

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
CENTRO TECNOLÓGICO
MESTRADO PROFISSIONAL DE SISTEMAS DE GESTÃO

WAGNER SILVA MEDEIROS

**PROPOSTA DE DIRETRIZES PARA AUDITORIA ENERGÉTICA EM PEQUENAS
E MÉDIAS EMPRESAS: FERRAMENTA PARA A ECOEFICIÊNCIA EM
SISTEMAS PRODUTIVOS.**

Niterói
2010

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

WAGNER SILVA MEDEIROS

**PROPOSTA DE DIRETRIZES PARA AUDITORIA ENERGÉTICA EM PEQUENAS
E MÉDIAS EMPRESAS: FERRAMENTA PARA A ECOEFICIÊNCIA EM
SISTEMAS PRODUTIVOS.**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Sistemas de Gestão da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Sistemas de Gestão. Área de concentração: Sistema de Gestão do Meio Ambiente.

Orientador:
Oswaldo Luiz Gonçalves Quelhas, D.Sc.

Niterói
2010

WAGNER SILVA MEDEIROS

**PROPOSTA DE DIRETRIZES PARA AUDITORIA ENERGÉTICA EM PEQUENAS
E MÉDIAS EMPRESAS: FERRAMENTA PARA A ECOEFICIÊNCIA EM
SISTEMAS PRODUTIVOS.**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Sistemas de Gestão da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Sistemas de Gestão. Área de concentração: Sistema de Gestão do Meio Ambiente.

Aprovado em ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Osvaldo Luiz Gonçalves Quelhas, D.Sc - Orientador
Universidade Federal Fluminense

Prof. Roberto Guimarães Pereira, D.Sc
Universidade Federal Fluminense

Prof. Paulo Augusto Cauchick Miguel, D.Sc
Universidade Federal de Santa Catarina

DEDICATÓRIA

Ao meu pai, Darcy (já falecido), que certamente estará muito orgulhoso por mais esta etapa cumprida, e que me inspirou muitíssimo em toda a minha vida, você foi meu primeiro mestre e sempre me ensinou que o conhecimento é um bem que ninguém pode nos tirar.

A a minha mãe, Nelzita, perseverante, corajosa, que me ensinou a conviver com adversidades e mostrando que para vencer é necessário lutar com entusiasmo e perseverança, balizando meu caráter, e, com isto, me impulsionou ao caminho certo.

Aos meus filhos Gabriel e Giovana, pelo estímulo que foi na busca deste objetivo, pela paciência na ausência sentida, e principalmente por serem quem são.

À minha mulher Sandra Marcia, que amo e me acompanha todos os dias, há 25 anos; amiga, mãe, que suportou as noites ausentes, os problemas e deu suporte e apoio total nas horas de mais aguda dificuldade, porém firme pela consciência e clareza do que isto significava.

Ao meus grandes amigos, Dr. Jan Vatauvuk e Dr. Adayr Borrô Junior, que me incentivaram a percorrer o caminho acadêmico e a buscar o meu melhor.

AGRADECIMENTOS

À orientação do Prof. Osvaldo Quelhas, que, em todos os momentos, teve uma palavra, algumas vezes dura, mas de incentivo, sem a qual teria sido muito mais difícil concluir esta etapa do trabalho.

À Prof^a Ana Seroa, agradeço intensamente pela contribuição através de suas ideias, pela motivação que me inspirou a desenvolver mais argumentos e por ter confiado em meu potencial.

Ao meu grande amigo, Ronaldo Spolidoro, que ousou chamar de “pai”, que me proporcionou a oportunidade de experimentar o universo chamado “eficiência energética”, pelo qual, hoje, sou militante apaixonado.

Aos amigos Roberto Leal, Dilri Scardini, Sergio França, por me fazerem acreditar que é possível transformar sonho em realidade.

Quero formalizar o meu agradecimento a todos aqueles que direta ou indiretamente me influenciaram e me ajudaram nesta tarefa, que embora difícil e trabalhosa, foi muito gratificante.

Por último, quero, sinceramente, desejar muito sucesso aos brilhantes professores do Latec, dos quais tive o privilégio de ser aluno, do qual muito me orgulho em dizer que fiz parte.

A todos vocês, muito obrigado!

RESUMO

A razão desta pesquisa está relacionada à elaboração e aplicação de diretrizes de auditoria energética desenvolvida para pequenas e médias empresas. A pesquisa é fundamentada nos conceitos de ecoeficiência, eficiência energética, auditoria energética e sustentabilidade. Com relação aos procedimentos adotados, foi utilizado o critério de identificação das diretrizes aplicadas pelos agentes de implementação de políticas de auditoria energética, partindo-se para a priorização dos módulos temáticos, com base nas realidades das pequenas e médias empresas, obtendo-se diretrizes de auditoria energética para este mercado. Submeteu-se as diretrizes de auditoria energética proposta a especialistas para a validação das mesmas. A partir de então, foram aplicadas as referidas diretrizes em duas empresas, caracterizando-se, assim, o estudo de caso.

O presente estudo identifica que, para a obtenção das diretrizes de auditoria energética, é classificado o método como de natureza aplicada, e no caso, de um estudo de multicasos. Com as diretrizes de auditoria energética proposta, os resultados obtidos mostraram a assertiva tanto quanto aos módulos temáticos escolhidos, quanto às medidas de redução de desperdícios de energia elétrica, tão necessárias à redução dos custos nas instalações. Utilizou-se o critério de identificação das diretrizes aplicadas pelos agentes de implementação de políticas de auditoria energética, partindo-se para a priorização dos módulos temáticos, com base nas realidades das pequenas e médias empresas. A partir de então, foram aplicadas as referidas diretrizes em duas companhias, tendo se utilizado da metodologia de estudo de casos para a interpretação e análise dos resultados obtidos. Confirmou-se a importância das medidas de redução de desperdícios de energia elétrica e consequente redução dos custos dessas organizações.

Palavras-chave: Gestão de Sistemas de Produção e Operações. Desenvolvimento Sustentável. Produção mais Limpa e Ecoeficiência. Engenharia de sustentabilidade

ABSTRACT

The reason this research is related to the development and implementation of energy audit guidelines developed for small and medium enterprises. The research is based on the concepts of eco-efficiency, energy efficiency, energy audits and sustainability. With respect to the procedures adopted, we used the criterion of identifying the guidelines applied by the agents of policy implementation of energy audit, building up for the prioritization of thematic modules, based on the realities of small and medium enterprises, resulting in guidelines energy audit for this market. He underwent the guidelines proposed energy audit specialists for the validation of them. Since then, these guidelines were applied in two companies, characterized, thus the case study.

This study identifies that, to obtain the energy audit guidelines, the method is classified as an applied nature, and in case of a study of multi. With the proposed energy audit guidelines, the results show the assertion as to the thematic modules chosen, as measures to reduce wastage of electricity, so necessary to reduce costs at the facility. We used the criterion of identifying the guidelines applied by the agents of policy implementation of energy audit, building up for the prioritization of thematic modules, based on the realities of small and medium enterprises. Since then, these guidelines were applied in two companies, having employed case study methodology for the interpretation and analysis of results. Confirmed the importance of measures to reduce wastage of electricity and thereby reducing costs of these organizations.

Keywords: Management of Production Systems and Operations. Sustainable Development. Cleaner Production and Eco-efficiency. Sustainability engineering.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01	Diagrama de pareto – lista dos tópicos	81
Gráfico 02	Percentual acumulado dos tópicos de auditoria energética	82
Gráfico 03	Patamar de demanda ao longo dos meses	95
Gráfico 04	Demanda – evolução no horário de ponta e no horário fora de ponta	113

LISTA DE QUADROS

Quadro 01	Energia x Problema ambiental.....	35
Quadro 02	Recomendações de auditorias energética.....	60
Quadro 03	Amostragem intencional de pesquisa.....	74
Quadro 04	Sumário dos tópicos dos modelos de auditoria energética.....	79
Quadro 05	Barreiras que dificultam a penetração da eficiência energética.....	127
Quadro 06	Média do Grau de Relevância das Etapas	134

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Interação entre objetivo, situação-problema e os tópicos abordados	28
Figura 02	Distribuição horário de ponta e fora de ponta	40
Figura 03	Composição da Energia Aparente.....	46
Figura 04	Exemplo Diagrama de Sankey.....	59
Figura 05	Fluxograma de Funcionamento do Programa Australiano	70
Figura 06	Delineamento do Presente Estudo	73
Figura 07	Modelo de Fluxograma de Auditoria Energética	78
Figura 08	Ciclo básico de um sistema de refrigeração	87
Figura 09	Diagrama de balanço de energia com as perdas do sistema	119

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	Classificação por grupos tarifários.....	38
Tabela 02	Regras para enquadramento tarifário.....	41
Tabela 03	Resultado da priorização dos módulos temáticos.....	80
Tabela 04	Resumo dos Tópicos dos Modelos de auditoria energética.....	81
Tabela 05	Priorização dos tópicos dos modelos de auditoria energéticas	83
Tabela 06	Consumo e demanda de energia elétrica da empresa A	94
Tabela 07	Comparativo entre as modalidades tarifárias	96
Tabela 08	Variação do consumo de energia elétrica com a temperatura do ar aspirado	104
Tabela 09	Comparativo entre motores Standart e motores de alto desempenho .	105
Tabela 10	Relação das lâmpadas instaladas e o respectivo fluxo luminoso	106
Tabela 11	Potência total instalada e consumo do segmento de iluminação da Empresa A.....	107
Tabela 12	Consolidado dos benefícios de cada ação sugerida	109
Tabela 13	Lista de recomendações para a empresa A	110
Tabela 14	Consumo e demanda de energia elétrica	112
Tabela 15	Comparativo entre as modalidades tarifárias	113
Tabela 16	Valores de consumo de energia reativa	115
Tabela 17	Relação de aparelhos de geração de frio	117
Tabela 18	Oportunidades de ganhos econômicos na área de vapor	120
Tabela 19	Consolidado das oportunidades analisadas.....	123
Tabela 20	Lista de recomendações para a empresa B	124
Tabela 21	Resumo dos resultados obtidos pelas empresas A e B	125

LISTA DE ABREVIATURAS

BTU/h	British Thermal Unit por hora
kW	Kilo-watt
kWh	Kilo-watt hora
TWh	Terawatts-hora

LISTA DE SIGLAS

ABESCO	Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia
ABILUZ	Associação Brasileira das Indústrias de Iluminação
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ASRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
CAE	Classificação das Atividades Econômicas
CEBDS	Conselho Empresarial Brasileiro de Desenvolvimento Sustentável
CMMD	Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente
CNI	Confederação Nacional da Indústria
DGE	Diretoria Geral de Energia
DIES	Desenvolvimento Industrial Ecologicamente Sustentável
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
EEBP	Energy Efficiency Best Practice Programm
EPA	Environmental Protection Agency
ESCO	Empresa de Conservação de Energia (tradução livre)
GEE	Gases de Efeito Estufa
GLD	Gerenciamento pela Lado da Demanda
IPCC	Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (tradução livre)
NBR	Norma Brasileira de Referência

OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ONU	Organização das Nações Unidas
PIB	Produto Interno Bruto
PME	Pequenas e Médias Empresas
PP	Prevention Pollution
RGCE	Regulamento de Gestão do Consumo de Energia
RSA	Responsabilidade Socioambiental
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
TR	Tonelada de refrigeração
UNEP	United Nations Environment Programme
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization
WBCSD	World Business Council for Sustainable Development
WMP	Waste Minimization Program

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO : COMPREENDENDO O CONTEXTO DA EFICIENCIA ENERGÉTICA	18
1.1 FORMULAÇÃO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA	20
1.2 OBJETIVO DO ESTUDO	23
1.2.1 Objetivos Específicos.....	23
1.3 QUESTÃO DE PESQUISA	23
1.4 JUSTIFICATIVA	24
1.5 DELIMITAÇÃO DO TEMA	26
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	27
2 REVISÃO DA LITERATURA: A AUDITORIA ENERGÉTICA NO CONTEXTO ORGANIZACIONAL ATUAL	29
2.1 QUESTÕES AMBIENTAIS	30
2.1.1 Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável.....	30
2.1.2 Eficiência energética, economia sustentável e meio ambiente.....	31
2.1.3 Impactos da produção e uso da energia elétrica.....	33
2.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	36
2.2.1 O Sistema Tarifário Brasileiro	36
2.2.1.1 A classificação dos consumidores	38
2.2.1.2 Demanda contratada	39
2.2.1.3 Horário de ponta e fora de ponta	40
2.2.1.4 O consumo.....	41
2.2.1.5 Fator de carga	43
2.3 AUDITORIA ENERGÉTICA.....	44
2.3.1 Módulos temáticos para auditorias energéticas.....	45
2.3.1.1 Gerenciamento pelo lado da demanda (GLD).....	46
2.3.1.2 Fator de potência	47
2.3.1.3 Iluminação	48
2.3.1.4 Motores.....	50
2.3.1.5 Ar condicionado	51

2.3.1.6 Ar comprimido	51
2.3.1.7 Geradores de vapor ou caldeiras.....	52
2.3.1.8 Fornos e estufas	53
2.3.2 Modelos de Gestão de Auditorias Energéticas.....	54
2.3.2.1 Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL	54
2.3.2.2 Instituto Nacional de Eficiência Energética – INEE	55
2.3.2.3 Companhia Paranaense de Eletricidade - COPEL.....	56
2.3.2.4 Centrais Elétricas de Minas Gerais - CEMIG	56
2.3.2.5 Fundação de Pesquisa e Assessoramento à Indústria - FUPAI	58
2.3.2.6 Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.....	62
2.3.2.7 Universidade de São Paulo – USP.....	62
2.3.2.8 Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco - POLI/UPE.....	64
2.3.2.9 <i>Department of Energy</i> - Estados Unidos	66
2.3.2.10 <i>Gard Analytics</i> - Estados Unidos	67
2.3.2.11 Direção Geral de Energia - Portugal	68
2.3.2.12 Instituto Superior Técnico - Portugal	69
2.3.2.13 <i>Department of Industry, Tourism and Resources</i> - Austrália.....	70
3 MÉTODO DA PESQUISA	73
3.1 DELINEAMENTO DO ESTUDO	74
3.2 MÉTODO: ESTUDO DE CASO	75
3.3 CRITÉRIO E SELEÇÃO DA UNIDADE DE ANÁLISE.....	76
3.3.1 Amostra-piloto	76
3.4 COLETA DE DADOS	76
3.5 MÉTODOS APLICADOS PARA ELABORAÇÃO DAS DIRETRIZES DE AUDITORIA ENERGÉTICA.....	77
3.6 TRATAMENTO DOS DADOS.....	78
3.7 APLICAÇÃO DA AUDITORIA ENERGÉTICA	78
3.7.1 Fluxograma modelo da auditoria energética	79
3.8. VALIDAÇÃO DA PROPOSTA DE DIRETRIZES DE AUDITORIA ENERGÉTICA .	80
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	83
4.1 ELABORAÇÃO DAS DIRETRIZES DE AUDITORIA ENERGÉTICA	83
4.1.1 Priorização dos Módulos temáticos.....	85
4.1.2 Descrição das diretrizes de Auditoria Energética	88

4.1.2.1 Análise da Conta de Energia, Análise do Comportamento de Cargas, Correção do Fator de Potência	89
4.1.2.1.1 <i>Análise da Conta de Energia e Análise do Comportamento de Cargas</i>	89
4.1.2.1.2 <i>Correção do fator de potência</i>	91
4.1.2.2 Ar Condicionado e Refrigeração	91
4.1.2.3 Sistemas de iluminação	93
4.1.2.4 Geradores de vapor ou caldeiras.....	93
4.1.2.4.1 <i>Tubulações e válvulas</i>	94
4.1.2.4.2 <i>Geradores de vapor ou caldeiras</i>	94
4.1.2.5 Sistema de geração de ar comprimido.....	95
4.1.2.6 Motorização	97
4.2 PRIMEIRO ESTUDO DE CASO – EMPRESA A.....	98
4.2.1 Análise da Conta de Energia	98
4.2.2 Análise do comportamento das cargas	102
4.2.3 Correção do fator de potência	103
4.2.4 Ar condicionado e refrigeração	105
4.2.5 Ar comprimido	105
4.2.5.1 Análise do impacto no consumo de energia em função da pressão de distribuição de ar	105
4.2.5.2 Eliminação de vazamentos na linha de distribuição	106
4.2.5.3 Redução da temperatura do ar a ser comprimido	108
4.2.6 Motores Elétricos	109
4.2.7 Iluminação	110
4.2.8 Resultados do Estudo de Caso A	114
4.3 SEGUNDO ESTUDO DE CASO – EMPRESA B	115
4.3.1 Análise da conta de energia	116
4.3.2 Análise do comportamento das cargas	119
4.3.3 Fator de potência	120
4.3.4 Ar condicionado	121
4.3.5 Geração de vapor	123
4.3.6 Ar comprimido	125
4.3.6.1 Eliminação de vazamentos na linha de distribuição.....	126
4.3.7 Motores Elétricos	127
4.3.8 Resultados do Estudo de Caso B	127

4.4 COMPARAÇÃO ENTRE EMPRESA A E B.....	129
4.5 ANÁLISE FINAL INTRACASOS	130
5 VALIDAÇÃO DAS DIRETRIZES PARA AUDITORIA ENERGÉTICA	133
5.1. CRITÉRIOS DE VALIDAÇÃO	133
5.2. RESULTADOS DA VALIDAÇÃO.....	134
5.3 ANÁLISE DO RESULTADO DA VALIDAÇÃO	140
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA FUTURAS PESQUISAS	142
REFERÊNCIAS	146
ANEXOs	159
ANEXO A – TABELA DE COLETA DAS DEMANDAS CONTRATADAS E REALIZADAS.....	159
ANEXO B – LEVANTAMENTO DAS LÂMPADAS UTILIZADAS E CÁLCULO DE ECONOMIA	160
ANEXO C – LISTAGEM DOS MOTORES ELÉTRICOS DA EMPRESA.....	161
ANEXO D – LISTA DE ACJs COM OS RESPECTIVOS CONSUMOS DE ENERGIA ELÉTRICA	162
ANEXO F – QUESTIONÁRIO DE VALIDAÇÃO	166

1 INTRODUÇÃO : COMPREENDENDO O CONTEXTO DA EFICIENCIA ENERGÉTICA

O grande desafio das organizações industriais modernas, atualmente, tem sido a busca de estratégias, que lhes permitam manter-se viáveis através do tempo, operando de forma competitiva, eficaz, e ao mesmo tempo, ecologicamente correta. O atendimento destas metas reflete-se em sobrevivência em longo prazo; entretanto, a dificuldade na percepção destes elementos, de uma forma integrada pelas empresas, tem criado dificuldades na sua gestão. Estas, percebem equivocadamente a questão relacionada ao meio ambiente como custo para a empresa e não como uma oportunidade de melhorar a competitividade e aprimorar seus processos e produtos, bem como otimizar o consumo de matérias-primas, insumos e energia.

Em tempos de profundas preocupações com o meio ambiente, organizações de diferentes setores industriais estão deixando de agir de forma reativa para agir de forma pró-ativa com relação às questões ambientais. Diferentes metodologias de gestão ambiental buscam sensibilizar diretores e níveis hierárquicos elevados dentro das organizações, demonstrando a possibilidade de se obter lucro com o meio ambiente. Neste contexto, a otimização do consumo de energia nas empresas saiu na frente, face a sua alta representatividade nas planilhas de custo das empresas (FRANÇA, QUELHAS, TOZE, 2004).

O atual modelo de geração de energia, baseia-se nas fontes não-renováveis de energia, basicamente os combustíveis fósseis, sendo o petróleo a principal fonte de energia do planeta, seguido pelo carvão mineral e gás natural. O consumo de energia é uma das principais causas da degradação ambiental (HADDAD, MARQUES, MARTINS , 2006).

A queima desses combustíveis fósseis causa poluição do ar, desequilíbrio nos ecossistemas, afetando a saúde pública. As atividades energéticas correspondem a uma grande parcela de poluentes na atmosfera, tendo, como resultado, a chuva ácida, geração de produtos químicos tóxicos e o efeito estufa, dentre outros.

O desenvolvimento econômico, acompanhado de um intensivo uso de recursos, tem provocado impactos nocivos ao meio ambiente, tais como (HADDAD, MARQUES, MARTINS , 2006): (i) efeito estufa e mudanças climáticas; (ii) perda de terras cultiváveis (desertificação); (iii) desmatamento; (iv) poluição de rios, lagos e mares; (v) perda da

biodiversidade (extinção de muitas espécies de plantas e animais); (vi) poluição do solo e das águas subterrâneas; (vii) o *smog* fotoquímico¹; e a poluição do ar nas cidades.

A preocupação em torno das alterações climáticas é crescente e tem convergido para políticas globais de redução de poluição, onde se vê necessária a transição para uma nova matriz energética, com a substituição do petróleo como matéria-prima (VIANNA, 2006).

Muitos esforços têm sido feitos em todo o mundo no sentido de utilização das energias renováveis. Essas fontes têm sido utilizadas para a complementação das fontes de energia convencionais (VIANNA, 2006).

Por outro lado, o desperdício de energia ainda é grande em todo o mundo. Assim como as energias renováveis, o combate ao desperdício de energia também depende de políticas públicas para a consolidação do mercado.

Para atendimento da demanda crescente, o setor elétrico brasileiro necessita de investimentos elevados, justamente num momento em que os recursos se apresentam escassos, o que resulta na necessidade de aplicação racional dos mesmos. Assim, toda e qualquer ação, que resulte em diminuição de investimento, sem perda de confiabilidade e que também contribua para a redução das despesas com energia elétrica por parte dos consumidores, deve ser incentivada e implementada (SANTOS et al., 2005).

Para uma indústria, a questão energética é posta em termos de confiabilidade no fornecimento, competitividade nos preços, maximização nos processos de transformação e utilização de forma eficiente, racional e econômica desse insumo básico, que é a energia.

Em termos práticos, uma das estratégias de efficientização passa pelo diagnóstico energético, também conhecido como auditoria energética, que consiste no levantamento de dados e informações sobre o suprimento e usos finais de energia no processo produtivo da empresa, com vistas à avaliação da situação atual, pontos positivos e pontos negativos, que permita a definição objetiva de ações de melhoria a serem conduzidas (HADDAD, MARQUES, MARTINS, 2006).

A auditoria energética é um esforço relativamente recente, ainda em desenvolvimento, no sentido de determinar se uma organização está em concordância com requerimentos e

¹ O exemplo mais conhecido de poluição do ar é o *smog*, que ocorre em muitas cidades do mundo. Os reagentes que produzem o tipo mais comum de *smog* são principalmente as emissões provenientes de automóveis, embora nas áreas rurais alguns dos ingredientes originem-se das florestas. A palavra *smog* é uma combinação de *smoke* (fumaça) e *fog* (neblina), palavras de origem inglesa. O processo de formação do *smog* abrange centenas de reações diferentes, envolvendo um número indeterminado de substâncias químicas, que ocorrem simultaneamente, de fato, as atmosferas urbanas têm sido definidas como “reatores químicos gigantesco”. A manifestação mais evidente do *smog* é uma neblina de tonalidade amarelo-amarronzado, que se deve à presença no ar de pequenas gotas de água contendo produtos derivados de reações químicas, que ocorrem entre os poluentes do ar.

padrões nacionais e/ou internacionais. Tem provado ser um forte componente dos programas de gerenciamento (CAMPOS, LERÍPIO, 2009).

Tendo por objetivo identificar medidas que podem ser adotadas para baixar o consumo de energia, com a adoção do diagnóstico energético, procura-se adequar a utilização da energia nos diversos períodos de tempo e sinalizar a necessidade de um gerenciamento adequado.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho é, através de uma fundamentação teórica e de uma pesquisa de campo (estudo de multicaso), propor diretrizes de auditoria energética para as pequenas e médias empresas, que contribuam para a ecoeficiência nos sistemas produtivos. Para validação desta metodologia, foi entrevistado especialistas em eficiência energética, buscando identificar o grau de relevância de cada etapa proposta.

1.1 FORMULAÇÃO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA

Segundo Phillippi (2005), a industrialização acelerada, fruto da política desenvolvimentista adotada em muitos países, baseou-se na exploração quase ilimitada dos recursos naturais, agravando os problemas ambientais e sociais. Discute-se se o desenvolvimento implica em acréscimo de consumo e se não seria viável a otimização de usos dos recursos naturais não renováveis. Essa discussão induz à busca de soluções para a sustentabilidade.

A sustentabilidade econômica é possibilitada por uma gestão eficiente dos recursos naturais, respaldada em Sistemas de Gerenciamento Ambiental (SGA), que visam a garantir negócios sustentáveis, conforme o Desenvolvimento Industrial Ecologicamente Sustentável (DIES)² (BATISTA, 2003).

Dentro deste contexto, utilizar as várias formas de energia, de maneira racional e eficiente, tornou-se um dos grandes desafios das empresas que buscam a redução dos custos e a produção de maneira sustentável. Através de um estudo aprofundado e da aplicação de

² Em abril de 1987, o Relatório da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, posteriormente denominado “Nosso Futuro Comum”, disseminou a expressão desenvolvimento industrial ecologicamente sustentável, definido como aquele que responde às necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de responder às suas necessidades. O conceito de desenvolvimento sustentável baseia-se em três premissas: crescimento econômico, equidade social e equilíbrio ecológico. Induz a um espírito de responsabilidade comum na exploração de recursos materiais, nos investimentos financeiros e no desenvolvimento tecnológico (ARAÚJO, 2002).

técnicas específicas, é possível determinar qual a forma mais eficiente e econômica de consumir energia.

O modelo de desenvolvimento econômico tratava os recursos naturais como se fossem inesgotáveis, causando degradação ambiental. No modelo proposto pela Agenda 21³, busca-se harmonizar as necessidades do ser humano com a preservação ambiental, utilizando, de uma forma mais responsável, os recursos naturais (CNTL, 2003).

O termo eficiência energética refere-se às técnicas e procedimentos que visam a reduzir o desperdício e otimizar o uso de energia, sem comprometer o conforto e a produção (MIGUEL, 2003).

A eficiência energética está ligada ao uso racional da mesma. O objetivo de um programa de eficiência não é simplesmente conservar energia, mas reduzir a carga de trabalho, porque é este que mede a eficiência do uso da energia em um processo produtivo. Uma vez que o trabalho é derivado do fluxo de energia empregado produtivamente, a energia realmente aplicada no processo produtivo assegura padrões adequados de qualidade de vida. Um programa de conservação de energia deve melhorar a eficiência global com que a energia é convertida em bens e serviços.

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas da ONU (IPCC, na sigla em inglês) divulgou, recentemente, para o mundo, a certeza científica da relação entre o aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE) e as mudanças climáticas. Segundo o IPCC (2007), um acréscimo de 2,0°C na temperatura média do planeta, neste século, poderia comprometer o equilíbrio energético do sistema climático.

Reduzir progressivamente as emissões, portanto, passou a ter um sentido de urgência desafiador para a humanidade, tendo em vista que os gases de efeito estufa se mantêm na atmosfera por longo tempo.

De acordo com o relatório do IPCC (2007), a melhoria da eficiência energética é um dos meios mais eficazes e rápidos para reduzir os impactos do uso da energia no aquecimento global. Nesse cenário, a melhoria da eficiência energética ganhou novo significado: tornou-se objetivo estratégico dos países a busca de uma economia altamente eficiente e com baixa produção de CO₂ (PETROBRAS, 2007) .

³ A Agenda 21 é um plano de ação para ser adotado global, nacional e localmente, por organizações do sistema das Nações Unidas, governos e pela sociedade civil, em todas as áreas em que a ação humana impacta o meio ambiente. Constitui-se na mais abrangente tentativa já realizada de orientar para um novo padrão de desenvolvimento para o século XXI, cujo alicerce é a sinergia da sustentabilidade ambiental, social e econômica, passando em todas as suas ações propostas (SILVA, 2006).

A auditoria energética é um esforço ainda em desenvolvimento, no sentido de determinar se uma organização está em concordância com requerimentos legais e/ou políticos e *benchmarking* (CAMPOS; LERÍPIO, 2009).

Zanquet et al. (2006) afirmam que o desenvolvimento da área de auditoria energética tem uma intrínseca ligação com as sucessivas crises do petróleo, que aconteceram no mundo, destacando a crise de 1973. A partir daí, surgiram os primeiros trabalhos de conservação energética no mundo. No Brasil, somente a partir de 1981, foi criado o CONSERVE, pelo Conselho Nacional de Petróleo-CNP. Em 1985, no Brasil, foi criado o PROCEL pelo MME. Em 1991 foi estruturado o CONPET/Petrobrás e em 1995 as metas do Procel foram incluídas no Plano 2015, criado pela Eletrobrás.

O PROCEL foi a primeira iniciativa sistematizada de promoção do uso eficiente de energia elétrica no Brasil, através da coordenação das ações relacionadas à racionalização de energia elétrica, aplicadas em todo o país, visando a maximizar seus resultados e promover novas iniciativas, avaliadas sob o foco de um rigoroso teste de oportunidade, prioridade e economia (ZANQUET et al, 2006).

Zanquet et al. (2006) afirmam também que, apesar da existência desses programas, boa parte da população brasileira, incluindo o setor comercial, ainda desconhece os conceitos relacionados à energia e os benefícios resultantes de práticas racionais no uso da energia.

Assim, segundo Shoeps & Rousso (1995), eliminar desperdícios, utilizar equipamentos mais eficientes e adotar um bom gerenciamento da energia, certamente são ações que permitem ao empresário reduzir as despesas com energia, sem abrir mão da produtividade, e ganhar competitividade no mercado.

A situação-problema, que será objeto deste estudo, está relacionada à conservação de energia e os temas que a envolvem, e como são feitas as auditorias energéticas para a obtenção dos diagnósticos energéticos, no sentido de auxiliar no processo de ecoeficiência em sistemas produtivos.

1.2 OBJETIVO DO ESTUDO

Pretende-se, neste trabalho, através de uma fundamentação teórica e de pesquisa de campo (estudo de multicaso), propor diretrizes de auditoria energética para as pequenas e médias empresas, que contribuam para a eficiência energética nos sistemas produtivos.

1.2.1 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos buscam direcionar o estudo para detalhar o objetivo geral e solucionar a formulação da situação problema. Seguem os objetivos específicos desta pesquisa:

- Propor uma ferramenta eficaz para quantificar os potenciais de conservação de energia nas instalações e melhoria da eficiência energética dos sistemas produtivos das pequenas e médias empresas.
- Dissertar sobre as auditorias energéticas existentes, além dos módulos temáticos envolvidos nas auditorias energéticas.
- Valiadar as diretrizes através da análise da aplicação das mesmas em estudos de casos estudados.

1.3 QUESTÃO DE PESQUISA

Assim, a questão de pesquisa pode ser apresentada pela seguinte pergunta: Quais as diretrizes a serem seguidas em uma auditoria energética, em pequenas e médias empresas, que contribuam para a eficiência energética em sistemas produtivos?

1.4 JUSTIFICATIVA

Quando os primeiros sinais do racionamento de energia elétrica começaram a surgir em 2001, 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.

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 (MIGUEL, 2003).

De acordo com Jannuzzi (2002), a redução do uso de energia nos processos produtivos ou em sistemas, que proporcionam conforto e amenidades, não é um fim em si mesma. Na realidade, o uso eficiente de energia está estritamente relacionado com a consecução de importantes objetivos mais abrangentes e de interesse da sociedade, como por exemplo: (i) contribuir para aumentar a confiabilidade do sistema elétrico; (ii) reduzir ou postergar as necessidades de investimentos em geração, transmissão e distribuição; (iii) reduzir impactos ambientais (locais e globais) especialmente relacionados com a produção de eletricidade; e (iv) reduzir custos de energia para o consumidor final.

Na realidade, a evolução do mercado brasileiro de eletricidade não considerou, até recentemente, a introdução de orientações e normas para garantir a introdução de tecnologias eficientes. Até a década de 70, por exemplo, observou-se a preocupação de consolidar o mercado brasileiro de energia elétrica, criando principalmente uma estrutura industrial baseada em segmentos intensivos em energia elétrica. É neste período que as preocupações ambientais se iniciam, aparecem os primeiros órgãos reguladores, nascem as primeiras leis ambientais (JANNUZZI, 2002)

Silva (2006), afirma que, a partir de meados da década de 70, até os anos 90, o setor enfrentou diversos períodos de restrições financeiras e várias crises de energia, como foi o caso da alta de preços do petróleo. Nesse momento, registram-se os primeiros sinais de exaustão do padrão vitorioso de expansão do setor elétrico, baseado na expressiva exploração das economias de escala e de escopo, através de grandes empreendimentos na geração. Nesse período, observam-se diferentes configurações, que vêm por em tela restrições à ampliação do modelo em vigência, sendo estas características ligadas a: i) limitações tecnológicas; ii) instabilidades político-econômicas; e iii) pressões ambientais

Segundo Sola (2004), o racionamento de energia elétrica em 2001, quando veio a público a crise do setor elétrico, fez crescer, em todo o país, o sentimento de economia desta fonte. A necessidade de um sistema elétrico confiável e o aumento nas perdas de energia e pressões ambientais intensificaram as ações de eficiência energética na geração, distribuição e no consumo final. As indústrias consomem quase a metade da energia elétrica produzida no país e fabricam bens que consomem energia. São verificadas, junto às indústrias, ações de eficiência energética com relação aos programas de conscientização, de gestão energética e utilização de tecnologias energeticamente eficientes.

Como consequência de consumir maior quantidade de energia em relação a outros setores, a indústria tem necessidades mais prementes de investimentos em programas de eficiência energética. O lugar-comum de que os custos da energia são pouco representativos, no custo industrial, está mudando rapidamente por três razões fundamentais: a primeira se deve à desconcentração dos parques industriais, que passam a se distribuir através do país continental, levando os centros de carga para regiões distantes dos parques geradores, com o inevitável aumento das perdas e dos custos. A segunda razão decorre, pragmaticamente, da exaustão das fontes hídricas nas regiões mais desenvolvidas e demandantes de energia do Sul e Sudeste do Brasil. A terceira razão é o despertar da consciência da sociedade, com a percepção progressiva quanto aos impactos socioambientais provocados pela produção, transporte, armazenamento e consumo de energia, resultando na inexorável contabilidade desses impactos nos seus custos finais (GODOI; JÚNIOR, 2009).

Portanto, qualquer esforço que se faça para aumentar o uso eficiente de energia trará grandes benefícios. Primeiramente, para o consumidor, pois terá uma redução no desembolso financeiro e ao economizar energia, se está adiando a necessidade de construção de novas usinas geradoras e sistemas elétricos associados, disponibilizando recursos para outras áreas e contribuindo para a preservação da natureza.

