

GILBERTO PASCHOAL BUCCIERI

**MODELAGEM PARA IDENTIFICAÇÃO DE INDICADORES DE EFICIÊNCIA  
ENERGÉTICA PARA EDIFICAÇÕES E PLANTAS INDUSTRIAIS.**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica na área de Transmissão e Conversão de Energia.

Orientador: Prof. Dr. Jose Antonio Perrella Balestieri

Guaratinguetá

2014

B918m Bucciari, Gilberto Paschoal  
Modelagem para identificação de indicadores de eficiência energética para edificações e plantas industriais/ Gilberto Paschoal Bucciari – Guaratinguetá, 2014.  
99 f : il.  
Bibliografia: f. 83-87

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2014.  
Orientador: Prof. Dr. Jose Antonio Perrella Balestieri

1. Energia – conservação 2. Recursos energéticos 3. Análise energética I. Título

CDU 620.9(043)

*GILBERTO PASCHOAL BUCCIARI*

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE  
"MESTRE EM ENGENHARIA MECÂNICA"

PROGRAMA: ENGENHARIA MECÂNICA  
ÁREA: ENERGIA

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

  
Prof. Dr. Edson Cocchieri Botelho  
Coordenador

*BANCA EXAMINADORA:*

  
Prof. Dr. JOSÉ ANTONIO PERRELLA BALESTIERI  
Orientador / Unesp-Feg

  
Prof. Dr. RUBENS ALVES DIAS  
Unesp-Feg

  
Prof. Dr. MARCELO MODESTO DA SILVA  
UFABC

*Dezembro de 2014*

**DADOS CURRICULARES**  
**GILBERTO PASCHOAL BUCCIERI**

NASCIMENTO	26.01.1966 – SÃO PAULO / SP
FILIAÇÃO	Ademar Brasil Buccieri Eni Domingos
1980/1983	Curso Técnico em Eletrônica Colégio Anchieta – São Bernardo do Campo
1986/1989	Curso de Graduação Ciências da Computação - Universidade Municipal de São Caetano Sul
1997/1998	Curso de Pós-Graduação em Marketing Internacional, nível de Especialista, no Campus Paulista da Universidade Paulista.
2001/2002	Curso de MBA em Gestão Empresarial Fundação Getúlio Vargas/SP
2003	Curso de MBA Internacional Gestão de Negócios Empresariais - Universidade de Ohio / USA
2013/2014	Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, nível de Mestrado, na Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá da Universidade Estadual Paulista.

**Atividades Profissionais**

Ago/13 – Dez/14	Gerente de Facilities e Projetos na ALSTOM
Fev/13–Ago/13	Gerente de Projetos Sênior / Engenharia de Sistemas na AVIBRAS
Out/12–Jan/13	Gerente de Projetos e Pessoas na MULTI-E / EMBRAER
Mar/12/- Out/12	Consultor Independente em Eficiência Energética –
Abr/10-Mar/12	Gerente de Engenharia Avançada na VSE – Vale Soluções em Energia
Mar/09-Mar/10	Gerente de Propriedades e Serviços na GPSERV
Jun/06-Mar/09	Negociador de Contratos Internacionais da Aviação Civil na Embraer
Mar/2001- Jun/06	Executivo de Infraestrutura na EMBRAER
Nov/97-Dez/00	Gerente de Propriedades e Serviços na CONBRÁS Engenharia

a minha filha Bruna e aos meus pais Ademar e Eni, pois sempre apoiaram e acreditaram principalmente com paciência para dividir o tempo necessário para tal dedicação.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, fonte da vida e da graça. Agradeço pela minha vida, minha inteligência, minha família e meus amigos,

ao meu orientador, *Prof. Dr. José Antônio Perrella Balestieri* que jamais deixou de me incentivar. Sem a sua orientação, dedicação e auxílio, o estudo aqui apresentado seria praticamente impossível.

aos meus pais Ademar e Eni, que sempre incentivaram meus estudos.

