em sua função (como no caso de se desligar as câmaras frias para conserva de alimentos, passando a receber alimentos por entregas just-in-time);
- ❖ monitorar a demanda e a energia, se necessário instalando novos equipamentos de monitoramento, a fim de se gerenciar de forma otimizada o consumo.

3.3.3 *Retrofit* de sistemas de iluminação

No caso de sistemas em que há a necessidade de substituição de componentes ou equipamentos pelo fato de já existirem no mercado outros mais eficientes como no caso de lâmpadas mais econômicas, além de acessórios mais eficientes como luminárias com índice de reflexão maior e reatores que consomem menos, são usados dois termos: *retrofit*, que é o termo em inglês para substituição de um componente por outro, e a palavra coloquial *eficientização*, a qual não existe nos dicionários da Língua Portuguesa, mas é muito usada entre os profissionais da área.

Neste caso, foram considerados os seguintes passos neste trabalho, adaptado de Costa (1998):

- ❖ Levantamento do total quantitativo das lâmpadas existentes na instalação. Assim se pode ter um maior controle, inclusive, do estoque de reposição de lâmpadas.
- ❖ Numa primeira etapa, em que há uma necessidade urgente de se economizar energia (como foi o caso do período do racionamento de energia ocorrido em 2001 no Brasil) e as instalações são de grande porte, calcular o potencial de economia de energia que a substituição simples das lâmpadas existentes convencionais por lâmpadas mais eficientes pode gerar.
- ❖ Numa segunda etapa, ou seja, num estudo mais elaborado, medir cada ambiente de per si com luxímetro (de preferência digital), e

comparar as medições com as normas técnicas a fim de que seja avaliado o conforto visual de acordo com cada tarefa específica.

- ❖ Estudar o retrofit de luminárias, considerando-as com superfícies refletoras mais eficientes como promotoras de aumento do fluxo luminoso. Comparar os resultados conseguidos e considerar a redução de custo gerada.
- ❖ Estudar a melhor distribuição possível das luminárias.
- ❖ Promover a substituição de reatores indutivos convencionais (no caso das lâmpadas fluorescentes) por reatores eletrônicos, os quais aumentam a vida útil da lâmpada, economizam energia por terem menor consumo, além de serem redutores de efeito estroboscópico (*flicker*), que causa desconforto visual e aumenta o efeito da vista cansada, contrariando os conceitos ergonômicos do trabalho.
- ❖ Considerar as possibilidades de automação para controle da iluminação, como células fotoelétricas, sensores de presença, dimerização associada a medidores de fluxo luminoso, além do estudo da colocação de *breezers* para aproveitamento da luz natural das janelas.

3.3.4 Correção do fator de potência

Para este estudo, são indicados os seguintes passos, adaptado de Oliveira e Sá Jr. (1998):

- ❖ Monitorar a entrada de energia do sistema por 24 horas em dias típicos;
- ❖ calcular a compensação reativa necessária para a correção do fator de potência;
- ❖ considerar preferencialmente a colocação dos capacitores na entrada de energia, pois a correção individual das cargas demanda uma maior quantidade de kVAr ociosa pelo fator de diversidade das cargas;

- ❖ indicar a correção automática, pois a multa é cobrada pela ultrapassagem horária do fator de potência. A correção estática faz com que, nos períodos de baixa demanda, a carga fique capacitiva enquanto que, nos períodos de altas demandas, a carga se torne indutiva.

3.3.5 Aplicação do método

Para a implementação da prática de uma auditoria completa, Alvarez (1999) propõe:

- Visita preliminar à instalação;
- levantamento de dados;
- análise e tratamento de dados;
- determinação do potencial de conservação de energia elétrica;
- estudos de alternativas;
- análise de viabilidade econômica das alternativas propostas;
- emissão do relatório de diagnóstico energético.

3.3.6 Implementação das ações

De acordo com o relatório de diagnóstico energético elaborado para uma instalação, são sugeridas as seguintes etapas para implementação das ações de conservação de energia, adaptado de Cornell et al. (2002):

❖ **1ª Etapa: Uso racional de energia**

Nesta fase, são contemplados os locais que estão sobredimensionados em projeto, e podem ter sistemas desligados ou reduzidos sem que se firam as condições mínimas de norma ou de produção da empresa. Além disso, são

estudadas as cargas que podem ser deslocadas do horário da ponta, onde a tarifa é mais elevada. É indicada, em especial, nos casos em que se tem de reduzir a carga em curto prazo, como foi o caso compulsório do racionamento de 2001 decretado pelo Governo, ou nos casos em que a gerência sinaliza para um corte imediato nos custos. Esta forma é possível de ser implementada em curto prazo e apresenta como sendo a de menor custo. Esta etapa pode ser estendida em longo prazo para contemplar, também, os desperdícios, agregando de estudos de hábitos comportamentais, devido ao fato de que, para se combater o desperdício, é necessário um programa empresarial integrado de conscientização dos funcionários.

❖ 2ª Etapa: Renovação tecnológica

Nesta fase, a preocupação é a redução das perdas técnicas. São contemplados os sistemas em que o estado da arte permite a substituição de componentes por outros mais eficientes para realizar a mesma função. Apresenta características de médio prazo, pois são sistemas que já estão instalados necessitando apenas de retrofit. São adotadas as ações de melhor custo/benefício determinadas pelo estudo econômico-financeiro. O limite de prazo adequado do retorno do investimento vai depender da capacidade de investimento da empresa.

❖ 3ª Etapa: Inovação tecnológica

Estas ações são consideradas de implementação em longo prazo, uma vez que demanda um estudo profundo das instalações, além da compra de novos sistemas e equipamentos que possam contribuir para a redução do consumo de energia das instalações. Não significa, no entanto, que o retorno do investimento também seja de longo prazo. Também, neste caso, o limite depende dos estudos econômico-financeiros.

Numa qualificação de longo prazo para a eficiência energética, são propostas as seguintes avaliações de orientação, que podem variar de acordo com cada caso:

- ❖ Avaliação inicial (auditoria preliminar);
- ❖ avaliação anual (auditoria de renovação);
- ❖ avaliação trianual (auditoria de inovação);

3.3.7 Fluxograma modelo da auditoria energética

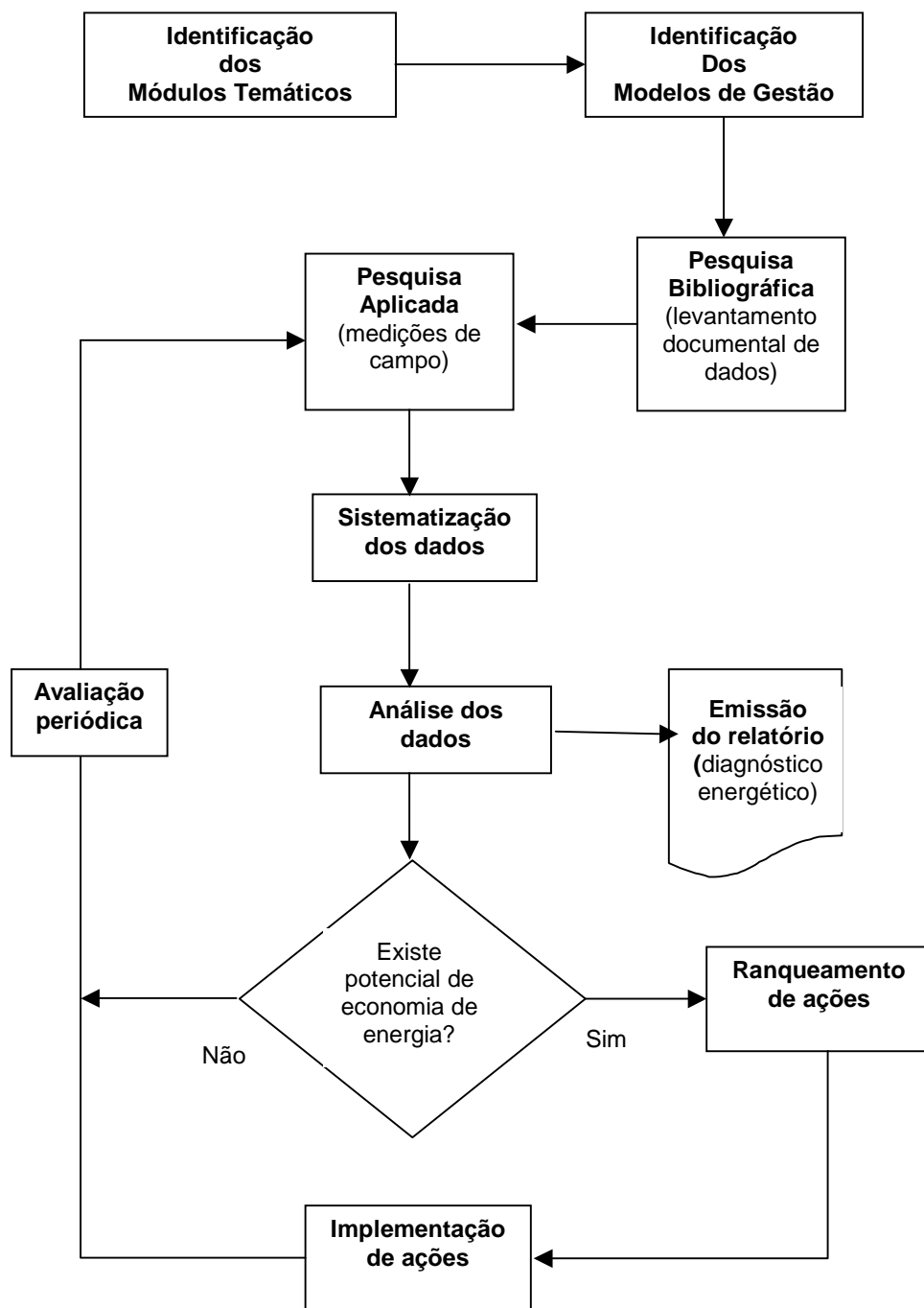
A Figura 3 a seguir mostra o modelo de fluxograma da auditoria energética proposto neste trabalho.

Após serem identificados os módulos temáticos e os modelos de gestão, é feito o levantamento documental dos dados e as medições de campo.

De posse dos dados, faz-se a sistematização e a análise desses dados para posterior emissão do relatório de diagnóstico energético.

Havendo potencial de economia de energia, são sugeridos o ranqueamento e a implementação das ações.

De uma avaliação periódica pode-se garantir a continuação e atualização dos resultados.