Segundo Walter (2007), o sumário do relatório sobre opções de mitigação das emissões de GEE, divulgado pelo IPCC, em maio de 2007⁴, são destacadas ações de eficiência energética no suprimento de energia (por exemplo, aumento da eficiência no sistema de transmissão e de distribuição), nos transportes (aumento da eficiência dos veículos rodoviários e de aviões), em edificações (sistemas de iluminação mais eficientes, maior eficiência de eletrodomésticos, melhoria do isolamento térmico), nas indústrias (maior eficiência dos motores elétricos, recuperação de calor, geração combinada de calor e potência,

⁴ Consideradas as emissões globais de CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs e SF₆ e os respectivos potenciais de aquecimento global, enquanto fatores de ponderação.

reciclagem de materiais) e na agricultura. Em que pese se tratar de um documento síntese, no qual detalhes não são apresentados, essencialmente todas as ações citadas não representam novidades tecnológicas. Portanto, é de se supor que não existam barreiras técnicas para que se busque maior eficiência no uso de energia desde já.

Walter (2007) afirma que, do ponto de vista tecnológico, mais próxima de ser realidade, parece estar a opção de aumento da eficiência do uso final da energia. Entretanto, resultados positivos no aumento da eficiência do uso de energia dependem muito mais de mudanças comportamentais do que de desenvolvimentos tecnológicos específicos, e esse deve ser o real desafio. É fundamental que a cultura do uso eficiente de energia seja disseminada no país.

Esse é um processo lento, que só é concretizado quando há conscientização de toda a sociedade. Mesmo nos países que mais avançaram, nesse sentido, os resultados ainda são modestos e, sem dúvida, ainda há muito a ser feito no Brasil.

O trabalho pretende propor diretrizes de auditoria energética que permitam a identificação de potenciais de melhoria nos sistemas produtivos, baseado na tomada de decisão do retorno do investimento para implementação de inovações tecnológicas.

1.5 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Considerando a abrangência do tema eficiência energética, esta pesquisa limita-se atuar no escopo da indústria de duas empresas no Estado do Rio de Janeiro, que implementaram a auditoria energética em seus processos, que são o espaço físico deste trabalho, e o período de desenvolvimento se dá de maio de 2006 a março de 2007.

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 das empresas, objetivando a economia de energia e a redução dos custos de produção. 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 nas empresas, 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.

O desdobramento dos resultados da aplicação das diretrizes de auditoria energética foram utilizados nas empresas objeto do estudo. Cabe ressaltar que o mote desta pesquisa é a elaboração diretrizes de auditoria energética e não a análise dos dados levantados, por este motivo o estudo de caso foi desenvolvido em apenas duas empresas.

Este trabalho se ateve 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 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.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

A dissertação será estruturada basicamente em capítulos apresentados, conforme descrição a seguir:

Neste primeiro capítulo, apresenta-se o o papel da auditoria energética no contexto da ecoeficiência dos processos produtivos nas pequenas e médias empresas. Também faz referência à situação-problema, aos objetivos, à justificativa e a relevância, à delimitação do estudo.

No Capítulo 2, Fundamentação Teórica, é realizada a pesquisa bibliográfica para fundamentar a dissertação. São levantadas as questões fundamentais: definição de questões ambientais voltadas ao tema energia, eficiência energética e auditoria energética

O Capítulo 3, Método de Pesquisa, apresenta o desenvolvimento dos métodos adotados, onde são descritos os meios que serão utilizados para obtenção dos resultados da dissertação, como: método da pesquisa, instrumento de pesquisa e tamanho e tratamento das amostras.

No Capítulo 4, Descrição e Análise dos Casos, foi desenvolvido visando à descrição dos casos, para que o leitor entenda as características das empresas investigadas quanto à auditoria energética realizada, bem como as análises dos dados oriundos do estudo de caso

múltiplo das pequenas e médias empresas estudadas.

No Capítulo 5, apresentam-se as considerações de especialistas sobre a validação das diretrizes auditoria energética em pequenas e médias empresas.

No Capítulo 6, apresentam-se as conclusões obtidas ao longo da realização deste trabalho, buscando atender à situação-problema e ao objetivo. Apresentam-se, também, recomendações para futuras pesquisas, no âmbito da temática apresentada.

2 REVISÃO DA LITERATURA: A AUDITORIA ENERGÉTICA NO CONTEXTO ORGANIZACIONAL ATUAL

O referencial teórico, definido para este estudo, contempla dados e informações disponibilizados em livros, artigos de periódicos, trabalhos técnicos, apostilas, palestras e conferências apresentadas e publicadas em congressos, seminários e cursos de especialização/pós-graduação, dissertações acadêmicas, normas nacionais e internacionais, matérias publicadas em veículos da grande imprensa e revistas especializadas, além de fontes obtidas na Internet, em sites de organizações do Brasil e exterior, compreendendo órgãos oficiais e associações de renomada credibilidade, competência e respeitabilidade. Tal material embasa todos os aspectos apresentados e discutidos no estudo, com destaque para os conceitos principais detalhados a seguir.

A fim de melhor compreender o que será apresentado, tem-se a figura 01, que explica a integração entre objetivos, situação-problema e os tópicos abordados neste capítulo.

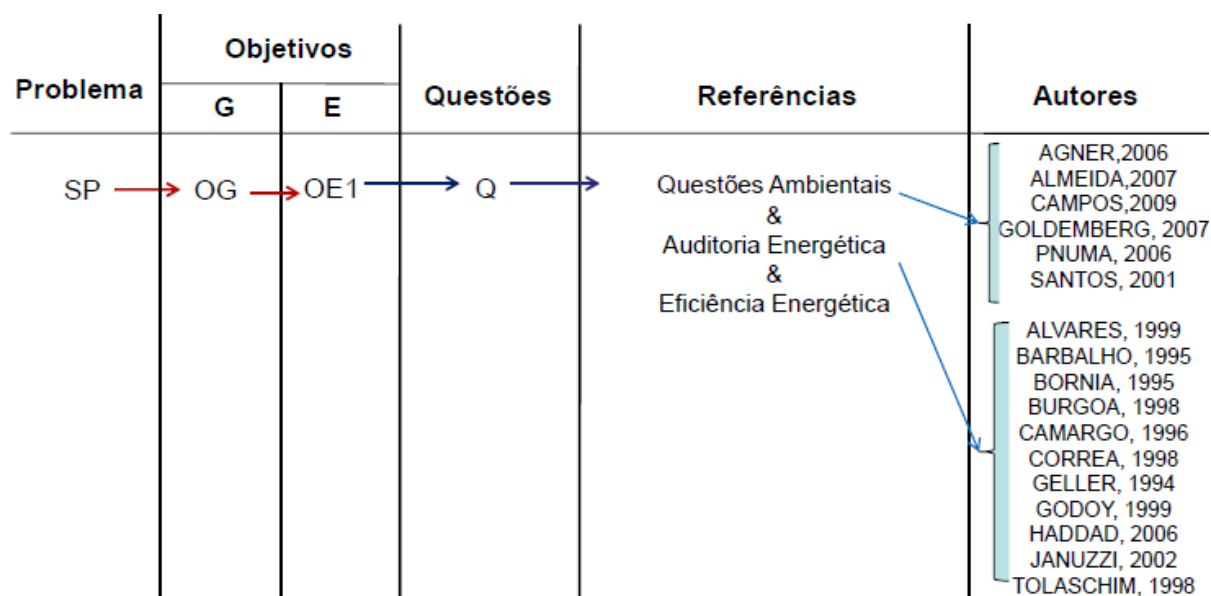


Figura 01 - Integração entre objetivo, situação-problema e os tópicos abordados
 Fonte: Adaptado Neto (2008)

Legenda:

SP – Situação-problema / OG – Objetivos gerais / OE – Objetivo específico / Q – Questão

Uma vez determinada a situação-problema, definiu-se o objetivo geral da pesquisa, que se desdobra em um objetivo específico, onde converge em uma questão central da

pesquisa. As referências bibliográficas estão centradas em três linhas de pesquisa: as questões ambientais, a eficiência energética e a auditoria energética.

2.1 QUESTÕES AMBIENTAIS

2.1.1 Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

O aumento do consumo de energia vem se acentuando na maioria dos países desenvolvidos e em muitos países em desenvolvimento. Esse aumento ocorre tanto em função do crescimento populacional, quanto pela maior demanda das populações pelo uso da energia. Existem duas preocupações centrais relacionadas a essa maior utilização de energia. A primeira refere-se à viabilização do atendimento dessa demanda crescente, e a outra, à sustentabilidade ambiental desse processo.

A energia possui um importante papel para o desempenho ambiental dos países e para a sustentabilidade de seu desenvolvimento. Desenvolvimento sustentável do setor energético depende de achar caminhos para atender às necessidades da demanda, obedecendo a critérios de meio ambiente sustentável, socialmente equitativo, economicamente viável (OECD, 1997).

Os impactos no meio ambiente não se restringem a um determinado aspecto da utilização da energia, mas abrange toda sua cadeia: produção, transformação, transmissão, transporte, distribuição, armazenagem e uso final. Alguns dos maiores desafios relacionados aos problemas ambientais com os quais a humanidade se depara, no século 21, estão diretamente vinculados ao modo como a energia é produzida, transportada, armazenada e utilizada. Assim, a questão não se restringe ao binômio energia e desenvolvimento, mas sim à associação da questão energética ao desenvolvimento sustentável. Como produzir a mesma quantidade de bens, utilizando-se de menor quantidade de energia e, conseqüentemente, menos recursos naturais? As ações deverão passar por utilizar a energia de forma mais eficiente e em priorizar o uso de energia proveniente de fontes renováveis, tais como: a hidráulica, biomassa, solar, eólica, fotovoltaica, entre outras.

O objetivo de toda política energética deve ser contribuir para o desenvolvimento sustentável da sociedade. De todas as opções de políticas energéticas, o desenvolvimento de fontes de energia renováveis e a adoção da eficiência energética são, sem dúvida, os instrumentos mais afinados aos critérios do desenvolvimento sustentável (OECD, 2000).

Segundo Attfield (1999 apud Menkes, 2004), a sustentabilidade do desenvolvimento depende de responsabilidade e uso mais eficiente dos recursos, o que envolve a restrição do uso da energia pelas sociedades e a adaptação dos estilos de vida, de acordo com os meios disponíveis (ecológicos) do planeta. Isso significa dizer que se pode consumir menos energia e o meio ambiente, sem prejuízo do desenvolvimento, desde que se privilegie a geração e o uso eficiente da energia. Esse é um requisito básico para se começar a pensar em um desenvolvimento sustentável, em detrimento da continuidade do modo de desenvolvimento não sustentável, baseado em premissas ultrapassadas, como as de recursos ilimitados e desperdício.

2.1.2 Eficiência energética, economia sustentável e meio ambiente

A energia é essencial tanto para os meios de produção quanto para o aumento da qualidade de vida das sociedades. A real necessidade não é pela energia propriamente dita, mas pelos serviços por esta providos: força motriz, aquecimento, esfriamento, iluminação, mobilidade etc. O desenvolvimento técnico proporcionou o surgimento de equipamentos cada vez mais sofisticados, que proveem mais serviços com menor uso de energia.

Um sistema sustentável caracteriza-se pela habilidade de prover os serviços necessários sem exaurir os recursos naturais. O uso eficiente dos recursos faz-se necessário tanto pelo lado ambiental como pelo econômico. Utilizar a energia, de forma ineficiente, proporciona prejuízos em qualquer economia, implicando, ao mesmo tempo, impactos ambientais em nível local, regional e global. A criação de um sistema de energia sustentável começa pelo uso eficiente dos recursos (usá-los com sabedoria) e continua com o aumento do uso de recursos renováveis e o uso controlado de não renováveis em tecnologias avançadas. Energia eficiente é a máxima prioridade na mudança para um padrão de energia sustentável (OCDE, 1997).

O maior desafio na criação de um sistema de energia sustentável está em como as inovações tecnológicas, que proporcionem essa melhoria, podem ser utilizadas o mais rapidamente possível, ser mais abrangentemente disseminadas e em como adaptar o comportamento dos consumidores a estas (OCDE, 1997).

Cabe ressaltar, no entanto, que para que o setor energético se torne sustentável, é necessário que seus problemas sejam abordados de forma abrangente, incluindo não apenas o

desenvolvimento e a adoção de inovações e incrementos tecnológicos, mas também importantes mudanças que vêm sendo implementadas em todo o mundo. Essas mudanças envolvem, por um lado, políticas que tentam redirecionar as escolhas tecnológicas e os investimentos no setor, tanto no suprimento, quanto na demanda, bem como o comportamento dos consumidores (REIS E SILVEIRA, 2001).

Além do uso de tecnologias mais eficientes, o uso mais efetivo dos recursos naturais oferece importantes vantagens: desacelera seu esgotamento, diminui a poluição e fornece as bases do crescimento de emprego em atividades significativas em todo o mundo. Disso podem resultar custos mais baixos para as empresas e para a sociedade, que não terão que arcar com os custos das perturbações sociais e ambientais.

A energia eficiente é, em muitos aspectos, um fator-chave para a economia de um país. Tem implicações na competitividade das empresas, na estabilidade e vulnerabilidade das economias, assim como no emprego e no meio ambiente.

A melhoria da eficiência energética reduz a necessidade de aumentar a capacidade geradora e novos investimentos, conseqüentemente liberando recursos para investimento em medidas de proteção ambiental, de segurança e melhoria nas geradoras já existentes, em tecnologias limpas, entre outras.

A importância da busca de maior eficiência energética e a da transição para o uso de recursos primários renováveis têm sido ressaltadas em toda e qualquer avaliação sobre desenvolvimento sustentável.

Como já mencionado, no setor energético, a sustentabilidade requer mudanças significativas na geração, na distribuição e no uso final da energia, o que significaria uma maior utilização de fontes renováveis e a diminuição do uso de combustíveis fósseis na matriz energética, em nível mundial. Reis e Silveira (2001) apresentam algumas propostas energéticas para o desenvolvimento sustentável:

- Diminuição do uso de combustíveis fósseis e maior uso de tecnologias e combustíveis renováveis.
- Aumento da eficiência do setor energético desde a produção até o consumo.
- Mudanças no setor produtivo, visando ao aumento da eficiência no uso dos materiais, transporte e combustíveis.
- Desenvolvimento tecnológico do setor energético, no sentido de encontrar alternativas ambientalmente benéficas. Isso inclui, também, melhorias nas atividades de produção de equipamentos e de materiais para o setor e exploração de combustíveis.

- Redefinição das políticas energéticas visando, por um lado, a favorecer a formação de mercados para tecnologias ambientalmente benéficas e, por outro lado, a cobrar os custos ambientais de alternativas não sustentáveis.

- Incentivo ao uso de combustíveis menos poluentes.

Agrega-se a essas alternativas a opção ressaltada por especialistas de que a maior economia energética é a não produção de energia, ou seja, efficientizar para não ter que produzir.

2.1.3 Impactos da produção e uso da energia elétrica

A produção de bens de consumo, para satisfazer as necessidades humanas, utiliza-se de fontes de energia primária, tais como: petróleo, gás natural, carvão mineral, água, lenha, biomassa, entre outros. Esses recursos naturais são objeto de usos domésticos, industriais, nos transportes e na geração de eletricidade.

A maioria das agendas ambientais dos países desenvolvidos e não desenvolvidos tem, com uma das prioridades a serem solucionadas, os impactos ambientais negativos resultantes da produção e do uso da energia. Esses impactos, no que se refere à geração de energia elétrica de fonte hídrica, ocorrem nas fases de implantação, operação e transmissão. A construção de barragens e formação dos reservatórios implica em perdas de recursos florestais e de fauna terrestre e aquática, desestabilizando os ecossistemas locais, causando danos ambientais no meio físico e biológico, que, por sua vez, afetam as atividades econômicas locais e os níveis de saúde das populações. A remoção das populações é outro fator que acarreta danos socioculturais e econômicos às comunidades locais (MENKES, 2004).

Na geração de energia termelétrica, utilizam-se, como fonte, o petróleo, o carvão mineral, o urânio, o gás natural e a biomassa (bagaço de cana, carvão vegetal etc.). Os impactos ambientais, nesse caso, ocorrem tanto na mineração (erosão e acidificação do solo e dos cursos d'água), no beneficiamento (poluição do ar por material particulado, óxido de nitrogênio - NO_x - e óxido de enxofre - SO_x), no transporte do minério (risco de contaminação e de explosões, especialmente no caso de material radioativo), quanto na produção de energia (emissão de CO_2 , contribuindo para o efeito estufa e SO_x para a chuva ácida) (LA ROVERE, 1990).

No tocante à geração termonuclear, os efeitos socioambientais mais graves se relacionam com o transporte e o armazenamento final dos rejeitos radioativos, os efeitos radiológicos e evacuação populacional em caso de acidente.

Quanto ao uso final de energia, três grandes setores da atividade econômica mundial dividem entre si o consumo: indústria (cerca de 40%), o residencial/comercial (cerca de 30%) e os transportes (cerca de 20%) (MARTIN, 1992).

O lançamento de substâncias poluentes na atmosfera e nos recursos hídricos, provenientes do setor industrial, compromete a qualidade de vida das populações e os ecossistemas terrestres e aquáticos. A acidificação ambiental resulta da transformação do SO_2 e do NO_2 em ácidos que são lançados pelas chaminés das fábricas/indústrias, deslocados por até milhares de quilômetros, impactando solos, rios e florestas, sob a forma seca ou úmida (chuva ácida). As indústrias eletrointensivas (siderúrgica, metais não ferrosos, materiais de construção, vidro, química, papel) exigem uma produção de energia em grande escala para funcionarem. A Usina Hidrelétrica de Tucuruí, por exemplo, foi concebida, primordialmente, para atender às necessidades do projeto de fabricação de alumina/alumínio da Albras/Alunorte e Alumar, situadas no Pará e no Maranhão (MENKES, 2004).

No setor residencial/comercial, os usos de energia são representados pela iluminação, ar condicionado, refrigeração, aparelhos eletrodomésticos, em especial os que utilizam resistências, aquecimento (nos países do hemisfério norte), entre outros. O setor residencial contribui significativamente para o dimensionamento da capacidade do setor elétrico em atender à demanda no horário de ponta⁵, especialmente pela utilização do chuveiro elétrico, responsável por 20% do consumo de energia no setor residencial.

No Brasil, a energia utilizada nos transportes provém basicamente de derivados do petróleo e uma parte de gás natural e álcool. A exploração e produção do petróleo e gás natural pode gerar danos ao ambiente e prejuízos à saúde humana, por meio de vazamentos de óleo, incêndios e risco de explosões. As refinarias de petróleo poluem a atmosfera com emissões de SO_x , de compostos orgânicos, de NO_x , de monóxido de carbono, hidrocarbonetos e de particulados. Geram, ainda, efluentes líquidos, contendo óleos, graxas, fenóis, amônia e sólidos dissolvidos ou em suspensão. Adiciona-se, ainda, a poluição proveniente do uso dos combustíveis nos transportes.

⁵ Período definido pela concessionária e composto por 3 (três) horas diárias consecutivas, exceção feita aos sábados, domingos, terça-feira de carnaval, sexta-feira da Paixão, "Corpus Christi", dia de finados e os demais feriados definidos por lei federal, considerando as características do seu sistema elétrico (Resolução ANEEL N.456, de 29/11/2000).

Os instrumentos de redução de poluição ou rejeitos implicam custos elevados – 30 a 35% do investimento total nas centrais de carvão (MARTIN, 1992). Não há, ainda, indícios de que haja diminuição relevante da demanda energética pelo menos no curto prazo.

Programas e ações em eficiência energética terão, portanto, um papel relevante nas políticas de diminuição dos impactos ambientais causados pela produção e consumo de energia.

Cabe ressaltar que entre os principais riscos ambientais citados acima e com os quais se depara atualmente, estão associados à elevação do consumo de energia, com implicações em nível global, regional e local, tais como (LA ROVERE, 1990):

- Poluição global, relacionada à emissão de gases relacionados ao efeito estufa, como CO₂ e CH₄, gerados pela produção, transporte e uso de combustíveis fósseis;
- A poluição do ar urbano pelas indústrias e veículos de transporte;
- A chuva ácida e seus impactos sobre os solos, os recursos hídricos e a vegetação;
- Riscos relacionados à extração, transporte e uso de combustíveis fósseis, como, por exemplo, acidentes nos mares, incêndios, explosões etc;
- O risco de acidentes em reatores nucleares, problemas relacionados ao lixo atômico e pela desativação dos reatores, após seu tempo de vida útil, e os perigos da contaminação associados ao uso da energia nuclear.

Goldemberg e Lucon (2007) apontam os principais problemas socioambientais decorrentes da geração, do armazenamento, do transporte e do uso da energia em nível local, regional e global (Quadro 01).

PROBLEMA AMBIENTAL	FONTE DO PROBLEMA
Poluição urbana do ar	Energia (usinas termelétricas, indústrias e transportes)
Chuva ácida	Energia (queima de combustível fóssil)
Diminuição da camada de ozônio	Indústria
Aquecimento por efeito estufa/mudanças climáticas	Energia (queima de combustível fóssil)
Degradação costeira e marinha	Transporte e energia (vazamentos de petróleo, aquecimentos das águas para resfriamento de usinas térmicas, represamento de rios para barragens, entre outros)
Desmatamento e desertificação	Energia (30 a 40% da população mundial depende da lenha para cozinhar)
Resíduos tóxicos, químicos e perigosos	Indústria e energia nuclear

Quadro 01 - Energia x problema ambiental
Fonte: Goldenberg (2001).

2.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

2.2.1 O Sistema Tarifário Brasileiro

Desde a década de 70, as tarifas de energia elétrica no Brasil foram uniformes para cada grupo tarifário (industrial, residencial, comercial, rural, outros) em todo o País. Desse modo, independentemente do custo de atendimento a cada região, os consumidores enquadrados nessas classes tarifárias pagavam o mesmo valor pela energia consumida. Ao longo desse período, o setor elétrico brasileiro apresentou elevadas taxas de expansão da oferta: 11,8% nos anos 70; 4,1% nos anos 80; e 2,6% nos anos 90, baseadas nas disponibilidades de autofinanciamento por meio de tarifas alinhadas com inflação, recursos da União e financiamento externo (BAPTISTA, 2001).

No início dos anos 90, período de altas taxas inflacionárias, o governo agravou o regime tarifário do setor elétrico na medida em que não validou uma série de custos incorridos pelas empresas do setor, em razão da utilização das tarifas para controle inflacionário.

Assim, com a Lei nº 8.631, de 4 de março de 1993, que dispõe sobre a fixação dos níveis das tarifas de energia elétrica para o serviço público, extinguiu o regime de remuneração garantida e pôs fim a essa equalização tarifária. A partir de então, os reajustes passaram a ser diferenciados para cada concessionária, em função de seus custos. Esse novo modelo, que foi copiado da empresa estatal francesa *Électricité de France* (EDF), segundo os princípios do custo marginal para cada classe de consumidor, criou a obrigatoriedade da celebração de contratos de suprimento entre geradoras e distribuidoras de energia e promoveu um grande encontro de contas entre os devedores e credores do setor (BAPTISTA, 2001).

O custo de energia elétrica para o consumidor final, seja ele industrial/comercial ou residencial) irá depender de uma série de fatores. Além dos equipamentos e suas condições operacionais, a forma de contratação da energia poderá causar enormes diferenças de preços, para os setores industriais/comerciais. Para a classe residencial, existem dois tipos de tarifas, convencional e Baixa Renda (que se divide em 5 faixas), demonstrados na Tabela 01, a seguir.

Entenda-se ,como baixa tensão, àquela disponibilizada pela concessionária como tensão secundária de distribuição (220, 380, 440, 480 Volts); Média tensão, àquela utilizada pela concessionária como tensão primária de distribuição (geralmente 13,8 ou 25 kV) e alta tensão, como a utilizada pelo sistema de transmissão (69 ou 138 kV na maioria das Linhas de Transmissão).

As tarifas de energia elétrica podem ser divididas em tarifas monômias (as de baixa tensão) e as tarifas binômias (convencional, tarifas horossazonais⁶ Verde e Azul). A tarifa monômia é a tarifa de fornecimento de energia elétrica, constituída por preços aplicáveis unicamente ao consumo de energia elétrica ativa. Já a tarifa binômia é a estrutura tarifária de fornecimento, constituída por preços aplicáveis ao consumo de energia elétrica ativa e à demanda faturável⁷.

⁶ A tarifa horossazonal é caracterizada por apresentar preços diferenciados de demanda e consumo de energia elétrica de acordo com as horas do dia (ponta e fora de ponta) e período do ano (seco e úmido). (SANTOS, 2007).

⁷ Em <http://www.lightempresas.com.br/web/atendimento/tarifas/tetipo.asp?mid=868794297228722672287227>

A tarifa binômia⁸ (somente para o setor industrial / comercial), por ser constituída de duas parcelas distintas, estabelece os valores para potência e energia. Além dessa distinção entre potência e energia, o sistema acrescentou o segmento horossazonal, que estabelece tarifas para os horários de ponta e fora de ponta e ainda fixa valores distintos para os períodos do ano compreendidos entre: maio e novembro, definido como período seco; e entre dezembro e abril, como período úmido. Os valores são fixados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que é o órgão regulador das relações entre as concessionárias e consumidores, estabelecendo os diversos tipos de contratos, normas e instruções.

As características de cada unidade consumidora determinam o seu enquadramento em cada categoria. Na primeira modalidade, denominada tarifa convencional, estão enquadrados os consumidores residenciais e as pequenas instalações industriais e comerciais. São os consumidores atendidos em tensão secundária de distribuição.

Para as instalações consumidoras com potência instalada acima de 112,5 KVA (dependendo da concessionária, pode ser 75 ou 225 KVA), o suprimento de energia é feito em média ou alta tensão (tensão primária de distribuição ou tensão de transmissão) e é obrigatória a contratação de potência e energia (demanda e consumo). Algumas concessionárias não disponibilizam o suprimento de energia em média ou alta tensão na tarifa convencional.

2.2.1.1 A classificação dos consumidores

A resolução da ANEEL 456, de 29 de novembro de 2000, publicada em 30 de novembro de 2000, estabelece dois grupos tarifários: (i) grupo tarifário A – que são os consumidores cujo fornecimento de energia é em tensão igual ou superior a 2,3 kV; e (ii) grupo tarifário B - Grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV, ou ainda, atendidas em tensão superior a 2,3 kV e faturadas neste Grupo nos termos definidos nos art. 79 a 81, caracterizado pela estruturação tarifária monômnia. A tabela 01 apresenta um resumo explicativo sobre os dois grupos tarifários.

⁸ Conjunto de tarifas de fornecimento constituído por preços aplicáveis ao consumo de energia elétrica ativa e à demanda faturável (Resolução ANEEL N.456, de 29/11/2000).

Tabela 01 - Classificação por Grupos Tarifários

Subgrupos	Tensão
A2	88 kV a 138 kV
A3A	30 kV a 44 kV
A4	2,3 kV a 25 kV
AS* (Subterrâneo)	menos de 2,3 kV
B1 – residencial	-
- ATÉ 30 kWh	-
- 31 a 80 kWh	-
- 81 a 100 kWh	-
- 101 a 140 kWh	-
- Maior que 140 kWh	-
B1 - residencial baixa renda	-
B2 – rural	-
B2 - cooperativa de eletrificação rural	-
B2 - serviço público de irrigação	-
B3 - demais classes	-
B4 - iluminação pública	-

Fonte: <http://www.lightempresas.com.br>

Os consumidores dos subgrupos A2, A3, A3a, A4 e AS, da tabela 01, podem optar por uma das modalidades do sistema horossazonal, conforme sua conveniência.

2.2.1.2 Demanda contratada

A demanda contratada é a base do contrato de suprimento de energia. Refere-se à potência que a concessionária disponibilizará para uso pela unidade consumidora. É a demanda de potência ativa que será disponibilizada obrigatória e continuamente pela concessionária, conforme contrato de fornecimento. Esta demanda deve ser integralmente paga pelo consumidor, mesmo que não consuma toda ela, durante o período de faturamento.

A potência ativa medida no intervalo de quinze minutos, durante o período de faturamento é chamado de demanda medida. Ou seja, a cada quinze minutos é feita uma nova leitura, que registra o maior valor de demanda medido. O valor faturável é o máximo valor de demanda lido durante o período de faturamento que será pago. Se este valor for inferior à demanda contratada, esta é que deverá ser paga, porém se a demanda lida for maior e ultrapassar o limite de 10%, para consumidor com tensão de fornecimento inferior a 69 kV, e 5% para igual ou superior a 69 kV da demanda contratada, a empresa pagará multa por ultrapassagem da demanda. O valor da tarifa de ultrapassagem corresponde a três vezes o valor da tarifa normal de fornecimento (ELETROBRAS, 2007).

A verificação de demanda é feita pelo equipamento registrador da concessionária, instalado no ponto de medição da unidade consumidora, que, a cada 15 minutos, gera um registro para fins de faturamento. Nos campos deste registro, outros parâmetros, como fator de potência, também são guardados para os cálculos por ocasião da emissão da fatura mensal de energia.

2.2.1.3 Horário de ponta e fora de ponta

Como já foi mencionado, a Resolução da ANEEL nº 456 (2000) criou também uma diferenciação nos valores das tarifas em relação aos períodos do dia e do ano. São as chamadas tarifas de ponta e fora de ponta, e o período seco e o período úmido.

O horário de ponta é o período definido pela concessionária e composto por 3 (três) horas diárias consecutivas, exceção feita aos sábados, domingos, terça-feira de carnaval, sexta-feira da Paixão, “Corpus Christi”, dia de finados e os demais feriados definidos por lei federal, considerando as características do seu sistema elétrico. Neste período, normalmente as pessoas retornam às suas residências, após o trabalho, utilizam o chuveiro, que, na maioria das residências brasileiras, possui o modelo elétrico. Ressalte-se que esse equipamento é um dos que mais contribui no maior consumo de energia nas residências. Para se ter uma noção, os chuveiros geralmente são de 5000W ou 6000W, os quais equivalem a 50 ou 60 lâmpadas de 100W. Em nível nacional, somados, todos os consumos de energia elétrica se tornam muito elevados, fazendo com que as concessionárias de energia elétrica (que são reguladas pela ANEEL) desestimulem o consumo de energia nesse período, com o propósito de evitar um

colapso no sistema energético. Por esse motivo, o valor da tarifa por kWh consumido é quase 5 vezes maior do que em horário fora de ponta.

O horário fora de ponta é todo aquele que não se enquadra naquele anteriormente descrito, e configura um período que o consumo tem um nível aceitável e dificilmente gera um colapso no sistema.

A figura 02 exemplifica a distribuição do horário de ponta e do fora de ponta durante o dia.

Horário	Fora da Ponta																Ponta		Fora da Ponta					
hora do dia	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23

Figura: 02 - Distribuição do horários de ponta e do fora de ponta

Fonte: LIGHT (disponível em <http://www.lightempresas.com.br/web/atendimento/tarifas>)

2.2.1.4 O consumo

O consumo é a energia consumida num intervalo de tempo, ou seja, o produto da potência (kW) da carga pelo número de horas (h) que a mesma foi ligada. Expresso em quilowatt-hora (kWh).

Para os dois segmentos horossazonais há tarifas de consumo diferentes para os períodos seco e úmido.

Tratando-se do segmento horossazonal azul, serão fixados dois valores de demanda contratada: um, para o horário de ponta; e outro, para o horário fora de ponta. O valor de potência, em kW, para o horário de ponta não pode ser inferior a 10% do valor estabelecido para o horário fora de ponta.

Tratando-se do segmento horossazonal verde, não haverá contrato de demanda no horário de ponta. Presume-se que a unidade consumidora estará inativa, desligada ou utilizando outras fontes de energia no horário de ponta. Caso o registrador apresente algum consumo (energia) para o horário de ponta, este será faturado pela tarifa correspondente, que é cerca de dez vezes a tarifa para o horário fora de ponta.

As regras para o enquadramento tarifário estão apresentadas na tabela 02.

Tabela 02 – Regras para enquadramento tarifário

TIPO DE TARIFA	VALORES A SEREM FATURADOS		
	CONSUMO (kWh)	DEMANDA (kW)	ULTRAPASSAGEM DE DEMANDA
CONVENCIONAL Aplicada como opção para consumidores com demanda menor que 300kW. A demanda contratada mínima é de 30kW – ver observação 1.	Total registrado X Preço único	Maior valor entre: - a medida ou - a contratada X Preço único Exceção – ver observação 2	Aplicável quando a demanda medida superar a contratada em 10%
VERDE Aplicada como opção para consumidores da MT. Ver observação 3	Total registrado no HFP X Preços HFP para períodos seco e úmido. + Total Registrado no HP X Preço HP para período seco e úmido.	Maior valor entre: - a medida ou - a contratada X Preço único Exceção – ver observação 2	Aplicável quando a demanda medida superar a contratada em 10%
AZUL Aplicada de forma compulsória para clientes com demanda maior ou igual a 300kW e opcional para aqueles com demanda entre 30 e 299kW - Ver observação 3.	Total registrado no HFP X Preços HFP para períodos seco e úmido. + Total Registrado no HP X Preço HP para período seco e úmido.	Maior valor entre: - a medida ou - a contratada X Preço único Exceção – ver observação 2	Aplicável quando a demanda medida superar a contratada em 10%

Fonte: ELETROBRAS, 2005

Observações:

1 – Se uma unidade consumidora enquadrada na THS (tarifa horossazonal) apresentar nove registros de demanda medida menor que 300kW nos últimos onze ciclos de faturamento, poderá optar por retornar para a convencional.

2 – Quando a unidade consumidora for classificada como rural ou reconhecida como sazonal, a demanda a ser fatirada será:

- tarifa convencional: a demanda medida no ciclo de faturamento ou 10% da maior demanda medida em qualquer dos onze ciclos completos de faturamento anteriores;
- tarifa horossazonal: a demanda medida no ciclo de faturamento ou 10% da demanda contratada. A cada doze meses, a partir da data da assinatura do contrato de fornecimento, deverá ser verificada, por segmento horário, a demanda medida não inferior à contratada em plo menor três ciclos completos de faturamento. Caso contrário, a concessionária poderá cobrar, complementarmente, na fatura referente ao décimo segundo ciclo, as diferenás positivas entre as três maiores demanda contratadas e as respectivas demandas medidas.

3 – se nos últimos onze meses de faturamento apresentar três registros consecutivos ou seis alternados de demanda medidas maiores ou iguais a 300 kW, o cliente será enquadrado compulsoriamente na tarifa horo-sazonal azul, mas poderá fazer opção pela verde.

2.2.1.5 Fator de carga

É a razão entre a demanda média e a demanda máxima da unidade consumidora, ocorridas em um mesmo intervalo de tempo determinado (ano, mês, dia etc.). Tem influência relevante na fatura de energia da unidade consumidora, na medida em que reduz o custo médio do kWh na proporção em que se aproxima de 1 (ou 100%).

O custo da energia para a unidade consumidora, como visto, é composto por duas parcelas: uma, correspondente à Potência (demanda); e a segunda, correspondente à energia (consumo), expressa pela fórmula 2.1:

$$C = a \cdot kW + b \cdot kWh \quad (2.1)$$

Sendo:

a = tarifa ou preço unitário do kW;

b = tarifa ou preço unitário do kWh e

C = custo total da fatura (sem a incidência dos encargos previstos na legislação).