às funcionárias da Biblioteca do Campus de Guaratinguetá pela dedicação, presteza e principalmente pela vontade de ajudar,

às secretárias da pós-graduação Regina e Elisa pela dedicação e alegria no atendimento,

à Alstom, Embraer, Ford, Johnson Controls, Latecoere, Monsanto, Vale Soluções em Energia e a Valtra e a seus especialistas pela participação no estudo de caso.

“Se consegui enxergar mais longe  
é porque procurei ver acima dos ombros dos gigantes”

Isaac Newton

Buccieri, G. P. **Modelagem para identificação de indicadores de Eficiência Energética para edificações e plantas industriais**. 2014. 99f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica - Transmissão e Conversão de Energia) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2014.

## **RESUMO**

Este trabalho descreve um método de identificação e ponderação de indicadores de desempenho sustentáveis para avaliar a eficiência energética em instalações industriais. Tomando como cenário algumas empresas do setor industrial baseadas no Vale do Paraíba/SP, foi proposta uma lista de indicadores de avaliação de critérios de eficiência energética, que fornece uma referência importante para o mapeamento, comparação, evolução e investimento adequado para a avaliação dos tomadores de decisão. O método de pesquisa consistiu em realizar uma revisão abrangente da literatura e a aplicação de dois levantamentos (*surveys*) envolvendo especialistas e tomadores de decisão da área. Os dados foram modelados a partir da aplicação das ferramentas de análise de agrupamento (*cluster analysis*) e o método de Processo Analítico Hierárquico (método AHP) para ponderar os indicadores identificados, reduzindo o grau de subjetividade na análise dessas opiniões e buscando níveis de intensidade objetivos. O tamanho das amostras da pesquisa é suficiente para suportar os resultados, que foram validados pela análise de consistência do método AHP. O método proposto também pode ser estendido para desenvolver os indicadores ponderados para outras regiões.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eficiência energética; agrupamento de opiniões; processo analítico hierárquico (método AHP); classificação setorial; análise de agrupamento (cluster).

Buccieri, G. P. **Modeling to identify indicators of energy efficiency for buildings and industrial plants.** 2014. 99f. Dissertation (Master in Mechanical Engineering - Transmission and Power Conversion) - College of Guaratinguetá - Campus Engineering, Universidade Estadual Paulista, Guaratingueta, 2014.

## **ABSTRACT**

This dissertation describes a method for the identification and weighting of indicators of sustainable performance for evaluating the energy efficiency of industrial facilities. Taking as a backdrop some industrial companies based in the Paraíba Valley / SP, it was proposed a list of indicators for assessing energy efficiency criteria, which provides an important reference for mapping, comparison, evolution and appropriate investment for the evaluation of decision makers. The research method consisted of performing a comprehensive literature review and the application of two surveys involving experts and decision makers in the area. The data were modeled from the application of cluster analysis and the method of Analytic Hierarchy Process (AHP) tools to weigh indicators identified, reducing the degree of subjectivity in the analysis of these opinions and seeking levels of intensity targets. The size of the samples is sufficient to support search results, which were validated for consistency analysis of the AHP. The proposed method can also be extended to develop the weighted indicators for other regions.

**KEYWORDS:** Energy Efficiency; group of companies and opinions; analytical hierarchical process (AHP); sectorial classification; cluster analysis.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Método para identificação de indicadores .....	36
Figura 2 - Processo de aplicação do questionário .....	44
Figura 3 - Árvore hierárquica de decisão .....	46
Figura 4 - Método aglomerativo .....	53
Figura 5 - Exemplo de determinação do dendograma.....	54
Figura 6 - exemplo do questionário da primeira pesquisa.....	59
Figura 7 - exemplo de resposta da primeira pesquisa.....	60
Figura 8 - exemplo de questionário da segunda pesquisa .....	61
Figura 9 - exemplo de resposta da segunda pesquisa .....	62
Figura 10 - Prioridade Relativa dos indicadores de avaliação industrial – Empresa A.....	76
Figura 11 - Relação de consistência das matrizes de comparação individuais. ....	77
Figura 12 - Relação de consistência das matrizes de comparação dos grupos.....	78
Figura 13 - Prioridade Relativa dos indicadores de avaliação industrial – Geral.....	78