Fonte: Adaptado de Crook e Grinberg (2002).

Figura 3: Modelo de fluxograma da auditoria energética.

CAPÍTULO 4

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Este capítulo apresenta a aplicação prática dos modelos de gestão de auditoria energética, definidos no capítulo 3, necessários para o levantamento do potencial de conservação de energia das instalações da usina de Itaipu, cuja energia é elétrica, visando, assim, a obtenção de resultados de economia.

Vale ressaltar que nem todas as medidas já foram implementadas em sua totalidade, como é o caso do item 4.1, ou tiveram viabilidade de serem colocadas em prática ainda no período de desenvolvimento deste trabalho. Com relação ao item 4.2, as medidas já estão sendo implementadas e, com relação ao item 4.3, este está na programação para ser implementado ainda durante o ano de 2003.

Este trabalho foi feito visando o levantamento do potencial de conservação de energia, a realização das auditorias energéticas, e serem atingidas as metas do programa da empresa no ano de 2001 devido à crise conjuntural de energia elétrica pela qual passou o país.

4.1 Gerenciamento pelo lado da demanda (GLD) nas instalações elétricas do Centro Executivo: caso de uso racional de energia

4.1.1 Legislação

O Decreto nº 3.818, de 15 de maio de 2001 (Anexo B), estabeleceu aos Órgãos da Administração Pública Federal, direta, autárquica e fundamental, reduzirem o seu consumo de energia elétrica até março de 2002, tendo como referência o mesmo mês do ano anterior, em no mínimo:

- I – quinze por cento no mês de maio de 2001;
- II – vinte e cinco por cento no mês de junho de 2001;
- III – trinta e cinco por cento a partir de julho de 2001.

Em seguida, o Decreto nº 4.131, de 14 de fevereiro de 2002 (Anexo C), estabeleceu aos Órgãos da Administração Pública Federal, direta, autárquica e fundamental, observarem a meta de consumo de energia elétrica correspondente a 82,5% da média de consumo mensal, tendo como referência o mesmo mês do ano de 2000, a partir de fevereiro de 2002.

4.1.2 Caracterização do objeto em estudo

As instalações do Centro Executivo de Foz do Iguaçu foram escolhidas para modelo de caso por serem supridas pela concessionária local, enquadrando-se, portanto, na legislação supracitada no período em estudo.

A edificação do Centro Executivo está localizada fora da área da usina hidrelétrica de Itaipu no bairro denominado de Vila A, pertencente à Itaipu, onde moram funcionários da Entidade.

4.1.3 Aplicação do método

Para atender às metas estabelecidas, foram adotadas as seguintes medidas de forma permanente após a inspeção preliminar das instalações:

- ❖ Foram desligados: os aparelhos de ar condicionado central;
- ❖ os refletores externos (exceto dois do lado da Avenida 3, a pedido da Segurança Empresarial);
- ❖ as luminárias dos estacionamentos;
- ❖ 102 luminárias dos corredores e algumas salas.

As seguintes medidas adicionais foram identificadas para serem implementadas de acordo com a utilização da instalação:

- ❖ Desligar 50 % das luminárias de todas as salas;
- ❖ desligar os bebedouros;
- ❖ desligar as cafeteiras elétricas;
- ❖ desligar os disjuntores que alimentam os aparelhos de ar condicionado individuais.

4.1.4 Resultados obtidos

Com a implementação das medidas acima, foram atingidos os resultados mostrados na coluna CONSUMO do Quadro 5 a seguir, cuja referência segue o Decreto nº 3.818, de 15 de maio de 2001 descrita no item 4.1.1.

MÊS	(kWh)		
	REFERÊNCIA	META	CONSUMO
mai-01	48611	41319	37313
jun-01	48611	36458	24738
jul-01	48611	31597	20204
ago-01	48611	31597	24358
set-01	48611	31597	21556
out-01	48611	31597	24590
nov-01	48611	31597	25690
dez-01	48611	31597	29540
jan-02	48611	31597	30360

Quadro 5: Consumo do Centro Executivo 2001/2002

Em seguida, a partir de fevereiro de 2002, passaram a valer as referências do decreto nº 4.131, de 14 de fevereiro de 2002, também descrito no item 4.1.1. Nota-se, nesta segunda etapa, que houve por parte do órgão regulador um relaxamento das metas. Como o esforço da etapa anterior já havia sido bem sucedido, não houve dificuldades para que fosse superada mais esta etapa. O maior consumo nos meses de verão mostra a sua sazonalidade, em que se dá maior uso do ar condicionado.

MÊS	kWh		
	REFERÊNCIA	META	CONSUMO
02/02	87069	71832	28173
03/02	76566	63167	46724
04/02	54404	44883	45562
05/02	30805	25414	32412
06/02	42045	27329	25514
07/02	72984	47440	27612
08/02	48166	31597	25690
09/02	48534	31597	29540
10/02	57394	31597	30360
11/02	67694	55848	52137
12/02	64171	52941	61529

Quadro 6 : Consumo do Centro Executivo 2002

Baseados nestes quadros, os gráficos a seguir mostram o acompanhamento das metas de consumo estabelecidas pela legislação citada no item 4.1.1.

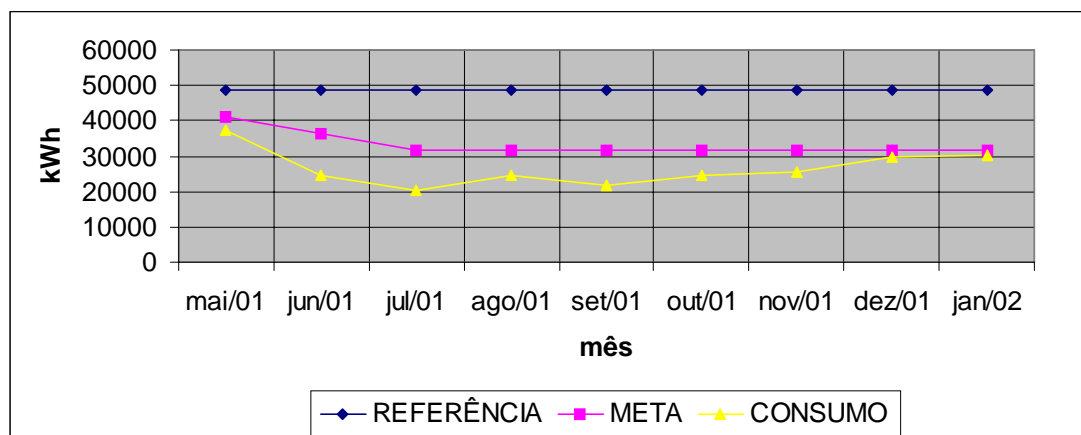


Gráfico 1: Consumo no Centro Executivo 2001/2002

No gráfico a seguir, nota-se que nos meses de maio e dezembro de 2002 ocorreram ultrapassagens da meta devido a um relaxamento na implementação das medidas, pois houve o religamento do ar condicionado por causa do calor além da média nestes períodos. A legislação que previa multa, advertência e desligamento da carga na reincidência durante o racionamento, foi relaxada na prática.

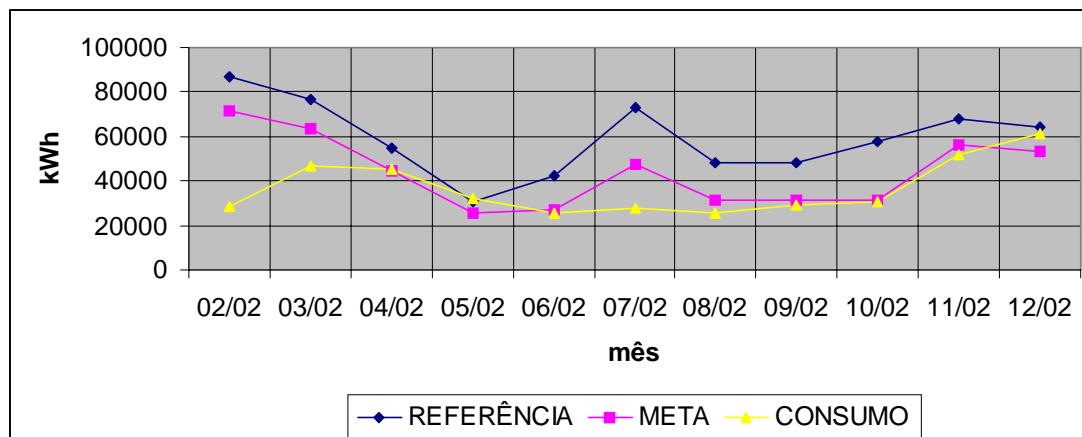


Gráfico 2: Consumo no Centro Executivo 2002

4.1.5 Considerações finais

Estes resultados confirmam a eficácia do gerenciamento pelo lado da demanda nos casos de economias compulsórias, e com necessidade de implementação em curto prazo, sem custos significativos.

4.2 Retrofit dos sistemas de iluminação: caso de renovação tecnológica

Neste caso, como a indústria de iluminação possui um processo de melhoria contínua de seus produtos, surge a necessidade de uma reengenharia com a substituição de sistemas e equipamentos, como lâmpadas e luminárias, por outros mais eficientes e de maior vida útil.

O levantamento quantitativo total dos sistemas de iluminação da Itaipu destaca a quantidade total de 194.676 lâmpadas, perfazendo um total de 4,93 MW.

4.2.1 Sistema de iluminação de emergência

A substituição das lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas resulta numa diminuição da carga instalada no sistema, trazendo como consequência a otimização e racionalização das fontes de baterias.

Para esta substituição ser possível, é necessária a instalação de um inversor CC/CA para adaptação de lâmpadas fluorescentes compactas à fonte de corrente contínua da iluminação de emergência.

Além do ganho energético, existe a redução de espaço físico para localizar as baterias, pela diminuição da quantidade necessária, proporcional à diminuição da carga instalada, reduzindo, assim, custos de reposição das baterias devido ao seu tempo de vida útil (aproximadamente 10 anos).

Conforme mostrado na tabela abaixo, a iluminação em corrente contínua possui um total instalado de 3.802 lâmpadas incandescentes. A substituição destas lâmpadas por fluorescentes compactas equivalentes traz uma redução de potência instalada de 79,3%.