Considere-se o fator de carga, como definido em 2.2:

$$F_c = D_{med} / D_{max} \quad (\text{Relação entre demanda média e demanda máxima}) \quad (2.2)$$

Sendo:

$D_{med} = kWh \text{ (faturados)} / \text{Número de horas do período}$. Num mês de 30 dias corridos, sem feriados além dos finais de semana, tem-se 22 dias úteis, donde resulta um total de $22 \times 3 = 66$ horas de horário de ponta e $30 \times 24 - 66 = 654$ horas de operação no horário fora de ponta. Ou seja:

$$\text{Na ponta: } D_{med} = kWh \text{ (na ponta)} / 66 \quad (2.3)$$

$$\text{Fora da Ponta: } D_{med} = kWh \text{ (f. ponta)} / 654 \quad (2.4)$$

Como $D_{max} = kW$, (demanda faturada) e $F_c = (kWh/66)/kW$ para o horário de ponta e $F_c = (kWh/654)/kW$ para o horário fora de ponta. (Se o período considerado for diferente de 30 dias e o número de horas de ponta diferente de 66, basta substituir os valores)

Considere-se $u =$ custo unitário do kWh, como sendo o Custo Total ($a.kW + b.kWh$) dividido pelo total de kWh utilizados. Pode-se calcular, então, o custo unitário u para o horário de ponta e, igualmente, para o horário fora de ponta, conforme 2.5.

$$u = \frac{a.kW}{kWh} + \frac{b.kWh}{kWh} \Leftrightarrow u = a.\frac{kW}{kWh} + b \quad (2.5)$$

O termo kW / kWh na fórmula acima pode ser substituído por $1 / 66.F_c$ para o horário de ponta ou $1 / 654.F_c$ para o horário fora de ponta, resultando na expressão 2.6 abaixo:

$$u = \frac{a}{66.F_c} + b \quad (2.6)$$

Donde se conclui que o custo unitário de energia é inversamente proporcional ao fator de carga. Esta consideração é muito útil, uma vez que nos estudos de viabilidade de geração de energia para consumo próprio é necessário redimensionar os valores de demanda para a nova modalidade de contrato, sem correr riscos de incorrer em faturamento de ultrapassagens. Em determinadas aplicações, a economia resultante justifica o investimento em um gerenciador de demanda, visando à otimização do fator de carga.

2.3 AUDITORIA ENERGÉTICA

É oportuno se perguntar, antes de avançar qualquer ideia, o que se entende realmente por auditoria energética. De certa forma, parece que já é senso comum entender estes termos como sendo a análise sistemática dos fluxos de energia em um sistema particular, visando a discriminar as perdas e a orientar um programa de uso racional de insumos energéticos. De fato, foi com esta acepção que, no início dos anos 80, as auditorias energéticas foram difundidas e, sobretudo, aplicadas a contextos industriais e tendo, como estímulo básico, o contexto de custos energéticos crescentes. Assim, podem ser citados os trabalhos do Conselho

Nacional do Petróleo – CNP (1985), Rocchiccioli (1981) e Gorecki (1982), talvez os pioneiros em adotar, explicitamente, e, no sentido acima, a expressão “auditoria energética” em trabalhos em língua portuguesa (HADDAD, MARQUES, MARTINS, 2006)

Apresentam-se, abaixo, os módulos temáticos para a realização de auditorias energéticas, sobretudo em pequenas e médias empresas.

2.3.1 Módulos temáticos para auditorias energéticas

Considerando as ações implementadas pelo programa do PROCEL, os resultados acumulados no período 1986-2007, a economia de energia total obtida foi de 28,5 bilhões de kWh. Deve ser observado que este montante equivale a aproximadamente 7,6% do consumo de eletricidade no Brasil em 2007⁹, que totalizou 377,22 bilhões de kWh (ELETROBRAS, 2007).

Esses 28,5 bilhões de kWh representam a energia elétrica suficiente para atender 16,3 milhões de residências durante um ano, considerando que a residência típica no Brasil consome 145,2 kWh por mês¹⁰. Por outro lado, se essa quantidade de energia elétrica for fornecida a indústrias de pequeno e médio porte, seria suficiente para atender cerca de 20 mil novas indústrias com 2 milhões trabalhadores, partindo-se da premissa que cada indústria empregue 100 trabalhadores e tenha um consumo de 12 mil kWh/ano/trabalhador, em média.

Esse montante de energia equivale à fornecida durante um ano por uma hidrelétrica de aproximadamente 6.841 MW de capacidade. Essa estimativa baseia-se em um fator de capacidade típico de 56% para usinas hidrelétricas e inclui, ainda, 15% de perdas médias nos sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica¹¹.

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

⁹ Essa economia corresponde também a aproximadamente 31% do consumo residencial no país em 2007, que foi de 90.9 bilhões de kWh (EPE, Estatística e Análise do Mercado de Energia Elétrica - Boletim Mensal - Mês Base: Dezembro 2007).

¹⁰ Segundo EPE, Estatística e Análise do Mercado de Energia Elétrica - Boletim Mensal - Mês Base: Dezembro 2007.

¹¹ Esse nível de perdas globais é considerado, na medida em que a grande parcela de utilização da energia elétrica se dá na distribuição em baixa tensão.

2.3.1.1 Gerenciamento pelo lado da demanda (GLD)

Segundo Camargo (1996),

O gerenciamento pelo lado da demanda consiste no planejamento, implementação e acompanhamento de atividades ou estratégias que visam a 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, 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 (1996) propõe o desenvolvimento de programas de educação dos consumidores, que envolvem ação direta sobre o cliente, de cooperação, envolvendo grupos que podem influir na aceitação de programas de GLD, programas que desenvolvem promoções e publicidade, através dos meios de comunicação, seminários, treinamento, impressão de folhetos e mensagens aos consumidores, programas envolvendo o uso de tarifas alternativas e incentivos diretos oferecidos pelas concessionárias.

2.3.1.2 Fator de potência

Segundo Lima e David (1996), a Portaria n° 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:

Por definição, o fator de potência é um número adimensional entre 0 e 1. Quando o fator de potência é igual a zero (0), o fluxo de energia é inteiramente reativo, e a energia armazenada é devolvida totalmente à fonte em cada ciclo. Quando o fator de potência é 1, toda a energia fornecida pela fonte é consumida pela carga. Normalmente, o fator de potência é assinalado como atrasado ou adiantado para identificar o sinal do ângulo de fase entre as ondas de corrente e tensão elétricas.

O fator de potência pode ser expresso pela fórmula 2.7:

$$FP = \cos\phi = \frac{P \text{ (kW)}}{S \text{ (kVA)}} \quad (2.7)$$

Sendo:

P(kW) = potência ativa;

S(kVA) = potência aparente;

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

A figura 03 mostra o triângulo retângulo que representa a relação entre as potências aparente (S), ativa (P) e reativa (Q).

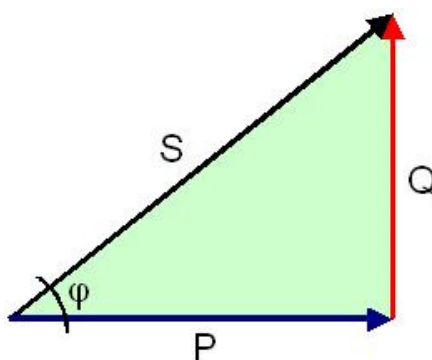


Figura 03 - Composição da energia aparente

Segundo Burgoa et al. (1988), as empresas devem orientar seus consumidores (industriais e comerciais, pois ainda não é cobrado desvio do fator de potência para clientes residenciais) no sentido de que façam 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, penalizam a ultrapassagem destes valores a cada hora, os bancos chaveáveis de capacitores são os mais adequados, monitorando os níveis de reativos requeridos.

2.3.1.3 Iluminação

Várias associações mundiais estudam os grandes problemas técnicos e científicos da iluminação, como a *Comission Internationale de L'Éclairage*, 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 de iluminância (lux) 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.

2.3.1.4 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 sistemas motrizes, 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 superdimensionados;
- quanto às perdas aproveitáveis: 16,39% apresentavam potencial de melhoria;
- quanto aos sistemas de transmissão máquina-motor: 8,90% eram inadequados.

Outro fato que interfere na eficácia de um acionamento são as condições do acoplamento entre o motor e a carga. O desalinhamento, a falta de correia ou o mau tensionamento da mesma ou a má conservação contribuem, também, para uma solicitação maior do motor, e conseqüentemente, para que esse, em alguns casos, opere acima da capacidade nominal.

As condições ambientais de temperatura, umidade e pó influenciam, também, de forma significativa, no desempenho e na vida útil dos motores. A umidade contribui para a aceleração do deterioramento de isolamento. A operação em temperatura elevadas, no pior caso, leva à queima do motor.

2.3.1.5 Ar condicionado

A grande importância dada ao uso racional de energia elétrica, no setor de ar condicionado e refrigeração, é facilmente compreendida quando são considerados os percentuais de consumo destes setores. Estes representam 20% do consumo total de energia do Brasil (HADDAD, MARQUES, MARTINS, 2006).

Conforme Barbalho et al. (1995), a metodologia do PROCEL, para ar condicionado, disserta sobre os seguintes itens: (i) 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; e (ii) 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.

2.3.1.6 Ar comprimido

O ar comprimido é empregado em quase todos os setores da indústria e encontra aplicações nas mais diversas tarefas. Por essa razão, os equipamentos que produzem, distribuem e utilizam o ar comprimido são essenciais. Em muitos casos, o ar comprimido representa uma parcela significativa na composição no consumo da energia elétrica da empresa. Além disso, diversos estudos apontam os sistemas de ar comprimido como sendo um dos pontos onde ocorrem perdas significativas de energia. Ou seja, existem bons potenciais para a economia de energia.

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 acarreta 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, bem como, vazamentos em engates, mangueiras e linhas de transmissão de ar comprimido.

2.3.1.7 Geradores de vapor ou caldeiras

O mercado altamente competitivo, que existe atualmente, faz com que as empresas busquem incessantemente a redução de seus custos de produção. Uma das alternativas para se alcançar este objetivo é a utilização racional de energia, procurando minimizar o consumo de energia elétrica e dos diversos energéticos utilizados no processo produtivo. Neste sentido, a utilização eficiente da energia térmica, em fornos e caldeiras, promove, além da esperada redução de custos e dos desperdícios de energia, uma série de outras vantagens, principalmente do ponto de vista ambiental.

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 refeedores e equipamentos similares utilizados em unidades de processo.

Para a otimização de caldeiras, Burgoa et al. (1988) recomendam 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 à recuperação de calor, as seguintes medidas devem ser estudadas, (i) retorno para aproveitamento no reservatório de água de alimentação, aumentando a temperatura da mesma; (ii) caso não exista isolamento térmico da rede ou o mesmo seja precário, sugere-se fazer uma análise econômica para efetivar sua implantação ou correção; (iii) verificar a possibilidade de utilização do vapor de reevaporação do condensado (vapor

flash), que poderia ser aproveitado em equipamentos de baixa pressão; (iv) fazer uma avaliação da utilização do calor do condensado, ou seja, verificar se o mesmo está sendo aproveitado de maneira adequada.

2.3.1.8 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 SANTOS et al (2005) 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 à 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.

2.3.2 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.

A seguir, serão citados alguns exemplos de Agentes de implementação nacionais e internacionais quanto à aplicação de ferramentas de auditorias energéticas.

2.3.2.1 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 coordenado 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 para *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.

No Brasil, começaram a surgir as empresas de serviço de energia ou Escos (*Energy Service Companies*), introduzindo 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, 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 à 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.

2.3.2.2 Instituto Nacional de Eficiência Energética – INEE

O Instituto Nacional de Eficiência Energética (INEE) 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), essas ações devem ser contempladas desde o projeto, passando pela construção até a utilização final da instalação.

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 bioclimáticas 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.

Na fase de construção devem-se 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.

Já na 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.

2.3.2.3 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.

2.3.2.4 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 módulos temáticos 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 permitem a identificação de

problemas, usos finais de energia, grau de difusão dos equipamentos, quantificação dos energéticos por setor ou individualmente.

2.3.2.5 Fundação de Pesquisa e Assessoramento à Indústria - FUPAI

Segundo a metodologia da FUPAI, deve-se seguir o roteiro: identificar, quantificar, modificar e acompanhar.

Segundo Nogueira (1990 *apud* HADDAD, MARQUES, MARTINS, 2006, considerando uma abordagem bem genérica a ser adaptada caso a caso, a sequência 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).
 - 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).
- 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.
- 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 energética, o nível de atendimento das demandas se mantém e pode mesmo até melhorar, sendo as reduções de consumo de vetores energéticos decorrentes do menor nível das perdas de energia. A figura 04 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.

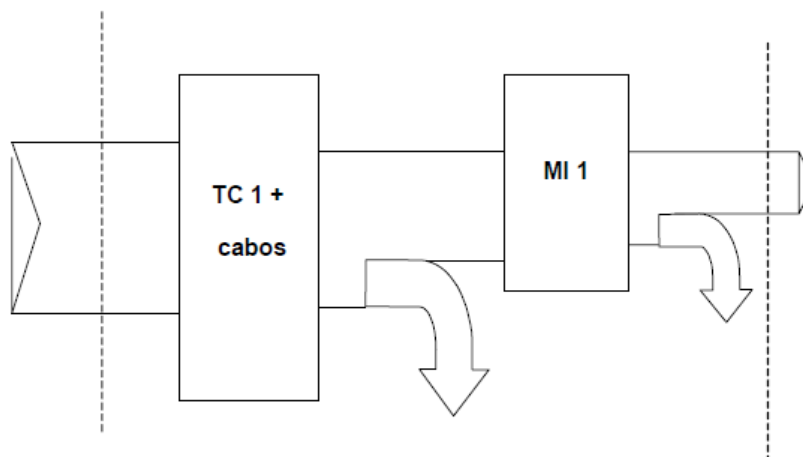


Figura 04 - Exemplo de diagrama de Sankey
Fonte:Haddad et al. (2006)

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, Marques e Martins (2006), 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 o Quadro 02.

PRIORIDADE	PROJETO	OPERAÇÃO & PROCESSO	MANUTENÇÃO
Alta	Deve estar fortemente justificado	De aplicação imediata, disponíveis ou apenas treinamento	De aplicação imediata, recursos disponíveis ou apenas treinamento
Média	Geralmente menos interessante pelos recursos necessários ou pelo benefício esperado	Envolve maiores mudanças de processos	Envolve, em geral, investimentos em sistemas ou instrumentação

Quadro 02 - Recomendação de auditorias energéticas
 Fonte: Haddad, Marques e Martins (2006)

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

2.3.2.6 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:

- I. 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.
- II. 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.
- III. 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.
- IV. 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.

Apesar de esta metodologia de trabalho estar focada no Departamento de Engenharia Química (ENQ) da UFSC, percebe-se que a mesma poderá ser utilizada em outras instalações industriais e/ou comerciais.

2.3.2.7 Universidade de São Paulo – USP

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.

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

2.3.2.8 Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco - POLI/UPE

Segundo Godoy et al. (1999), foram realizados os seguintes procedimentos na POLI/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 NBR-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 (m²), 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.

A metodologia utilizada na Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco (POLI/UPE) é a mais apropriada para a aplicação nas pequenas e médias empresas, como será demonstrado no capítulo 3. A metodologia estabelece uma sequência de procedimentos a serem implementados durante a auditoria energética.

2.3.2.9 *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:

- a) Entrevista com pessoas-chave;
- b) visita de observação às instalações;
- c) revisão da documentação existente;
- d) identificação e análise de viabilidade de economia de energia;
- e) análise econômica;
- f) preparação do relatório de diagnóstico energético;
- g) 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.

2.3.2.10 *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: Elaboração do 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.

2.3.2.11 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:

1. Consumos e produções históricas ou análise da contabilidade energética.
2. Balanços energéticos obtidos das medições das grandezas termodinâmicas e elétricas, para a identificação dos potenciais de economia.
3. 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), expresso pela fórmula 2.8:

$$IEE = IEEI + IEEV + \frac{Q_{out}}{A_{útil}} = \frac{Q_{aq} \times F_{ci}}{A_{útil}} + \frac{Q_{arr} \times F_{cv}}{A_{útil}} + \frac{Q_{out}}{A_{útil}} \quad (2.8)$$

Sendo:

IEEI = índice de eficiência energética para o inverno

IEEV = índice de eficiência energética para o verão

A_{útil} = área útil do pavimento em m²

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

Fci = fator de correção geográfica para o inverno, inspirado no RCCTE

Fcv = fator de correção geográfica para o verão, inspirado no RCCTE

RCCTE = regulamento das características do comportamento térmico dos edifícios.

No entanto, Águas (2001) critica a utilização dos fatores Fci, Fcv e Fc, 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.

2.3.2.12 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 completas:

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, que podem ser comparados com valores padrões preestabelecidos. 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-econômica.

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

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

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

Este modelo de auditoria se difere dos demais por sugerir a implementação de um sistema de gestão de energia (SGE), que é uma ferramenta que permite o gerenciamento sistemático dos dados necessários à efetiva Gestão de Energia. É apenas uma ferramenta que permite quantificar, fornecendo ao Gestor de Energia dados necessários para uma tomada de decisão, com conhecimento prévio dos ganhos daí resultantes.

2.3.2.13 *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, é apresentada a figura 05 com o fluxograma de funcionamento do programa:

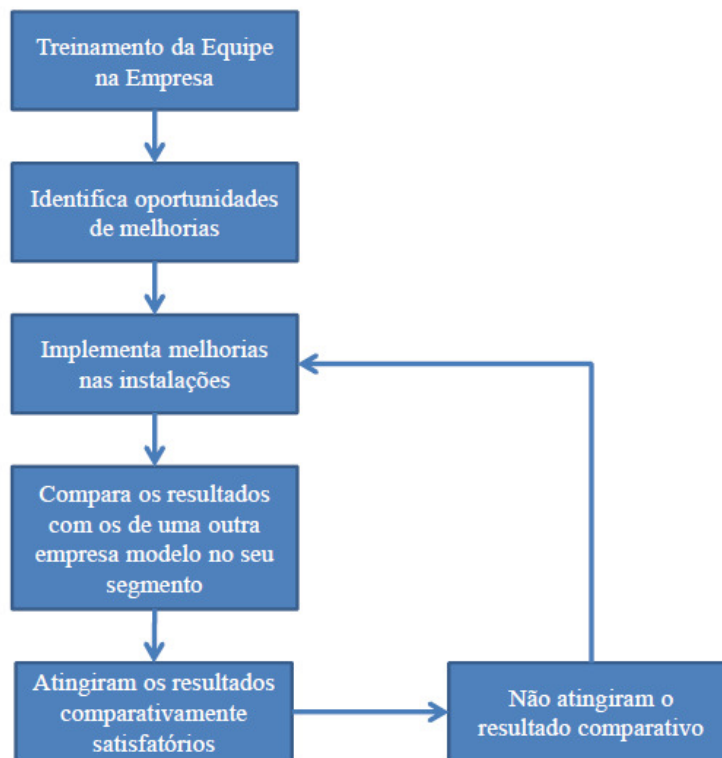


Figura 05 - Fluxograma de funcionamento do programa Australiano
Fonte: Miguel (2003)

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 bianual, 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.

O diferencial deste programa em relação aos demais está baseado no fato de desenvolver treinamento dos colaboradores da própria empresa, para atuar como auditores em eficiência energética. Desta forma, ao envolver os colaboradores neste processo, obtém-se um melhor engajamento dos objetivos propostos no início do trabalho.

Com base no referencial teórico, foram identificadas as auditorias energéticas usualmente empregadas por estes agentes de implementação. Objetiva-se, no próximo capítulo, apresentar como podem ser obtidos os resultados propostos pela pesquisa e o meio de investigação.

3 MÉTODO DA PESQUISA

Para desenvolvimento deste trabalho, foi necessária a revisão de literatura, sendo utilizados livros, artigos, dissertações e teses já desenvolvidas e páginas eletrônicas (sítios). Esses estudos permitiram a formação de uma base relacionada ao tema, a fundamentação teórica e maior compreensão de auditorias energéticas.

Este capítulo visa a estabelecer um protocolo de auditoria energética, que possui diversidade de módulos temáticos. No entanto, conforme Eisenbeiss (1985), os módulos temáticos 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.

De acordo com Clark e Castro (2003), a pesquisa tem como objetivo desenvolver o processo de construção do conhecimento, discordando do conhecimento existente ou ratificando-o, com base em métodos científicos que possam ser reproduzidos e validados.

Marconi e Lakatos (2001) relatam que a escolha dos métodos está relacionada com o problema estudado, em função da natureza do fenômeno, objetivo da pesquisa e de outras questões envolvidas na investigação.

Para Triviños (1987 apud Terence, 2002), a pesquisa pode ser classificada de acordo com suas características:

- I. De acordo com a natureza, como aplicada.
- II. De acordo com a forma de abordagem do problema, como qualitativa.
- III. De acordo com seus objetivos, como exploratória.
- IV. De acordo com os procedimentos técnicos, como um estudo multicaso.

Para que o leitor tenha uma compreensão maior do referido capítulo, ele está dividido em seis seções, partindo do (i) delineamento do estudo, (ii) método: estudo de caso, (iii) critérios e seleção da unidade de análise, (iv) coleta de dados, (v) métodos aplicados para elaboração das diretrizes de auditoria energética e (vi) tratamento dos dados.

3.1 DELINEAMENTO DO ESTUDO

A figura 06 apresenta a forma como o presente estudo está delineado, de acordo com as etapas do fluxo de pesquisa.

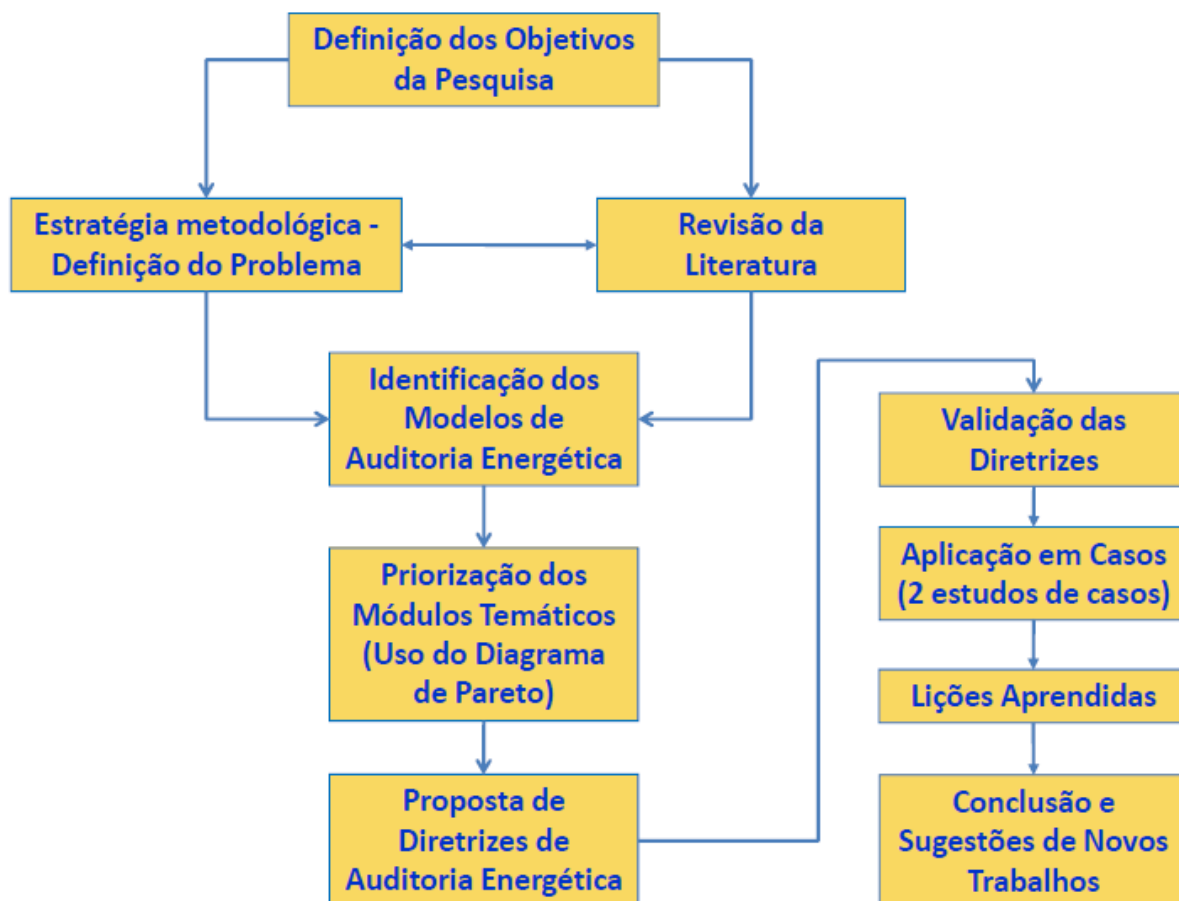


Figura 06 - Delineamento do presente estudo

Assim, o estudo se desenvolveu conforme a figura 06, tendo início com a definição dos objetivos da pesquisa. Com esta definição, foi estabelecida a estratégia metodológica, paralelamente à revisão da literatura e elaboração do referencial teórico. A partir desta base, partiu-se para a identificação dos modelos de Auditoria Energética usualmente aplicados, identificando e priorizando os módulos temáticos, com o auxílio do Diagrama de Pareto, com base no número de ocorrência destes nas auditorias energéticas estudadas, obtendo-se diretrizes de Auditoria Energética. Submeteu-se as diretrizes de auditoria energética proposta a especialistas para a validação das mesmas. A partir de então, foram aplicadas as referidas diretrizes em duas empresas, caracterizando-se, assim, o estudo de caso.

3.2 MÉTODO: ESTUDO DE CASO

Para Yin (2001), o estudo de caso é apenas uma das muitas maneiras de se fazer pesquisa em ciências sociais. O estudo de casos é a estratégia escolhida ao se examinarem acontecimentos contemporâneos, mas quando não se podem manipular comportamentos relevantes. O estudo de caso faz uso de muitas técnicas praticadas pelas pesquisas históricas, mas acrescenta duas fontes de evidências que, usualmente, não são incluídas no repertório de historiadores: observação direta e série sistemática de entrevistas.

Stake (1994) define o estudo de caso como a pesquisa das particularidades e complexidades de um caso específico, permitindo compreender sua atividade dentro de certas circunstâncias. O autor considera que a decisão de seguir uma abordagem de estudo de caso não diz respeito a uma escolha metodológica, mas sim à seleção do objeto a ser estudado. Sendo assim, a estratégia de pesquisa emerge como consequência do caso escolhido e tem o objetivo de representar o objeto em si, de forma particular e delimitada.

Para Stake (1994), os estudos de caso dividem-se em três tipos:

- a) intrínseco, com o propósito de melhor compreender o caso;
- b) instrumental, onde um caso particular é examinado, a fim de prover maior entendimento acerca de uma questão ou promover o refinamento de uma teoria;
- c) múltiplo, onde um estudo instrumental é estendido a dois ou mais casos simples.

Esta pesquisa adotará a metodologia de estudo de caso múltiplos, uma vez que a pesquisa será realizada em duas empresas, de diferentes segmentos industriais (ver quadro 03). Ainda segundo Yin (2001), o estudo múltiplo de caso proporciona algumas vantagens para o pesquisador. As provas resultantes de casos múltiplos são consideradas mais convincentes, além de proporcionar maior robustez à pesquisa, embora exija maior tempo e recursos do pesquisador.

Empresa	Segmento Industrial	
	Petróleo e Gás	Produtos de Beleza
A	X	
B		X

Quadro 03 – Amostragem intencional de pesquisa

Fonte:

3.3 CRITÉRIO E SELEÇÃO DA UNIDADE DE ANÁLISE

Sendo o objetivo da pesquisa o estudo das pequenas e médias empresas, foram utilizados, para a definição da amostra, os critérios atribuídos pelo SEBRAE (2005), que definem a pequena empresa industrial, de acordo com o número de empregados, que obedece a um parâmetro entre 20 a 99 empregados e, na média empresa, entre 100 a 499 empregados.

Gil (2002) define universo da amostra da seguinte forma: “É um conjunto bem definido de elementos que possuem determinadas características”. Para que se tenha uma delimitação das amostras, optou-se pelas empresas de pequeno e médio porte do Estado do Rio de Janeiro, sendo uma localizada no município de Macaé (empresa A), e a outra no município do Rio de Janeiro (empresa B), representando empresas de pequeno e médio portes. Estas empresas foram selecionadas para a aplicação das propostas de diretrizes de auditoria energética.

Com o intuito de preservar as identidades das empresas, solicitadas pelos entrevistados em função de sua concorrência, atribuiu-se às empresas as letras maiúsculas “A” e “B”.

3.3.1 Amostra-piloto

A amostra-piloto deve ser selecionada de forma que possibilite a facilidade de acesso às informações, onde as condições geográficas sejam de fácil acessibilidade e que a amostra forneça dados que possam auxiliar a validação dos procedimentos da pesquisa, podendo até prover alguns esclarecimentos sobre o projeto de pesquisa (YIN, 2005). Diante desta questão, buscou-se uma empresa de pequeno porte e uma de médio porte, localizadas no Estado do Rio de Janeiro.

3.4 COLETA DE DADOS

Com vistas a alcançar os objetivos da pesquisa, conforme estabelecidos na introdução deste estudo, a coleta de dados foi desenvolvido por meio de pesquisa bibliográfica e pesquisa de campo.

A pesquisa bibliográfica permitiu coleta de dados gerais, pertinentes ao tema em questão, disponibilizados em artigos, livros, teses, dissertações, sites e revistas especializadas. A pesquisa bibliográfica se justifica na medida em que contribui para fundamentar o desenvolvimento do estudo de caso e a conclusão da pesquisa.

Na pesquisa de campo foi aplicada a proposta de diretrizes de auditoria energética, com vistas a alcançar os objetivos da pesquisa.

Conforme adaptado de Burgoa et al. (1988), a coleta dos dados segue levantamentos de campo, através de medições das grandezas elétricas, além de coleta de dados existentes em documentos das empresas.

Em termos de equipamentos de medição, foram utilizados o para medições em baixa tensão na saída do transformador de potência e nos alimentadores do banco de capacitores e das cargas: kits portáteis de medição de energia elétrica programáveis, com memória de massa, modelo CCK 4500, classe de precisão 0,5%, equipados com transformadores de corrente tipo alicates com relação de transformação de 1.000:1 A e classe de precisão 0,6%; o Luxímetro modelo 3281 da Yokogawa, para a medição dos iluminamentos; e o multímetro Minipa Analógico e Gubi Tech digital.

3.5 MÉTODOS APLICADOS PARA ELABORAÇÃO DAS DIRETRIZES DE AUDITORIA ENERGÉTICA

No caso específico para a metodologia aplicada para obtenção das diretrizes de Auditoria Energética, para pequenas e médias empresas, elaborou-se a tabela 04, correlacionando 13 diferentes diretrizes de auditoria energética usualmente aplicados, com 15 módulos temáticos.

Com o objetivo de se adaptar os módulos temáticos à realidade das pequenas e médias empresas, racionalizou-se o número total de 15 módulos temáticos para 11, agrupando os por afinidade na implementação. A partir daí, realizou-se uma análise de ocorrências de módulos temáticos, ao longo dos 13 diferentes diretrizes de auditoria energética pré-selecionados.

Através da metodologia do Diagrama de Pareto, definiram-se os 6 módulos temáticos que compõem as diretrizes de Auditoria Energética para as pequenas e médias empresas.

3.6 TRATAMENTO DOS DADOS

As informações, descritas a partir da pesquisa bibliográfica, foram utilizadas para consolidar o conhecimento do autor sobre temas relacionados à auditoria energética, buscando o desenvolvimento da metodologia para implantação das diretrizes de auditoria energética e a elaboração da conclusão da pesquisa.

Nesta etapa, todos os dados coletados são analisados e tratados de forma a obter o conhecimento necessário quanto à eficiência energética dos processos das empresas, cotejando-os com processos eficientes.

A análise dos dados coletados, que demonstrou a situação atual das empresas à luz da eficiência energética dos processos, fortaleceu a necessidade de implantação das ações para melhoria do desempenho.

Os dados coletados, através da pesquisa de campo, foram interpretados, buscando-se elementos que possam respaldar as questões estabelecidas pelo pesquisador.

3.7 APLICAÇÃO DA AUDITORIA ENERGÉTICA

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.

3.7.1 FLUXOGRAMA MODELO DA AUDITORIA ENERGÉTICA

A Figura 7 a seguir mostra o modelo de fluxograma da auditoria energética proposto neste trabalho.

Com a proposta de diretrizes de auditoria energética, 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.

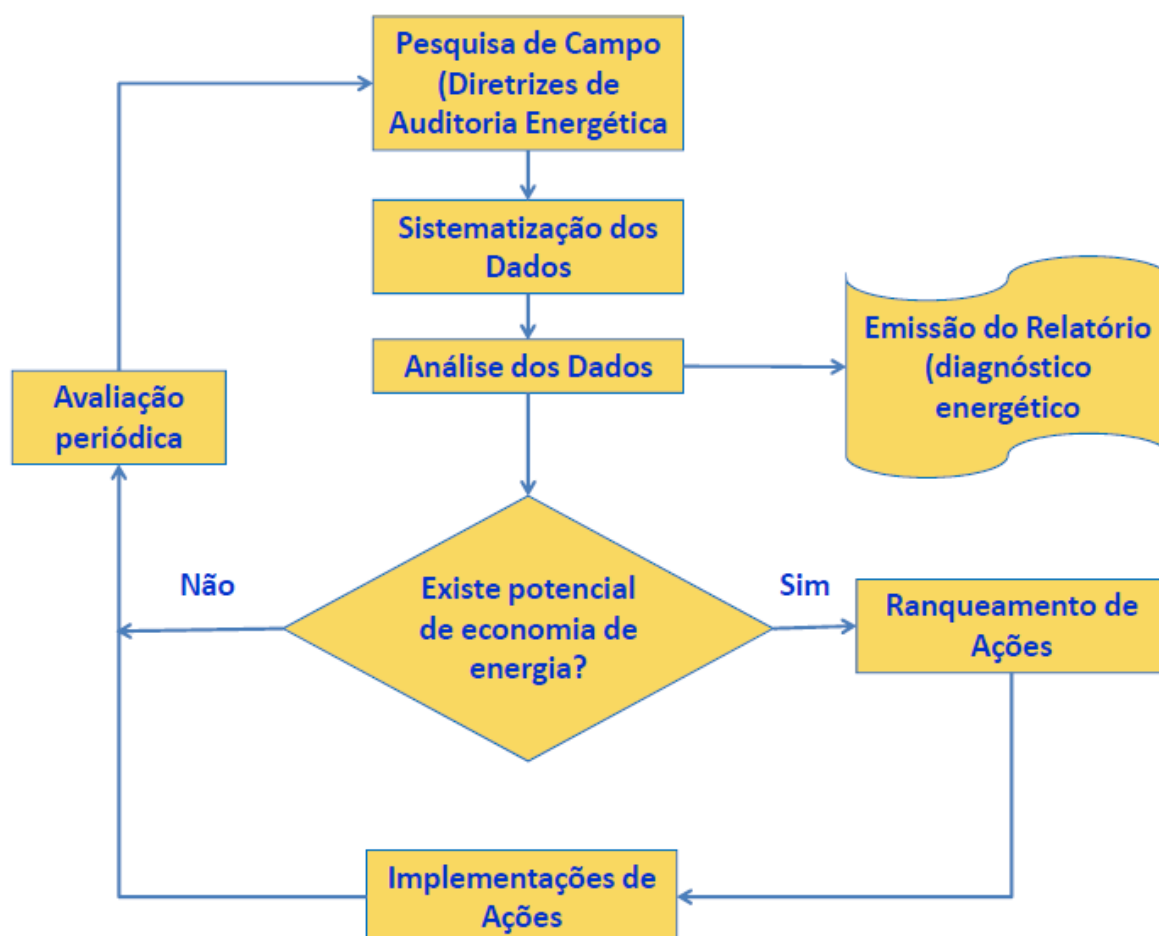


Figura 07 – Modelo de fluxograma de auditoria energética
Fonte: Adaptado de Miguel, 2003.