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Métodos existentes de avaliação energética.....	36
Tabela 2 - Códigos e Normas de Energia para Instalações .....	37
Tabela 3 - Indicadores de eficiência energética aplicáveis na indústria.....	37
Tabela 4 - Lista Seleccionada de Indicadores de eficiência energética aplicáveis na indústria.	38
Tabela 5 - Escala de nove pontos para comparações paritárias.....	47
Tabela 6 - Matriz de comparação paritária.....	47
Tabela 7 - Matriz normalizada e Prioridade Relativa.....	49
Tabela 8 - Matriz normalizada e Prioridade Relativa com Autovetor do Peso .....	49
Tabela 9 - Índice aleatório (RI) no método AHP .....	50
Tabela 10 - Determinação da Consistência .....	50
Tabela 11 - Composição da prioridade relativa do grupo de discussão .....	51
Tabela 12 - Julgamento geral dos especialistas das empresas seleccionadas.....	72
Tabela 13 - Matriz de comparação de indicadores Grupo 1 (Matriz 1) – Empresa A.....	74
Tabela 14 - Matriz de comparação de indicadores Grupo 2 (Matriz 2) – Empresa A.....	74
Tabela 15 - Matriz de comparação de indicadores Grupo 3 (Matriz 3) – Empresa A.....	74
Tabela 16 - Matriz de comparação de indicadores Grupo 4 (Matriz 4) – Empresa A.....	74
Tabela 17 - Matriz de comparação de indicadores Grupo 5 (Matriz 5) – Empresa A.....	74
Tabela 18 - Normalização da Matriz 1 – Empresa A. ....	75
Tabela 19 - Normalização da Matriz 2 – Empresa A. ....	75
Tabela 20 - Normalização da Matriz 3 – Empresa A. ....	75
Tabela 21 - Normalização da Matriz 4 – Empresa A. ....	75
Tabela 22 - Normalização da Matriz 5 – Empresa A. ....	76
Tabela 23 – Análise de consistência do Grupo 1 (Matriz 1) – Empresa A. ....	76
Tabela 24 – Análise de consistência do Grupo 2 (Matriz 2) – Empresa A. ....	77
Tabela 25 – Análise de consistência do Grupo 3 (Matriz 3) – Empresa A. ....	77
Tabela 26 – Análise de consistência do Grupo 4 (Matriz 4) – Empresa A. ....	77
Tabela 27 – Análise de consistência do Grupo 5 (Matriz 5) – Empresa A. ....	77
Tabela 28 - Classificação dos indicadores de avaliação de eficiência energética.....	79

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Método AHP	Processo Analítico Hierárquico
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS

SIMBOLOGIA E NOMENCLATURA TÉCNICA

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
1.1	CLASSIFICAÇÃO DE INDICADORES .....	15
1.2	OBJETIVO DA PESQUISA .....	18
1.3	LIMITAÇÕES DA PESQUISA .....	18
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>20</b>
2.1	PANORAMA DO PROBLEMA ANALISADO .....	20
2.2	REVISÃO DA LITERATURA .....	23
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODO .....</b>	<b>35</b>
3.1	INTRODUÇÃO.....	35
3.2	PROPOSIÇÃO DO MÉTODO PARA IDENTIFICAÇÃO DE INDICADORES .....	35
3.3	CÓDIGOS DE ENERGIA PARA INSTALAÇÕES E OUTROS INSTRUMENTOS: ..	39
3.4	CÓDIGOS DE DESEMPENHO ENERGÉTICO NO BRASIL .....	41
<b>4.</b>	<b>FERRAMENTAS EMPREGADAS.....</b>	<b>43</b>
4.1	SURVEY MONKEY®.....	43
4.2	MÉTODO AHP .....	44
4.3	ANÁLISE DE AGRUPAMENTO .....	52
4.4	ABORDAGEM DE PORTER.....	54
<b>5</b>	<b>COLETA DE DADOS E APLICAÇÃO DO MÉTODO.....</b>	<b>56</b>
5.1	DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA.....	56
5.2	METAS E CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA .....	56
5.3	CONJUNTO DE ATORES .....	57
5.4	SELEÇÃO DE EMPRESAS E ESPECIALISTAS .....	57
5.5	MÉTODO AHP E AGRUPAMENTO .....	64
<b>6</b>	<b>DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....</b>	<b>67</b>
6.1	AVALIAÇÃO PRELIMINAR DOS DADOS .....	67
6.2	RESULTADOS DO AGRUPAMENTO DA PRIMEIRA PESQUISA.....	67