ITEM	Lamp. Inc.(W)	Quantidade	Pot. Inc.(W)	Lamp. PL(W)	Pot. PL(W)	$\Delta P(W)$ Total	ΔP (%)
1	40	3	120	11	33	87	72,5
2	60	104	6.240	15	1.560	4.680	75,0
3	100	3.121	312.100	23	71.783	240.317	77,0
4	300	565	169.500	42	23.730	145.770	86,0
5	500	9	4.500	S/R	4.500	0	0,0
TOTAL	-	3.802	492.460	-	101.606	390.854	79,3

Tabela 4: Retrofit da iluminação de emergência

Onde:

Lamp. Inc.(W): lâmpada incandescente com potência de (W).

Pot. Inc. (W): potência instalada de lâmpada incandescente.

Lamp. PL(W): lâmpada fluorescente compacta com potência de (W).

Pot. PL (W): potência instalada com lâmpada fluorescente compacta.

Total: redução de potência instalada (W).

ΔP (%): percentual de redução de potência instalada (W).

S/R: sem retrofit.

Além do ganho energético, existe a redução de espaço físico, pela diminuição da quantidade necessária de baterias. Com relação aos custos, como o banco de baterias da Itaipu completo custa na ordem de US\$ 2.500.000,00, o ganho pode ser estimado em aproximadamente US\$ 1.982.500,00 a cada 20 anos.

Outro benefício advindo da redução da quantidade de baterias requeridas no redimensionamento do banco é a diminuição do impacto ao meio ambiente, visto que seu descarte sofre restrições ambientais devidas aos seus elementos químicos, como o dióxido de potássio e o níquel.

4.2.2 Sistema de iluminação na área industrial

Os sistemas de iluminação na área industrial são alimentados pelos próprios serviços auxiliares da usina

Conforme mostrado na tabela abaixo, a iluminação da área industrial possui 59.697 lâmpadas, num total instalado de 2,78 MW. A substituição destas lâmpadas por equivalentes mais econômicas traz uma redução de potência instalada de 22,89%.

ITEM	Lâmpada-	Quan-	Pot. Inst.	Lâmpada	Pot. Retrofit	ΔP	ΔP
	pada-	tidade	(W)	Retrofit	(W)	(W)	(%)
1	INC(40)	966	38.640	PL(11)	10.626	28.014	72,5
2	INC(60)	1.566	93.960	PL(15)	23.490	70.470	75,0
3	INC(100)	91	9.100	PL(23)	2.093	7.007	77,0
4	PL(11)	300	3.300	S/R	3.300	0	0
5	FL(20)	13.000	260.000	FE(16)	208.000	52.000	20,0
6	FL(32)	74	2.368	S/R	2.368	0	0
7	FL(40)	37.000	1.480.000	FE(36)	1.332.000	148.000	10,0
8	VM(400)	2.200	880.000	VS(250)	550.000	330.000	37,5
9	SINA(2)	4.500	9.000	S/R	9.000	0	0
TOTAL	-	59.697	2.776.368	-	2.140.887	63.5491	22,89

Tabela 5: Retrofit da iluminação área industrial

Onde:

INC(W): lâmpada incandescente com potência de (W).

PL(W): lâmpada fluorescente compacta com potência de (W).

FL(W): lâmpada fluorescente energy saver com potência de (W).

FC(W): lâmpada fluorescente comum com potência de (W).

VS(W): lâmpada vapor de sódio com potência de (W).

VM(W): lâmpada vapor de mercúrio com potência de (W).

SINA(2): lâmpada de sinalização de 2 W.

Pot. Inst. (W): potência instalada de lâmpada

Lâmpada Retrofit: substituição por lâmpada equivalente mais econômica.

S/R: sem retrofit.

Pot. Retrofit (W): potência instalada após o retrofit.

ΔP (W): redução de potência instalada (W).

ΔP (%): percentual de redução de potência instalada (W).

Algumas ações já foram tomadas, como: substituição de aproximadamente 1.000 lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes compactas, trazendo como benefício a redução da carga instalada, reduzindo-se o

consumo de energia, além da redução da necessidade de mão de obra para a troca de lâmpadas, pois as fluorescentes compactas possuem uma vida útil superior.

Na Itaipu, as galerias são identificadas por elevação, seguida por um número que significa quantos metros estão acima do nível do mar.

Houve, também, o desligamento de 50% da iluminação da galeria da elevação 133 com uma redução de 46.080 kWh/mês, e o desligamento de 50% da iluminação da galeria da elevação 128 com uma redução de 69.120 kWh/mês, baseados nas medições descritas na tabela abaixo feitas com luxímetro nos locais, o que possibilitou estas ações.

Elevação (m)	Ligadas (%)	Medições(Lux)		Lâmpadas			Redução (W)
		Máx	Mín	W/um	Unidades	(W)	
133	100	560	540	40	3.200	128.000	-
133	50	340	280	40	1.600	64.000	64.000
128	100	185	140	400	480	192.000	-
128	50	135	130	400	240	96.000	96.000
Total	-	-	-	-	-	-	160.000

Tabela 6: Medições nas galerias da casa de força

Nas galerias das elevações acima, conseguiu-se um consenso com a equipe de trabalho local para que fosse possível reduzir pela metade a potência instalada.

Elevação	127	122	108 Trafos	108 Tampas	98
Máx (Lux)	75	105	120	180	195
Mín (Lux)	55	85	95	130	90

Quadro 7: Medições nas galerias da casa de força: outras medições

Nas elevações acima, foram mantidos os níveis atuais de iluminação, pois abaixo destes valores não fica confortável o trabalho do pessoal de operação e manutenção, presentes no local durante a inspeção.

O objetivo nas vias de acesso na área industrial é a substituição das lâmpadas de vapor de mercúrio por lâmpadas de vapor de sódio, trazendo como benefícios a redução da carga instalada, do consumo de energia, da necessidade de mão de obra para a troca de lâmpadas, pois as lâmpadas de vapor de sódio possuem uma vida útil superior, assim como, a redução das queimas dos transformadores individuais das lâmpadas por sobreaquecimento por causa da redução das cargas individuais, uma vez que a alimentação está dimensionada em 460V, sendo necessários transformadores individuais de 460/220V nos postes.

Considerando que o custo de referência da energia suprida à área industrial é de US\$ 26,00/MWh; que a iluminação das áreas internas da área industrial permanece 24 horas por dia ligada por causa de seu expediente ininterrupto; e que somente a iluminação viária com lâmpadas de vapor de mercúrio funciona com foto-células, mantendo-se em média 12 horas diárias de funcionamento, temos:

- ❖ Economia anual de energia estimada para as áreas internas:

$$E_{VA} = W_{RP} \times \text{horas} = 305.491 \text{ W} \times 8760 \text{ h} = 2.676,1 \text{ MWh}$$

$$\text{Redução de custo} = 2.676,1 \text{ MWh} \times \text{US\$ } 26,00/\text{MWh} = \text{US\$ } 69.578,60/\text{ano}.$$

- ❖ Economia anual de energia estimada para as vias de acesso:

$$E_{VA} = W_{RP} \times \text{horas} = 330.000 \text{ W} \times 4380 \text{ h} = 1.445,4 \text{ MWh}$$

$$\text{Redução de custo} = 1.445,4 \text{ MWh} \times \text{US\$ } 26,00/\text{MWh} = \text{US\$ } 37.580,00/\text{ano}.$$

- ❖ Economia anual de energia estimada para as galerias:

$$E_{VA} = W_{RP} \times \text{horas} = 160.000 \text{ W} \times 8760 \text{ h} = 1.401,6 \text{ MWh}$$

$$\text{Redução de custo} = 1.401,6 \text{ MWh} \times \text{US\$ } 26,00/\text{MWh} = \text{US\$ } 36.441,60/\text{ano}.$$

Estima-se, então, uma redução no consumo de 5.523,1 MWh para uma redução de potência instalada de 635.491 W nos serviços auxiliares, o que significa uma redução de custo anual de US\$ 143.600,20 com energia.

4.2.3 Sistema de iluminação no lado brasileiro

Os sistemas de iluminação das instalações da Itaipu, localizadas no Brasil, são alimentados pela concessionária local, ou seja, a Companhia Paranaense de Eletricidade (Copel).

Conforme mostrada na tabela abaixo, a iluminação no lado brasileiro possui 12.327 lâmpadas, num total instalado de 748.355 W. A substituição destas lâmpadas por equivalentes mais econômicas traz uma redução de potência instalada de 18,65%.

ITEM	Lâm-pada	Quan-tidade	Pot. Inst.(W)	Lâmpada Retrofit	Pot. (W) Retrofit	ΔP (W)	ΔP (%)
1	INC60	886	53.160	PL15	13.290	39.870	75,0
2	PL15	50	750	S/R	750	0	0
3	FL20	457	9140	FE16	7.312	1.828	20,0
4	FL40	9.473	378.920	FE36	341.028	37.892	10,0
5	FL85	225	19.125	S/R	19125	0	0
6	FL110	490	53.900	S/R	53.900	0	0
7	VM(400)	400	160.000	VS250	100.000	60.000	37,5
8	VS(250)	200	50.000	S/R	50.000	0	0
9	MS(160)	146	23.360	S/R	23.360	0	0
TOTAL	-	12.327	748355	-	608.765	139.590	18,65

Tabela 7: Retrofit da iluminação no lado brasileiro

Onde:

Pot. Inst. (W): potência instalada de lâmpada.

FE(W): lâmpada fluorescente energy saver com potência de (W).

FL(W): lâmpada fluorescente com potência de (W).

VS(W): lâmpada vapor de sódio com potência de (W).

MS(W): lâmpada de vapor misto com potência de (W).

VM(W): lâmpada vapor de mercúrio com potência de (W).

Lampada Retrofit: lâmpada equivalente mais econômica.

Pot. Retrofit (W): potência instalada após retrofit.

ΔP (W): redução de potência instalada (W).

ΔP (%): percentual de redução de potência instalada (W).

Considerando que o custo de referência da energia suprida no lado brasileiro é de US\$ 102,00/MWh; que a iluminação das áreas internas permanece 10 horas por dia ligada por causa de seu expediente normal de 8 horas, mais a extensão de jornada de trabalho e limpeza; e que a iluminação viária funciona com foto-células mantendo-se em média 12 horas diárias de funcionamento, temos:

❖ Economia anual de energia estimada para as áreas internas:

$$E_{VA} = W_{RP} \times \text{horas} = 79.590 \text{ W} \times 3650 \text{ h} = 290,5 \text{ MWh.}$$

$$\text{Redução de custo} = 290,5 \text{ MWh} \times \text{US\$ } 102,00/\text{MWh} = \text{US\$ } 29.631,00/\text{ano.}$$

❖ Economia anual de energia estimada para as vias de acesso:

$$E_{VA} = W_{RP} \times \text{horas} = 60.000 \text{ W} \times 4380 \text{ h} = 262,8 \text{ MWh.}$$

$$\text{Redução de custo} = 262,8 \text{ MWh} \times \text{US\$ } 102,00/\text{MWh} = \text{US\$ } 26.805,60/\text{ano.}$$

Estima-se, então, uma redução no consumo de 553,3 MWh para uma redução de potência instalada de 139.590 W no lado brasileiro, o que significa uma redução de custo anual de US\$ 56.436,60 com energia.