3.8. VALIDAÇÃO DA PROPOSTA DE DIRETRIZES DE AUDITORIA ENERGÉTICA

Com o objetivo de consolidar a proposta de diretrizes de auditoria energética, levantou-se opiniões de especialistas. Para validar conteúdos de domínio específico, Lynn (1986) afirma que o número de especialistas entrevistados, frequentemente, depende da facilidade de acesso as pessoas relacionadas ao tema sob avaliação. Ainda segundo o autor, o número de especialistas entrevistados tem sido arbitrário, e depende mais da capacidade do pesquisador em identificá-las e acessá-las do que a estimativa da população. Outro ponto importante é de que as mesmas concordem em participar.

A principal justificativa para o uso de especialistas reside na crença de que estes sejam formadores de opinião (KAYO e SECURATO, 1997). O conceito de especialista não apresenta uma uniformidade de definições, normalmente sendo aceito o conceito de profundo conhecedor da área, seja por formação acadêmica ou por experiência no ramo em estudo.

O método se apóia na experiência, sabedoria e criatividade de um painel de especialistas e no fato de que o julgamento coletivo é supostamente melhor que qualquer julgamento individual (CAGNIN, 2000, p. 127).

Segundo Downes apud Quirino, Luiz e Dias (1999) o melhor método para a seleção de respondentes é o de "*peer pooling*", ou seja, indicações de colegas e dos primeiros especialistas indicados, sendo construída uma extensa relação de nomes.

Segundo Adams (1980), os especialistas devem sentir-se pessoalmente envolvidos com o problema em debate e motivados para as respostas. Devem possuir informações consistentes, a serem compartilhadas, e estar convencidos de que os resultados da pesquisa irão fornecer informações valiosas, não acessíveis de outra forma.

Segundo Kayo e Securato (1997), o anonimato é um dos pontos mais importantes e menos questionados pela literatura pesquisada. Para Santos e Amaral (2004), o anonimato garante aos especialistas a igualdade na expressão de idéias, pois não há possibilidade de pressão psicológica pelos membros mais influentes do grupo.

Campana (1988) ressalta que o anonimato ajuda a eliminar tendências e distorções decorrentes da personalidade dos participantes, tais como: insegurança, pressões políticas, medo de admitir erros e reavaliar posições.

Lynn (1986) considera que cinco especialistas, no mínimo, proporcionam um nível satisfatório de controle, embora em áreas muito específicas e com restrição de domínio de conteúdo um número mínimo de três pessoas possa ser suficiente. A entrevista de somente

dois especialistas não é justificável estatisticamente e coloca o pesquisador em grande risco de uma conclusão errônea. Quanto ao máximo de especialistas consultados, não é adequado exceder dez, embora não haja um limite estabelecido.

A amostra para validação da proposta de diretrizes de auditoria energética contou com especialistas com experiência nacional e internacional em gestão e foi definida pelos critérios de acessibilidade e interesse, definidos por Lynn (1986). O formulário para validação (anexo 2) foi enviado para 10 especialistas, mas apenas 5 responderam. Apresenta-se abaixo uma breve descrição da atuação profissional destes especialistas:

- Doutorando em Engenharia Elétrica pela PUC-Rio, Mestre em Engenharia Elétrica pela PUC-Rio, Engenheiro Eletricista pela UFJF, trabalhei 3,5 na Ampla, nas áreas de Gestão de Obras, Análise de Indicadores de Operação, Compra e Previsão de Mercado de Energia, Regulação. Atualmente sou coordenador do curso de Eficiência Energética (EE) pela UCP, professor da disciplina de EE e Mercado de Carbono do Latec/UFF, consultor nas áreas de modelos de previsão e EE (projetos: Tarifas BT Ampla, fator de potencia para clientes BT Light, validação do software PrevivazM CEPEL/ONS, Avaliação Economica dos Projetos Sociais da Petrobras, Modelo de Despacho Hidrotérmico da ANEEL, detecção de perdas comerciais da Elektro)..
- Graduado em Engenharia Elétrica (UVA); Pós-Graduação em Sistema de Telecomunicações (UFRJ), Automação Industrial (SENAI/ISES), Sistemas Offshore (COPPE/UFRJ) e concluindo MBA em Edifícios Sustentáveis: Projeto e Performance (UCP/ALS). 11 anos de experiência em projetos e obras de instalações elétricas de médio e grande, montagem de subestações e mais recentemente, o trabalho desenvolvido no Núcleo de Produção mais Limpa (UNEP/UNIDO) do Centro de Tecnologia SENAI – RJ Ambiental..
- Engenheiro mecânico-eletricista pela Faculdade de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRS), 1964, Docência: Materiais e Instalações Elétricas (Faculdade Federal de Santa Maria/RS), Programação e Controle da Produção (CIEP/Federação das Indústrias do Rio Grande do Sul), Análise de Investimentos (USP e IAG/PUC – curso ministrado para técnicos do setor elétrico), ex-diretor do Instituto Nacional de Eficiência Energética, ex-funcionário aposentado da Eletrobras, Consultor de empresas na área de eficiência energética e conservação de energia.
- Engenheiro Eletricista - Universidade Federal de Itajubá, 1961, Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Itajubá, Consultor de empresas na área de gestão elétrica, conservação de energia e eficiência energética. Professor do curso de formação de consultores de Produção Mais Limpa no módulo – eficiência energética, consultor/especialista da câmara de carvão mineral na elaboração do Plano Nacional de Energia 2030.
- Mestre em Gestão Empresarial pela FGV, Engenheiro Mecânico pela UGF. Especialização no IAG em Management – PUC.Cursos de Capacitação em Projetos de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo, Produção mais Limpa e Auditoria Ambiental. Mais de 20 anos de experiência em empresas nacionais e multinacionais de grande porte nas áreas de engenharia, processos e operações industriais. Atuou como

responsável pela orientação e supervisão técnica de equipes e grupos em processos e projetos de meio ambiente, analisando, do ponto de vista sócio-ambiental e econômico o impacto desses processos e projetos e as alternativas de ampliação de suas eficiências.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta a aplicação prática das diretrizes de auditoria energética, necessária para o levantamento do potencial de conservação de energia das instalações, visando, assim, à obtenção de resultados de economia.

4.1 ELABORAÇÃO DAS DIRETRIZES DE AUDITORIA ENERGÉTICA

Com base no referencial teórico desenvolvido no capítulo 2, cabe destacar a profusão de métodos de auditoria energética e a ausência de consenso na literatura, no sentido de destacar um tipo de método mais utilizado para os diversos segmentos industriais existentes.

Pode-se notar que alguns dos métodos de auditoria energética, citados no referencial teórico, possuem clara relação com as atividades industriais estudadas. Por meio do material desenvolvido, é possível afirmar que cada método pode ser aplicado de acordo com o caso que se deseja mensurar.

Face ao que foi apresentado no referencial teórico, e com o objetivo de melhor visualizar os modelos de auditoria energética estudados, estes são apresentados no quadro 04, correlacionados com os módulos temáticos. Há, então, treze modelos de auditorias energéticas, que são correlacionados com os quinze módulos temáticos estudados

Agências de Implementação de Políticas em Auditoria Energética	Módulos Temáticos														
	Análise da Conta de Energia	Análise do Comportamento de Cargas	Air Condicionado	Air Comprimido	Bombas	Caldeiras	Correção do Fator de Potência	Fornos e Estufas	Iluminação	Motores Elétricos	Perdas de Vapor em Tubulações e Válvulas	Qualidade da Energia	Quadros de Distribuição de	Refrigeração	Transformadores
Centrais Elétricas de Minas Gerais - CEMIG	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X		X	
Companhia Paranaense de Eletricidade - COPEL	X	X		X		X	X		X	X		X	X		X
Department of Industry, Tourism and Resources - Austrália		X	X	X	X				X					X	
Departamento of Energy - EUA		X													
Direção Geral de Energia - Portugal		X													
Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco - POLI/UPE	X								X					X	
Fundação de Pesquisa e Assessoramento à Indústria - FUPAI			X	X	X		X		X	X	X	X	X		X
Gard Analytics - EUA		X													
Instituto Nacional de Eficiência Energética - INEE		X	X		X				X					X	
Instituto Superior Técnico - Portugal		X	X	X	X				X					X	
Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL	X		X	X		X	X	X	X	X	X		X	X	X
Universidade de São Paulo - USP	X	X	X		X	X				X	X		X		X
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC	X								X						

Quadro 04 - Sumário dos tópicos dos modelos de auditoria energética

Percebe-se, após uma análise do quadro 04, que alguns módulos temáticos aparecem em mais de um modelo de auditoria, o que leva a acreditar que estes módulos são mais significativos que os demais, em nível de eficiência energética, o que será demonstrado a seguir.

4.1.1 Priorização dos Módulos temáticos

Como resultado desta etapa, primeiramente, apresenta-se, na tabela 03, a lista de quinze módulos temáticos, que foram selecionados pelas treze diferentes diretrizes de auditoria energética, usualmente aplicadas.

Tabela 03 - Resultado da priorização dos módulos temáticos

Tópico	Nº Ocorrências
Análise do Comportamento de Cargas	9
Iluminação	9
Ar Condicionado	7
Análise da Conta de Energia	6
Ar Comprimido	6
Refrigeração	6
Bombas	5
Motores Elétricos	5
Caldeiras	4
Correção do Fator de Potência	4
Perdas de Vapor em Tubulações e Válvulas	4
Quadros de Distribuição de Circuitos	4
Transformadores	4
Qualidade da Energia	3
Fornos e Estufas	2

Com o objetivo de se adaptar os módulos temáticos à realidade das pequenas e médias empresas, racionalizou-se o número total de 15 módulos temáticos para 11, onde alguns dos módulos temáticos foram agrupados dentro do mesmo módulo, como pode ser observado na tabela 03. Como resultado desta etapa, apresenta-se, na tabela 04, a lista de onze módulos temáticos que foram selecionados pelos treze modelos de auditorias energéticas.

Na tabela 04 apresenta-se a lista do tópicos dos módulo temático agrupados. Os três primeiros módulos temático (Análise da Conta de Energia, Análise do Comportamento de Cargas e Correção do Fator de Potência) estão relacionados ao contrato de fornecimento de energia, e segundo alguns autores não se trata de eficiência energética, mas sim forma de contratação regido pela regulamentação ANEEL nº 456.

Os módulos referentes a Perdas de Vapor em Tubulações e Válvulas e Caldeiras são tratados como um único tópico por se tratar de itens do sistema de geração de vapor, da mesma maneira temos os módulos temáticos Ar Condicionado e Refrigeração, que se refere a sistema de geração de frio.

Tabela 04 - Resumo dos tópicos dos modelos de auditorias energéticas

Nº	LISTA DOS TEMAS SELECIONADOS	Nº Ocorrências
1	Análise da Conta de Energia+ Análise do Comportamento de Cargas + Correção do Fator de Potência	19
2	Ar Condicionado + Refrigeração	13
3	Iluminação	9
4	Perdas de Vapor em Tubulações e Válvulas + Caldeiras	8
5	Ar Comprimido	6
6	Motores Elétricos	5
7	Bombas	5
8	Quadros de Distribuição de Circuitos	4
9	Transformadores	4
10	Qualidade da Energia	3
11	Fornos e Estufas	2

Com o objetivo de melhor visualizar os módulos temáticos que foram priorizados, apresenta-se o Diagrama de Pareto, representado no gráfico 01 a seguir.

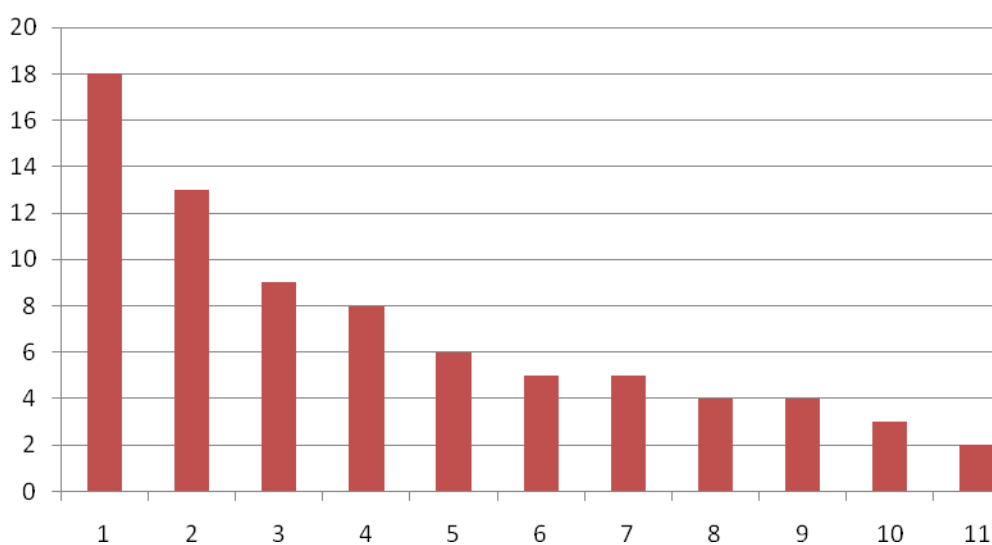


Gráfico 01 - Diagrama de Pareto - Lista dos Tópicos

O Diagrama de Pareto foi utilizado para priorizar os módulos temáticos, que a somatória dos percentuais totalizou 77%, representando, neste caso, 54,5% do número de módulos temáticos votados (06 módulos temáticos), ver gráfico 02. Esta relação foi adotada com o objetivo de manter a riqueza das informações levantadas, em função da amplitude do tema. Segundo Juran, poucas causas levam à maioria das perdas, ou seja, “poucas são vitais, a maioria é trivial” Este critério de seleção foi definido buscando priorizar os módulos temáticos para o desdobramento na próxima etapa.

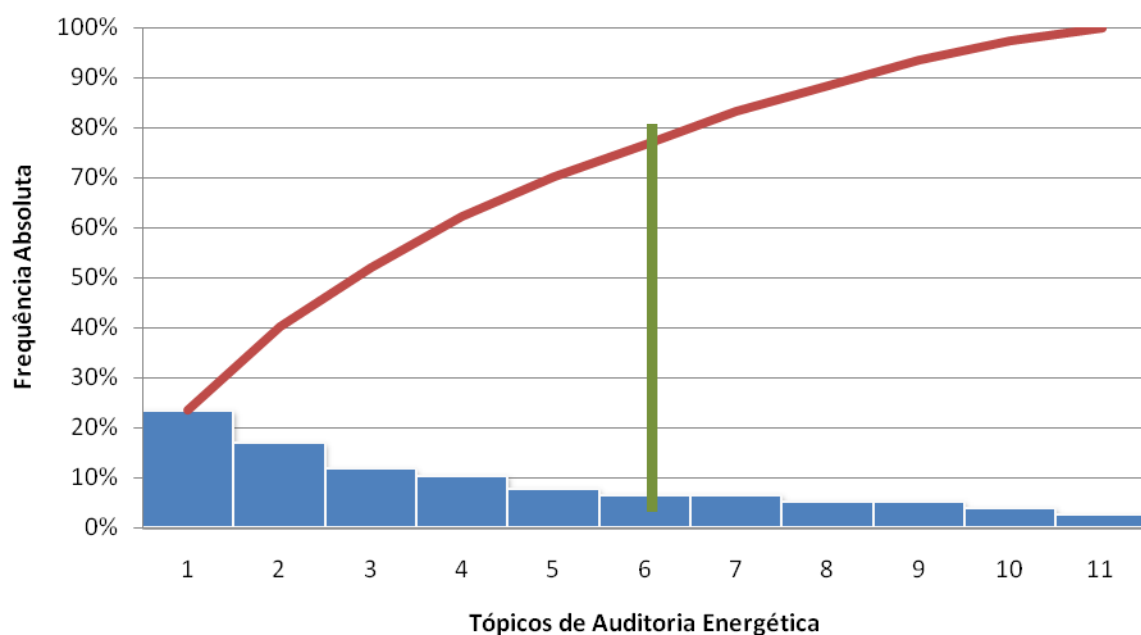


Gráfico 02 - Percentual Acumulado dos Tópicos de Auditoria Energéticas

Apresenta-se, na tabela 05 a lista dos módulos temáticos que foram selecionados e priorizados.

Tabela 05 - Priorização dos tópicos dos modelos de auditorias energéticas

Nº	LISTA DOS TEMAS SELECIONADOS	Nº Ocorrências	Freq (%)	Freq Acum
1	Análise da Conta de Energia+ Análise do Comportamento de Cargas + Correção do Fator de Potência	19	24%	24%
2	Ar Condicionado + Refrigeração	13	17%	41%
3	Iluminação	9	12%	53%
4	Perdas de Vapor em Tubulações e Válvulas + Caldeiras	8	10%	63%
5	Ar Comprimido	6	8%	71%
6	Motores Elétricos	5	6%	77%
7	Bombas	5	6%	83%
8	Quadros de Distribuição de Circuitos	4	5%	88%
9	Transformadores	4	5%	94%
10	Qualidade da Energia	3	4%	97%
11	Fornos e Estufas	2	3%	100%

Assim, são propostos 06 (seis) módulos temáticos para a proposta de diretrizes de auditoria energética, descritos a seguir.

4.1.2 Descrição das diretrizes de Auditoria Energética

Para efeito deste trabalho, foram considerados os seguintes módulos temáticos: (i) Análise da Conta de Energia, Análise do Comportamento de Cargas, Correção do Fator de Potência; (ii) Ar Condicionado e Refrigeração; (iii) Iluminação; (iv) Perdas de Vapor em Tubulações e Válvulas e Caldeiras; (v) Ar Comprimido; e (vi) Motores elétricos.

4.1.2.1 Análise da Conta de Energia, Análise do Comportamento de Cargas, Correção do Fator de Potência

4.1.2.1.1 Análise da Conta de Energia e Análise do Comportamento de Cargas

A fim de que se tenha uma melhor otimização dos custos mensais com energia elétrica, é fundamental o estudo e a escolha dos valores para as demandas a serem contratadas junto às concessionárias, para com isto definir qual o melhor contrato a ser estabelecido.

Estas devem estar adequadas às necessidades reais da unidade consumidora. Este procedimento deve ser bem observado, quando se faz a opção pelo sistema tarifário, como a renovação periódica do contrato de fornecimento.

A importância básica da fixação de valores adequados de contrato reside em dois aspectos cruciais da legislação:

- Se a demanda efetiva medida for inferior à contratada, será faturada a demanda contratada.
- Nos contratos de tarifas horossazonais, serão aplicadas, mensalmente, as tarifas de ultrapassagem, caso a demanda efetiva registrada ultrapasse a contratada em percentuais superiores aos limites estabelecidos dentro do perfil do contrato.

Desta forma, se as demandas contratadas não forem aquelas efetivamente necessárias e suficientes, para cada segmento de horário, acarretarão elevação desnecessária dos custos com energia elétrica, que não estariam associados ao consumo, mas apenas a questões mal-analisadas de contrato.

Assim, a análise das demandas contratadas pela empresa se dá através do tabelamento das doze últimas contas de energia, conforme Anexo A. Com base nos dados analisados, são realizadas simulações entre as diversas tarifas existentes (convencional, verde e azul) e as novas demandas, a fim de se definir a melhor relação custo x benefício para a empresa.

Uma vez fixados os valores de contrato, deve-se supervisionar e controlar o consumo de energia, de forma a evitar que algum procedimento inadequado venha a provocar uma inconveniente elevação da demanda. Para as empresas onde a demanda efetiva flutua muito ao longo do ano, devido à sazonalidade da produção, pode ser interessante a instalação de um sistema automático de supervisão e controle da demanda.

Desta forma, selecionam-se os pontos críticos, para serem estudados:

- valores médios mensais de consumo e de demanda em cada um dos segmentos de ponta e fora ponta;
- valores médios de ultrapassagem, se houver ocorrência destes, em cada um dos segmentos horossazonais;
- possibilidades de deslocamento do horário de trabalho e o uso de diversos equipamentos para minimizar o consumo e a demanda no segmento de ponta;
- planejamento do processo produtivo e suas flutuações sazonais ou até previsões de crescimento e expansão; e
- comparação entre tarifas, simulando os custos mensais com cada um dos sistemas tarifários. Esta alternativa somente é possível para aquele cliente que tenha opção de mudanças de tarifa devido ao tipo de tensão de alimentação recebida e a demanda contratada.

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

- a. levantamento da instalação e do consumo existente;
- b. estudar a possibilidade de transferir as cargas do horário de ponta (das 18h às 21h) para fora da ponta;
- c. verificar os períodos possíveis de serem desligadas cargas, de forma a não afetar o conforto térmico nem a produção;
- d. desabilitar cargas consumidoras que podem ser substituídas em sua função (como no caso de se desligar os compressores fora do período de funcionamento da empresa);
- e. monitorar a demanda e a energia, instalando, se necessário, novos equipamentos de monitoramento, a fim de otimizar o consumo através do gerenciamento.

4.1.2.1.2 Correção do fator de potência

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

- a. Monitorar a entrada de energia do sistema por 24 horas em dias típicos;
- b. Calcular a compensação reativa necessária para a correção do fator de potência;
- c. 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;
- d. 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 e, nos períodos de altas demandas, ela se torne indutiva.

4.1.2.2 Ar Condicionado e Refrigeração

O conforto térmico no interior das edificações depende de aspectos como insolação, ventos dominantes e características do entorno, além do posicionamento do edifício no lote, tipo de fachada, espessura de paredes, dimensão das aberturas e materiais empregados

O sistema de ar condicionado é um recurso complementar que, quando bem planejado, ajuda a garantir o bem-estar, com custos reduzidos de operação e manutenção.

Dessa forma, é possível adotar opções mais eficientes, reduzir interferências com outros sistemas, prever necessidades elétricas e escolher equipamentos que garantam a melhor relação custo/benefício para cada empreendimento.

É importante destacar que qualquer relação entre a capacidade do sistema e a área a ser atendida serve exclusivamente como referência inicial, uma vez que a especificação correta depende da configuração física do espaço e de sua carga térmica, dado que varia em função da incidência solar e do calor gerado por pessoas e equipamentos. Considerando uma carga térmica média, pode-se dizer que uma tonelada de refrigeração (TR) é o suficiente para áreas entre 18 e 20 metros quadrados.

O princípio de funcionamento dos sistemas de ar condicionado é o mesmo que o da geladeira. Ambos são compostos por compressor e condensador (partes ruidosas do equipamento) e também pelo conjunto evaporador (silencioso). Os sistemas dividem-se em duas modalidades de expansão do ar frio.

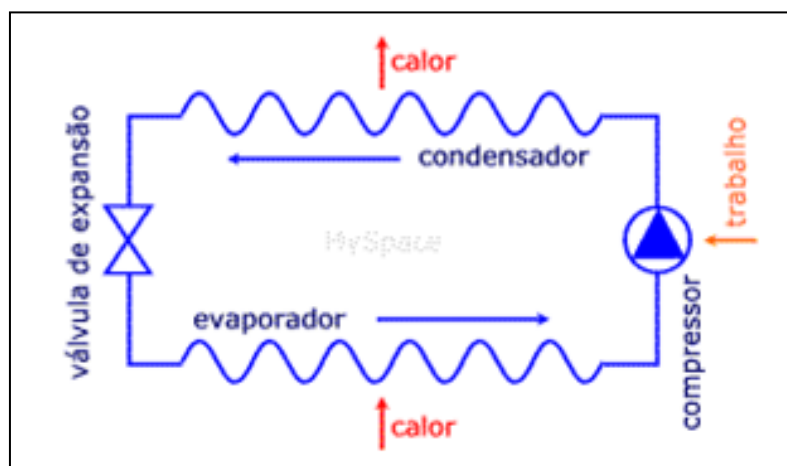


Figura 08 - Ciclo básico de um sistema de refrigeração
Fonte: Adaptado de Amorim (2010)

Os sistemas de expansão direta são aqueles em que o gás refrigerante é o responsável pelo resfriamento do ar injetado no ambiente, como ocorre nos aparelhos de janela e nos equipamentos do tipo split.

Os sistemas de expansão indireta são aqueles em que o gás refrigerante resfria a água que circula pelo sistema, sendo esta a responsável pelo resfriamento do ar. Esse é o funcionamento das centrais de água gelada.

Independentemente da opção feita, o bom ar-condicionado é aquele que promove o conforto térmico com a menor despesa energética.

Para este estudo, são indicados os seguintes passos, adaptados de Haddad, Marques e Martins (2006):

- a. Levantamento dos equipamentos de refrigeração existente;
- b. Verificação dos níveis de temperatura dos ambientes;
- c. Verificação da inexistência de controle automático (termostato ou pressostato);
- d. Verificação do tipo inadequado de iluminação;
- e. Incidência direta de raios solares e/ou isolamento deficiente;

Assim, para o modelo proposto de auditoria energética, realiza-se um inventário de todos os equipamentos de ar condicionado da empresa. Após este inventários, cotejam-se os

equipamentos existentes com os mais eficientes disponíveis no mercado, conforme tabela apresentada no Anexo D.

4.1.2.3 Sistemas de iluminação

Os sistemas de iluminação passaram nos últimos anos por uma revolução tecnológica. Esses sistemas possuem, na sua grande maioria, a necessidade de substituição de componentes ou equipamentos, pelo fato de já ter, no mercado, algo mais moderno e econômico, como no caso de lâmpadas, luminárias com índice de reflexão maior e reatores que otimizam o consumo (HADDAD, MARQUES E MARTINS, 2006).

Assim, desenvolveu-se um roteiro para análise e tabelamento do sistema de iluminação, conforme descrito a seguir.

- a. Levantar o total quantitativo das lâmpadas existentes na instalação. Assim pode-se ter um maior controle, inclusive, estoque de reposição de lâmpadas.
- b. Numa segunda etapa, medir cada ambiente 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 (AnexoB).
- c. Calcular as possíveis economias, cotejando-as com equipamentos (reatores, lâmpadas e/ou luminárias) mais eficientes, no tocante à quantidade lux e energia.
- d. 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 *brizers* para aproveitamento da luz natural das janelas.

4.1.2.4 Geradores de vapor ou caldeiras

A utilização de calor a temperaturas relativamente baixas, em diversos setores industriais, é essencial e está presente nos principais processos de fabricação, como: secagem, desidratação, concentração, cozimento, produção de reações químicas e esterilização microbiológica. Este é o caso de indústrias de alimentos e bebidas, papel e celulose, têxtil,

química, farmacêutica e de quase todas as agroindústrias. De fato, sem o calor, sem o aporte de energia térmica, em quantidades generosas e com alta qualidade, não existiria a sociedade moderna, com seu padrão de vida e seus altos níveis de consumo de bens e serviços. De um modo quase absoluto, estes fluxos de calor são conseguidos a partir de sistemas de vapor.

O uso de vapor de água, como vetor de transporte de energia térmica, traz grandes vantagens, que explicam sua grande disseminação, pois a água é uma substância facilmente disponível, pouco agressiva quimicamente e com grande capacidade de transportar energia.

Nessas condições, podendo optar entre produzir calor, a partir da queima de combustíveis junto ao ponto de consumo, com todas as dificuldades associadas de transporte, controle e exaustão dos gases, ou gerar este mesmo calor em local mais afastado e transportá-lo, utilizando vapor, uma substância limpa e sem problemas maiores de poluição ambiental, esta última rota mostrou-se a mais favorável e adequada. Sob tais condições, gerando o calor em um local apropriado, produzindo vapor de água, transportando esse vapor a outro ponto, e aí então empregando grande parte do calor transportado, operam milhares de sistemas de vapor no Brasil e no mundo, que respondem pelo consumo da maior parte de combustível demandado pelo setor industrial.

4.1.2.4.1 Tubulações e válvulas

Segundo Haddad, Marques e Martins (2006), 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.

4.1.2.4.2 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.

4.1.2.5 Sistema de geração de ar comprimido

O ar atmosférico admitido pelo compressor de ar, apesar de ser filtrado à entrada (filtro primário), contém várias impurezas, invisíveis a olho nu. Entre elas, podem-se destacar duas principais: vapor de água (umidade) e particulados (poeiras). Após a compressão, pode ocorrer a contaminação do ar com o óleo lubrificante do compressor, e, devido ao processo de compressão, a temperatura do ar se eleva consideravelmente dentro do compressor.

As aberturas para a entrada do ar atmosférico devem ser bem planejadas. Quanto mais ventilado e fresco for o ambiente da sala de compressores, melhor será o rendimento do sistema.

Projetar a sala do compressor de modo a permitir que a temperatura de admissão do ar seja a mais fria possível, isenta de poeiras e outros produtos que possam contaminar o ar. De maneira geral, para cada 6°C de aumento na temperatura do ar de aspiração, consome-se em

torno de 7% a mais de energia elétrica, na geração do ar comprimido (ELETROBRAS, 2005a).

Quanto mais baixa for a temperatura do ar aspirado, maior quantidade de massa de ar poderá ser aspirada pelo compressor pela mesma vazão volumétrica aspirada pela mesma potência consumida neste trabalho. Isto porque o ar mais frio é mais denso. Então, uma maior massa de ar poderá ocupar um mesmo volume, quando ele está mais frio.

Portanto, é importante evitar que os compressores aspirem ar no interior do recinto onde estão instalados, cuja temperatura é sempre mais alta que a do ar atmosférico externo. Nesse sentido, pode-se providenciar tubulações, ligando a aspiração de ar do compressor a uma tomada de ar do exterior da sala de máquinas.

Nas instalações onde o compressor é resfriado a ar, também é usual lançar para o exterior o ar aquecido do resfriamento. Deve-se tomar cuidado para que este ar não aqueça o ar de aspiração do compressor.

A análise do uso mais eficiente da energia aplicada à geração de ar comprimido pode ser concentrada na eliminação de vazamentos na linha de distribuição, os vazamentos significam perda direta de energia e, na maioria das situações, as soluções, para sua eliminação, requerem intervenções com baixo grau de complexidade e investimentos.

Desta forma, realiza-se uma análise das necessidades de pressão e vazão requeridas pelas instalações da empresa e a existência de perdas por vazamentos na rede de distribuição de ar comprimido.

Os vazamentos são comuns em tubulações, conexões, mangueiras etc., e suas consequências são: perda de capacidade de ar (vazão) e aumento do consumo de energia. Um vazamento, através de um orifício nas tubulações ou mangueiras rompidas, pode ser causa de consumos bastante altos de energia.

Quando os vazamentos estão localizados próximos aos pontos consumidores são facilmente localizados, pois o operador consegue detectar pelo ruído. Já quando as instalações forem aéreas e muito altas ou subterrâneas, torna-se mais difícil detectar os vazamentos.

Para tanto, foi elaborada uma metodologia de verificação da perda na linha de ar comprimido nas indústrias, sendo o método descrito a seguir:

Para se efetuar a medição quantitativa de vazamentos, é necessário:

- ter um compressor com capacidade de ar conhecida e em boas condições;
- que os itens consumidores de ar estejam conectados à rede, mas não em operação;
- que a entrada de carga e alívio seja feita automaticamente;

- que um manômetro de boa qualidade, com escala de 0 a 10 kgf/cm², apresentando divisões de 0,1 kgf/cm², seja conectado no reservatório de ar ou direto na descarga do compressor, na ausência de reservatório;
- que haja dois cronômetros;
- determinar os níveis de pressão de carga e alívio.

4.1.2.6 Motorização

A conversão de energia elétrica em energia mecânica representa uma grande parte de gastos de eletricidade nas unidades consumidoras. Daí a importância dos motores, que estão presentes em todos os segmentos do mercado de energia.

Os motores de indução são máquinas eficientes. No entanto, seja pela quantidade instalada ou pelo sobredimensionamento com que normalmente são empregados acarretam redução, tanto de fator de potência, quanto de rendimento, o que prejudica sua natural eficiência construtiva.

A eficiência do conjunto máquina/motor depende, principalmente, do dimensionamento correto do motor para o tipo de acionamento a que é destinado; ou seja, a potência extraída pela carga deve estar próxima à potência nominal (de placa) do motor.

Assim, a economia de energia em motores, normalmente está vinculada a dois vetores: redução de sobredimensionamento e aumento de eficiência. Com o primeiro, é necessário um acurado exame da função do motor e de seu cálculo, sendo possível chegar ao extremo de instalar caríssimos dispositivos de partida para que seu funcionamento se dê o maior tempo na faixa de 80 a 90% de sua potência nominal.

Outro vetor a ser analisado é a substituição dos motores “*standard*” por motores de “alto rendimento”, onde o objetivo é analisar a relação custo-benefício para a substituição destes motores.

A aplicação de motores de alto rendimento é um dos meios mais eficientes para reduzir os gastos com energia elétrica. Para se ter uma ideia, um motor atual representa 10% do tamanho do mesmo motor do início do século 20. Com o desenvolvimento de materiais mais resistentes à temperatura, desenvolveram-se motores mais compactos e com melhores características de desempenho (rendimento e fator de potência). A situação torna-se mais

desfavorável quando estes motores sofrem constantes rebobinamentos. A cada rebobinamento, o motor perde parte do seu rendimento original (WEG, 2004).

Isto se deve aos mais diversos fatores (WEG, 2004):

- Dependendo da temperatura atingida durante o defeito no motor, pode-se recozer as chapas, mudando suas características de performance, reduzindo rendimento e fator de potência.
- O surgimento de microssoldas entre as chapas, produzindo perdas localizadas, gerando aquecimento e a consequente redução de vida útil.
- A orientação dos fabricantes quanto ao rebobinamento é de extrema importância, pois deixando de cumprir, pode-se ter um motor com baixos valores de rendimento e fator de potência, bem como redução de sua vida útil.