6.3	INDICADORES IDENTIFICADOS.....	69
6.4	RESULTADOS DA SEGUNDA PESQUISA .....	72
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>80</b>
7.1	CONCLUSÕES .....	80
7.2	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	82
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>83</b>
	<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>88</b>
	<b>APÊNDICE B.....</b>	<b>96</b>

## CAPITULO 1

### 1 INTRODUÇÃO

A política energética industrial constitui um processo importante para o desenvolvimento do setor de energia, tendo em conta sua evolução e incorporando muitas vezes três objetivos conflitantes: a segurança do abastecimento energético, a competitividade do mercado de energia e a proteção ambiental. Neste contexto, a necessidade de análise e entendimento das questões energéticas levou à necessidade do desenvolvimento de indicadores e para o crescimento de novas metodologias para abordar diferentes questões correspondentes em exame.

Este conceito tem sido empregado para estabelecer condições políticas, operacionais, econômicas e de sustentabilidade para plantas industriais no território nacional, fortalecendo ainda mais as premissas e a necessidade de alinhamento através de comparação entre si, independente do regionalismo, sendo assim fundamentais para o desenvolvimento da eficiência energética.

#### 1.1 CLASSIFICAÇÃO DE INDICADORES

A classificação dos indicadores de eficiência energética e conservação de energia, desenvolvidos com base na revisão de metodologias e atividades correlatas obtida na literatura, identifica os seguintes tipos de acordo com Patlitzianas et al. (2008):

- ✓ Indicadores descritivos: indicam o percentual de energia por combustível;
- ✓ Indicadores básicos normalizados: indicam o uso de energia de cada campo, dividido pela população ou Produto Interno Bruto (PIB);
- ✓ Indicadores comparativos: indicam a semelhança das suas características entre os diferentes países, usando normalizações necessárias;
- ✓ Indicadores estruturais: indicam a distribuição das atividades econômicas ou humanas em várias escalas ou formas de atuação;

- ✓ Indicadores de intensidade: indicam o uso da energia, com uma atividade específica e eles são na sua maioria relacionados com o desempenho energético;
- ✓ Indicadores de decomposição: indicam a quantidade com que diferentes seções do uso total de energia influenciam o total de lançamentos;
- ✓ Indicadores causais: indicam qual o tipo de parâmetros econômicos, demográficos ou geográficos fundamentais para influenciar mais o uso de energia;
- ✓ Indicadores consequentes: medem a conexão entre as atividades humanas e o uso de energia, em termos de poluição ambiental ou outra perturbação do ambiente (por exemplo, os gases de escape);
- ✓ Indicadores físicos: indicam a mudança do desempenho energético e da produtividade.

Conforme apontado por diversos autores de livros e artigos, alguns citados neste trabalho na revisão da literatura, dentro de suas respectivas concepções, a aplicação de sistemas de indicadores de desempenho é de fundamental importância em vários campos de atividade empresarial, como qualidade, finanças e estratégia entre outros.

Apesar da maioria desses autores terem desenvolvido propostas em países que têm grande acesso e visibilidade dos dados e informações necessárias à elaboração de cada indicador, há grande carência de aplicabilidade e profundidade, especialmente na área industrial. Além disso, muitos desses indicadores são definidos internamente às próprias empresas, mas outros, para serem calculados, exigem dados e informações externas a elas, provenientes do ambiente próximo ou do ecossistema.