4.2.4 Sistema de iluminação no lado paraguaio

Os sistemas de iluminação das instalações da Itaipu, localizados no Paraguai, são alimentados pela concessionária local, ou seja, a Administración Nacional de Electricidad (ANDE).

O maior potencial nas edificações é a substituição das lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes compactas, sendo estas de 40W por *energy savers* de 36 ou 32W, assim como de lâmpadas fluorescentes de 20W por 16W, trazendo como benefícios a redução da carga instalada, reduzindo-se o

consumo de energia, e redução da necessidade de mão de obra para a troca de lâmpadas por causa da maior vida útil das lâmpadas novas (retrofit).

Conforme mostrada na tabela abaixo, a iluminação no lado paraguaio possui 17.877 lâmpadas num total instalado de 928.920W. A substituição destas lâmpadas por equivalentes mais econômicas traz uma redução de potência instalada de 18,98%.

ITEM	Lâm-pada	Quan-tidade	Pot. Inst.(W)	Lâmpada Retrofit	Pot. (W) Retrofit	ΔP (W)	ΔP (%)
1	INC(60)	600	36.000	PL(15)	9.000	27.000	75,0
2	FL(20)	1.174	23.480	FE(16)	18.784	4.696	20,0
3	FL(40)	15.417	616.680	FE(36)	550.012	66.668	10,0
4	VM(400)	500	200.000	VS(250)	125.000	75.000	37,5
5	VS(250)	100	25.000	S/R	25.000	0	0
6	VMt(400)	20	8.000	S/R	8.000	0	0
7	VMt(2000)	5	10.000	S/R	10.000	0	0
8	MS(160)	61	9.760	S/R	9.760	0	0
TOTAL	-	17.877	928.920	-	752.556	176.364	18,98

Tabela 8: Retrofit da iluminação no lado paraguaio

Onde:

Pot. Inst. (W): potência instalada de lâmpada.

FE(W): lâmpada fluorescente energy saver com potência de (W).

FL(W): lâmpada fluorescente com potência de (W).

VS(W): lâmpada vapor de sódio com potência de (W).

MS(W): lâmpada de vapor misto com potência de (W).

VM(W): lâmpada vapor de mercúrio com potência de (W).

Lampada Retrofit: lâmpada equivalente mais econômica.

Pot. Retrofit (W): potência instalada após retrofit.

ΔP (W): redução de potência instalada (W).

ΔP (%): percentual de redução de potência instalada (W).

Considerando que o custo de referência da energia suprida no lado paraguaio é de US\$ 46,00/MWh; que a iluminação das áreas internas permanece 10 horas por dia ligada por causa de seu expediente normal de 8 horas, mais extensão de jornada de trabalho e limpeza; e que a iluminação viária funciona com fotocélulas mantendo-se em média 12 horas diárias de funcionamento, temos:

- ❖ Economia anual de energia estimada para as áreas internas:

$$E_{VA} = W_{RP} \times \text{horas} = 176.364 \text{ W} \times 3650 \text{ h} = 643,7 \text{ MWh.}$$

$$\text{Redução de custo} = 643,7 \text{ MWh} \times \text{US\$ } 46,00/\text{MWh} = \text{US\$ } 29.610,20/\text{ano.}$$

- ❖ Economia anual de energia estimada para as vias de acesso:

$$E_{VA} = W_{RP} \times \text{horas} = 75.000 \text{ W} \times 4380 \text{ h} = 328,5 \text{ MWh.}$$

$$\text{Redução de custo} = 328,5 \text{ MWh} \times \text{US\$ } 46,00,00/\text{MWh} = \text{US\$ } 15.111,00/\text{ano.}$$

Estima-se, então, uma redução no consumo de 972,2 MWh para uma redução de potência instalada de 176.364 W no lado paraguaio, o que significa uma redução de custo anual de US\$ 44.721,20 com energia.

4.2.5 Considerações finais

Algumas ações foram tomadas durante o período do racionamento, como: o desligamento de 74% da iluminação viária da margem esquerda com uma redução de 66.211 kWh/mês; o desligamento de 50% da iluminação viária da margem direita com uma redução de 80.582 kWh/mês; o desligamento de 50% da iluminação viária da área industrial com uma redução de 92.016 kWh/mês; e o desligamento de 100% da iluminação dos mirantes das margens esquerda e direita com uma redução de 4.032 kWh/mês. No entanto, estas medidas emergenciais foram desfeitas logo após o período do racionamento.

ITEM	LAMP.	Pi (W)	Pr (W)	ΔP (W)	ΔP (%)
Iluminação de Emergência	3.802	492.460	101.606	390.854	79,3
Área Industrial	59.697	2.776.368	2.140.887	635.481	22,89
Lado Brasileiro	12.327	748.355	608.765	139.590	18,65
Lado Paraguaio	17.877	928.920	742.796	176.364	19,18
TOTAL	93.703	4.946.103	3.594.054	1.342.289	27,14

Tabela 9: Redução na potência instalada

ITEM	Ea (MWh)	Ear (MWh)	ΔE (MWh)	ΔE (%)
Iluminação de Emergência	S/C	S/C	S/R	S/R
Área Industrial	20.427,1	14.904,0	5.523,1	27,04
Lado Brasileiro	2.901,8	2.368,5	533,3	18,38
Lado Paraguaio	3.617,8	2.645,6	972,2	26,87
TOTAL	26.946,7	19.918,1	7.028,6	26,08

Tabela 10: Redução na energia consumida

ITEM	Ca(US\$)	Car(US\$)	ΔC (US\$)	ΔC (%)
Iluminação de Emergência*	125.000,00	25.875,00	99.125,00	79,30
Área Industrial	531.104,60	387.504,00	143.600,00	27,04
Lado Brasileiro	295.983,60	241.587,00	54.396,60	18,38
Lado Paraguaio	166.418,80	121.697,60	44.721,20	26,87
TOTAL	1.118.507,00	776.663,78	341.843,22	30,56

* Redução no custo de reposição de baterias, distribuída por ano.

Tabela 11: Redução no custo anual

Onde:

LAMP.: quantidade de lâmpadas instaladas.

$P_i(W)$: potência instalada antes do retrofit.
 $P_r(W)$: potência instalada depois do retrofit.
 $\Delta P(W)$: redução de potência em Watts.
 $\Delta P(\%)$: redução de potência em percentual.
 $E_a(MWh)$: consumo anual de energia antes do retrofit.
 $E_{ar}(MWh)$: consumo anual de energia depois do retrofit.
 $\Delta E(W)$: redução anual de energia em Mega-Watt-hora.
 $\Delta E(\%)$: redução anual de energia em percentual.
 $C_a(US\$)$: custo anual com energia antes do retrofit.
 $C_{ar}(US\$)$: custo anual com energia depois do retrofit.
 $\Delta C(US\$)$: redução de custo anual em dólares.
 $\Delta C(\%)$: redução de custo anual em percentual.
 S/C : sem consumo.
 S/R : sem retrofit.

Portanto, destaca-se o potencial de redução da potência instalada de 1.342.289 W (27,14%), representando uma redução de consumo de 7.028,6 MWh/ano (26,08%) com uma economia anual de US\$ 341.843,22 (30,56%).

4.3 Correção do fator de potência dos serviços auxiliares da usina: caso de inovação tecnológica

Este trabalho propõe a correção do fator de potência das instalações da Entidade, através da introdução de banco de capacitores.

A Figura 4 abaixo o triângulo de potências. Se a potência aparente liberada ($S'-S$) for convertida em potência ativa a um fator de potência corrigido ($\cos \phi'$), tem-se uma liberação de potência ativa (ΔP) sem precisar alterar a rede elétrica.

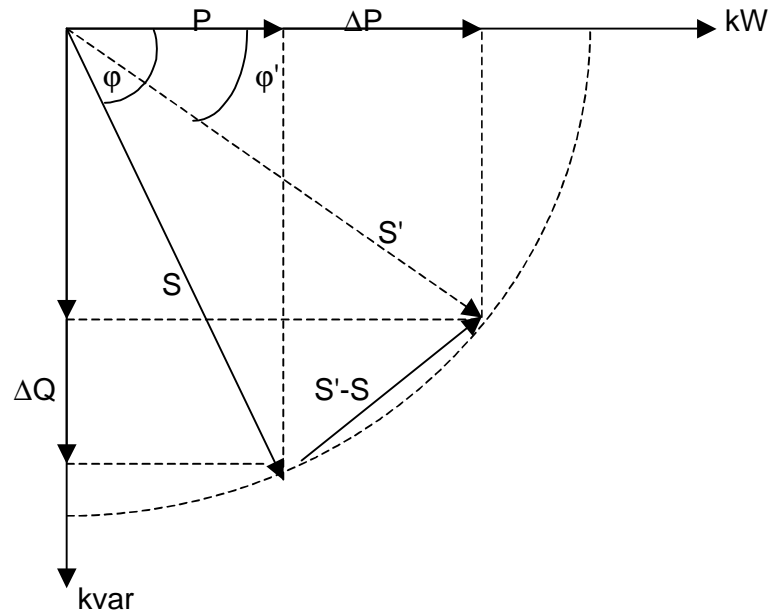


Figura 4: Triângulo das potências.

Onde:

φ : ângulo do fator de potência

φ' : ângulo do fator de potência corrigido

S: potência aparente

S': potência aparente para o fator de potência corrigido

ΔQ : potência reativa excedente

ΔP : potência ativa liberada

S'-S: potência aparente liberada

A presente memória de cálculo é relativa aos estudos e medições de fator de potência, que foram realizados para a correção do fator de potência dos serviços auxiliares da Usina Hidrelétrica de Itaipu, em 50 Hz e 60 Hz, com a finalidade de liberação de potência ativa (MW).

O critério utilizado foi realizar medições através do laboratório de medidas elétricas da Itaipu, e compará-las com as medições de uma empresa externa de consultoria nesta área.