Assim, o método consiste em efetuar um inventário dos motores elétricos da planta, tabelando-os e, posteriormente, comparando-os com motores das mesmas características, mas de “alto rendimento”, utilizando as tabelas comparativas fornecidas pela WEG Motores (Anexo C).

4.2 PRIMEIRO ESTUDO DE CASO – EMPRESA A

Empresa atuante no mercado desde 1990, situada no município de Macaé no estado do Rio de Janeiro, atua na fabricação e manutenção de brocas e hastes para perfuração de petróleo, classificada segundo SEBRAE como empresa de pequeno porte. A auditoria energética aconteceu entre os meses de maio e agosto de 2006.

4.2.1 Análise da Conta de Energia

A análise do histórico de demandas foi feita por meio da leitura das contas de energia elétrica, referentes ao período compreendido entre o mês de fevereiro de 2005 e maio de 2006 – ver tabela 06.

No levantamento do contrato de compra de energia elétrica da empresa A, firmado com a concessionária de energia elétrica local, verificou-se que, em cada um dos últimos cinco meses, a demanda foi ultrapassada, o que indica que um novo patamar de demanda está sendo praticado, conforme pode ser verificado no gráfico 03.

Portanto, foi solicitada a alteração da demanda contratada – tarifa convencional de 150 kW para 175 kW. A alteração de contrato foi imediata e refletida na fatura da conta de energia elétrica de maio de 2006, em que a demanda medida atingiu 163,8 kW.

Tabela 06- Consumo e demanda de energia elétrica da empresa A

Mês	Demanda (kW)		Patamares de Demanda (kW)	Consumo (kW)
	Contratada	Medida		Ativo
Fevereiro-05	30	44,1	64,26	9.555
março-05	30	52,92	64,26	11.256
abril-05	30	95,76	64,26	23.499
maio-05	150	119,28	133,32	26.051
junho-05	150	144,9	133,32	33.411
julho-05	150	143,64	133,32	36.026
agosto-05	150	141,54	133,32	30.734
Setembro-05	150	116,34	133,32	29.946
outubro-05	150	128,52	133,32	34.514
novembro-05	150	139,02	133,32	31.553
Dezembro-05	150	153,72	173,80	37.905
janeiro-06	150	178,08	173,80	39.837
Fevereiro-06	150	165,48	173,80	45.224
março-06	150	169,26	173,80	43.229
abril-06	150	202,44	173,80	53.645
maio-06	175	163,8	173,80	41.601
TOTAL	2.065	2.158,80	2.168,82	527.986
Média	150	173,80	173,80	43.968

Fonte: Empresa A

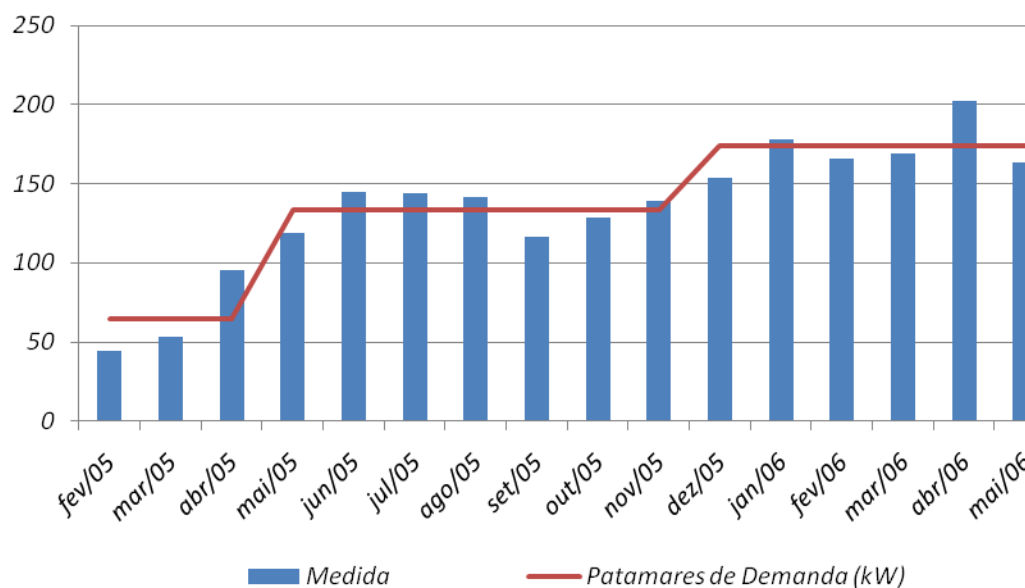


Gráfico 03 - Patamar de demanda ao longo dos meses

Fonte: Empresa A

Além da correção imediata da conta de energia elétrica, a fim de se eliminar a multa paga por excesso de demanda, avaliou-se, também, a necessidade de adequação de contrato de compra de energia, conforme apresentado a seguir:

- a) O primeiro cenário projeta a despesa mensal com a compra de energia elétrica, segundo um contrato de 175 kW de demanda contratada e classificada como a tarifa CONVENCIONAL.
- b) O segundo cenário projeta a despesa mensal, com a compra de energia elétrica segundo um contrato de 175 kW de demanda contratada e classificada como tarifa HOROSSAZONAL VERDE.
- c) O terceiro e último cenário projeta a despesa mensal com a compra de energia elétrica, segundo um contrato de 175 kW de demanda contratada e classificada como tarifa HOROSSAZONAL AZUL.

Desta forma, tem-se a tabela 07, onde são apresentados os três cenários, com os respectivos custos envolvidos.

Tabela 07 - Comparativo entre as modalidades tarifárias

Tarifa Convencional ¹²		Tarifa Verde			Tarifa Azul			
Demanda (kW)	Consumo Ativo (kWh)	Demanda (kW)	Consumo (kWh)		Demanda (kW)		Consumo (kWh)	
			Ponta	Fora de Ponta	Ponta	Fora de Ponta	Ponta	Fora de Ponta
175	3.968	175	10% consumo ativo convencional	43.968	164	175	10% consumo ativo convencional	90% de 43.968
3.731,00	8.754,47	2.152,50	4.597,87	5.240,41	6.351,72	2.152,50	1.139,21	5.240,41
R\$ 12.485,47		R\$ 11.990,78			R\$ 14.883,84			

Com base na tabela anterior, onde simulou-se a nova demanda contratada de 175 kW nas diversas classificações tarifárias (convencional, horossazonal azul e horossazonal verde), recomendou-se que a empresa A solicitasse, à concessionária de energia, a mudança de sua classificação CONVENCIONAL para HOROSSAZONAL VERDE.

Adicionalmente, para que se evite que a nova demanda contratada (175 kW) seja ultrapassada em valores superiores à tolerância de 10%, o que acarretaria uma penalidade da ordem de três vezes o valor da tarifa normal de demanda, recomendou-se a instalação de um “gerenciador de demanda”.

O gerenciador de demanda é um equipamento hoje presente em grande parte das indústrias e tem como finalidade auxiliar o sistema de gestão do consumo eficiente de energia elétrica. Contudo, ele se torna eficaz quando associam-se a ele cargas que possam ser desligadas segundo um critério previamente estabelecido, que considera, predominantemente, as particularidades / conveniências de cada planta.

É, portanto, fundamental que as escolhas das cargas a serem desligadas sejam resultado de um estudo criterioso, para que, ao gestor, possa ser assegurada a definição de prioridade dentro da sua estratégia de operação.

Em uma análise das cargas da planta industrial da empresa A, a primeira carga, que se sugeriu desligar, é o torno ATOC, cujo motor é de 50 CV (37,3 kW), que representa 21% da demanda recontratada. Pode-se, ainda, selecionar dois outros equipamentos: o torno COGIC 500, com motor de 40 CV (29,84 kW) e/ou o compressor Atlas Copco, com motor de 30 CV (22,38 kW), onde o somatório destas duas últimas cargas representa 47% da demanda recontratada.

¹² Consideradas tarifas no período seco e sem ICMS.

A título de esclarecimento, vale destacar que a demanda medida pela concessionária é registrada em intervalos de 15 minutos. O equipamento da concessionária, hoje instalado na empresa A, monitora a cada instante a demanda, e ao final de 15 minutos, calcula a média aritmética dos valores registrados neste intervalo de tempo e o assume como demanda medida. O gerenciador de demanda desempenha o mesmo monitoramento, sendo que ele vai além do simples monitoramento. Durante o intervalo de 15 minutos, ele avalia a tendência de ultrapassagem e atua / desliga as cargas previamente estabelecidas, tendo, assim, um papel ativo na instalação em ciclos de 15 em 15 minutos.

Observa-se, na tabela 08, que a demanda energética medida no mês de maio, atingiu o valor 163,8 kW, sendo superior ao valor anteriormente contratado de 150 kW, porém menor que o valor atual de contrato de 175 kW; portanto, caso não houvesse essa modificação imediata, a multa de maio seria de R\$ 2.278,93 $((163,8 - 150) \text{ kW} \times 165,14 \text{ R\$/kW})$ e a fatura passaria para R\$ 22.248,93 $((41.601 \text{ kWh} \times 0,28158 \text{ R\$/kWh}) + (150 \text{ kW} \times 55,04 \text{ R\$/kW}) + (13,8 \text{ kW} \times 165,14 \text{ R\$/kW}))$ ¹³.

$$\text{Acréscimo } (175 \text{ kW} - 150 \text{ kW}) \times \text{R\$ } 35,08 \times 12 \text{ meses} = \text{R\$ } 10.524,00^{14}$$

$$\text{Redução } (175 \text{ kW} - 150 \text{ kW}) \times \text{R\$ } 105,25 \times 12 \text{ meses} = \text{R\$ } 31.575,00$$

Esta pequena racionalidade compara o cenário proposto ao cenário atual, onde se verifica a potencialidade de multas regulares em função do atual patamar de demanda de energia elétrica observado.

4.2.2 Análise do comportamento das cargas

A tarifa do consumo ativo de ponta é de R\$1,4939/kWh (março de 2006), enquanto a de fora de ponta é de R\$0,1891/kWh no mesmo período, ou seja, a tarifa do consumo no horário de ponta é 7,9 vezes mais cara que a de fora de ponta.

No horário de ponta, o grande consumidor de energia elétrica é o forno Elino, que não pode ser desligado. Além deste forno, há alguns outros equipamentos que também tem

¹³ Embora o aumento de demanda implique em um custo mensal maior com esta linha, em contrapartida, a linha de ultrapassagem de demanda contratada será eliminada, o que proporcionará uma redução de despesa líquida anual de R\$ 21.051,00.

¹⁴ Valores de demanda e tarifa com ICMS - base abril/2006

operado neste horário, a fim de garantir o cumprimento do cronograma de fabricação da empresa.

Portanto, após a medição realizada no período de 23/03/2006 a 11/04/2006, registrou-se uma demanda máxima para o horário de ponta de 164,22 kW, que representa um consumo mensal de 10.839 kWh (164,22 kW x 22 dias x 3h), a um custo de R\$ 16.191,67 (10.839 kWh x R\$ 1,4939/kWh).

Para situações como esta, demonstra-se que a geração diesel-elétrica é mais barata se comparada à despesa com o consumo de energia elétrica, no horário de ponta, junto à concessionária de energia.

O custo da energia elétrica ,no horário de ponta, adquirida a partir da concessionária é de:

$$\text{Energia elétrica (E1)} = 164,32 \text{ kW} \times 66 \text{ h (horário de ponta)} \times \text{R\$ } 1,4939/\text{kWh} \times 12 \text{ meses} = \text{R\$ } 194.418,30 \text{ por ano.}$$

Enquanto o custo da energia elétrica adquirida, a partir da geração diesel elétrica, será de:

$$\text{Energia a diesel (C1)} = (66 \text{ h / mês}) \times (\text{R\$ } 2,00 / \text{litro}) \times (51 \text{ litros / hora}) \times (12 \text{ meses/ano}) = \text{R\$ } 80.784,00 \text{ por ano.}$$

$$\text{Custo com manutenção} = \text{R\$ } 4.800 \text{ por ano } (\sim 6\% \text{ do custo de operação}^{15}).$$

A economia anual real proporcionada pelo uso do gerador a diesel, somente no horário de ponta, é de:

$$E = E1 - C1 = \text{R\$ } 194.418,30 - \text{R\$ } 80.784,00 + \text{R\$ } 4.800,00 = \text{R\$ } 108.834,30 \text{ por ano.}$$

4.2.3 Correção do fator de potência

A empresa A possui um banco automático de correção do fator de potência, instalado em sua planta fabril. A análise dos dados coletados durante a auditoria energética indica que o banco de correção do fator de potência realiza um chaveamento muito frequente dos capacitores, devido principalmente ao tipo de controlador automático utilizado, o qual não é adequado para as condições de carga existentes, pelos seguintes motivos:

¹⁵ O custo de manutenção estimado através de dados do fabricante do gerador.

- a) O controlador automático realiza o sensoriamento de $\cos\phi$ com apenas um elemento de corrente. Este tipo de controlador funciona perfeitamente em circuitos, com cargas equilibradas e caracterizadas pelo mesmo $\cos\phi$ e mesma TDHI, o que não se observa na empresa A.
- b) O banco automático opera com valores instantâneos de $\cos\phi$ (permitindo um pequeno retardo), o que ocasiona frequência muito elevada de chaveamento, com significativa redução da vida útil de contactoras e de capacitores.
- c) Não há correção da energia magnetizante do transformador, o que pode ocasionar baixo fator de potência frente à concessionária, mesmo que a correção seja feita a contento no que concerne aos circuitos de baixa tensão.
- d) O fator de potência é sempre muito menor na fase R, apresentando oscilações significativas em períodos que variam de 30 segundos a 3 minutos. O fator de potência é diretamente influenciado pelas elevadas taxas de distorção harmônicas de corrente - as correntes harmônicas de ordem superior a 1 apresentam-se progressivamente defasadas em relação à tensão da onda fundamental - e pela carga.
- e) Observam-se desbalanceamentos de corrente e de potência reativa entre as fases do banco de capacitores, indicativos da degeneração desigual de células.

Esta degeneração, que pode variar até 1,5% a 5% ao ano, dependendo da qualidade dos dielétricos e dos cuidados de fabricação, é natural em capacitores, sendo incrementada pela exposição dos mesmos a sobretensões de chaveamento; quanto maior a frequência de chaveamento, menor a vida útil dos capacitores. Por este motivo, é recomendável a utilização de controladores que operem por valores médios trifásicos de $\cos\phi$, os quais operam com frequência muito menor do que o modelo atualmente em uso, o qual, conforme já mencionado, realiza o controle de $\cos\phi$ por meio de valores instantâneos medidos em apenas uma fase.

4.2.4 Ar condicionado e refrigeração

A empresa A possui, em suas instalações, aparelhos *Split* com diversas capacidades, não possuindo nenhum aparelho tipo janela. O projeto de implantação da unidade fabril já colocou em prática a recomendação de substituir os aparelhos de janela pelos *Split*, tendo em vista a redução do consumo de energia, menor ruído no ambiente de trabalho e melhor acesso para a manutenção de compressores e condensadores – parte externa

4.2.5 Ar comprimido

O atual sistema de ar comprimido da empresa A é composto por equipamento compressor marca Atlas Copco modelo GA37CFF. Este sistema atende a área de produção por meio de uma linha, com aproximadamente 62 pontos de consumo, além de um único ponto direcionado à estação de tratamento de efluentes.

A análise do uso mais eficiente da energia aplicada à geração de ar comprimido pode ser concentrada nos seguintes pontos:

- adequação da pressão de fornecimento à pressão de trabalho;
- a pressão de trabalho na área de produção é de aproximadamente 90 psi. Uma vez que não há nenhum requerimento de processo que determine este valor - 90 psi como crítico, foi possível se estabelecer à nova faixa de trabalho – 85 a 100 psi, sem prejuízo da qualidade dos serviços realizados à área de produção assim como à estação de tratamento de efluentes.

4.2.5.1 Análise do impacto no consumo de energia em função da pressão de distribuição de ar

Realizou-se a coleta de dados do compressor, apontando-se as pressões de carga e alívio, cotejando-as com a nova regulagem para a pressão de trabalho, conforme a seguir:

- potência do motor do compressor = 30 CV
- tarifa da energia elétrica = R\$ 0,28158/kWh
- pressões de trabalho – situação anterior:
 - início de carga = 100 psi
 - alívio de carga = 125 psi
 - pressão média = 112,5 psi¹⁶
- Pressão de trabalho – situação atual:
 - início de carga = 85 psi
 - alívio de carga = 100 psi
 - pressão média = 92,50 psi
 - redução da pressão média de trabalho: $112,5 - 92,5 = 20 \text{ psi} = 1,36 \text{ kgf/cm}^2$
- Para uma redução da pressão de distribuição deste valor, obtém-se uma redução de, aproximadamente, 10% do consumo de energia.
- Admitindo-se um fator de carga de 80%, para o regime de operação do compressor, tem-se uma potência = 80% de 30 CV = 24 CV = 18 kW.
 - $18 \text{ kW} \times 10 \% = 1,8 \text{ kW}$ de economia
 - $1,8 \text{ kW} \times 0,28158 \text{ R\$/kWh} = 0,51 \text{ R\$/h}$
- Admitindo um regime de 8,88 horas diárias, 22 dias por mês e 12 meses por ano, tem-se uma economia anual de R\$ 1.195,60.

4.2.5.2 Eliminação de vazamentos na linha de distribuição

Os vazamentos significam perda direta de energia e, na maioria das situações, as soluções, para sua eliminação, requerem intervenções com baixo grau de complexidade e investimentos. Para a verificação da taxa de vazamento da linha de distribuição de ar comprimido e o seu respectivo impacto no custo (R\$), são considerados os seguintes parâmetros:

- a) As pressões de trabalho:
 - P1 (pressão de início de carga) = 85 psi

¹⁶ Média aritmética simples.

P2 (pressão de início de alívio) = 100 psi

- b) O tempo gasto para a elevação da pressão - de 85 a 100 psi na condição regular de repouso da linha de distribuição:

Leituras realizadas: 16s / 17s / 16s;

Média = 16,33s (T1).

- O tempo gasto para a queda de pressão – 100 a 85 psi na condição regular de repouso da linha de distribuição:

Leituras realizadas: 1min28s / 1min29s / 1min31s / 1min28s / 1min30s;

Média = 1min29s (T2)

- c) A média entre as correntes elétricas (A) em regime de carga e em regime de alívio:

Leituras realizadas:

Em carga = 109 A durante 16,33s

Em alívio = 49 A durante 1min29s (89s)

Corrente média ponderada (A) = $[(109 \times 16,33) + (49 \times 89)] / (16,33 + 89) = 58,30A$

Potência média = $(58,30 \times 220 \times \sqrt{3}) / 1000 = 22,22 \text{ kW}$

- d) Os valores das tarifas de energia elétrica :

Com base na conta de energia elétrica para o mês de maio/2006, tem-se¹⁷:

Custo da tarifa = 0,28158 R\$/kWh

Custo da demanda = 55,04 R\$/kW

- e) O regime de operação do sistema de ar comprimido:

A planta opera das 7h30min às 17h23min, com uma hora para refeição, o que equivale a uma jornada diária (JD) de 533 minutos = 8,88 horas

- cálculo da taxa de vazamento:

TV (taxa de vazamento - %) = $T1 / (T1+T2) \times 100 = 16,33 / (16,33 + 89) = 15,50 \%$

PE (perda de energia - kWh) = $PM \times JD \times TV / 100 = 22,22 \text{ kW} \times 8,88 \text{ h/dia} \times 15,50 / 100 = 30,58 \text{ kWh/dia}$.

Admitindo uma tarifa média para o fornecimento de energia elétrica - R\$0,28158/kWh, e um período de funcionamento de 22 dias por mês e 12 meses por ano, tem-se:

$30,58 \text{ kWh/dia} \times R\$0,28158/\text{kWh} \times 22 \text{ dias/mês} \times 12 \text{ meses/ano} = R\$ 2.273,04 / \text{ano}$.

¹⁷ Tarifas com ICMS, PIS e CONFINS inclusos

4.2.5.3 Redução da temperatura do ar a ser comprimido

Efetuiu-se um levantamento das temperaturas interna da sala dos compressores e da temperatura externa da sala, conforme a seguir:

- Leituras realizadas:
 - Temperatura interna da sala = 39 °C
 - Temperatura externa da sala = 31 °C

A tabela 08 correlaciona as temperaturas do ar aspirado e os percentuais de potência economizados ou incrementados, tomando-se como base a temperatura de 21°C. Para valores diferentes dos citados na tabela, outros podem ser interpolados.

Na medição realizada, verificou-se uma temperatura interna da sala de 39 °C e uma temperatura externa de 31°C. Considerando os valores da tabela 9, tem-se:

- incremento na temperatura interna da sala – 5,8% (obtido por interpolação);
- incremento na temperatura externa da sala – 3,8% (obtido por interpolação);
- percentual de diferença de 2% de energia economizada sobre o que se estiver consumindo até então;
- motor do compressor Atlas Copco modelo GA37CFF = 30 CV – admitindo um fator de carga de 80%, tem-se uma potência de 24 CV = 18 kW;
- a planta opera da 7h30min às 17h23min, com uma hora para refeição, o que equivale a uma jornada diária (JD) de 533 minutos = 8,88 horas;
- período de funcionamento de 22 dias por mês e 12 meses por ano;

Perda por acréscimo de temperatura do ar de admissão por ano = 18 kW x 8,88 h/dia x 22 dias/mês x 12 meses/ano x 2% = 843,96 kWh/ano

Admitindo uma tarifa média para o fornecimento de energia elétrica = 0,28158 R\$/kWh, tem-se:

Perda por acréscimo de temperatura do ar de admissão por ano = 843,96 kWh/ano x 0,28158 R\$/kWh = R\$ 237,64/ano

Tabela 08 - Variação do Consumo de Energia Elétrica com a Temperatura do Ar Aspirado.

TEMPERATURA DO AR DE ASPIRAÇÃO (°C)	PERCENTUAL DE POTÊNCIA ECONOMIZADA, OU INCREMENTADA, COM REFERÊNCIA À TEMPERATURA DE 21°C.
-1,0	7,5 (economizado)
4,0	5,7 (economizado)
10,0	3,8 (economizado)
16,0	1,9 (economizado)
21,0	0
27,0	1,9 (incrementado)
32,0	3,8 (incrementado)
38,0	5,7 (incrementado)
43,0	7,6 (incrementado)
49,0	9,5 (incrementado)

Fonte: Eletrobras (2005a)

Assim, recomendou-se à empresa A: (i) reduzir a faixa de pressão de trabalho de 100 a 125 psi para 85 a 100psi; (ii) eliminar todos os vazamentos da linha; e (iii) assegurar a manutenção da ventilação da sala de compressores.

4.2.6 Motores Elétricos

Considerando os motores do parque fabril da empresa A, verificou-se que a grande maioria não sofreu recondicionamento. Assim, recomenda-se a substituição dos motores atuais por motores de alto rendimento, quando o mesmo queimar. Pois, desta forma, o custo com a aquisição de um motor novo será cotejado com o custo de reparo deste motor. A tabela 09 apresenta uma breve comparação entre motores standart e motores de alto desempenho.

Tabela 09 - Comparativo entre motores standard e motores de alto desempenho

POTÊNCIA (CV)	PÓLOS	CARCAÇA	RENDIMENTO STANDARD	ALTO RENDIMENTO
1	IV	80	79,5	82,6
2	IV	90S	82,5	84
3	IV	90L	83	85
5	IV	100L	85,5	88
7,5	IV	112M	88	90
10	IV	132S	89	91
15	IV	132M	88,5	91,7
20	IV	160M	90,2	92,4
25	IV	160L	91	92,6
30	IV	180M	91	93
40	IV	200M	91,7	93
50	IV	200L	92,4	93,2

Fonte: WEG, Plano de Substituição de Motores.

4.2.7 Iluminação

O segmento de Iluminação, por possuir bom potencial de efficientização, é tratado separadamente neste tópico. As tabelas 10 e 11 apresentam o inventário das lâmpadas instaladas na empresa A e as parcelas percentuais e os valores correspondentes das iluminações fluorescentes e vapor metálico, quanto ao consumo e potência instalada total do segmento de iluminação.

Tabela 10 - Relação das lâmpadas instaladas e o respectivo fluxo luminoso

Local	Lâmpada			Luminosidade (lux)	Fluxo Luminoso Atual (lm)
	Qtde	Potencia (W)	Potência Total (W)		
Portaria- Recepção	5	40	200	470	13.000
Portaria - Segurança	3	40	120	470	7.800
Qualidade	4	32	128	470	10.800
Segurança	4	40	160	110	10.400
Fabricação de Coroa	6	40	240	620	15.600
PCP	2	40	80	200	5.200
Projetos	2	40	80	360	5.200
Gerência de Produção	2	40	80	317	5.200
Almoxarifado	4	32	128	480	10.800
Sala Ander	4	40	160	130/155	10.400
Sala Reunião	4	40	160	440	10.400
Área Comercial	16	40	640	170/262	41.600
Sala Orivaldo	4	40	160	640	10.400
Sala Paulo	4	40	160	500	10.400
Vestiário Masculino	7	40	280	-	18.200
Vestiário Feminino	2	40	80	-	5.200
Restaurante	10	40	400	480	26.000
Sala Vice Presidente	2	40	80	-	5.200
Hall Comercial	1	40	40	-	2.600
Hall Administrativo	2	20	40	-	5.200
Hall Administrativo	3	40	120	-	7.800
Informática	4	40	160	192/284	10.400
RH	4	40	160	390	10.400
Sala Décio	4	40	160	570	10.400
Hall 2º Andar	4	40	160	230	10.400
Sala Arnaldo	4	40	160	400	10.400
Banheiro Masculino	1	40	40	-	2.600
Banheiro Feminino	1	40	40	-	2.600
Comercial A	10	40	400	243/330	26.000
Comercial B	2	20	40	260/460	5.200
Área externa fábrica	39	400	15600	-	1.365.000
Área externa fábrica	2	150	300	-	27.600
Área externa fábrica	1	70	70	-	6.200

Tabela 11 - Potência total instalada e consumo do segmento de iluminação da Empresa A

Tipo Lâmpada	Potência Total (W)		Consumo (kWh)	
Lâmpadas Fluorescentes	4.856	23,3%	1.068,32	20,2%
Lâmpadas vapor Metálico	15.970	76,7%	4.216,08	79,8%

Analisando as tabela 10 e 11, percebe-se que existe uma grande oportunidade de economia na substituição de algumas das atuais lâmpadas por outras, com um fluxo luminoso maior, como também torna-se necessária a adequação do nível de iluminamento em alguns setores de escritórios (fabricação de coroa; PCP; projetos; gerência de produção; Sala Ander; área comercial; informática; RH; hall 2º andar e Comercial A e B), segundo o que estabelece a ABNT. Abaixo, descreve-se a economia obtida com a adequação dos índices de iluminância e substituição das lâmpadas, com o objetivo de redução do consumo de energia, como segue.

- Substituição de lâmpadas fluorescentes de 40 W por lâmpadas fluorescentes de 32W:
 - Quantidade de lâmpadas fluorescentes de 40 W = 117
 - Quantidade de lâmpadas fluorescentes de 32 W = 8
 - A planta opera das 7h30min às 17h23min, o que equivale a uma jornada diária (JD) = 9,88 horas
 - Período de funcionamento de 22 dias por mês e 12 meses por ano
 - Cálculo do Consumo de energia atual:
 - $CE_{atual} = (117 \times 40 \text{ W} + 8 \times 32 \text{ W}) \times 9,88 \text{ h/dia} \times 22 \text{ dias/mês} \times 12 \text{ meses/ano}$
 - $CE_{atual} = 12.874,67 \text{ kWh/ano}$
 - Cálculo do Consumo de energia proposto:
 - Quantidade de lâmpadas fluorescentes de 40 W = 0
 - Quantidade de lâmpadas fluorescentes de 32 W = 159
 - A planta opera da 7h30min às 17h23min, o que equivale a uma jornada diária (JD) = 9,88 horas
 - O período de funcionamento é de 22 dias por mês e 12 meses por ano
 - $CE_{proposto} = (159 \times 32 \text{ W}) \times 9,88 \text{ h/dia} \times 22 \text{ dias/mês} \times 12 \text{ meses/ano}$
 - $CE_{proposto} = 13.271,13 \text{ kWh/ano}$

- Substituição das lâmpadas de vapor metálico de 400 W, por lâmpadas vapor de sódio de 250 W, localizadas na área externa da planta industrial:

Quantidade de lâmpadas vapor metálico de 400 W = 39

Quantidade de lâmpadas vapor de sódio de 250 W = 39

A iluminação opera das 18h00min às 06h00min, o que equivale a uma jornada diária (JD) de 720 minutos = 12 horas

O período de funcionamento é de 30 dias por mês e 12 meses por ano

$CE_{\text{atual}} = (39 \times 400 \text{ W}) \times 12 \text{ h/dia} \times 30 \text{ dias/mês} \times 12 \text{ meses/ano}$

$CE_{\text{atual}} = 67.392 \text{ kWh/ano}$

$CE_{\text{proposto}} = (39 \times 250 \text{ W}) \times 12 \text{ h/dia} \times 30 \text{ dias/mês} \times 12 \text{ meses/ano}$

$CE_{\text{proposto}} = 42.120 \text{ kWh/ano}$

Substituição das lâmpadas vapor metálico de 400 W, por lâmpadas fluorescentes de 32 W, localizadas na seção de vigia interna do galpão industrial:

Quantidade de lâmpadas vapor metálico de 400 W = 6

Quantidade de lâmpadas fluorescentes de 32 W = 24

A planta opera da 18h00min às 06h00min, o que equivale a uma jornada diária (JD) de 720 minutos = 12 horas

O período de funcionamento é de 30 dias por mês e 12 meses por ano

$CE_{\text{atual}} = (6 \times 400 \text{ W}) \times 12 \text{ h/dia} \times 30 \text{ dias/mês} \times 12 \text{ meses/ano}$

$CE_{\text{atual}} = 10.368 \text{ kWh/ano}$

$CE_{\text{proposto}} = (24 \times 32 \text{ W}) \times 12 \text{ h/dia} \times 30 \text{ dias/mês} \times 12 \text{ meses/ano}$

$CE_{\text{proposto}} = 3.317,8 \text{ kWh/ano}$

A totalização destas ações trará uma economia de:

$\text{Economia} = (12.874,67 \text{ kWh/ano} + 67.392 \text{ kWh/ano} + 10.368 \text{ kWh/ano}) - (13.271,13 \text{ kWh/ano} + 42.120 \text{ kWh/ano} + 3.317,8 \text{ kWh/ano})$

$\text{Economia} = 31.925,74 \text{ kWh/ano}$

Admitindo uma tarifa média para o fornecimento de energia elétrica - R\$0,28158/kWh¹⁸, tem-se:

$$\text{Economia} = 31.925,74 \text{ kWh/ano} \times \text{R\$ } 0,28158/\text{kWh} = \text{R\$ } 8.989,65/\text{ano}$$

4.2.8 Resultados do Estudo de Caso A

Com a adequação da demanda a conta de energia elétrica, devido à recontração junto à concessionária, a empresa conseguirá reduzir os seus gastos com energia elétrica em R\$ 5.924,28 ao ano.

A utilização da geração diesel-elétrica, no horário de ponta, proporcionará uma economia de R\$ 108.834,30 ao ano, com um investimento de R\$ 133.800,00 na aquisição/instalação de um grupo diesel gerador de 256 kVA, com comando automático.

A redução da faixa de pressão de trabalho do sistema de ar comprimido, associada à eliminação dos vazamentos, possibilitará uma economia total de R\$ 3.461,70.

A adequação dos índices de luminosidade, nas áreas em que estes índices estão fora, proporcionarão um melhor conforto aos colaboradores da empresa A, bem como o atendimento às exigências legais. As medidas sugeridas neste relatório, no tocante à iluminação, proporcionarão uma economia de R\$ 9.923,88.

No tabela abaixo, tem-se um consolidado das principais recomendações deste relatório.

Tabela 12 - Consolidado dos benefícios de cada ação sugerida¹⁹

Ações	Investimento (R\$)	Economia (R\$/ano)	Redução Consumo (kWh/ano)	VPL (R\$)	TIR (% anual)	Tempo de Retorno (ano)
Mudança de Tarifa	0,00	5.936,28	-	21.154,53	-	Imediato
Red. consumo H. de Ponta	145.180,00	108.834,00	130.141	249.174,70	64,7	1,53
Red. consumo ar comprimido	0,00	3.461,70	12.294	12.336,13	-	Imediato
Red. consumo com iluminação	11.400,00	9.923,88	31.926	12.474,69	64,2	1,43
Total	156.580,00	128.149,26	174.361			

¹⁸ Valores com ICMS e demais impostos.

¹⁹ Para obtenção do VPL, TIR e Tempo de retorno foram consideradas as seguintes premissas financeiras: (i) Taxa de atratividade = 20%; (ii) Depreciação = 10%, exceto para iluminação = 20%; (iii) IRPJ = 15%.

Na tabela 13, a seguir, temos listados todas as recomendações adotadas neste estudo de caso para a empresa A.

Tabela 13 – Lista de recomendação para a empresa A

Módulo Temático	Recomendação
Análise da Conta de Energia	Alteração da demanda contratada de 150 kW para 175kW
	Alteração do contrato de fornecimento de Convencional para Horossazonal Verde
Análise do comportamento das cargas	Aquisição de um gerador para uso no horário de Ponta
Correção do fator de potência	Substituir o atual controlador de fator de potência por outro que tenha sensoriamento trifásico e atue por valores médios de $\cos\phi$ true RMS; manter um capacitor de 7,5 kVAr fixo, para correção da energia reativa do transformador principal; e observar as
Ar condicionado e refrigeração	Manter atual plano de manutenção preventiva
Ar comprimido	Redução da pressão interna de trabalho da planta
	Eliminar vazamentos na linha de distribuição de ar comprimido
	Assegurar a manutenção da ventilação da sala de compressores
Motores Elétricos	Efetuar a substituição do motor somente quando o mesmo apresentar defeito
Iluminação	Substituir todas as lâmpadas fluorescentes de 40 W, por lâmpadas fluorescentes de 32 W;
	Substituir as lâmpadas de vapor metálico de 400 W por lâmpadas vapor de sódio de 250 W, localizadas na área externa da planta industrial;
	Substituir as lâmpadas vapor metálico de 400 W, por lâmpadas fluorescentes de 32 W, localizadas na seção de vigia interna do galpão industrial. Desta forma, podem-se calcular as reduções destas medidas;
	Substituir as lâmpadas fluorescentes de 40 W por 32 W e adequação do nível de iluminamento interno dos setores

4.3 SEGUNDO ESTUDO DE CASO – EMPRESA B

Empresa atuante no mercado desde 1990, situada no município do Rio de Janeiro no estado do Rio de Janeiro, atua na fabricação de produtos de beleza, classificada segundo SEBRAE como empresa de pequeno porte. A auditoria energética aconteceu entre os meses de maio de 2006 a março de 2007.