Como o limite mínimo do fator de potência pela norma é de 0,92 e o máximo teórico é de 1,00, adotou-se como valor de referência à média de 0,96 a fim

de que se pudesse compatibilizar uma margem de segurança em relação ao valor mínimo, sem se maximizar o custo.

Foram feitas projeções para que a solução proposta absorva, também, o acréscimo de carga advinda da colocação de mais duas unidades geradoras (9A e 18A).

O Decreto nº 479, de 20/03/92 do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - DNAEE, hoje Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, aumentou o limite do fator de potência de 0,85 para 0,92 a partir de 1996, permitindo, à concessionária, o faturamento horário da energia reativa excedente.

Assim sendo, tendo a Itaipu como uma das opções da alimentação dos serviços auxiliares a Copel, a cobrança desta energia estaria sujeita a multa pela ultrapassagem do limite de 0,92 do fator de potência, denominada de energia reativa excedente.

Como a legislação adotou o critério horário em substituição ao Decreto nº 75.887, de 20/06/75 que adotava a média mensal, a opção técnica que corresponde ao atendimento da lei passou a ser a correção com Bancos Automáticos capazes de conectar somente a energia reativa necessária, evitando-se ultrapassagens instantâneas.

Além disso, a Portaria 1569 de 23/12/93, estabelece como nível máximo de utilização de reativo indutivo ou capacitivo de 0,425 kvar por kWh, fazendo com que o ajuste por baixo fator de potência deixasse de existir, sendo substituído pelo faturamento do excedente de reativo, seja ele indutivo ou capacitivo, inviabilizando os bancos estáticos que, além de correrem o risco de manter o fator de potência indutivo abaixo do limite em variações positivas de carga, excederiam o limite capacitivo pela conexão em baixa carga.

Foram realizadas medições nos seguintes pontos:

a) Nos serviços auxiliares em 50 Hz:

- . QA 01 - Quadro principal nº 01 de alimentação em 13,8 kV.
- . QP 01 - Quadro principal nº 01 de distribuição em 13,8 kV.
- . QP 02 - Quadro principal nº 02 de distribuição em 13,8 kV

b) Nos serviços auxiliares em 60 Hz:

- . QA 02 - Quadro principal nº 02 de alimentação em 13,8 kV

- . QP 03 - Quadro principal n° 03 de distribuição em 13,8 kV
- . QP 04 - Quadro principal n° 04 de distribuição em 13,8 kV

Devido à diversidade das cargas da usina, optou-se pela correção automática na entrada da alimentação dos serviços auxiliares a fim de que se contrate menos kvar, reduzindo-se os custos, inclusive de instalação, e aproveitando-se mais os capacitores que, deste modo, podem servir a todos os equipamentos que deles necessitem alternadamente ou simultaneamente, mantendo-se o fator de potência instantâneo acima de 0,92 que é o padrão adotado pela norma.

Devido às características próprias dos serviços auxiliares da usina de Itaipu, onde as Unidades Geradoras de 1 a 9 possuem serviços auxiliares em 50 Hz e as Unidades Geradoras de 10 a 18 possuem serviços auxiliares em 60 Hz, o cálculo do dimensionamento da correção do fator de potência se baseou em duas soluções independentes, com o dimensionamento de um Banco Automático de Capacitores para a correção do lado de 50 Hz e outro Banco Automático de Capacitores para a correção para o lado de 60 Hz.

4.3.1 Serviços auxiliares em 50 Hz

a) Barramento QA 01:

Para este barramento a análise das medições e dos gráficos demonstrou a seguinte necessidade de kvar.:

- Q = 2.100 kvar
- Condição Inicial:
- $P_i = 5.500$ kW
- $Q_i = 3.500$ kvar.
- $S_i = 6.590,2$ kVA.
- $F_p = 0,83$.

Acrescentando-se 2.100 kvar em Banco de Capacitores, teremos que:

- $P_i = 5.500 \text{ kW}$.
- $Q_i = 1.400 \text{ kvar}$.
- $S_i = 5.675,3 \text{ kVA}$.
- $F_p = 0,96$.

A análise da potência aparente, antes e após a instalação do banco de capacitores, demonstra a seguinte liberação de geração SL (kVA):

- $S_i = 914,9 \text{ kVA}$, que corresponde a 14,0% da potência aparente consumida neste barramento com uma liberação de 878,3 kW de potência ativa.

4.3.2 Serviços auxiliares em 60 Hz

b) Barramento QA 02:

Para este barramento a análise das medições e dos gráficos demonstrou a seguinte necessidade de kvar:

- $Q = 1.350 \text{ kvar}$.
- Condição Inicial:
 - $P_i = 7.000 \text{ kW}$.
 - $Q_i = 3.400 \text{ kvar}$.
 - $S_i = 7.782 \text{ kVA}$.
 - $F_p = 0,89$.

Acrescentando-se 1.350 kvar em Banco de Capacitores, teremos que:

- $P_i = 7.000 \text{ kW}$.
- $Q_i = 2.050 \text{ kvar}$.
- $S_i = 7.294 \text{ kVA}$.
- $F_p = 0,96$.

A análise da potência aparente, antes e após a instalação do banco de capacitores, demonstra a seguinte liberação de geração SL (kVA):

- $S_i = 487,9$ kVA, que corresponde a 6,3% da potência aparente consumida neste barramento com uma liberação de 468,4 kW de potência ativa.

4.3.3 Solução proposta

O ganho total é obtido somando se o ganho nos lados de 50 Hz e 60 Hz:

- a) Em 50 Hz: $S_i = 914,9$ kVA, que corresponde a 14,0% de ganho.
- b) Em 60 Hz: $S_i = 487,9$ kVA, que corresponde a 6,3% de ganho.
- c) Total: $S_i = 1.402,8$ kVA, que corresponde a 20,3 % de ganho.

Portanto, o ganho total é de $1.402,8$ kVA \times $0,96 = 1.346,7$ kW, que corresponde a uma economia equivalente a 5.387 residências (padrão Procel = 180 kWh/residência) ou a uma economia de 20,3% na demanda dos serviços auxiliares.

A solução proposta, então, apresenta-se na seguinte especificação:

- 1) Um (1) Banco Automático de Capacitores, trifásico, em derivação, para instalação ao tempo e para correção do fator de potência dos Serviços Auxiliares em 50 Hz da Casa de Força, completo com todos os seus componentes e acessórios. Os valores de referência devem ter as características indicadas a seguir, as quais devem ser consideradas como requisitos mínimos:

a) Tensão Nominal (valor eficaz):	13.8 kV
b) Freqüência nominal:	50 Hz
c) Classe de Tensão:	15 kV
d) NBI:	95 kV
e) Estágios:	3 X 700 kvar
f) Potência Reativa Total:	2.100 kvar

- 2) Um (1) Banco Automático de Capacitores, trifásico, em derivação, para instalação ao tempo e para correção do fator de potência dos Serviços Auxiliares em 60 Hz da Casa de Força, completo com todos os seus componentes e acessórios.

Os valores de referência devem ter as características indicadas a seguir, as quais devem ser consideradas como requisitos mínimos:

a) Tensão Nominal (valor eficaz):	13.8 kV
b) Freqüência nominal:	60 Hz
c) Classe de Tensão:	15 kV
d) NBI:	95 kV
e) Estágios:	3 X 450 kvar
f) Potência Reativa Total:	1.350 kvar

4.3.4 Análise financeira

DESCRIÇÃO	CUSTO (US\$)
BANCO 50 HZ	82.282,20
BANCO 60 HZ	79.516,50
TOTAL	161.798,70

Quadro 8: Banco de Capacitores

MATERIAIS ADICIONAIS	31.500,00
MONTAGEM	71.304,00
SOBRESSALENTES	2.237,76
ENSAIOS	11.880,00
TOTAL	116.921,76

Quadro 9: Custos Adicionais

DESCRIÇÃO	CUSTO (US\$)
BANCO 50 HZ	82.282,20
BANCO 60 HZ	79.516,50
MATERIAIS ADICIONAIS	31.500,00
MONTAGEM	71.304,00
SOBRESSALENTES	2.237,76
ENSAIOS	11.880,00
TOTAL	278.620,46

Quadro 10: Custo Total

❖ Custo/benefício

Considerando-se o preço da energia de Itaipu = 33,1 US\$/MWh (ref.out/2001), teremos um ganho potencial mensal equivalente a:

$$\text{US\$ } 33,1/\text{MWh} \times 1.346,7 \text{ kW}/1000 \times 720\text{h} = 32.094,55 \text{ US\$}.$$

Adotando-se uma taxa mínima de atratividade de 15% ao ano, podemos encontrar a taxa efetiva mensal:

$$i \text{ (mensal)} = (1 + 0,15)^{1/12} - 1$$

$$i \text{ (mensal)} = 1,17\%$$

Para n meses, teremos um valor presente equivalente P(n) de:

$$P(10) = 32.094,55 \times \frac{(1 + 0,0117)^{10} - 1}{0,0117 \times (1 + 0,0117)^{10}} = 302.330,66 \text{ US\$}$$

$$P(9) = 32.094,55 \times \frac{(1 + 0,0117)^9 - 1}{0,0117 \times (1 + 0,0117)^9} = 272.556,79 \text{ US\$}$$

Por interpolação, para que tenhamos um retorno equivalente ao investimento total de US\$ 278.620,46, o intervalo de tempo se dá em 9,2 meses. Portanto, podemos considerar o retorno do investimento = 10 meses.

Considerando a vida útil do Banco de Capacitores como 20 anos (fonte: Inepar), teremos os seguintes cálculos para a relação custo/benefício:

1.402,8 kVA a $\cos\phi = 0,96$ temos 1.346,7 kW de ganho.

1.346,7 kW x 24h x 365 dias = 11.797.092 kWh/ano

11.797,092 MWh x 33,1 US\$/MW = 390.483,75 US\$/ano de ganho.

O custo total foi estimado em US\$ 278.620,46. Adotando-se uma taxa mínima de atratividade de 15%, teremos um valor presente equivalente de:

$$P = \frac{390.483,75 \times (1 + 0,15)^{20} - 1}{0,15 \times (1 + 0,15)^{20}}$$

$$P = \text{US\$ } 2.448.333,11$$

$$\text{A relação custo benefício se torna: } \frac{278.620,60}{2.448.333,11} = \frac{1}{8,79}$$

4.3.5 Considerações finais

Adotando-se a solução proposta, o ganho estimado em demanda é de 1.346,7 kW, que corresponde a 20,3% de redução na potência ativa consumida pelos serviços auxiliares com um retorno do investimento em 10 meses, assim como, uma relação custo/benefício de 1/ 8,79.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 Conclusões

A situação de racionamento, pela qual passou o país durante o desenvolvimento deste trabalho, proporcionou uma oportunidade ímpar de se testar uma necessidade extrema de economia de energia, implantada de forma compulsória pelo governo federal com o objetivo de ser superada a crise de energia.

Este fato acabou por enriquecer o trabalho à medida que foi testado um modelo específico para esta situação de crise. Os resultados obtidos foram favoráveis à medida que foram utilizadas técnicas de gerenciamento pelo lado da demanda, nas quais tinha-se o poder absoluto de se gerenciar as cargas, sob pena de sermos penalizados. Foram plenamente atingidos os níveis de 15, 25 e 35% de redução exigida, consecutivamente pela legislação, no caso das instalações supridas pela concessionária, em especial nas instalações do Centro Executivo da empresa, como demonstra o estudo de caso deste trabalho.

Também, pelo fato da conservação de energia estar em evidência, foi facilitado o desenvolvimento do modelo para inovação tecnológica com a introdução da correção do fator de potência dos serviços auxiliares da usina, o que, em outras épocas, não despertaria tanto interesse porque, uma vez que são cargas supridas pela própria usina, não há, em operação normal, nenhuma penalização, sendo que, isto ocorre, somente quando estas cargas são supridas pela concessionária em situações de manutenção de barramentos ou outros equipamentos.

A questão do *retrofit* do sistema de iluminação, para o que se diz em linguagem corriqueira, de “eficientização” de um sistema, já estava nos planos da empresa, se torna pertinente e relevante na medida em que se constata que o

projeto dos sistemas de iluminação de Itaipu já data de duas décadas, o que a o defasou dos novos sistemas e equipamentos de iluminação atuais mais eficientes.

5.1.1 Conclusões sobre o objetivo geral

Devido à quantidade de sistemas e módulos temáticos, além da complexidade das instalações da Itaipu até pelo fato de ser a maior usina hidrelétrica e maior geradora de energia do mundo, não foi possível, apenas com este trabalho, levantar todo o seu potencial de conservação de energia. Teria até sido uma meta muito difícil de ser alcançada se tivesse sido desejada.

No entanto, pode-se afirmar que o objetivo geral foi atendido dentro dos limites do trabalho, pois a avaliação dos módulos temáticos escolhidos identificaram redução de desperdícios de energia elétrica e de custos associados.

Dentro das medidas sugeridas, naturalmente que aquelas que não produzam custo ou aquelas menos onerosas são as que na prática são priorizadas, ou seja, aquelas que tragam maior custo/benefício, daí a importância de se levantar este índice.

O segmento de conservação de energia vem se expandindo consideravelmente, proporcionando a um grande número de empresas e pessoas métodos eficazes e seguros de eficiência energética, oferecendo redução de desperdícios de energia elétrica e de custos associados.

5.1.2 Conclusões sobre os objetivos específicos

Os objetivos específicos foram plenamente atingidos. Foram identificados os módulos temáticos pertinentes ao estudo de caso, foram propostos e aplicados modelos de gestão para cada caso típico escolhido.

Os resultados obtidos mostraram a assertiva dos modelos de gestão propostos e módulos temáticos escolhidos. A possibilidade de disponibilização de de aproximadamente 20% de potência ativa para a mesma potência aparente, só no caso da correção do fator de potência, abre um precedente por este caso ser

multiplicador de ganhos significativos para as demais usinas em curto prazo, pois só depende da instalação de bancos automáticos de capacitores.

Com relação ao ganho de aproximadamente 20% do sistema de iluminação, sua implementação se dá, na prática, mais a médio prazo, pois neste caso a gerência prefere aguardar a perda da vida útil das lâmpadas para permitir a substituição, evitando-se, assim, perda de lâmpadas ainda utilizáveis.

No entanto, no caso da iluminação, existem ainda ganhos agregados como menores necessidades de trocas pela maior vida útil das novas gerações de lâmpadas, o que diminui os custos tanto de material quanto da mão de obra para a troca. No caso da Itaipu, a área de manutenção calculou uma redução de quatro técnicos com aproximadamente 30% do retrofit concluído.

Antes do racionamento, conforme Limaverde (1990), cerca de 30% dos consumidores adotaram as medidas de conservação de energia sugeridas nos relatórios das auditorias energéticas, conforme relato das concessionárias participantes das 2.000 auditorias, aproximadamente, oferecidas aos consumidores e realizadas até aquela data dentro do programa do PROCEL.

Hoje este quadro se inverteu, pois os diagnósticos não são apenas oferecidos, mas sim solicitados pelos consumidores. O racionamento deixou a consciência de que a energia não é mais algo abundante e barato, e que não mereça maiores cuidados.

Dentro das medidas sugeridas, naturalmente que, aquelas que não produzam custo ou aquelas menos onerosas são as que na prática são priorizadas, ou seja, aquelas que tragam maior custo/benefício, daí a importância de se levantar este índice.

O segmento de conservação de energia vem se expandindo consideravelmente, proporcionando a um grande número de empresas e pessoas, métodos eficazes e seguros de eficiência energética, oferecendo economia de tempo e redução de custos.

E o que se viu após o racionamento? As regiões que foram afetadas diretamente pelo racionamento como o Nordeste, o Sudeste e o Centro-Oeste, apresentaram uma curva de consumo abaixo do esperado, conforme o Prof. Nivalde J. Castro, no IFE - Informe Eletrônico 856 da UFRJ, de 12 de abril de 2002. Já as regiões Norte (que entrou posteriormente no racionamento em relação às anteriores)

e a região Sul ficaram acima do esperado. Isto comprova a mudança de hábitos ocorrida nesta ocasião quando os consumidores foram submetidos a cotas de redução de consumo.

O racionamento deixou a consciência de que a energia não é barata nem abundante. Parecia existir a crença de que, do ponto de vista da utilização de energia, pouco se tinha a fazer. Quando os primeiros sinais do racionamento de energia elétrica começaram a surgir, nas empresas a preocupação com a eficiência energética se tornou visível. Os gerentes e os empregados começaram a visualizar o potencial de ganho com a eficiência energética.

Os reais prejuízos causados pelos grandes desligamentos, no entanto, não foram contabilizados. Quantas pessoas morreram em hospitais, acidentes de trânsito, acidentes domésticos e outros por falta de energia? Quantos ficaram aleijados? Os traumas de elevadores travados, dos assaltos, da angústia de ficar sem mobilidade e orientação são graves também. Qual foi o prejuízo da indústria e do comércio? A falta de cobrança real dos imensos prejuízos dá forças a tradições nada técnicas de nossa diplomacia.

Agora que se sabe que a energia é um bem precioso, é necessário dizer às pessoas que é possível usá-la melhor e criar as condições para que elas o façam. Através da termodinâmica, sabemos que a natureza já penaliza as conversões de energia, portanto, não é necessário auxiliá-la nisso.

Com o fim do racionamento e os constantes reajustes tarifários, os grandes consumidores começaram a se preocupar muito mais com a questão da energia. Assim sendo, pode-se afirmar que a conservação da energia é estratégica para as empresas, objetivando a melhoria da eficiência dos processos e a redução dos custos da produção.

Quanto ao futuro da conservação de energia, fazer previsões pode ser tarefa arriscada diante da extrema velocidade com que estão se processando as mudanças em termos de recursos tecnológicos.

Pode-se citar a tendência da concepção da conservação em favor não só da economia como também inserindo no contexto de preservação do meio ambiente, com o uso ecologicamente correto dos recursos naturais como energia, água, ventilação, insolação e sombreamento.

Assim, o futuro parece reservar um lugar de destaque aos projetos que estejam preparados para se integrar de maneira satisfatória ao meio ambiente, ao mesmo tempo em que desempenham de forma eficiente e correta seu papel na sociedade.

5.2 Recomendações

Como esse estudo dá maior enfoque ao gerenciamento pelo lado da demanda visando o uso final da energia, um futuro trabalho, que dê maior enfoque pelo lado da oferta, ou seja, as perdas na geração da energia elétricas, pode contribuir para complementar este, em termos de diagnóstico de perdas em usinas hidrelétricas.

A crescente demanda por sistemas de gestão e gerenciamento de energia deve incentivar um grande número de trabalhos acadêmicos, devida à grande diversidade de inovações tecnológicas nas áreas de automação de sistemas, contribuindo diretamente na redução das perdas nas instalações elétricas, tanto as perdas técnicas quanto as advindas do desperdício no uso da energia elétricas, como desligamentos automáticos de sistemas ou operação em níveis ótimos de sistemas.

Está claro que continua sendo importante a expansão da oferta, pois é necessária uma grande quantidade de energia para alimentar o desenvolvimento econômico e fornecer oportunidades de crescimento a milhões de pessoas, em especial nos países em desenvolvimento onde as taxas de crescimento da população são mais elevadas, mas assim mesmo, é necessário conjugá-la com uma utilização eficiente e compatível com a preservação em torno das gerações vindouras em consonância com um uso sustentável.

Algumas recomendações para evolução deste tema, no que diz respeito às ferramentas para melhoria da qualidade do programa:

- Confecção de um banco de dados em nível nacional, a fim de que se possa atualizar o dimensionamento do potencial de perdas elétricas;

- atualização dos softwares existentes para contemplar a evolução nas auditorias em seus amplos aspectos;
- utilização/desenvolvimento de uma metodologia de priorização das ações de conservação de energia, uma vez que, ao ser decretado o racionamento as empresas na tentativa de atingir as metas impostas pelo governo, utilizaram na prática mais o “feeling” das equipes através de um diagnóstico extensivo, ao invés de uma metodologia de priorização.

Algumas recomendações para evolução deste tema no que diz respeito à implementação do programa nas empresas:

- ❖ Evolução dos programas de benchmarking para comprometimento e maior participação e motivação de todos os envolvidos no sistema;
- ❖ implementação de planos de capacitação e treinamento pelas áreas de gestão dos recursos humanos;
- ❖ adoção de uma rotina de avaliação e acompanhamento dos resultados com o objetivo da melhoria contínua, assegurando a evolução do programa.