4.3.1 Análise da conta de energia

Após a implementação de algumas ações de eficiência energética na planta da empresa B, bem como a desativação de uma linha de fabricação, percebeu-se que o contrato de compra de energia elétrica, com a concessionária de energia local, já não era o mais adequado para a empresa. Como pode-se observar na tabela 15, nos meses de setembro/2005 a fevereiro/2006, a demanda média, no horário de ponta e no horário fora de ponta, foi de 866 kW. E no período de dezembro/2005 a maio/2006, onde o volume de produção praticado foi o que melhor se assemelha aos prováveis cenários futuros, as médias de demandas medidas nos horários de ponta e fora de ponta passaram para 785 e 790 kW, respectivamente.

Portanto, solicitou-se a alteração da demanda contratada – AZUL de 1000 kW (ponta e na fora de ponta) para 800 kW. A alteração de contrato foi concedida em duas partes: a primeira, imediata, entrando em vigor já na conta do mês de junho 2006, representando uma redução de 63 kW na demanda (ponta e na fora de ponta); e o restante, 137 kW, refletido na conta do mês de setembro/2006, totalizando, assim, a redução de 200 kW nas demandas (ponta e na fora de ponta).

A análise do histórico de demandas foi feita por meio da leitura das contas de energia elétrica ,referentes ao período compreendido entre o mês de janeiro de 2005 e dezembro de 2006 – ver tabela 14.

Tabela 14 - Consumo e demanda de energia elétrica

Mês	Demanda				Consumo		Reativo	
	Contrato Ponta kW	Ponta kW	Contrato F.Ponta kW	F.Ponta kW	Ponta KWh	F.Ponta kWh	Ponta kVArh	F.Ponta kVArh
jan/05	1.000	969,6	1.000	1.006,10	46.694	420.384	233	1.104
fev/05	1.000	960	1.000	994,6	50.398	456.576	420	1.512
mar/05	1.000	858,2	1.000	928,3	43.015	401.112	170	1.680
abr/05	1.000	976,3	1.000	1.033,90	47.265	458.928	454	4.680
mai/05	1.000	952,3	1.000	995,5	46.115	441.648	1.056	8.592
jun/05	1.000	960	1.000	961,9	50.578	451.872	1.152	9.648
jul/05	1.000	911	1.000	923,5	51.538	472.200	895	9.576
ago/05	1.000	887	1.000	898,6	48.426	422.592	765	7.032
set/05	1.000	943,7	1.000	970,6	54.124	465.864	982	8.592
out/05	1.000	977,3	1.000	910,1	39.047	320.592	679	7.776
nov/05	1.000	927,4	1.000	940,8	47.642	426.384	862	10.896
dez/05	1.000	823,7	1.000	839	45.735	406.560	795	11.520
jan/06	1.000	750,7	1.000	766,1	39.209	296.208	438	6.624
fev/06	1.000	771,8	1.000	768	42.478	360.576	644	7.776
mar/06	1.000	783,4	1.000	779,5	39.917	348.912	56	3.264
abr/06	1.000	812,2	1.000	800,6	40.122	319.776	252	5.712
mai/06	1.000	768	1.000	787,2	41.040	351.888	185	6.624
jun/06	890	789,1	890	746,9	43.492	347.232	173	5.856
jul/06	890	752,6	890	745	40.199	352.032	192	6.528
ago/06	890	817,9	890	823,7	45.930	365.184	259	7.152
set/06	800	833,3	800	850,6	46.206	431.520	488	8.688
out/06	800	864	800	860,2	44.024	393.312	216	7.056
nov/06	800	860,2	800	864,2	44.665	385.584	265	7.776
dez/06	800	837,1	800	927,4	45.737	434.640	503	9.072
Total		20.787		21.122	1.083.596	9.531.576	12.134	164.736
média (2005 e 2006)		866		880	45.150	397.149	506	6.864
média 2005		928,9		950,2	47.548	428.726	705,3	6.884
média 2006		803		810	42.752	365.572	306	6.844

Fonte: A empresa

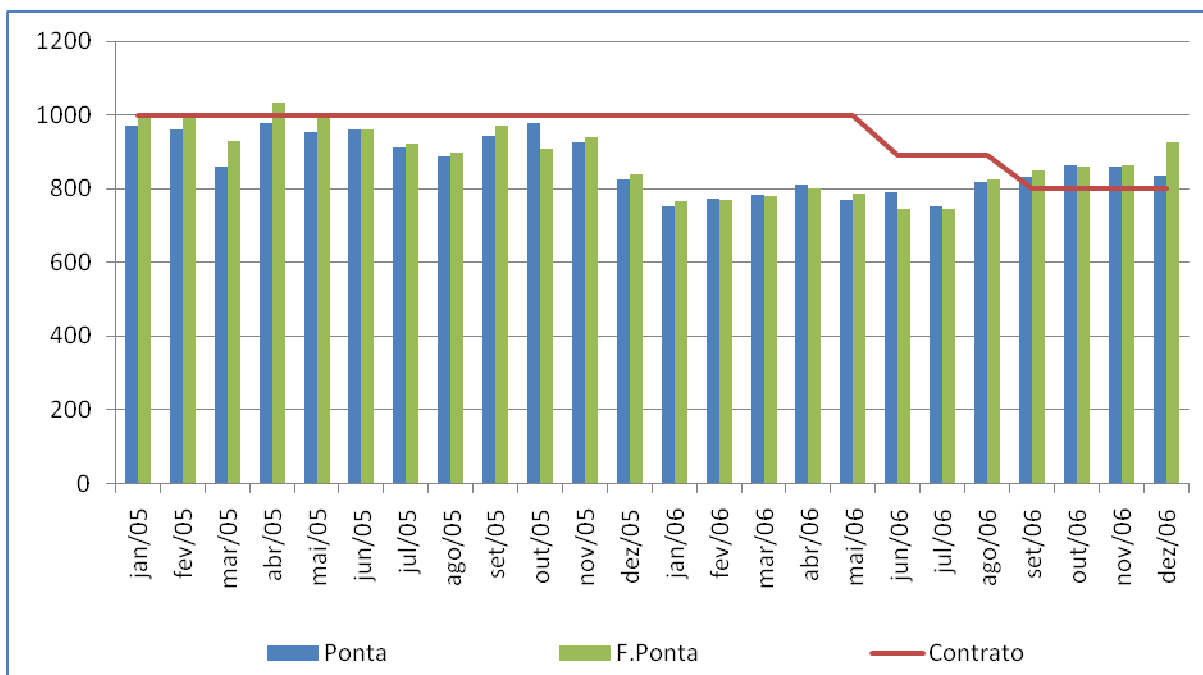


Gráfico 04 - Demanda - Evolução no horário fora de ponta e na ponta
Fonte: A empresa

Tabela 15 - Comparativo entre as modalidades tarifárias²⁰.

Demanda		Consumo		Demanda	Consumo		Demanda		Consumo	
Ponta	F.Ponta	Ponta	F.Ponta		Ponta	F.Ponta	Ponta	F.Ponta	Ponta	F.Ponta
(kW)	(kW)	(kWh)	(kWh)	(kW)	(kWh)	(kWh)	(kW)	(kW)	(kWh)	(kWh)
800	800	42.752	365.572	9.112,00	40.622,95	57.449,64	32.128,00	9.112,00	10.894,92	57.449,64
				R\$ 107.184,59			R\$ 109.584,56			
850	850	42.752	365.572	9.681,50	40.622,95	57.449,64	34.136,00	9.681,50	10.894,92	57.449,64
				R\$ 107.754,09			R\$ 112.162,06			

Com base na tabela 15, onde se simulam os cenários nas diversas classificações tarifárias (horossazonal azul e horossazonal verde), recomenda-se que a empresa B solicite à concessionária a mudança de sua atual classificação AZUL para HOROSSAZONAL VERDE, com uma demanda de 850 kW.

Adicionalmente, para que se evite que a nova demanda contratada (850 kW) seja ultrapassada em valores superiores à tolerância de 10%, o que acarretaria uma penalidade da ordem de três vezes o valor da tarifa normal de demanda, recomenda-se, fortemente, a instalação /operação do “gerenciador de demanda”.

²⁰ Considerado tarifas no período seco e sem ICMS.

4.3.2 Análise do comportamento das cargas

A tarifa do consumo ativo de ponta é de R\$ 0,36088993/kWh (janeiro de 2007), enquanto a de fora de ponta é de R\$ 0,22355972/kWh no mesmo período, ou seja, a tarifa do consumo no horário de ponta é 1,6 vezes mais cara que a de fora de ponta. Raciocinando da mesma forma para a tarifa de demanda, se verificará que a demanda na ponta é 3,36 vezes mais cara que a tarifa de demanda no fora de ponta (R\$ 61,71/kW e R\$ 18,34/kW - tarifa de demanda na ponta e fora de ponta, respectivamente), considerando o contrato horossazonal Azul. Quando se analisam as tarifas para o contrato horossazonal verde, percebe-se que a tarifa de consumo no horário de ponta é 6 vezes mais cara que o horário fora de ponta.

Sendo assim, o consumo no ativo de ponta pode ser eliminado através da geração diesel-elétrica, que é mais barata, se comparada à despesa com o consumo de energia elétrica no horário de ponta, junto à concessionária de energia.

O custo da energia elétrica no horário de ponta, considerando a mudança de contrato para horossazonal verde, adquirida a partir da concessionária é de:

Energia elétrica (E1) = 513.019 kWh (horário de ponta) x R\$ 1,446572991/kWh = R\$ 742.119,43 por ano.

Enquanto o custo da energia elétrica adquirida, a partir da geração diesel elétrica, será de:

Energia a diesel (C1) = (66 h / mês) x (R\$ 1,80 / litro) x (188 litros / hora) x (12 meses/ano) = R\$ 268.012,80 por ano.

Custo com manutenção = R\$ 16.080,77 por ano (~ 6% do custo de operação)²¹.

A economia anual real proporcionada pelo uso do gerador a diesel, somente no horário de ponta é de:

$E = E1 - C1 = R\$ 742.119,43 - R\$ 268.012,80 + R\$ 16.080,77 = R\$ 458.025,86 /ano.$

²¹ O custo de manutenção foi estimado através de dados do fabricante.

4.3.3 Fator de potência

Durante o período estudado, janeiro/05 a janeiro/07, através de consulta nas contas de energia B, verificou-se um dispêndio de R\$ 37.725,45, com multas por baixo fator de potência, como pode ser observado na tabela 16.

Tabela 16 - Valores de consumo de energia reativa

Mês	Consumo Reativo			
	Ponta	Ponta	F.Ponta	F.Ponta
	kVArh	R\$	kVArh	R\$
janeiro/05	233	67,87	1.104	161,61
Fevereiro/05	420	122,35	1.512	221,33
março/05	170	49,52	1.680	245,91
Abril/05	454	132,25	4.680	685,06
Mai/05	1.056	337,01	8.592	1.416,34
junho/05	1.152	367,65	9.648	1.590,40
Julho/05	895	285,63	9.576	1.578,52
agosto/05	765	244,14	7.032	1.159,18
setembro/05	982	313,39	8.592	1.416,33
outubro/05	679	216,69	7.776	1.281,83
novembro/05	862	275,10	10.896	1.796,15
dezembro/05	795	280,00	11.520	2.271,22
janeiro/06	438	157,71	6.624	1.338,77
Fevereiro/06	644	232,94	7.776	1.578,74
março/06	56	20,27	3.264	662,94
Abril/06	252	91,48	5.712	1.163,80
Mai/06	185	73,86	6.624	1.498,26
junho/06	173	68,82	5.856	1.319,98
Julho/06	192	76,44	6.528	1.472,38
agosto/06	259	102,71	7.152	1.607,04
setembro/06	488	194,64	8.688	1.963,26
outubro/06	216	86,09	7.056	1.593,21
novembro/06	265	105,46	7.776	1.753,30
dezembro/06	503	182,64	9.072	2.040,56
janeiro/07	358	129,20	7.584	1.695,47
Sub-TOTAL	12.492	4.213,86	172.320	33.511,59
TOTAL	R\$ 37.725,45			

Fonte: A empresa

4.3.4 Ar condicionado

A empresa B possui 100 aparelhos distribuídos entre ar condicionado de janela – ACJ e aparelho *Split*. São 70 aparelhos de janela e 30 aparelhos tipo *Split*, com diversas capacidades.

Nos setores onde se tem mais de um aparelho ACJ, recomenda-se considerar a opção de substituí-los por um único aparelho *split*, tendo em vista a redução do consumo de energia, menor ruído no ambiente de trabalho e melhor acesso para a manutenção de compressores e condensadores – parte externa, além de uniformização de equipamentos para fins de manutenção.

No Anexo D, apresenta-se a lista de ACJs, com os seus respectivos consumos de energia elétrica, assim como os consumos de energia elétrica de equipamentos novos – ACJs com capacidades equivalentes aos atuais.

Tabela 17 - Relação de Aparelhos de Geração de Frio

Área responsável	Setor	Tipo	Marca / Modelo	Potência (btu/h)	Tensão (V)	Tempo de utilização/dia (h)	Gás refrigerante
ADM. FIN	Contab	Split	Split Carrier	12000	220	10	Freon R22
ADM. FIN	Contab	Split	Split Carrier	12000	220	10	Freon R22
ADM. FIN	Contab	Split	Split Carrier	12000	220	10	Freon R22
ADM. FIN	Contab	Split	Split Carrier	12000	220	10	Freon R22
RH	Restaurante	Split	Split Bryant	24000	220	10	Freon R22
RH	Restaurante	Split	Split Bryant	24000	220	10	Freon R22
RH	Restaurante	Split	Split Bryant	24000	220	10	Freon R22
RH	Restaurante	Split	Split Bryant	24000	220	10	Freon R22
COMPRAS	Sala 1	ACJ	Cônsul Air Master	18000	220	10	Freon R22
COMPRAS	Sala 2	ACJ	Cônsul Air Master	18000	220	10	Freon R22
ENG EMB.	Salão	ACJ	Springer inovare	18000	220	10	Freon R22
ENG EMB.	Salão	ACJ	Springer inovare	18000	220	10	Freon R22
UP 1	Sala Rotulos	ACJ	Springer Inovare	18000	220	24	Freon R22
UP 1	Sala Rotulos	ACJ	Consul Air Master	10000	220	24	Freon R22
UP 1	Sala Rotulos	ACJ	Consul Air Master	10000	220	10	Freon R22
UP 1	Salão	ACJ	Consul Air Master	18000	220	10	Freon R22
UP 1	Salão	ACJ	Consul Air Master	18000	220	1	Freon R22
CONTR.QUAL	Retencao 1 2 piso	ACJ	Springer Mundial	18000	220	24	Freon R22
CONTR.QUAL	Retencao 1 2 piso	ACJ	Springer Inovare	18000	220	24	Freon R22
CONTR.QUAL	Lab. Anali instr. 2piso	ACJ	Springer Mundial	18000	220	24	Freon R22
CONTR.QUAL	Lab. Analise Instr. 2piso	ACJ	Springer Carrier	18000	220	24	Freon R22
CONTR.QUAL	Lab ACPF	Split	Springer Inovare	18000	220	24	Freon R22
CONTR.QUAL	Lab ACPF	Split	Springer Inovare	18000	220	24	Freon R22
TEC INF	Sala CPD	ACJ	Consul Air Master	18000	220	10	Freon R22
TEC INF	Sala CPD	ACJ	Consul Air Master	18000	220	10	Freon R22
TEC INF	Sala Trein.	ACJ	Consul Air Master	18000	220	10	Freon R22
TEC INF	Sala Trein.	ACJ	Springer Inovare	18000	220	10	Freon R22
TEC INF	Salão de Treinamento	ACJ	Springer Mundial	18000	220	10	Freon R22
TEC INF	Salão de Treinamento	ACJ	Consul Air Master	18000	220	10	Freon R22
BJP	Sala Pos corante	Split	Seikan Degethoff	21000	220	24	Freon R22
BJP	Sala Pos corante	Split	Seikan Degethoff	21000	220	24	Freon R22

Fonte: A empresa

Redução estimada de demanda = $(104.192 - 87.955) = 16.237 \text{ W}$

Redução anual de custo referente a redução da demanda contratada = $(16.237 \text{ W} \times \text{R\$ } 18,34/\text{kW} \times 12 \text{ meses}) = \text{R\$ } 3.573,44$

Considerações:

- Para os cálculos relativos aos equipamentos que operam 10 horas / dia, foi utilizada a tarifa fora de ponta
- Para os cálculos relativos aos equipamentos que operam 24 horas / dia, foi utilizada a média ponderada das tarifas de ponta e fora de ponta (10% e 90%).
- Para os cálculos dos ganhos relativos à redução da demanda contratada, foi utilizado o valor da demanda referente ao horário fora de ponta - mais conservador- e um fator de carga de 70%, ou seja, admite-se que, durante o período de funcionamento, os compressores operam apenas 70% do tempo.

Os valores estimados, para o consumo dos aparelhos atualmente instalados, foram obtidos a partir de prospectos do ano de 1998. Deve-se adicionar às conclusões acima a redução no custo da manutenção dos ACJs, na medida em que durante um período de um ano, a reposição de peças defeituosas e a respectiva mão de obra, para reparo, será de responsabilidade do fornecedor.

Convém ainda ressaltar que a substituição dos atuais aparelhos, por novos, pode ser feita por ocasião da necessidade de reparos, de maneira a reduzir o investimento líquido que passa a ser a diferença entre o investimento na compra de um novo aparelho e o custo do reparo.

4.3.5 Geração de vapor

O conhecimento do balanço energético, característico do sistema de geração de vapor, pode contribuir muito para a identificação das perdas que reduzem a eficiência do sistema e fornecem um ponto de partida para a identificação de oportunidades e de seleção e implementação de ações de melhorias da eficiência. A Figura 08 mostra um balanço de energia característico com as perdas de um sistema de vapor.

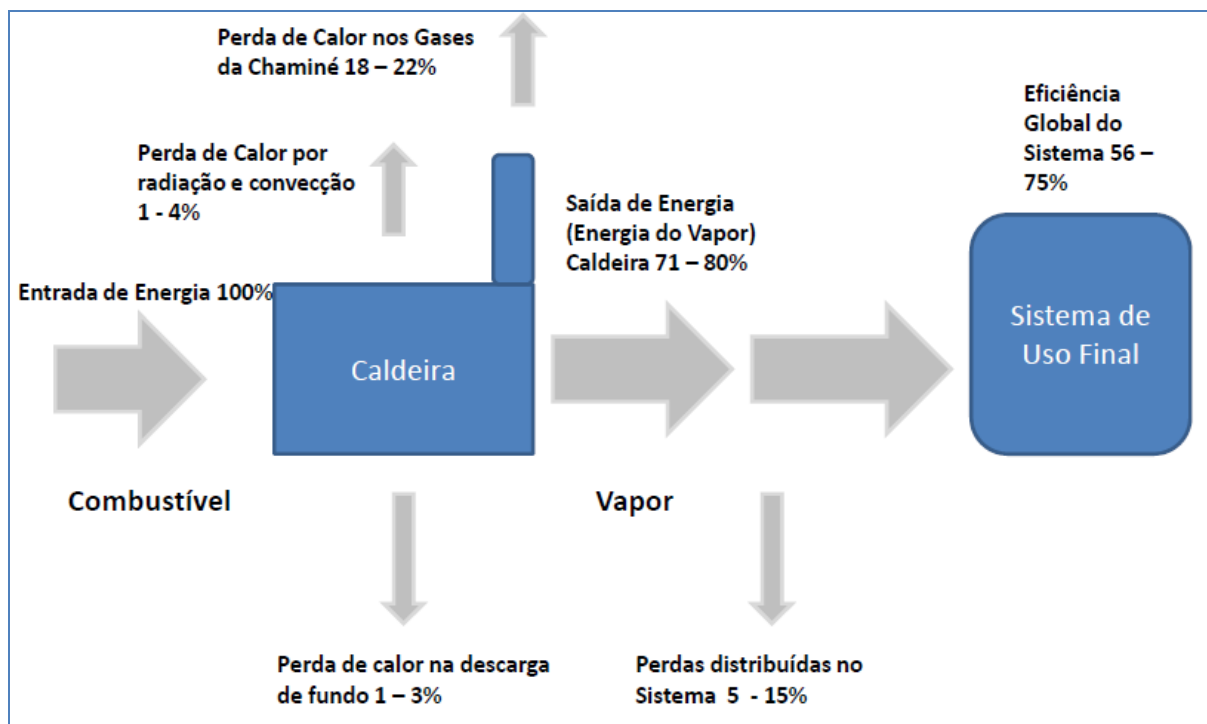


Figura 09 - Diagrama de Balanço de energia com as perdas do sistema.
Fonte: ELETROBRAS (2005)

O sistema de geração de vapor da empresa B é composto por duas caldeiras, conforme dados abaixo:

- Caldeira 01:
 - ATA AWN Modelo 3G
 - Vazão = 3.000 kg/h
 - PMTA = 11,95 kgf/cm²
 - Pressão de Trabalho = 8,5 Kgf/cm²
- Caldeira 02:
 - H3N AWN Modelo 14M
 - Vazão = 2.000 kg/h
 - PMTA = 11,55 kgf/cm²
 - Pressão de Trabalho = 8,5 Kgf/cm²

A fim de se identificar as oportunidades para melhorar a eficiência energética e o desempenho econômico do sistema de vapor da Empresa B, realizou-se um diagnóstico onde foi relacionada uma série de recomendações / sugestões.

Adicionalmente, podem-se citar algumas oportunidades para a melhoria da eficiência energética no sistema de vapor:

- a - Isolar termicamente as linhas de distribuição de vapor e de retorno de condensado.
- b - Recuperar o calor perdido nas descargas de fundo (purgas, *blowdown*²²), como por exemplo, aquecer a água para banho dos vestiários feminino e masculino.
- c - Instalar isolamentos removíveis para válvulas e conexões.
- d - Analisar o efeito da mudança / redução da atual pressão de operação da caldeira.

A análise do relatório de auditoria do sistema de geração de vapor apresenta algumas ações e soluções com os respectivos benefícios econômicos envolvidos. Assim sendo, abaixo apresenta-se a tabela 18:

Tabela 18 - Oportunidades de ganhos econômicos na área de vapor

Descrição	Perda Estimada (R\$)	Investimento (R\$)
Descarga de fundo de caldeira	24.883,20	39.641,12
Purgadores vazando	62.044,55	6.925,01

4.3.6 Ar comprimido

O atual sistema de ar comprimido da empresa B é composto por equipamento compressor marca Atlas Copco modelo GA160 – 150 CV.

A análise do uso mais eficiente da energia aplicada à geração de ar comprimido pode ser concentrada no seguinte ponto:

²² *Blow-down* (drenagem) é um termo utilizado para identificar a água que é drenada da bacia da caldeira visando reduzir o acúmulo de contaminantes na água circulante.

4.3.6.1 Eliminação de vazamentos na linha de distribuição

Os vazamentos significam perda direta de energia e, na maioria das situações, as soluções para sua eliminação requerem intervenções com baixo grau de complexidade e investimentos.

Para a verificação da taxa de vazamento da linha de distribuição de ar comprimido e o seu respectivo impacto no custo (R\$), são considerados os seguintes parâmetros:

O tempo gasto para a elevação da pressão na condição regular de repouso da linha de distribuição;

Leituras realizadas: 34s / 31s / 33s.

Média = 32,67s (T1)

- O tempo gasto para a queda de pressão na condição regular de repouso da linha de distribuição ;

Leituras realizadas: 48s / 47s / 45s.

Média = 46,67s (T2)

A média entre as correntes elétricas (A) em regime de carga e em regime de alívio;

Leituras realizadas:

Em carga = 561 A durante 32,67s

Em alívio = 276 A durante 46,67s

$$\text{Corrente média ponderada (A)} = \frac{(561 \times 32,67) + (276 \times 46,67)}{(32,67 + 46,67)} = 393 \text{ A}$$

$$\text{Potência média} = \frac{(393 \times 220 \times \sqrt{3})}{1000} = 150 \text{ kW}$$

Os valores das tarifas de energia elétrica;

Com base na conta de energia elétrica para o mês de dezembro/2006, tem-se²³:

Custo da tarifa consumo horário de ponta = R\$ 0,36310085 kWh

Custo da tarifa consumo horário de fora de ponta = R\$ 0,22492931 kWh

O regime de operação do sistema de ar comprimido.

A planta opera das 24 horas por dia e 7 dias por semana, o que equivale a uma jornada diária (JD) de 1440 minutos.

- cálculo da taxa de vazamento:

²³ Tarifas com ICMS, PIS e COFINS inclusos

$$TV \text{ (taxa de vazamento - \%)} = T1 / (T1+T2) \times 100 = 32,67 / (32,67 + 46,67) = 41,18\%$$

$$PE \text{ (perda de energia - kWh) – horário de ponta} = PM \times JD \times TV / 100 = 150 \text{ kW} \times 3 \text{ h/dia} \times 41,18 / 100 = 185,31 \text{ kWh/dia.}$$

$$PE \text{ (perda de energia - kWh) – horário fora de ponta} = PM \times JD \times TV / 100 = 150 \text{ kW} \times 21 \text{ h/dia} \times 41,18 / 100 = 1.297,17 \text{ kWh/dia}$$

Admitindo-se uma tarifa média para o fornecimento de energia elétrica, e um período de funcionamento de 30 dias por mês e 12 meses por ano, tem-se:

$$\text{Custo horário de ponta} = 185,31 \text{ kWh/dia} \times \text{R\$ } 0,36310085/\text{kWh} \times 22 \text{ dias/mês} \times 12 \text{ meses/ano} = \text{R\$ } 17.763,56 / \text{ano.}$$

$$\text{Custo horário fora de ponta} = 1.297,17 \text{ kWh/dia} \times \text{R\$ } 0,22492931/\text{kWh} \times 30 \text{ dias/mês} \times 12 \text{ meses/ano} = \text{R\$ } 105.037,76 / \text{ano.}$$

$$\text{Custo total} = \text{R\$ } 17.763,56 + \text{R\$ } 105.037,76 = \text{R\$ } 122.801,32$$

4.3.7 Motores Elétricos

A empresa B possui, em seu parque fabril, um grande número de motores, de diversos tamanhos/potência. No Anexo E, apresenta-se a tabela com o estudo de economia gerado pela substituição dos motores *standard* por motores de alto desempenho.

Percebe-se, após a análise da tabela, que a economia gerada pela substituição dos motores é de R\$ 6.193,72, com um período de recuperação do investimento (*payback*) de 5,7 anos. Pode-se concluir que a simples substituição dos motores não é interessante. Convém ainda ressaltar que a substituição dos atuais motores, por novos, pode ser feita por ocasião da necessidade de reparos, de maneira a reduzir o investimento líquido que passa a ser a diferença entre o investimento na compra de um novo aparelho e o custo do reparo.

4.3.8 Resultados do Estudo de Caso B

Com a adequação da demanda de energia elétrica, através da recontratação junto à concessionária e a nova classificação horossazonal, a empresa reduzirá os seus gastos com energia elétrica em R\$ 52.899,11/ano.

A utilização da geração diesel-elétrica, no horário de ponta, proporcionará uma economia anual de R\$ 458.106,63, com um investimento de R\$ 388.600,00 na aquisição e instalação de dois grupos diesel gerador de 500 kVA (cada), comando automático, e obras civis.

A substituição dos 13 aparelhos de ar condicionado de 18000 BTU/h, que operam 24 horas /dia, proporcionará uma economia de R\$ 6.809,77 ao ano. O restante dos aparelhos poderão ser substituídos na medida em que demandem de intervenções, em que o custo seja superior a 50% do investimento necessário a um novo, de potência equivalente. Além disto, ter-se-á o benefício ambiental na substituição do gás refrigerante dos aparelhos de ar condicionado por outro menos agressivo ao meio ambiente.

O reparo de vazamentos de vapor em purgadores e a redução das perdas, em função da descarga de fundo da caldeira manual, proporcionará uma economia anual de R\$ 86.927,75 ao ano.

A substituição dos motores proporcionará uma economia anual de R\$ 6.193,72 ao ano.

Na tabela 19, tem-se um consolidado das principais recomendações deste relatório.

Tabela 19 - Consolidado das oportunidades analisadas²⁴

Oportunidade	Investimento (R\$)	Retorno anual (R\$)	Redução Consumo (kWh/ano)	Tempo de retorno do investimento – PB (ano)	Valor presente líquido do – VPL ²⁵ (R\$)	Taxa interna de retorno ao ano - TIR (%)
Recontratação de demanda / reclassificação de tarifa	200	52.899,11	-	Imediato	188.298,97	22.480,60
Grupo gerador no horário de ponta	388.600,00	458.106,63	513.019	0,98	1.259.771,57	101,4
13 Novos ACJ's de 18000 BTU/h	17.628,00	6.809,77	28.698	2,91	7.753,16	21,2
Reparo de vazamento de ar comprimido	10.000,00	107.891,00	453.263	0,36	107.271,13	279,4
Reparo dos vazamentos de vapor	48.894,44	86.927,75	-	0,66	261.338,66	149,8
Substituição dos motores	35.570,35	6.193,72	32.738	6,12	-11.202,59	10

²⁴ Para obtenção do VPL, TIR e Tempo de retorno, foram consideradas as seguintes premissas financeiras: (i) Taxa de atratividade = 20%; (ii) Depreciação = 10%, exceto para iluminação e correção do fator de potência = 20%; (iii) IRPJ = 15%.

²⁵ No Apêndice A, apresentam-se, com maior detalhamento, alguns dos métodos mais conhecidos a serem utilizados no processo de análise de investimento como *Payback*, Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR).

Na tabela 20, a seguir, temos listados todas as recomendações adotadas neste estudo de caso para a empresa B.

Tabela 20 – Lista de recomendação para a empresa B

Módulo Temático	Recomendação
Análise da Conta de Energia	Alteração do contrato de fornecimento de horossazonal AZUL para VERDE
	Alterar a demanda contrata de 800kW para 850 kW
	Instalar/operar o gerenciador de demanda o qual deverá comandar a retirada de cargas previamente selecionadas, em função da tendência de ultrapassagem do valor contratado
Análise do comportamento das cargas	Aquisição de um gerador para uso no horário de Ponta
Correção do fator de potência	Efetuar a manutenção preventiva do atual banco de capacitores
	Instalar sistema automatizado para correção do fator de potência
Ar condicionado e refrigeração	Substituir os arcondicionados de Janela por <i>Split</i>
Ar comprimido	Eliminação de vazamentos na linha de distribuição
Motores Elétricos	Efetuar a substituição do motor somente quando o mesmo apresentar defeito
Iluminação	Nada a Fazer - Manter manutenção preventiva atual
Geração de Vapor	Isolar termicamente as linhas de distribuição de vapor e de retorno de condensado.
	Recuperar o calor perdido nas descargas de fundo (purgas, <i>blowdown</i>), como por exemplo, aquecer a água para banho dos vestiários feminino e masculino.
	Instalar isolamentos removíveis para válvulas e conexões.
	Analisar o efeito da mudança / redução da atual pressão de operação da caldeira.
	Eliminar vazamento na descarga de fundo da Caldeira
	Eliminar vazamento em purgadores

4.4 COMPARAÇÃO ENTRE EMPRESA A E B

A tabela 21 apresenta a contribuição de cada sistema analisado na empresa. As recomendações do diagnóstico em relação à análise do comportamento de carga motivaram os grupos técnicos das empresas A e B a elaborarem um estudo pormenorizado, face ao investimento ser bastante elevado.

Tabela 21 - Resumo dos resultados obtidos pelas empresas A e B

Módulos Auditados	Economia Anual (R\$)		Investimento (R\$)	
	Empresa A	Empresa B	Empresa A	Empresa B
Análise da Conta de Energia Elétrica	5.936,28	52.899,11	0,00	200,00
Análise do Comportamentos de Cargas	108.834,30	458.106,63	145.180,00	3.886,00
Correção do Fator de Potência	SB	19.805,94	-	66.385,50
Ar condicionado e Refrigeração	SB	19.998,00	-	93.048,00
Ar Comprimido	3.461,70	107.891,00	0,00	10.000,00
Motores Elétricos	SB	SB	-	-
Iluminação	9.923,88	SB	11.400,00	-
Geração de Vapor	NA	86.927,75	-	48.894,44
Total do Benefício Obtido	128.156,16	745.628,43	156.580,00	222.413,94

Legenda: SB – Sem Benefício e NA – Não Aplicado

A tabela 21 mostrou que, considerando o total dos investimentos e o total das economias obtidas para os dois estudos de caso, o período de recuperação do investimento – pay back é bastante razoável, com 1,22 anos e 0,33 anos, respectivamente. Entretanto, esta análise carece de análise aprofundada, pois o método de *payback* é deficiente, uma vez que não leva em consideração o custo do dinheiro no tempo.

4.5 ANÁLISE FINAL INTRACASOS

Atualmente, com a grande concorrência das empresas, torna-se cada vez mais indispensável a redução de custos de uma forma geral na empresa. Este fato leva a refletir sobre o gasto com energia elétrica.

Embora a utilização racional de energia possa produzir múltiplos benefícios para os utilizadores de energia e para a sociedade em geral, observou-se um conjunto de barreiras que dificulta a penetração das tecnologias mais eficientes. O desconhecimento, por parte dos gestores, das tecnologias mais eficientes e dos seus potenciais benefícios, e a aversão ao risco associados à introdução de novas tecnologias, foram as principais barreiras percebidas.

O autor percebeu que o tema eficiência energética é relegado a segundo plano nas empresas, onde não existe um gestor para este tema; a avaliação é sempre feita através da contabilidade da empresa, que compara o dispêndio do mês com o mês anterior.

A falta de planejamento aos investimentos na planta, associada à falta de conhecimento sobre eficiência energética, tem provocado problemas de desperdícios encontrados durante o trabalho.

Tecnologias mais eficientes são normalmente mais dispendiosas em termos de investimento inicial, embora os custos totais, ao longo da vida dos equipamentos, sejam menores, em virtude da redução dos custos de funcionamento, a escassez de capital para realizar os investimentos e limitações no acesso a crédito, em condições tão vantajosas como as obtidas pelas empresas, responsáveis pela oferta de energia, e a ausência de incentivos para os agentes envolvidos na seleção dos equipamentos e na gestão de energia das instalações; o que tem provocado um retardamento na atualização do parque fabril.

O Quadro 05 contém resumo das barreiras que dificultam a penetração da eficiência energética, encontradas nos estudos de caso, objeto deste trabalho, e apresentadas a seguir:

Barreiras	Descrição da Barreira
Relacionadas com política	• carência na divulgação da regulação de eficiência energética
	• falta de incentivo econômico e limitação no acesso ao crédito
Relacionadas com mercado	• falta de demanda por eficiência energética
	• pequena pressão e conscientização pública
Financeiras e econômicas	• elevado custo de capital inicial
	• dificuldade de acesso a financiamento
	• fraco desempenho financeiro
	• ausência de avaliações e oferta de financiamento
Informação e técnicas	• limitada capacitação e especialização
	• acesso a apoio técnico externo
	• treinamento técnico no local de trabalho
Gerenciais e organizacionais	• prioridade no aumento de produção
	• preocupação com competitividade
	• resistência de gestores
	• falta consciência sobre benefícios
	• capacidade gerencial inadequada
	• retorno de investimento relativamente longo (superior em alguns casos a 2-3 anos), devido aos preços elevados das tecnologias mais eficientes.