Além disso, verificar se a adoção de ferramentas da qualidade pode agregar valor aos levantamentos das perdas, como:

- ❖ Método de Identificação, Análise e Solução de Problemas (MIASP) nos casos em que as perdas podem ser ocasionadas por falhas humanas, por ser um dos métodos mais conhecidos para análise e solução de problemas.
- ❖ No caso de perdas por causas comportamentais, poderíamos usar, dentre os diversos métodos para controle da qualidade, o diagrama de causa e efeito (ISHIKAWA), diagrama de Pareto ou gráficos de controle.
- ❖ O Controle Estatístico do Processo (CEP), no caso do monitoramento do consumo de instalações, em especial no caso da Itaipu onde

algumas instalações prediais possuem fornecimento de energia da concessionária, é um método preventivo de se comparar continuamente os resultados de um processo com um padrão, identificando, a partir de dados estatísticos, as tendências para variações significativas, e eliminando ou controlando estas variações com o objetivo de reduzi-las cada vez mais.

- ❖ *Feedback*, no caso de monitoramento dos resultados.
- ❖ *Brainstorming/brainwriting*, para reuniões multidisciplinares de trabalho no local das instalações a serem auditadas.
- ❖ *Plan, do, check and action (PDCA)*, no planejamento, implementação e monitoramento de auditorias.
- ❖ *Endomarketing*, na implementação de programas de conservação de energia nas empresas.
- ❖ *Benchmarking*, visando elaborar metas de economia de energia similares a casos de sucesso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁGUAS, M. P. N. **Energia em edifícios**. Módulo da disciplina de equipamentos térmicos. Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2001.

ALVAREZ, A. L. M. **Diagnóstico Energético**: oportunidade de redução de custos e maior eficiência energética. Apostila do curso de diagnóstico energético. São Paulo: GEPEA-USP, 1999.

BARBALHO, A. A. R.; et al. **Manual do controle energético para redução de custos - MARK IV**. Rio de Janeiro: Eletrobrás/PROCEL, 1995.

BORENSTEIN, C. R.; CAMARGO, C. C. de B. **O setor elétrico no Brasil**: dos desafios do passado às alternativas do presente. Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 1997.

BORNIA, A. C. **Mensuração das perdas dos processos produtivos**: uma abordagem metodológica de controle interno. 1995. 125 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.

BURGOA, J. A. et al. **Metodologia para elaboração de diagnósticos energéticos**: diagnóstico do potencial para auditoria de energia. In: Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica, 10., 1988, Belo Horizonte. Anais... Rio de Janeiro, 1988.

CAMARGO, C. C. de B. **Gerenciamento pelo lado da demanda**: metodologia para identificação de potencial de conservação de energia elétrica de consumidores residenciais. 1996. 197 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

_____. **Gerenciamento pelo lado da demanda.** Apostila do curso ministrado na Itaipu. Florianópolis, 2001.

CASTRO, N. J. (Ed.). Informe Eletrônico nº1.157. **Gazeta Mercantil.** São Paulo, 11 out. 2002. Disponível em: <<http://www.provedor.nuca.ie.ufrj.br/eletrobras>>. Acesso em: 12 out. 2002.

CATELLI, A.; GERREIRO, R. Uma análise crítica do sistema “ABC” – Activity Based Costing. **Revista Brasileira de Contabilidade.** São Paulo, n. 91, p. 17-23, jan./fev. 1995.

CORNELL, T. L. et al. **Audit Methodology.** Illinois: Gard Analytics Incorporated Company, 2002.

CORREA, A. M. G. **Conservação de energia em campi universitários:** estudo de caso no departamento de engenharia química da UFSC. 1998. 156 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. **Just in time, MRPII e OPT:** um enfoque estratégico. São Paulo: Atlas, 1993.

COSTA, G. J. C. da. **Iluminação econômica:** cálculo e avaliação. Porto Alegre: Edipucrs, 1998.

COTRIM, A. M. B. **Instalações elétricas.** São Paulo: Makron Books, 1992.

CREDER, H. **Instalações elétricas.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1995.

CROOK, D.; GRINBERG, H. **Measures for improving energy efficiency in Commonwealth operations.** Canberra: ISR, 2000.

EISENBEISS, G. **Energieforschung und Technik:** rationelle Energieverwendung und erneuerbare Energiequellen. Bonn: Druckerei Heinz Neubert GmbH, 1985.

FERNANDES, A. et al. **Eficiência energética das edificações.** Rio de Janeiro: INEE, 2001.

FRIEDMAN, G. H.. **Audit report DOE/IG-0477:** the U.S. Department of Energy's audit follow-up process. Washington, DC: DOE, , 1999.

GELLER, H. S.. **O Uso eficiente da eletricidade:** uma estratégia de desenvolvimento para o Brasil. Rio de Janeiro: INEE, 1994.

GHISI, E. **Desenvolvimento de uma metodologia para retrofit em um sistema de iluminação**: estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina. 1997. 246 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

GODOY, A. V et al. **Diagnóstico energético**: a experiência da escola politécnica de Pernambuco. Relatório da UPE. Recife: 1999.

HADDAD, J.; MARTINS, A. R. F. **Redução de custos com energia elétrica**. Itajubá: FUPAI, 2002. Apostila.

HENNICKE, P. et al. **Interdisziplinäre Analyse des Umweltschutz einer Energiespar und Klimaschutzpolitik**. Kiel: Christian-Albrecht-Universität, 1977. Disponível em: <<http://www.nordlich.uni-kiel.de/dfg1.htm>>. Acesso em 11/10/2002.

JANUZZI, G. de M., SWISHER, J. N. P. **Planejamento integrado de recursos energéticos**. Campinas: Autores Associados, 1997.

KENNEY, W.F. **Energy conservation in process industries**. Orlando: Academic Press, 1984.

LAMBERTS, R.; et al. **Eficiência energética em arquitetura**. São Paulo: PW, 1997.

LIMA, L. C A.; DAVID, R. da S. **Eficiência energética em prédios públicos**: Experiência na Bahia. Salvador: Contraste, 1996.

LIMAVERDE, L. C. et al. **Diagnósticos energéticos**. Relatório do Procel. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 1990.

MACHADO, A. C. **Pensando a energia**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 1998.

MAINOM, D. **Passaporte verde**: gestão ambiental e competitividade. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1996.

MARTINS, Eliseu. **Contabilidade de custos**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 1998.

MICHAELS, H. **Efficiency for security**. Energy markets magazine, section market opportunities, february 2002.

MONDELO, Ramon. A. Indicativos de análise. **Engenheiro**, Curitiba, v.11, n.57, p. 8, jul./ago. 2001.

NADEL, S.; GELLER, H. S. **Smart energy policies: saving money and reducing pollutant emissions through greater energy efficiency.** Washington, D.C.: ACEEE – American Council for an Energy-Efficient Economy, 2001.

OLIVEIRA, A. C. C.; SÁ Jr, J. C. de. **Uso eficiente da energia elétrica.** Recife: UFPE, 1998.

RESNICK, R. ; HALLIDAY, D. **Física I-1.** Rio de Janeiro: LTC, 1977.

ROSENFELD, A. H. **Energy efficient US commercial buildings: successful and emerging strategies.** Workshop - Eficiência Energética em Edificações. Rio de Janeiro: CEPEL, 1996.

RORIS, L. **Auditorias energéticas.** Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2002.
Disponível em:
<http://alfa.ist.utl.pt/~lrroz/prodenerg/auditorias_energ1.htm>. Acesso em: 08 out. 2002.

ROTHERY, B. **ISO 9000.** São Paulo: Makron Books, 1993.

SANTOS, A. H. M. et al. **Conservação de energia: eficiência energética em instalações e equipamentos.** Itajubá: EFEI, 2001.

SAIDEL, M. A.; ALVAREZ, A. L. M. **A eficiência energética em computadores pessoais: fundamentos básicos.** São Paulo: USP, 1999. Apostila

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação.** 3. ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC. 2001.

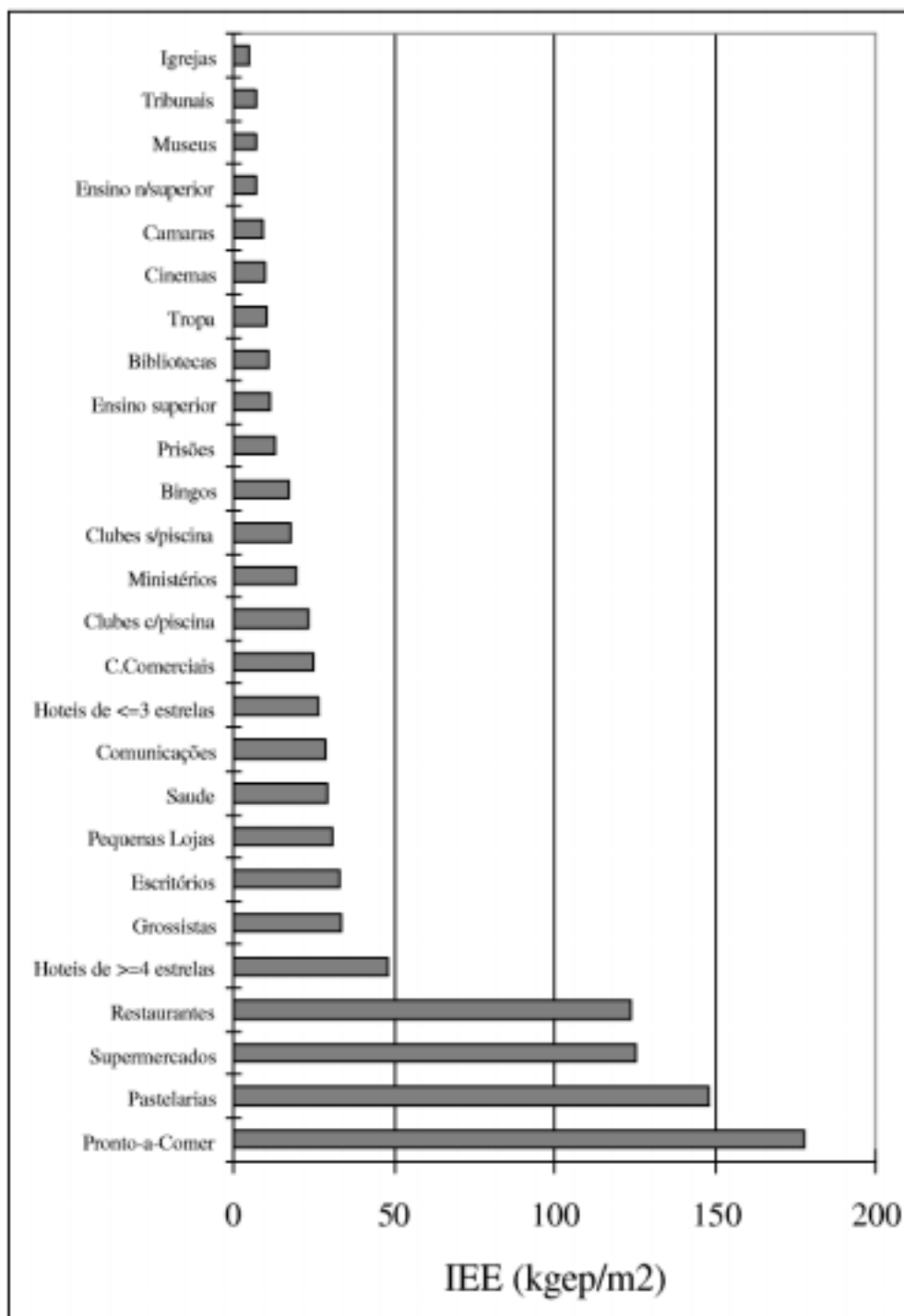
SOARES, A. J. S. et al. **Método para determinação de análise e otimização das perdas técnicas em sistemas de distribuição.** Rio de Janeiro: CODI, 1996.