Quadro 05 - Barreiras que dificultam a penetração da eficiência energética

As três primeiras são essencialmente barreiras externas, que estão além do controle das empresas, enquanto as duas últimas são barreiras internas, associadas às características de cada empresa.

5 VALIDAÇÃO DAS DIRETRIZES PARA AUDITORIA ENERGÉTICA

Este tópico apresenta o resultado da validação das diretrizes para auditoria energética. Apresenta-se no anexo F, o questionário utilizado para validação.

Inicialmente, apresenta-se os critérios para validação e, em seguida, o resultado da pesquisa e a análise das informações levantadas.

5.1. CRITÉRIOS DE VALIDAÇÃO

O critério de validação adotado tem como base o grau de relevância das etapas da metodologia proposta nesta pesquisa, que segundo Hart (2006) deve ser atribuído um grau na escala de 1 a 4, a saber:

- (1) não relevante
- (2) pouco relevante
- (3) relevante
- (4) muito relevante

Para tal, os entrevistados atribuíram Grau de Relevância (GR) às etapas e responderam a seguinte pergunta: Em sua opinião, qual é a relevância do módulo temático para avaliação da efetividade da metodologia de Diretrizes para Auditoria Energética apresentada nesta pesquisa? Também foi solicitada a justificativa da resposta e considerações para melhoria, caso necessário.

Considerou-se como especialistas pessoas com alto grau de conhecimento e experiência sobre gestão, desenvolvimento organizacional e sustentabilidade seja pela prática ou investigação científica. Quanto ao número de juízes, optou-se por restringir o universo de cinco especialistas que preencheram os requisitos de acessibilidade e interesse definidos por Lynn (1986).

5.2. RESULTADOS DA VALIDAÇÃO

Para a validação da metodologia proposta, foram realizadas entrevistas estruturadas para aplicação do questionário. Para definir o grau de relevância, foram realizadas estatísticas básicas e apuradas as médias aritméticas dos graus atribuídos pelos especialistas a cada uma das etapas da metodologia.

Apresenta-se no quadro 06 o resultado da avaliação do grau de relevância.

ETAPAS	Grau de Relevância					
	Espec. 1	Espec. 2	Espec. 3	Espec. 4	Espec. 5	Media
Análise da Conta de Energia+ Análise do Comportamento de Cargas	4	4	4	4	4	4,00
Correção do Fator de Potência	4	4	3	4	4	3,80
Ar Condicionado + Refrigeração	4	4	4	4	4	4,00
Iluminação	3	4	4	3	4	3,60
Geradores de vapor ou caldeira	3	3	4	4	3	3,40
Ar Comprimido	2	3	4	3	3	3,00
Motores Elétricos	4	3	2	3	3	3,00

Quadro 06: Média do Grau de Relevância das Etapas

A análise das médias do grau de relevância evidencia que todas as etapas estão posicionadas entre a escala relevante e muito relevante, podendo ser destacado a etapa de Análise da Conta de Energia+ Análise do Comportamento de Cargas, pois representa o histórico de consumo da empresa em todas as tarifas disponíveis no mercado de energia elétrica e as possibilidades de ganhos diretos na redução de custos com este insumo na empresa. As etapas "Ar comprimido e Motores elétricos" apresenta menor média, pois dependendo do tipo de instalação tanto o uso de ar comprimido quanto a quantidade de existentes ações nestes itens são pouco representativos.

Nas entrevistas com os especialistas, também buscou-se levantar as justificativas para as atribuições dos graus de relevância, favorecendo a análise crítica da metodologia apresentada.

Etapa 1: Seleção dos Módulos temáticos

a) Análise da Conta de Energia e Análise do Comportamento de Cargas

– Justificativa dos Especialistas: (GR: 4,00)

“Impacto na redução de despesas energéticas, contribuição para modulação do uso do sistema elétrico nacional, eliminação de sobrecargas no referido sistema”(Especialista 1).

“A análise das faturas de energia e a Análise do Comportamento de Cargas permite verificar parâmetros como consumo, demanda, fator de potência, entre outros, através de gráficos e relatórios auxiliando na redução de custos” (Especialista 2).

“À Análise técnica, comercial e econômico financeiro das faturas e do contrato de fornecimento de energia elétrica composto de: simulação tarifária, identificação e modulação das cargas, elaboração de gráficos demonstrativos é vital para a identificação do potencial de redução de despesas da fatura de energia elétrica e a implantação de indicadores de desempenho energético” (Especialista 3).

“Trata-se de um tema que apresenta, com grande frequência, excelentes oportunidades de redução de custo na compra de energia elétrica. Além disso, as ações requeridas à implementação dos pontos selecionados e relativos a este tema, são rápidas, precisas e de baixo custo”(Especialista 4)

“Além de revelar relações entre hábitos e consumo de energia elétrica, úteis ao se estabelecer rotinas de combate ao desperdício, a Análise da Conta de Energia e Análise do Comportamento de Cargas é a base para a avaliação econômica dos projetos de eficiência eletro-energética “(Especialista 5)

b) Correção do fator de potência

– Justificativa dos Especialistas (GR: 3,80)

“Aumento disponibilidade de potência ativa em transformadores, cabos de energia e sistemas de distribuição e de transmissão, com concomitante redução de quedas de

tensão (melhoria da qualidade de energia) e de perdas térmicas (permitindo ainda redução da necessidade de refrigeração/condicionamento de ar)” (Especialista 1).

“Face a regulamentação do tema pelo estado brasileiro a correção do fator de potência resulta na eliminação de multas nas contas de energia.”(especialista 2).

“Nem sempre as pequenas e médias empresas precisam fazer a correção do fator de potência de sua instalação. À análise das contas de energia podem detectar a presença de cobranças de reativos que nem sempre justificam a instalação de bancos de capacitores para corrigir o fator de potência”(Especialista 3).

“Este item, se não observado, determina multas regulares na cobrança relativa ao fornecimento de energia elétrica. As ações indicadas para sua correção são bem conhecidas e já homologadas por grandes empresas há um bom tempo. Igualmente ao item anterior, a redução de custo na compra de energia elétrica é imediata “(Especialista 4).

“A instalação de capacitores nas instalações consumidoras de energia é a solução técnica que permite evitar que ocorram essas multas.”(Especialista 5)

c) Ar Condicionado e Refrigeração

– Justificativa do Especialista 1: (GR: 4,00)

“Consiste na maior carga em supermercado, prédios corporativos, hospitais com construção moderna e que merece um aprofundamento.”(Especialista 1)

“Sistemas de refrigeração e ar condicionado representam uma parcela significativa de consumo nas pequenas e médias empresas, uma correta administração neste item proporciona grande economia.”(Especialista 2)

“Em muitos casos o sistema de ar condicionado e refrigeração são responsáveis por mais de 70% do consumo de energia elétrica nas pequenas e médias empresas. O

correto monitoramento deste sistema e a correção das suas falhas representam uma redução significativa nas despesas com energia elétrica”(Especialista 3)

“Em sua grande maioria, são equipamentos intensos no consumo de energia elétrica, e que têm suas performances associadas, dentre outros, à carga térmica a que estão submetidos, a quais apresentam grande variações o que determina a necessidade de avaliações regulares”(Especialista 4)

“A refrigeração industrial e o condicionamento de ar podem ser de uma geração em que não havia nenhuma preocupação com o consumo de energia ou, fabricados nos dias atuais, em que estão voltados, cada vez mais a cumprir seus objetivos com baixo consumo de energia “(Especialista 5)

d) Sistemas de iluminação

– Justificativa do Especialista 1: (GR: 3,60)

“Tópico inerente a todos os ramos, capaz de grandes melhoria de rendimento pela substituição de equipamentos por outros mais eficientes com a mesma qualidade de iluminação e até mesmo maior.”(Especialista 1)

“Dados de 2002 do PROCEL indicaram que a iluminação representa 14% do consumo total de energia do Brasil, se ocorrer sua redução em 10%, ela equivale a 4,5 TWh = 4.500 MWh = 4.500.000 kWh sendo, portanto, bastante importante a busca da maior racionalidade de seu uso “(Especialista 2)

“Os sistemas de iluminação devem receber atenção especial no diagnóstico energético. Os projetistas não utilizam normas internacionais para melhorar o desempenhos dos sistemas de iluminação, acabam adotando soluções engessadas com práticas de redução de potência de lâmpada e diminuição no fluxo luminoso”(Especialista 3)

“Embora este tema, com muita frequência, permita várias ações, tanto no aspecto de tecnologia quanto no aspecto de otimização do uso, as reduções em valor absoluto não são tão expressivas quanto aos itens anteriores, porém igualmente importante visto o baixo custo e rapidez em sua implementação. (Especialista 4).”

“A luz se obtém, nos dias atuais, através de uma infinidade de formas de lâmpadas, com uma variada gama de potências, um grande número de finalidades e diferentes vidas úteis e preços. As lâmpadas são associadas, normalmente, a luminárias cujos formatos e materiais usados na fabricação podem conferir grande variação de eficiência à lâmpada e dar-lhe diferentes efeitos decorativos. Usando dados de 2002, ano em que foram “(Especialista 5)

e) Geradores de vapor ou caldeira

– Justificativa do Especialista 1: (GR: 3,40)

“Permitem grandes reduções mediante ações preventivas e de manutenção, resultando em economia de energia elétrica.”(Especialista 1)

“Os sistemas de geração de vapor proporcionam grande oportunidade de economia, entretant, percebe-se que esta economia está mais ligada a boas práticas (manutenção) do que tecnológica.”(Especialista 2)

“O sistema de distribuição de vapor é o principal elo de ligação entre o gerador de vapor e os equipamentos consumidores. O investimento realizado na produção e utilização de vapor poderá ser oneroso se a distribuição deste não for realizada eficientemente. Para que possamos obter a melhor forma de utilização da energia, é necessário um cálculo cuidadoso e seleção de materiais e acessórios que contribuam com a obtenção de um sistema de distribuição racional e eficiente”(Especialista 3)

“Regularmente, residem neste tema oportunidades de uma economia significativa. Além de se tratar de um sistema térmico, opera sob pressão, o que determina uma grande potencialidade de perdas. São, normalmente, sistemas robustos que envolvem um grande volume de insumo no processo de geração”(Especialista 4).

“O uso racional da energia térmica representa um importante redutor de custos em um programa de economia de energia. “(Especialista 5)

f) Sistema de geração de ar comprimido

– Justificativa do Especialista 1: (GR: 3,00)

“Sistemas passíveis de grandes reduções de consumo elétrico mediante reduções de perdas e implementação de controles de velocidade.”(Especialista 1)

“Os sistemas de ar comprimido são dos principais consumidores de energia eléctrica numa instalação fabril e são utilizados na grande maioria dos processos industriais, como tal, torna-se importante a otimização da sua exploração. A diminuição dos custos energéticos reflete-se diretamente na diminuição do custo de produção fabril aumentando a competitividade das empresas no mercado”(Especialista 2)

“O sistema de ar comprimido é responsável por grande parte do aumento do consumo de energia eléctrica nas instalações industriais. Normalmente o sistema possui vazamentos, falhas na montagem das tubulações acarretando um consumo elevado de energia eléctrica. Também deve ser observado o tipo de compressor utilizado no sistema de ar comprimido. Os compressores tipo parafuso estão substituindo os compressores tipo alternativos com ganho na performance do sistema e diminuição do consumo de energia”(Especialista 3).

“Trata-se de um tema onde as perdas não são muito evidentes e, também, onde se subestima o seu tamanho. É também um sistema que opera sob pressão e de forma contínua e que requer cuidados especiais como, por exemplo, a temperatura do ar de admissão, dentre outros”. (Especialista 4)

“As instalações de ar comprimido apresentam grandes oportunidades de economia de energia, desde o projeto adequado, a forma correta de operação e a implantação de um programa de manutenção eficiente “(Especialista 5)

g) Motorização

– Justificativa do Especialista 1: (GR: 3,00)

“Item inerente a todos os ramos e passível de grandes reduções de energia elétrica mediante controle de variação de velocidade e substituição por motores mais eficientes (aplicável a indústrias petrolíferas, concessionárias de saneamento, indústrias químicas, etc).“(Especialista 1)

“São os motores elétricos os responsáveis pela transformação da energia elétrica em mecânica. A força motriz corresponde a 49% do consumo dos equipamentos instalados nas empresas, sendo uma carga significativa nos processos industriais.“(Especialista 2)

“Dependendo do tipo de instalação e da quantidade de motores existentes a substituição dos motores de baixo rendimento por motores de alto rendimento se torna praticamente inviável do ponto de vista econômico”(Especialista 3)

“As tecnologias aplicadas a motores têm se desenvolvido com expressiva velocidade. O mapeamento das cargas demandas e a adequação das potências são de grande importância para que as operações sejam realizadas dentro das faixas de melhor rendimento”. (Especialista 4)

“Em média, 50% das cargas elétricas industriais são compostas por motores de indução. Portanto, os motores representaram segundo o PROCEL, em 2002 , o consumo de cerca de 75 TWh. Os motores de indução são máquinas eficientes. No entanto, seja pela quantidade instalada ou pelo sobredimensionamento com que normalmente são empregados, acarretam redução tanto de fator de potência quanto de rendimento, o que prejudica sua natural eficiência construtiva. “(Especialista 5)

5.3 ANÁLISE DO RESULTADO DA VALIDAÇÃO

Com base nas respostas dos especialistas, conclui-se que todas as etapas previstas são importantes e complementares. A proposta de diretrizes para auditoria energética em pequenas e médias empresas deve ser flexível e adaptativa para qualquer setor e qualquer

cenário, pois observando os dados desta pesquisa, e dependendo da escala e ramo de atuação da empresa, todos os módulos temáticos levantado se aplicam.

Entretanto, a condução deste tipo de trabalho requer uma racionalização das ações para que se possa selecionar e priorizar as ações de maneira adequada já que em muitos casos há a necessidade de investimentos significativos.

Auditoria Energética terá como conteúdo principal o estudo técnico-econômico das alterações operacionais e de projeto, permitindo que a Alta Direção da Empresa interessada possa decidir em relação aos passos e a ordem de prioridade para sua execução.

É preciso ter em mente, ao iniciar a auditoria energética, que essa ferramenta deve ser aplicada com o objetivo de estabelecer metas compatíveis com os recursos materiais e humanos. Ela é o primeiro passo e o Programa de Economia de Energia é longo e sujeito a recaídas.

Então, não se deve esperar que os resultados sejam milagrosos e que sejam alcançados em um “piscar de olhos”. Antes é necessário que seja aplicado com persistência e com o integral apoio e incentivo da Alta Direção da Empresa, depois de decidida a sua aplicação.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

Esta dissertação mostrou a importância das ações de auditoria energética para melhorar o desempenho energético e reduzir as perdas nos processos produtivos.

Com a difusão da importância da sustentabilidade dos sistemas energéticos e, sobretudo, com a elevação dos preços relativos aos combustíveis em meados da década de 70, emergiu a necessidade do uso racional de energia.

A crise econômica, pela qual o país e o mundo passaram, durante o desenvolvimento deste trabalho, proporcionou uma oportunidade ímpar de se consolidar a necessidade de modelos de auditorias energéticas.

Este fato acabou por enriquecer o trabalho, à medida que foi testado um modelo específico para esta situação. Os resultados obtidos foram favoráveis à medida que foram utilizadas as diretrizes para o modelo de auditoria energética.

Assim, o combate ao desperdício de energia elétrica é vantajoso para todos os envolvidos. Ganha a empresa, que passa a comprometer menor parcela de seus custos, o setor elétrico, que posterga investimentos necessários ao atendimento de novos clientes, e a sociedade como um todo, pois, além dos recursos economizados, as atividades de eficiência energética geram empregos, através do próprio serviço e da utilização de equipamentos, em sua quase totalidade fabricada no país, e contribuem para conservação e melhoria do meio ambiente, evitando as agressões ambientais inerentes à construção de usinas hidrelétricas ou ao funcionamento de usinas térmicas.

Cabe destacar a profusão de métodos de auditoria energética e a ausência de consenso na literatura, no sentido de destacar um tipo de método mais utilizado para os diversos segmentos industriais existentes.

Pode-se notar que alguns dos métodos de auditoria energética, citados no referencial teórico, possuem clara relação com as atividades industriais estudadas. Por meio do material desenvolvido, é possível afirmar que cada método pode ser aplicado de acordo com o caso que se deseja mensurar.

Pode-se afirmar que o objetivo geral foi atendido, dentro dos limites do trabalho, pois a avaliação dos módulos temáticos escolhidos identificou redução de desperdícios de energia elétrica e de custos associados.

Dentre as medidas sugeridas, naturalmente que aquelas que não produzam custo ou aquelas menos onerosas são na prática, 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.

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

As etapas da metodologia proposta nesta pesquisa foram validadas pelos especialistas, ressaltando que a proposta de diretrizes para auditoria energética em pequenas e médias empresas deve ser flexível e adaptativa para qualquer setor e qualquer cenário, pois observando os dados desta pesquisa, e dependendo da escala e ramo de atuação da empresa, todos os módulos temáticos levantado se aplicam. Entretanto, a condução deste tipo de trabalho requer uma racionalização das ações para que se possa selecionar e priorizar as ações de maneira adequada já que em muitos casos há a necessidade de investimentos significativos.

A possibilidade de disponibilização de de aproximadamente 10% de potência ativa para a mesma potência aparente, só no caso do ar comprimido no estudo de caso A, abre um precedente por este caso ser multiplicador de ganhos significativos para as demais empresas que utilizam sistemas de ar comprimido, pois só depende da eliminação de vazamentos, estudo para redução de pressão de trabalho e melhorias no sistema de ventilação da sala dos compressores.

Com relação ao ganho de aproximadamente 24% do sistema de iluminação, sua implementação se dá, na prática, mais a médio prazo, pois neste caso as empresas preferem 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.

Os resultados obtidos mostraram a assertiva da proposta de diretrizes de auditoria energética e módulos temáticos escolhidos.

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.

A metodologia para elaboração e implantação das diretrizes de auditoria energética apresentada nesta pesquisa pode ser adaptada e aplicada, não somente para pequenas e médias empresas, como também em todos os segmentos do mercado, além dos mercados estudados. As definições das ações, para implantação das auditorias energéticas, devem ser específicas para cada empresa, em função do negócio e das partes interessadas envolvidas.

A crescente demanda por sistemas de gestão e gerenciamento de energia deve incentivar um grande número de trabalhos acadêmicos, devido 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 elétrica, como desligamentos automáticos de sistemas ou operação em níveis ótimos de sistemas.

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

- Utilização de sistema de gerenciamento de energia nas empresas, a fim de suportar decisões gerenciais no tocante a contrato de energia, seleção de cargas, correção de fator de potência, dentre outros;
- Atualização dos softwares existentes para contemplar a evolução nas auditorias em seus amplos aspectos.
- 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, se poderiam usar, dentre os diversos métodos para controle da qualidade, o diagrama de causa e efeito (ISHIKAWA), diagrama de Pareto ou gráficos de controle.
- *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 a elaborar metas de economia de energia similares a casos de sucesso.

Com o objetivo de aprofundar os fundamentos e a aplicação desta pesquisa, a seguir, apresentam-se sugestões de trabalhos futuros, para ampliar o conhecimento na implantação de diretrizes de auditoria energética:

- Ampliar o número de estudos de caso em empresas de porte diferente e segmentos diferentes, a fim de comparar os resultados obtidos ou fazer os ajustes necessários na metodologia apresentada.
- Elaborar programa de computação (software), com o objetivo de se criar uma ferramenta para aplicação deste modelo de auditoria.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Resolução N.º 456.** Brasília – DF: Disponível em <http://www.aneel.gov.br/cedoc/res2000456.pdf>. Acesso em: 08 dez.2008.

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

AMORIM, R.C. **Desenvolvimento de um sistema energético sustentável para uma aldeia rural sem recurso a electricidade localizada em Moçambique – Ciclo de Absorção.** Escola de Engenharia, Universidade do Porto, Fev, 2010. Apostila.

ARAÚJO, A. F. **A Aplicação de produção mais limpa:** estudo em uma empresa do setor de construção civil. 2002. 120f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

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.

BATISTA, D.S.A. **Produção mais Limpa: Estratégia para e ecoeficiência aplicada no setor de Águas Minerais no Rio de Janeiro.** Dissertação (Mestrado do Programa de Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Rio de Janeiro, 2003.

BAPTISTA, M. C. de M. A Política Tarifária do Setor Elétrico Brasileiro. In: **Revista do Legislativo/MG**, p.46-51, maio/agosto 2001. Disponível em: <http://www.almg.gov.br/RevistaLegis/Revista31/marcelo31.pdf>. Acesso em: 03 fev.2010.

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.

CAMPANA, L. A. F. O método Delphi e o modelo de impactos cruzados: uma aplicação ao planejamento urbano. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo (USP). 1988.

CAMPOS, L.M. de S; LERÍPIO, A.de A. **Auditoria Ambiental. Uma Ferramenta de Gestão.** São Paulo: Atlas, 2009.

CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS LIMPAS. **Manual 6 – Manual de eficiência Energética.** Porto Alegre, 2003.

CLARK, O .A .C ; CASTRO, A .A . A pesquisa Clínic . In: **Planejamento da Pesquisa.** São Paulo. AAC, 2003. Disponível em <http://www.evidencius.com/planejamento>. Acesso em: 09 jan.2009.

CONTADOR, C. R. (2000). **Projetos Sociais. Avaliação e Prática.** 4. ed.. São Paulo: Ed. Atlas.

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.

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.

ELETROBRAS - Centrais Elétricas Brasileiras. **Resultados do Procel 2007.** Rio de Janeiro. 2008. 194 p. Disponível em <http://www.eletrobras.gov.br/elb/procel/main.asp?ViewID={974CF275-82FE-4483-8551-855F9A98A370}>>. Acesso em: 18/01/2010 às 19:30.

_____. **Guia Técnico Procel. Gestão Energética.** Rio de Janeiro: Eletrobras, 2005a.

ELETROBRAS - Centrais Elétricas Brasileiras. **Manual para Especificações Técnicas de Sistemas de Ar Condicionado e Iluminação.** Rio de Janeiro: Eletrobras, 2005b.

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.

FRANÇA, S. L. B.; QUELHAS, O. L. G.; TOZE, M. A. **A Promoção da Saúde e Segurança do Trabalho na Indústria da Construção Civil: Produção Mais Limpa.** Disponível em : <https://www.cramif.fr/pdf/th4/Salvador/posters/bresil/franca.pdf>. Acesso em: 30set.2009.

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

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GODOI, J. M. A.; JÚNIOR, S. O. Gestão da Eficiência Energética. In: 2º SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA, 2009, São Paulo. **Anais ...** São Paulo, 2009.

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

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. **Energia e Meio Ambiente no Brasil. Estudos Avançados.** São Paulo, 2007. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/qv21n59/a02v2159.pdf> Acesso em: 15 fev.2009.

HADDAD, J.; MARQUES, M.; MARTINS, A. R. S. (Coordenadores). **Conservação de energia:** eficiência energética de equipamentos e instalações. Itajubá, MG: FUPAI, 2006.

HART, Maureen. Sustainable Measures. Disponível em www.sustainablemeasures.com/indicators/index.html, acessado em outubro de 2006.

JANNUZZI, G. de M. **Aumentando a Eficiência nos Usos Finais de Energia no Brasil**. In: Sustentabilidade na Geração e uso de Energia. UNICAMP, 18 a 20 de fevereiro de 2002. Disponível em <<http://www.fem.unicamp.br/~jannuzzi/Artigos/id34.htm>> . Acesso em: 20 jun.2007.

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

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

LA ROVERE, E. L. Energia e meio ambiente. In: MARGULIS, S. (org). **Meio Ambiente. Aspectos Técnicos e econômicos**. IPEA/PNUD, Brasília, 1990.

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.

LYNN, Mary R. Determination and quantification of content validity. *Nursing Research*, 1986. Nov-Dec. Vol. 35 (6) 382-385.

MARCONI. M. A; LAKATOS. E. M. **Metodologia do Trabalho Científico**. São Paulo: Atlas, 2001.

MARTIN, J. M. **A economia mundial da energia**. Ed. da Universidade Estadual Paulista. São Paulo, 1992.

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

MENKES, M. **Eficiência Energética, Políticas Públicas e Sustentabilidade**. Tese de doutorado (em Desenvolvimento Sustentável) Universidade de Brasília. Centro de Desenvolvimento Sustentável., 2004.

MIGUEL, M.. **Modelos de Gestão de Auditoria Energéticas para Usinas Hidrelétricas**. Dissertação de mestrado (em engenharia de produção) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

NETO, Julio Vieira. **Uma Proposta de Modelo de Gestão para as Pequenas e Médias Empresas (PMEs). Um Estudo de caso múltiplo do setor químico no estado do Rio de Janeiro.** Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão) - Universidade Federal Fluminense. Niteroi, 2008.

NORONHA, J. F. (1987). **Projetos Agropecuários.** São Paulo: Atlas.

OLIVEIRA, A. C. C.; SÁ JR, J. C. de. **Uso eficiente da energia elétrica.** Recife: UF.

ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO - OCDE. **Creating rural indicators for shaping territorial policy.** Paris, OCDE, 1994.

_____. **Territorial indicators of employment.** Paris, OCDE, 1996.

_____. **Partnership in the United States.** Paris, OCDE, 1997.

_____. **Employment outlook.** Paris, jun. 2000.

_____. **Economic growth in the OECD area: recent trends at the aggregate and sectoral level.** 2000a. Disponível em <http://www.oecd.org/ecp/eco>

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS - IPCC. **Climate Change 2007: Summary for policymakers. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Disponível em <http://www.ipcc.ch>. Acesso em: 03 dez..2008.

PETROBRAS. **Guia de Oportunidades em Eficiência Energética na Petrobras.** Rio de Janeiro, 2007. Disponível em >www.efi.cienciaenergetica.petrobras.com.br>. Acesso em 28/11/2008

PHILIPPI, D. A.. **O Desenvolvimento Sustentável e as Implicações da Produção mais Limpa sobre o Planejamento da Produção:** Estudo de caso em uma empresa do setor metal-mecânico. 2005. Dissertação (Mestrado em Administração - Ênfase Gestão da Informação, da Inovação e da Produção) Curso de Pós-Graduação em Administração. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

QUELHAS, O L G; MATOS, Sueli Tercete . **Organizações Humanamente Sustentáveis:** estudo de caso em organizações de base tecnológica, um foco na gestão de pessoas. Revista de Gestão Social e Ambiental (RGSA), v. 2, p. 1-12, 2008.

REIS, L.B.; SILVEIRA, S. **Energia Elétrica para o Desenvolvimento Sustentável**. São Paulo: Edusp, 2001.

RORIZ, L. **Auditorias energéticas**. Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2002. Disponível em: <http://alfa.ist.utl.pt/~lroriz/prodenerg/auditorias_energ1.htm>. Acesso em: 08/10/2008

SANTOS, A. H. M. et al. **Conservação de energia: eficiência energética em instalações e equipamentos**. Itajubá: EFEI, 2005.

SANTOS, M.A. dos. **Qualidade de Sementes de Trigo Secas sob Utilização de Energia Elétrica e Associada a Gás Liquefeito de Petróleo**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, Cascavel, 2007

SEBRAE 2005. **Boletim Estatístico da Micro e Pequena Empresa**. Disponível em [http://www.dce.sebrae.com.br/bte/bte.nsf/03DE0485DB219CDE0325701B004CBD01/\\$File/NT000A8E66.pdf](http://www.dce.sebrae.com.br/bte/bte.nsf/03DE0485DB219CDE0325701B004CBD01/$File/NT000A8E66.pdf) Acesso em 18/06/2006.

SHOEPS, C.A.; ROUSSO, J. **Conservação de Energia Elétrica na Indústria**. V. 1 e 2. Rio de Janeiro: CNI, 1995.

SILVA, M. (Ministra do Meio Ambiente). **O que é Agenda 21?**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=18&idConteudo=597>>. Acesso em: 5 out. 2006.

SILVA, N. F. da. **Fontes de Energia Renováveis Complementares na Expansão do Setor Elétrico Brasileiro: O Caso da Energia Eólica**. 2006. 263f. Tese (Doutorado em Ciências em Planejamento Energético) - Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

SOLA, A. V. H; KAVALESKI, J. L. **Eficiência energética nas indústrias: cenários & oportunidades**. In: XXIV ENCONTRO NAC. DE ENG. DE PRODUÇÃO, Florianópolis, SC, Brasil. 03 a 05 de nov de 2004. Disponível em: <http://www.pg.cefetpr.br/ppgep/Ebook/ARTIGOS/81.pdf>. Acesso em: 22 out.2009.

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

TERENCE, A. C. F. **Planejamento estratégico como ferramenta de competitividade na pequena e média empresa: Desenvolvimento e avaliação de roteiro prático para o processo de elaboração do planejamento**. Dissertação (Escola de Engenharia de São Carlos), Universidade de São Paulo (USP) 2003.

VIANNA, F. C. **Análise de ecoeficiência:** Avaliação do desempenho econômico-ambiental do biodiesel e petrodiesel. 2006. 205f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

YIN, R. K. **Estudo de caso:** planejamento e métodos. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

WALTER, A. **As Mudanças Climáticas e a Questão Energética. MultiCiência. Revista MultiCiência.** Campinas. Edição 8, Maio 2007. Disponível em http://www.multiciencia.rei.unicamp.br/artigos_08/a_02_8.pdf. Acesso em: 13 fev.2009.

ZANQUET, et al. Conservação de Energia com Utilização de Software SECE: Sistema Especialista de Conservação de Energia . In: XXI CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA EM ENGENHARIA. Ijuí, RS, 2009. **Anais.**Ijuí, RS,2009.. Acesso em:
<http://200.169.53.89/download/CD%20congressos/2006/CRICTE%202006/trabalhos/412258-ege-01-09-22102.pdf>. Acesso em 25 jan.2010.

WEG. **Plano de Substituição de Motores:** ficha técnica, WEG Motores. Disponível em <http://www.weg.net/files/products/WEG-programa-de-substituicao-de-motores-040-catalogo-portugues-br.pdf>. Acesso em 26 out.2006.

APÊNDICE

APÊNDICE A – MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE PROJETOS

1. Período de Recuperação do Capital - *Payback*

O *payback* ou prazo para recuperação do capital é um indicador voltado à medida do tempo necessário para que um projeto recupere o capital investido. É aplicável, sem restrições, a projetos convencionais de investimento que apresentem um fluxo de caixa com as seguintes características:

$$F_0 < 0 \text{ e } F_i > 0 \quad \text{e } i = 1, 2, \dots, n,$$

Onde:

- F_i é o fluxo de caixa no ano i definido por $B_i - C_i$, os fluxos de benefícios e de custos dos projetos.

Trata-se do número de anos necessários para que haja a recuperação do capital inicialmente investido. Este instrumento é bastante simples e de cálculo imediato. Uma das outras vantagens da utilização deste instrumento é que ele fornece resultados aproximados da liquidez e da segurança dos projetos. Quanto menor o *payback*, maior a liquidez e menor o risco envolvido (Contador, 2000). Entretanto, Noronha (1987) e Contador (2000) concordam que este indicador possui várias falhas, tais como:

- não considera o valor/custo dos recursos ao longo do tempo, ou seja, não atualiza os fluxos futuros. Além do mais, ele não leva em consideração os fluxos previstos após o período de *payback*;
- não existe um valor mínimo do *payback* exigido para a aceitação de projetos;
- não é uma medida de lucratividade do investimento; e
- ignora os problemas de escala, pelo fato de ser apenas uma relação entre valores.

Ceteris paribus, o melhor projeto é aquele que possui o menor *payback*. Noronha (1987) define o *payback* como sendo o número mínimo de anos (n), necessários para que a seguinte igualdade se torne verdadeira:

$$\sum_{t=0}^n L_t = 0$$

Onde:

- L_0 é o investimento inicial
- L_t é o fluxo anual do projeto, excluída a depreciação
- $t=0, 1, 2, \dots, N$

Através da atualização do fluxo de custos e benefícios, da taxa apropriada de desconto, corrige-se a imperfeição mais séria do *payback*, que é a desconsideração do valor no tempo. Este aperfeiçoamento tende a elevar o *payback* de projetos convencionais. Contudo, o *payback*, quando muito, pode ser um indicador secundário, adicional, para auxiliar o processo de decisão no desempate entre alternativas indiferentes, segundo outros critérios. Apesar de sua mensagem atraente aos empresários e investidores mais apressados, o critério do *payback* não é considerado o mais apropriado para avaliação de projetos (Contador, 2000).

2. Valor Presente Líquido – VPL

Corresponde à soma algébrica dos valores do fluxo de um projeto, atualizados conforme a taxa de desconto. Trata-se, portanto, de um instrumento mais adequado e rigoroso do que *payback*. São escolhidos os projetos que apresentarem um VPL positivo, e entre eles, aquele com o maior VPL. O método do valor presente líquido para avaliação da atratividade de um investimento é definido como segue:

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{S_t}{(1+k)^t} - I_0 \quad (2.2)$$

onde:

- I_0 = investimento inicial
- k = taxa de desconto
- S_t = valor líquido recebido ao fim do período t
- t = período em análise, $t = 1, n$
- n = horizonte de análise

Da equação algébrica, que define o método do VPL, podem ser geradas as seguintes regras de decisão:

- se o $VPL > 0$, o que indica que o valor atualizado dos recebimentos é maior que o investimento inicial, deve-se aceitar o projeto;
- se o $VPL < 0$, o que indica que o valor atualizado dos recebimentos é menor que o investimento inicial, deve-se rejeitar o projeto;
- se o $VPL = 0$, o que indica que o valor atualizado dos recebimentos é igual ao investimento inicial, a escolha entre aceitar e rejeitar o projeto é indiferente.

O valor presente líquido de um projeto é uma função dos valores e formato assumido pelo seu perfil e da taxa ou taxas de desconto. O gráfico da Figura 1 ilustra a variação do VPL em função da taxa de desconto.

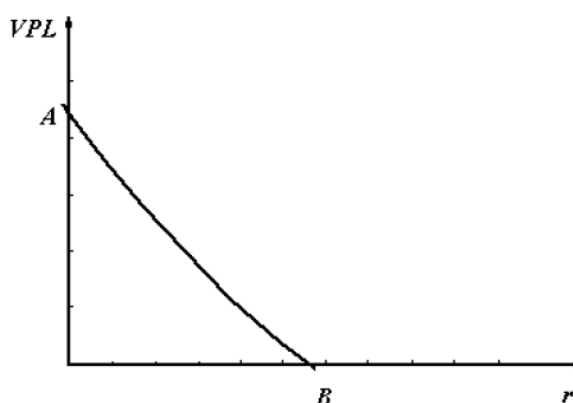


Figura 1 - Variação no VPL em Função da Taxa de Desconto
Fonte: Adaptado Contador (2000).