SUSEMICHEL, A.H. "A systematic approach to organizing an energy audit". In: **energy auditing and conservation**, Hemisphere Publishing, Washington, 1980.

TOLMASCHIM, M. T. et al. **Tendências da eficiência elétrica no Brasil: indicadores de eficiência.** Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 1998.

ANEXO

ANEXO A – Conforto térmico



Fonte: Águas (2001).

ANEXO B – Decreto nº 3.818, de 15 de maio de 2001.



Presidência da República
Casa Civil
Subchefia para Assuntos Jurídicos

DECRETO Nº 3.818, DE 15 DE MAIO DE 2001.

Revogado pelo Decreto nº 4.131, de 14.2.2002

Dispõe sobre medidas emergenciais de redução do consumo de energia elétrica no âmbito da Administração Pública Federal.

PRESIDENTE DA REPÚBLICA, no uso das atribuições que lhe confere o art. 84, incisos IV e VI, da Constituição, e tendo em vista o disposto na Medida Provisória nº 2.147, de 15 de maio de 2001, e a necessidade de reduzir o consumo de energia elétrica, no âmbito da Administração Pública Federal.

DECRETA:

Art. 1º Os órgãos da Administração Pública Federal, direta, autárquica e fundacional, deverão reduzir o seu consumo de energia elétrica, até março de 2002, tendo como referência o mesmo mês do ano anterior, em no mínimo:

- I - quinze por cento no mês de maio de 2001;
- II - vinte e cinco por cento no mês de junho de 2001; e
- III - trinta e cinco por cento a partir de julho de 2001.

§ 1º Os resultados obtidos deverão ser comunicados, mensalmente, à Câmara de Gestão da Crise de Energia - GCE.

§ 2º Os Secretários-Executivos de Ministérios ficam diretamente responsáveis pelo acompanhamento e cumprimento das metas constantes nos incisos I, II e III deste artigo, inclusive em relação às respectivas entidades vinculadas.

§ 3º O não-atendimento das metas estabelecidas deverá ser pessoalmente esclarecido à GCE, pelos respectivos Secretários-Executivos, com as justificativas e especificações das ações suplementares.

§ 4º Caso a GCE não aceite as justificativas pelo descumprimento da meta de redução de que trata este artigo, os Secretários-Executivos, no caso da Administração direta, e os dirigentes máximos, no caso de entidades vinculadas, ficam sujeitos às penalidades previstas na legislação pertinente pelo descumprimento do disposto neste Decreto.

Art. 2º Os órgãos e entidades da Administração Pública Federal deverão diagnosticar o grau de eficiência energética dos imóveis sob sua administração, com vistas à identificação de soluções e à elaboração de projeto de redução do consumo de energia elétrica.

Art. 3º Na aquisição de materiais e equipamentos ou contratação de obras e serviços deverão ser adotadas especificações que atendam os requisitos inerentes à eficiência energética.

Art. 4º As licitações em andamento para aquisição de equipamentos que consumam energia, bem como de obras e serviços de engenharia e arquitetura, deverão se adequar, no que couber, às disposições deste Decreto.

Art. 5º Os Ministérios promoverão, no âmbito de suas unidades, inclusive vinculadas, a conscientização dos servidores com relação à necessidade de redução do consumo de energia elétrica e a adequada utilização de iluminação e equipamentos.

Art. 6º Provisoriamente, e sem prejuízo da jornada de trabalho a que se encontram sujeitos os seus servidores, o horário de funcionamento dos órgãos da Administração Pública Federal, direta, autárquica e fundacional, será de 8:00 às 17:00 horas, com uma hora de intervalo, a partir de 1º de junho de 2001.

§ 1º O disposto neste artigo não se aplica:

I - aos serviços essenciais de atendimento médico hospitalar, segurança pública, pesquisa e produção de medicamentos;

II - às atividades de docência, mantidas por instituições federais de ensino;

III - às atividades permanentes de fiscalização e controle, especialmente, as aduaneiras e sanitárias; e

IV - a outros serviços, a critério do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. (Revogado pelo Decreto nº 3.840, de 11.6.2001)

§ 2º Os sistemas e equipamentos elétricos e eletrônicos não-essenciais à segurança de prédio público somente poderão ser ativados trinta minutos antes do início do expediente e sua desativação deverá ocorrer, no máximo, trinta minutos após ao seu encerramento.

~~§ 3º Em caráter excepcional, os gabinetes dos Ministros de Estado, dos Secretários e dos titulares de autarquias e fundações poderão funcionar fora do horário definido no **caput**.~~

§ 3º Caberá aos Ministros de Estado, em caráter excepcional, definir os órgãos, as entidades ou as unidades administrativas, no âmbito de sua supervisão que, no interesse público, poderão funcionar fora do horário definido no **caput**. (Redação dada pelo Decreto nº 3.840, de 11.6.2001)

Art. 7º Os órgãos e entidades de que trata o **caput** do art. 1º instituirão, no prazo de cinco dias úteis contados da data de publicação deste Decreto, Comissões Internas de Redução de Consumo de Energia - CIRC, com vistas a assessorar os dirigentes no atingimento das metas previstas, bem assim para fins de proposição de medidas que visem a eficiência energética.

Art. 8º O percentual de redução do consumo de energia elétrica a que estarão sujeitas as empresas públicas e sociedades de economia mista será de dez por cento superior ao daquele a ser fixado para as empresas privadas do mesmo setor.

Art. 9º Caberá ao Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão a edição de atos complementares com vistas ao cumprimento do disposto neste Decreto.

Art. 10. Ficam revogados os Decretos nºs 92.311, de 21 de janeiro de 1986, 93.901, de 9 de janeiro de 1987, 3.330, de 6 de janeiro de 2000, 3.789, de 18 de abril de 2001 e 3.806, de 26 de abril de 2001.

Art. 11. Este Decreto entra em vigor na data de sua publicação.

Brasília, 15 de maio de 2001; 180º da Independência e 113º da República.

FERNANDO HENRIQUE CARDOSO

José Jorge

Martus Tavares

Pedro Parente

Este texto não substitui o publicado no D.O.U. 16.5.2001

ANEXO C – Decreto nº 4.131, de 14 de fevereiro de 2002.



PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA
CASA CIVIL
Subchefia para Assuntos Jurídicos

DECRETO Nº 4.131, DE 14 DE FEVEREIRO DE 2002

O PRESIDENTE DA REPÚBLICA, no uso das atribuições que lhe confere o art. 84, incisos IV e VI, alínea "a", da Constituição, e tendo em vista o disposto na Medida Provisória nº 2.198-5, de 24 de agosto de 2001, e

Considerando a necessidade de reduzir o consumo de energia elétrica, no âmbito da Administração Pública Federal;

DECRETA:

Art. 1º Os órgãos da Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional deverão observar meta de consumo de energia elétrica correspondente a oitenta e dois vírgula cinco por cento da média do consumo mensal, tendo por referência o mesmo mês do ano 2000, a partir de fevereiro de 2002.

Parágrafo único. A meta de consumo prevista no **caput** não se aplica às áreas essenciais determinadas em portaria da Casa Civil da Presidência da República, mediante proposta do Ministério a que estejam vinculadas.

Art. 2º Os órgãos e as entidades da Administração Pública Federal deverão diagnosticar o grau de eficiência energética dos imóveis sob sua administração, com vistas à identificação de soluções e à elaboração de projeto de redução do consumo de energia elétrica.

Art. 3º Na aquisição de materiais e equipamentos ou contratação de obras e serviços, deverão ser adotadas especificações que atendam aos requisitos inerentes à eficiência energética.

Art. 4º As disposições deste Decreto deverão ser aplicadas, no que couber, às licitações em andamento para aquisição de equipamentos que consumam energia, bem como de obras e serviços de engenharia e arquitetura.

Art. 5º Os Ministérios promoverão, no âmbito de suas unidades, inclusive vinculadas, a conscientização dos servidores com relação à necessidade de redução do consumo de energia elétrica e à adequada utilização de iluminação e equipamentos.

Art. 6º As Comissões Internas de Redução de Consumo de Energia - CIRC dos órgãos e das entidades de que trata o **caput** do art. 1º assessorarão os dirigentes no

atingimento das metas previstas, bem assim para fins de proposição de medidas que visem a eficiência energética.

Art. 7º O Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, com o apoio do Ministério da Fazenda e da Secretaria Federal de Controle Interno da Casa Civil da Presidência da República, apresentará, no prazo de quarenta e cinco dias, proposta, para inclusão na Lei de Diretrizes Orçamentárias para 2003, de regras para alocação dos gastos de energia elétrica e outras ações de natureza administrativa constantes do Programa 750 - Apoio Administrativo - às respectivas ações finalísticas do Governo e unidades consumidoras do serviço.

Art. 8º Os órgãos do Sistema de Controle Interno do Poder Executivo Federal avaliarão o cumprimento das disposições deste Decreto.

Art. 9º Caberá ao Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão a edição de atos complementares com vistas ao cumprimento do disposto neste Decreto.

Art. 10. Ficam revogados os Decretos nºs 3.818, de 15 de maio de 2001, e 3.840, de 11 de junho de 2001.

Art. 11. Este Decreto entra em vigor na data de sua publicação.

Brasília, 14 de fevereiro de 2002; 181º da Independência e 114º da República.

Este texto não substitui o publicado no D.O.U. 15.2.2002