Os valores presentes dos fluxos monetários são calculados utilizando-se uma taxa de desconto r , que deve refletir o uso alternativo do capital, isto é, seu custo de oportunidade (custo de capital ou taxa de juros de menor risco). O método do VPL pode ser interpretado como o valor descontado (atualizado) de todos os fluxos monetários que compõem o projeto de investimento, e por este motivo, faz parte da classe de métodos do Fluxo de Caixa Descontado (FCD), sendo uma medida de lucratividade.

A restrição associada ao método do VPL é que este pressupõe, nos diferentes períodos do projeto, que os fluxos de caixa intermediários sejam reinvestidos ou captados à mesma taxa de desconto.

3. Taxa Interna de Retorno – TIR

Assim como o VPL, a técnica da Taxa Interna de Retorno (TIR) também é integrante do grupo de métodos pertencentes ao Fluxo de Caixa Descontado. A TIR é definida como a taxa de desconto que iguala o valor presente dos fluxos líquidos recebidos com o gasto (investimento) inicial, ou, ainda, aquela que torna o VPL igual a zero. A solução da equação, para obtenção da taxa interna de retorno, é obtida iterativamente.

O valor presente líquido de um projeto é uma função dos valores e formato assumido pelo perfil e da taxa ou taxas de desconto. No caso mais corriqueiro, quando o fluxo é descontado a uma taxa uniforme e o projeto é bem comportado, o seu valor presente líquido é uma função decrescente da taxa de desconto.

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{S_t}{(1+r)^t} - I_0 \quad (2.3)$$

onde:

- I_0 = investimento inicial
- r = taxa interna de retorno (TIR)
- S_t = valor líquido recebido ao fim do período t
- t = período em análise, $t = 1, n$
- n = horizonte de análise

Da equação algébrica que define o método da TIR, podem ser geradas as seguintes regras de decisão:

- Se a TIR $> k$, o que indica que o retorno financeiro do projeto é maior que o uso alternativo do capital, deve-se aceitar o projeto;
- Se a TIR $< k$, o que indica que o retorno financeiro do projeto é menor que o uso alternativo do capital, deve-se rejeitar o projeto;
- Se a TIR $= k$, o que indica que o retorno financeiro do projeto é igual ao uso alternativo do capital, a escolha entre aceitar e rejeitar o projeto é indiferente.

Existem várias restrições à utilização da TIR (Contador, 2000), entre elas:

- a TIR pressupõe que a taxa de desconto seja constante ao longo do tempo, uma condição difícil de ocorrer no mundo real. Quando a taxa de desconto varia ao

longo do tempo, a TIR pode conduzir a decisões erradas, uma vez que a TIR é uma média no tempo;

- o conceito da TIR só teria sentido se todas as raízes fossem iguais, reais e positivas, porém isto nem sempre acontece, podendo ocorrer raízes múltiplas. Nos projetos classificados como "não convencionais" ou "mal comportados", podem ocorrer raízes imaginárias, positivas e negativas, porém isto não significa necessariamente que o projeto deva ser descartado, apenas mostra que a TIR não é um bom critério a ser aplicado nestes casos.

Segundo Contador (2000), o emprego da TIR, como critério para avaliação de projetos, é bastante crítico e deve ser adotado com bastante cuidado. Assim mesmo, é importante que seja utilizada apenas naqueles casos em que o critério é válido:

- em projetos com apenas dois períodos, e com investimentos antecedendo os benefícios;
- a comparação entre projetos só pode ser feita se os projetos forem mutuamente independentes e com a mesma escala; e
- como critério básico para ordenar projetos, em condições de racionamento de capital.

4. Relação entre os Métodos do VPL e da TIR

A relação entre os métodos do VPL e da TIR pode ser verificada através da análise de um projeto convencional (onde o investimento inicial ocorre antes dos recebimentos). A Figura 2 ilustra a dependência do VPL de um projeto convencional com a taxa de desconto (k) utilizada. Verifica-se que, para taxas de desconto menores que a TIR (r), o VPL é maior que zero, e para taxas de desconto maiores que a TIR (r), o VPL do projeto torna-se negativo. Isto indica que, se um determinado projeto é aceito pelo método do VPL (isto é, $VPL > 0$), também o é pelo método da TIR (isto é, $r > k$); e vice-versa. Conclui-se, portanto, que:

- Se o projeto possui $VPL > 0$, então $r > k$;
- Se o projeto possui $VPL < 0$, então $r < k$.

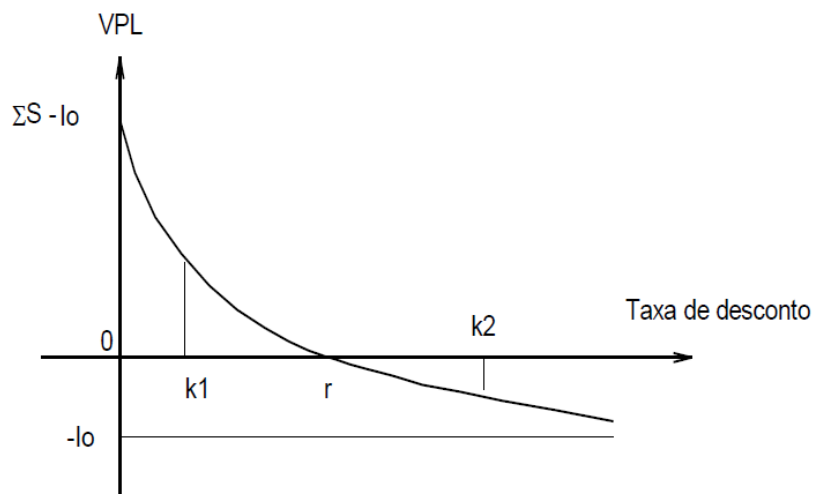


Figura 2 - Representação Gráfica de um Projeto Convencional
Fonte: Adaptado Contador (2000). 20

Além de seu uso na análise de projetos individuais, os métodos anteriores podem ser usados também para ordenar dois ou mais projetos, se forem não excludentes, ou para escolher entre projetos mutuamente excludentes.

ANEXO B – LEVANTAMENTO DAS LÂMPADAS UTILIZADAS E CÁLCULO DE ECONOMIA

Local	Lâmpada		Luminosidade (lux)	Fluxo Luminoso Atual (lm)	Fluxo Luminoso Proposto (lm)
	Qtde	Potência (W)			
Portaria- Recepção	5	40	470	13.000	13.500
Portaria - Segurança	3	40	470	7.800	8.100
Qualidade	4	32	470	10.800	10.800
Segurança	4	40	110	10.400	10.800
Fabricação	6	40	620	15.600	16.200
PCP	2	40	200	5.200	5.400
Projetos	2	40	360	5.200	5.400
Gerência de Produção	2	40	317	5.200	5.400
Almoxarifado	4	32	480	10.800	10.800
Andergauge	4	40	130/155	10.400	10.800
Sala Reunião	4	40	440	10.400	10.800
Área Comercial	16	40	170/262	41.600	43.200
Sala Orivaldo	4	40	640	10.400	10.800
Sala Paulo	4	40	500	10.400	10.800
Vestibulo Masculino	7	40	-	18.200	18.900
Vestibulo Feminino	2	40	-	5.200	5.400
Restaurante	10	40	480	26.000	27.000
Sala Vice Presidente	2	40	?	5.200	5.400
Hall Comercial	1	40	-	2.600	2.700
Hall Administrativo	2	20	-	5.200	5.400
Hall Administrativo	3	40	-	7.800	8.100
Informática	4	40	192/284	10.400	10.800
RH	4	40	390	10.400	10.800
Sala Déclo	4	40	570	10.400	10.800
Hall 2º Andar	4	40	230	10.400	10.800
Sala Amaldo	4	40	400	10.400	10.800
Banheiro Masculino	1	40	-	2.600	2.700
Banheiro Feminino	1	40	-	2.600	2.700
Sala Comercial 1	10	40	243/330	26.000	27.000
Sala Comercial 2	2	20	260/460	5.200	5.400
Área externa fábrica *	39	400	-	1.365.000	1.294.800
Área externa fábrica	2	150	-	27.600	35.000
Área externa fábrica	1	70	-	6.200	6.600

* Proposta área externa fábrica substituir lâmpadas vapor metálico de 400 W por vapor de sódio 250 W

Cálculo do Consumo de energia:

Situação atual:

Lâmpada fluorescente 40 W	9.884	kWh/ano
Lâmpada vapor Metálico 400 W	89.856	kWh/ano
Total	99.740	kWh/ano

Situação Proposta:

Lâmpada fluorescente 32 W	11.016	kWh/ano
Lâmpada vapor Metálico 250 W	56.160	kWh/ano
Total	67.176	kWh/ano

Economia: 32.564 kWh/ano

Local	Atual		Proposto		Fluxo Luminoso Atual (lm)	Fluxo Luminoso Proposto (lm)
	Qtde	Potência (W)	Qtde	Potência (W)		
Fabricação	6	40	8	32	15.600	21.600
PCP	2	40	4	32	5.200	10.800
Projetos	2	40	4	32	5.200	10.800
Gerência de Produção	2	40	4	32	5.200	10.800
Andergauge	4	40	8	32	10.400	21.600
Área Comercial	16	40	24	32	41.600	64.800
Informática	4	40	8	32	10.400	21.600
RH	4	40	8	32	10.400	21.600
Hall 2º Andar	4	40	8	32	10.400	21.600
Sala Comercial 1	10	40	14	32	26.000	37.800
Sala Comercial 2	2	20	4	32	5.200	10.800
Total	56		94		145.600	253.800

ANEXO D – LISTA DE ACJS COM OS RESPECTIVOS CONSUMOS DE ENERGIA ELÉTRICA

Setor	Tipo	Potência (btu/h)	Tempo de utilização/dia (h)	Dias / ano	Consumo (Wh) - ACJs atuais	Consumo (Wh) - ACJs atuais c/ FC 70%	Consumo (kWh)/ano ACJs atuais	Tarifa (R\$/kWh)	Gasto anual (ACJs atuais) - (R\$)	Consumo (Wh) - ACJs novos	Consumo (Wh) - ACJs novos c/ FC 70%	Consumo (kWh/ano) - ACJs novos	Gasto anual (ACJs novos) - (R\$)	Diferença de custos anual (R\$)	Investimento
Secretaria	ACJ	18000	10	264	2.180	1.526	4.028,64	0,22355972	900,64	1.840	1.288	3.400,32	760,17	140,47	1.356,00
Direção	ACJ	18000	10	264	2.180	1.526	4.028,64	0,22355972	900,64	1.840	1.288	3.400,32	760,17	140,47	1.356,00
Sala Assist	ACJ	18000	10	264	2.180	1.526	4.028,64	0,22355972	900,64	1.840	1.288	3.400,32	760,17	140,47	1.356,00
Sala Desenv.	ACJ	18000	10	264	2.180	1.526	4.028,64	0,22355972	900,64	1.840	1.288	3.400,32	760,17	140,47	1.356,00
Sala Assist	ACJ	18000	10	264	2.180	1.526	4.028,64	0,22355972	900,64	1.840	1.288	3.400,32	760,17	140,47	1.356,00
Gerência	ACJ	18000	10	264	2.180	1.526	4.028,64	0,22355972	900,64	1.840	1.288	3.400,32	760,17	140,47	1.356,00
Xerox	ACJ	18000	10	365	2.180	1.526	5.569,90	0,22355972	1.245,21	1.840	1.288	4.701,20	1.051,00	194,21	1.356,00
Gerência	ACJ	18000	10	264	2.180	1.526	4.028,64	0,22355972	900,64	1.840	1.288	3.400,32	760,17	140,47	1.356,00
Sala 1	ACJ	18000	10	365	2.180	1.526	5.569,90	0,22355972	1.245,21	1.840	1.288	4.701,20	1.051,00	194,21	1.356,00
Sala 2	ACJ	18000	10	365	2.180	1.526	5.569,90	0,22355972	1.245,21	1.840	1.288	4.701,20	1.051,00	194,21	1.356,00
Sala 3	ACJ	18000	10	365	2.180	1.526	5.569,90	0,22355972	1.245,21	1.840	1.288	4.701,20	1.051,00	194,21	1.356,00
Expedição	ACJ	18000	10	365	2.180	1.526	5.569,90	0,22355972	1.245,21	1.840	1.288	4.701,20	1.051,00	194,21	1.356,00
Expedição	ACJ	18000	10	365	2.180	1.526	5.569,90	0,22355972	1.245,21	1.840	1.288	4.701,20	1.051,00	194,21	1.356,00
Expedição	ACJ	7500	10	365	1.195	837	3.053,23	0,22355972	682,58	750	525	1.916,25	428,4	254,18	742
Expedição	ACJ	7500	10	365	1.195	837	3.053,23	0,22355972	682,58	750	525	1.916,25	428,4	254,18	742
Gerência	ACJ	18000	10	264	2.180	1.526	4.028,64	0,22355972	900,64	1.840	1.288	3.400,32	760,17	140,47	1.356,00
Sala 1	ACJ	18000	10	365	2.180	1.526	5.569,90	0,22355972	1.245,21	1.840	1.288	4.701,20	1.051,00	194,21	1.356,00
Sala 2	ACJ	21000	10	365	2.200	1.540	5.621,00	0,22355972	1.256,63	2.180	1.526	5.569,90	1.245,21	11,42	1.726,00
Superv. Coz	ACJ	18000	10	365	2.180	1.526	5.569,90	0,22355972	1.245,21	1.840	1.288	4.701,20	1.051,00	194,21	1.356,00
Magarefe Coz	ACJ	18000	10	365	2.180	1.526	5.569,90	0,22355972	1.245,21	1.840	1.288	4.701,20	1.051,00	194,21	1.356,00
Enfermaria	ACJ	18000	10	365	2.180	1.526	5.569,90	0,22355972	1.245,21	1.840	1.288	4.701,20	1.051,00	194,21	1.356,00
Médico	ACJ	18000	10	365	2.180	1.526	5.569,90	0,22355972	1.245,21	1.840	1.288	4.701,20	1.051,00	194,21	1.356,00
Gerência	ACJ	18000	10	264	2.180	1.526	4.028,64	0,22355972	900,64	1.840	1.288	3.400,32	760,17	140,47	1.356,00

Setor	Tipo	Potência (btu/h)	Tempo de utilização/dia (h)	Dias / ano	Consumo (Wh) - ACJs atuais	Consumo (Wh) - ACJs atuais c/ FC 70%	Consumo (kWh)/ano ACJs atuais	Tarifa (R\$/kWh)	Gasto anual (ACJs atuais) - (R\$)	Consumo (Wh) - ACJs novos	Consumo (Wh) - ACJs novos c/ FC 70%	Consumo (kWh)/ano - ACJs novos	Gasto anual (ACJs novos) - (R\$)	Diferença de custos anual (R\$)	Investimento
Sala 1	ACJ	18000	10	365	2.180	1.526	5.569,90	0,22355972	1.245,21	1.840	1.288	4.701,20	1.051,00	194,21	1.356,00
Sala 2	ACJ	18000	10	365	2.180	1.526	5.569,90	0,22355972	1.245,21	1.840	1.288	4.701,20	1.051,00	194,21	1.356,00
Sala 3	ACJ	10000	10	365	1.320	924	3.372,60	0,22355972	753,98	940	658	2.401,70	536,92	217,05	1.356,00
Gerência	ACJ	18000	10	264	2.180	1.526	4.028,64	0,22355972	900,64	1.840	1.288	3.400,32	760,17	140,47	1.356,00
Salão	ACJ	18000	10	365	2.180	1.526	5.569,90	0,22355972	1.245,21	1.840	1.288	4.701,20	1.051,00	194,21	1.356,00
Salão	ACJ	18000	10	365	2.180	1.526	5.569,90	0,22355972	1.245,21	1.840	1.288	4.701,20	1.051,00	194,21	1.356,00
Salão 2piso	ACJ	18000	10	365	2.180	1.526	5.569,90	0,22355972	1.245,21	1.840	1.288	4.701,20	1.051,00	194,21	1.356,00
Sala Est.	ACJ	18000	10	365	2.180	1.526	5.569,90	0,22355972	1.245,21	1.840	1.288	4.701,20	1.051,00	194,21	1.356,00
Gerência	ACJ	18000	10	264	2.180	1.526	4.028,64	0,22355972	900,64	1.840	1.288	3.400,32	760,17	140,47	1.356,00
Salão	ACJ	18000	10	365	2.180	1.526	5.569,90	0,22355972	1.245,21	1.840	1.288	4.701,20	1.051,00	194,21	1.356,00
Salão	ACJ	18000	10	365	2.180	1.526	5.569,90	0,22355972	1.245,21	1.840	1.288	4.701,20	1.051,00	194,21	1.356,00
Venativ	ACJ	18000	10	365	2.180	1.526	5.569,90	0,22355972	1.245,21	1.840	1.288	4.701,20	1.051,00	194,21	1.356,00
Sala câmara	ACJ	7500	10	365	1.195	837	3.053,23	0,22355972	682,58	750	525	1.916,25	428,4	254,18	742
Etdi	ACJ	18000	10	365	2.180	1.526	5.569,90	0,22355972	1.245,21	1.840	1.288	4.701,20	1.051,00	194,21	1.356,00
Gerencia	ACJ	18000	10	264	2.180	1.526	4.028,64	0,22355972	900,64	1.840	1.288	3.400,32	760,17	140,47	1.356,00
Superv. Fabri.nova	ACJ	18000	10	365	2.180	1.526	5.569,90	0,22355972	1.245,21	1.840	1.288	4.701,20	1.051,00	194,21	1.356,00
Sala Rótulos	ACJ	18000	24	365	2.180	1.526	13.367,76	0,23729274	3.172,07	1.840	1.288	11.282,88	2.677,35	494,73	1.356,00
Sala Rótulos	ACJ	10000	24	365	2.180	1.526	13.367,76	0,23729274	3.172,07	1.840	1.288	11.282,88	2.677,35	494,73	976
Sala Rótulos	ACJ	10000	10	365	2.180	1.526	5.569,90	0,22355972	1.245,21	1.840	1.288	4.701,20	1.051,00	194,21	976
Salão	ACJ	18000	10	365	2.180	1.526	5.569,90	0,22355972	1.245,21	1.840	1.288	4.701,20	1.051,00	194,21	1.356,00
Salão	ACJ	18000	1	365	2.180	1.526	556,99	0,22355972	124,52	1.840	1.288	470,12	105,1	19,42	1.356,00
Superv. Fabric. Antiga	ACJ	18000	10	365	2.180	1.526	5.569,90	0,22355972	1.245,21	1.840	1.288	4.701,20	1.051,00	194,21	1.356,00
Salão	ACJ	18000	10	365	2.180	1.526	5.569,90	0,22355972	1.245,21	1.840	1.288	4.701,20	1.051,00	194,21	1.356,00
Gerência	ACJ	21000	24	365	2.200	1.540	13.490,40	0,23729274	3.201,17	2.180	1.526	13.367,76	3.172,07	29,1	1.726,00
Setor	Tipo	Potência (btu/h)	Tempo de utilização/dia (h)	Dias / ano	Consumo (Wh) - ACJs atuais	Consumo (Wh) - ACJs atuais c/ FC 70%	Consumo (kWh)/ano ACJs atuais	Tarifa (R\$/kWh)	Gasto anual (ACJs atuais) - (R\$)	Consumo (Wh) - ACJs novos	Consumo (Wh) - ACJs novos c/ FC 70%	Consumo (kWh)/ano - ACJs novos	Gasto anual (ACJs novos) - (R\$)	Diferença de custos anual (R\$)	Investimento

Retenção 1 2 pisos	ACJ	18000	24	365	2.180	1.526	13.367,76	0,23729274	3.172,07	1.840	1.288	11.282,88	2.677,35	494,73	1.356,00
Retenção 1 2 pisos	ACJ	18000	24	365	2.180	1.526	13.367,76	0,23729274	3.172,07	1.840	1.288	11.282,88	2.677,35	494,73	1.356,00
Lab FQ	ACJ	18000	24	365	2.180	1.526	13.367,76	0,23729274	3.172,07	1.840	1.288	11.282,88	2.677,35	494,73	1.356,00
Lab FQ	ACJ	18000	24	365	2.180	1.526	13.367,76	0,23729274	3.172,07	1.840	1.288	11.282,88	2.677,35	494,73	1.356,00
Lab FQ	ACJ	18000	24	365	2.180	1.526	13.367,76	0,23729274	3.172,07	1.840	1.288	11.282,88	2.677,35	494,73	1.356,00
Lab FQ	ACJ	18000	24	365	2.180	1.526	13.367,76	0,23729274	3.172,07	1.840	1.288	11.282,88	2.677,35	494,73	1.356,00
Lab.FQ. Superv	ACJ	18000	24	365	2.180	1.526	13.367,76	0,23729274	3.172,07	1.840	1.288	11.282,88	2.677,35	494,73	1.356,00
Lab. MB	ACJ	18000	24	365	2.180	1.526	13.367,76	0,23729274	3.172,07	1.840	1.288	11.282,88	2.677,35	494,73	1.356,00
Lab. MB	ACJ	18000	24	365	2.180	1.526	13.367,76	0,23729274	3.172,07	1.840	1.288	11.282,88	2.677,35	494,73	1.356,00
Lab. Anali instr. 2pisos	ACJ	18000	24	365	2.180	1.526	13.367,76	0,23729274	3.172,07	1.840	1.288	11.282,88	2.677,35	494,73	1.356,00
Lab. Analise Instr. 2pisos	ACJ	18000	24	365	2.180	1.526	13.367,76	0,23729274	3.172,07	1.840	1.288	11.282,88	2.677,35	494,73	1.356,00
Lab FQ Estufa	ACJ	18000	24	365	2.180	1.526	13.367,76	0,23729274	3.172,07	1.840	1.288	11.282,88	2.677,35	494,73	1.356,00
Recepção MP terreo	ACJ	18000	10	365	2.180	1.526	5.569,90	0,22355972	1.245,21	1.840	1.288	4.701,20	1.051,00	194,21	1.356,00
Sala CPD	ACJ	18000	10	365	2.180	1.526	5.569,90	0,22355972	1.245,21	1.840	1.288	4.701,20	1.051,00	194,21	1.356,00
Sala CPD	ACJ	18000	10	365	2.180	1.526	5.569,90	0,22355972	1.245,21	1.840	1.288	4.701,20	1.051,00	194,21	1.356,00
Sala Trein.	ACJ	18000	10	264	2.180	1.526	4.028,64	0,22355972	900,64	1.840	1.288	3.400,32	760,17	140,47	1.356,00
Sala Trein.	ACJ	18000	10	264	2.180	1.526	4.028,64	0,22355972	900,64	1.840	1.288	3.400,32	760,17	140,47	1.356,00
Sala Monit.	ACJ	18000	10	365	2.180	1.526	5.569,90	0,22355972	1.245,21	1.840	1.288	4.701,20	1.051,00	194,21	1.356,00
Sala Reuniao	ACJ	18000	10	264	2.180	1.526	4.028,64	0,22355972	900,64	1.840	1.288	3.400,32	760,17	140,47	1.356,00
Salão de Ginástica	ACJ	18000	10	365	2.180	1.526	5.569,90	0,22355972	1.245,21	1.840	1.288	4.701,20	1.051,00	194,21	1.356,00
Salão de Treinamento	ACJ	18000	10	264	2.180	1.526	4.028,64	0,22355972	900,64	1.840	1.288	3.400,32	760,17	140,47	1.356,00
Salão de Treinamento	ACJ	18000	10	264	2.180	1.526	4.028,64	0,22355972	900,64	1.840	1.288	3.400,32	760,17	140,47	1.356,00
Superv.	ACJ	21000	10	365	2.200	1.540	5.621,00	0,22355972	1.256,63	2.180	1.526	5.569,90	1.245,21	11,42	1.726,00
Total	ACJ	1.213.500	901	23.833	148.845	104.192	466.124	-	106.962	125.650	87.955	394.631	90.576	16.385	93.428,00

ANEXO E – LISTA DE MOTORES DA EMPRESA B

Equipamento Localização (motor)	Dados de Placa				Recondi- onado	Rendimento		Consumo energia Ativa		Economia (kWh/ano)	Custo Motor novo (R\$)	Custo com energia antes (R\$)	Custo com energia Depois (R\$)	Retorno do Capital (anos)
	Fabricante	Potência (CV)	RPM	Corrente Nominal (A)		"Standard"	"Alto Rendimento"	kWh/ano "Standard"	kWh/ano "Alto Rendimento"					
Motor 01	Búfalo	150	1770	355	Sim	91,3%	94,5%	169.016	154.350	14.666	R\$ 18.501,58	R\$ 31.976,17	R\$ 29.201,52	6,7
Motor 02	Amo	25	1782	*	Sim	86,0%	92,7%	47.823	41.787	6.036	R\$ 2.872,71	R\$ 9.047,68	R\$ 7.905,74	2,5
Motor 03	GE	15	1170	39,6	Sim	84,0%	90,2%	21.188	18.557	2.631	R\$ 2.516,68	R\$ 4.008,47	R\$ 3.510,74	5,1
Motor 04	*	2	1784	*	Sim	80,0%	86,0%	1.977	1.724	253	R\$ 476,58	R\$ 373,97	R\$ 326,14	10,0
Motor 05	*	2	895	*	Não	80,0%	86,0%	3.348	3.114	234	R\$ 1.093,26	R\$ 633,34	R\$ 589,15	24,7
Motor 06	WEG	2	1160	*	Não	80,0%	86,0%	2.869	2.669	200	R\$ 641,05	R\$ 542,86	R\$ 504,99	16,9
Motor 07	Búfalo	10	1750	*	Sim	83,0%	89,5%	4.844	4.221	622	R\$ 1.062,47	R\$ 916,37	R\$ 798,62	9,0
Motor 08	Kolbach	7,5	1740	20	Não	79,0%	89,5%	5.448	4.809	639	R\$ 1.062,47	R\$ 1.030,75	R\$ 909,82	8,8
Motor 09	Kolbach	5	1766	1750	Sim	80,0%	87,7%	5.101	4.362	739	R\$ 809,15	R\$ 965,09	R\$ 825,33	5,8
Motor 10	WEG	25	1770	26	Sim	86,0%	92,7%	23.616	20.636	2.981	R\$ 2.872,71	R\$ 4.467,99	R\$ 3.904,07	5,1
Motor 11	WEG	1	1720	4,2	Não	72,0%	82,6%	2.325	2.026	298	R\$ 344,45	R\$ 439,82	R\$ 383,38	6,1
Motor 12	Eberle	5	3490	14	Sim	80,0%	87,7%	4.400	3.763	637	R\$ 754,25	R\$ 832,39	R\$ 711,85	6,3
Motor 13	WEG	3	1725	9	Sim	71,0%	84,8%	3.333	2.594	739	R\$ 578,60	R\$ 630,60	R\$ 490,79	4,1
Motor 14	WEG	3	1725	9	Sim	71,0%	84,8%	3.623	2.820	803	R\$ 578,60	R\$ 685,43	R\$ 533,47	3,8
Motor 15	Eberle	10	1760	26	Não	83,0%	90,2%	15.787	14.527	1.260	R\$ 1.342,93	R\$ 2.986,83	R\$ 2.748,41	5,6
TOTAL								314.698	281.960	32.738	R\$ 35.507,50	R\$ 59.537,75	R\$ 53.344,03	5,7
Economia Anual:												R\$ 6.193,72		

ANEXO F – QUESTIONÁRIO DE VALIDAÇÃO

Questionário de Entrevista: Validação das Diretrizes para Auditoria Energética

1. APRESENTAÇÃO

O objetivo do presente documento é subsidiar a avaliação das diretrizes para auditoria energética, referente à Dissertação de Mestrado Profissional de Sistema de Gestão da UFF.

O autor enfatiza que a identidade dos especialistas não será revelada. Campana (1988) ressalta que o anonimato ajuda a eliminar tendências e distorções decorrentes da personalidade dos participantes, tais como: insegurança, pressões políticas, medo de admitir erros e reavaliar posições.

A metodologia elaborada pelo autor desta dissertação foi fundamentada com base na revisão bibliográfica (capítulo dois) desta pesquisa. A pesquisa bibliográfica permitiu coleta de dados gerais, pertinentes ao tema em questão, disponibilizados em artigos, livros, teses, dissertações, sites e revistas especializadas. A pesquisa bibliográfica se justifica na medida em que contribui para fundamentar o desenvolvimento do estudo de caso e a conclusão da pesquisa.

No caso específico para a metodologia aplicada para obtenção das diretrizes de Auditoria Energética, para pequenas e médias empresas, elaborou-se uma tabela correlacionando 13 diferentes agentes de implementação de diretrizes de auditoria energética usualmente aplicados, com 15 módulos temáticos.

Com o objetivo de se adaptar os módulos temáticos à realidade das pequenas e médias empresas, racionalizou-se o número total de 15 módulos temáticos para 11, agrupando os por afinidade na implementação. A partir daí, realizou-se uma análise de ocorrências de módulos temáticos, ao longo dos 13 diferentes diretrizes de auditoria energética pré-selecionados. Através da metodologia do Diagrama de Pareto, definiram-se os 6 módulos temáticos que compõem as diretrizes de Auditoria Energética para as pequenas e médias empresas..

O critério de validação adotado tem como base o grau de relevância das etapas da metodologia proposta nesta pesquisa, que segundo Hart (2006) deve ser atribuído um grau na escala de 1 a 4, a saber:

- (1) - não relevante
- (2) - pouco relevante

(3) - relevante

(4) - muito relevante

Para tal, os entrevistados devem atribuir o grau de relevância para cada uma das etapas. Apresenta-se abaixo a fundamentação de cada etapa da metodologia e em seguida o questionário para validação da metodologia.

2. DESCRIÇÃO DAS ETAPAS

Tópicos para avaliação

2.1 Primeira Etapa: Seleção dos Módulos temáticos

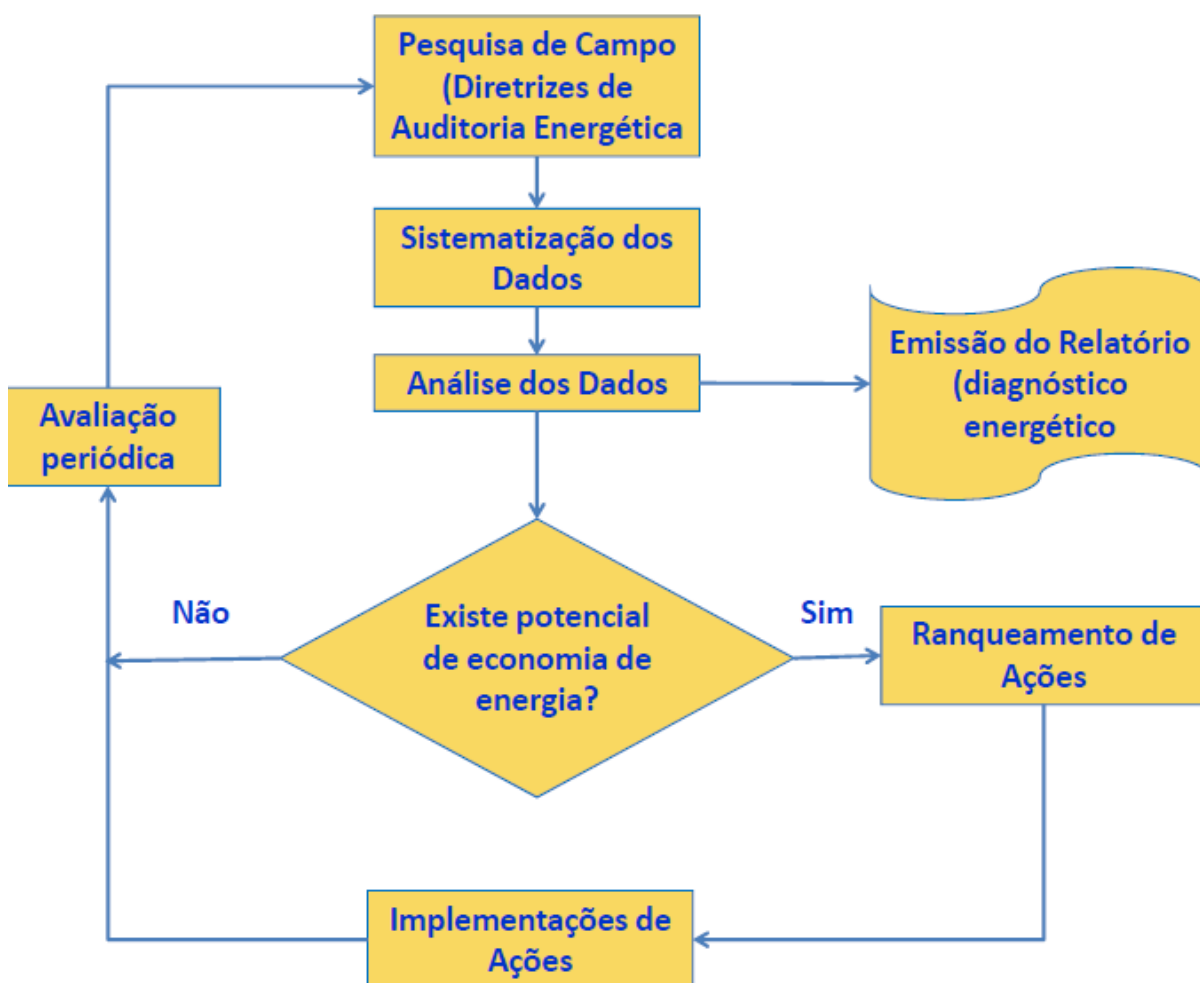
ANÁLISE DA CONTA DE ENERGIA E ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE CARGAS
Grau de Relevância: _____. Justificativa: Considerações para Melhoria (caso necessário):
CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA
Grau de Relevância: _____. Justificativa: Considerações para Melhoria (caso necessário):
AR CONDICIONADO E REFRIGERAÇÃO
Grau de Relevância: _____. Justificativa: Considerações para Melhoria (caso necessário):
SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO
Grau de Relevância: _____. Justificativa: Considerações para Melhoria (caso necessário):
GERADORES DE VAPOR OU CALDEIRA
Grau de Relevância: _____. Justificativa: Considerações para Melhoria (caso necessário):
SISTEMA DE GERAÇÃO DE AR COMPRIMIDO
Grau de Relevância: _____. Justificativa: Considerações para Melhoria (caso necessário):

MOTORIZAÇÃO
Grau de Relevância: _____.
Justificativa:
Considerações para Melhoria (caso necessário):

2.2 Segunda Etapa: Fluxograma de Auditoria Energética

FLUXOGRAMA DE AUDITORIA ENERGÉTICA
Grau de Relevância: _____.
Justificativa:
Considerações para Melhoria (caso necessário):

Modelo de Fluxograma de Auditoria Energética:



Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)