A obtenção das informações pode ser uma dificuldade a ser transposta para efetivação de um sistema de indicadores de desempenho. Como afirmam Takashina e Flores (1996), há necessidade de disponibilidade das informações. O sistema deve ser construído de forma a permitir à administração, em termos de sua gestão estratégica, tomar decisões que exerçam no tempo a função de resolver problemas, readequar procedimentos, identificar problemas e, em último caso, redefinir o processo, seja de planejamento ou do seu controle.

No Brasil, as informações externas, na maior parte das vezes, carecem de consistência ou de efetividade. Há, em muitas séries históricas, problemas de descontinuidade ou

mudanças metodológicas que as descaracterizam e as tornam inconsistentes e até mesmo não fidedignas.

Alguns dados e informações internas das empresas, em uma primeira análise, aparentam apresentar condições de consistência, fidedignidade e disponibilidade, sendo que, na verdade, podem apresentar vários problemas. Questões relativas aos próprios sistemas de produção das informações nas empresas impedem, no mínimo, a sua disponibilidade e, assim, também a eficácia de qualquer sistema de indicadores. Essas situações inibem, na verdade, não apenas a eficácia ou a viabilidade de um sistema de indicadores de desempenho, mas a própria gestão estratégica.

Dessa forma, sistemas de planejamento e de gestão estratégica e, particularmente, de indicadores de desempenho, presumem a existência prévia de uma rede de informações confiáveis e contínuas. Por outro lado, a determinação de um indicador quantificável e mensurável pode exigir a sistematização de dados antes de sua implantação, determinando-se formas de sua obtenção e tratamento ao longo do tempo.

Conforme abordado no tópico anterior, a necessidade de análise e entendimento das questões energéticas levou à necessidade do desenvolvimento de indicadores e para o crescimento de novas metodologias para abordar diferentes questões correspondentes. Contudo, o esforço inicial na identificação de problemas concretos foi seguido por um esforço no uso de indicadores de eficiência energética como guias para apoiar a tomada de decisões e formulação de políticas adequadas.

A sua aplicação prática é a principal razão para a necessidade de desenvolvimento do presente trabalho, bem como para ampla utilização, não só para o domínio da energia, mas também em outros campos correlacionados. Dessa forma, os indicadores constituem um canal de comunicação importante para promover a comparação evolutiva e a troca de informações entre empresas.

Este trabalho apresenta um método de identificação e ponderação de indicadores de desempenho sustentáveis para avaliar a eficiência energética em instalações industriais e recomenda um quadro operacional de indicadores que visa apoiar os tomadores de decisão e analistas a estabelecer uma base para o desenvolvimento de uma política energética industrial sustentável caracterizada pela clareza e transparência. A metodologia aplicada abrange uma revisão abrangente da literatura; dois questionários envolvendo especialistas e tomadores de decisão de um grupo de empresas do setor industrial de várias áreas de atuação; utiliza quatro importantes ferramentas para aplicação, seleção, classificação e ponderação de indicadores;

estabelece uma lista de indicadores de desempenho sustentáveis para avaliar a eficiência energética em edificações e plantas industriais.

## 1.2 OBJETIVO DA PESQUISA

O presente trabalho tem por objetivos:

- ✓ Estabelecer critérios para identificação e seleção de indicadores de desempenho para avaliar a Eficiência Energética em plantas industriais e suas edificações;
- ✓ Aplicar questionários específicos a especialistas de várias áreas de empresas de uma mesma região, para obter suas opiniões e demais informações requeridas na pesquisa;
- ✓ Identificar um conjunto de indicadores de desempenho sustentáveis para avaliar a eficiência energética em plantas industriais e suas edificações, capazes de serem adaptáveis a diferentes situações, independente da localização geográfica, disponibilidade de recursos e condições tecnológicas;
- ✓ Aproximar a academia da indústria com foco nas questões de sustentabilidade e economia, com objetivo de estabelecer parâmetros de comparação, aplicação dos indicadores de eficiência energética e possibilitar melhorias nas plantas industriais e suas edificações.

## 1.3 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Levando-se em consideração a análise proposta nesta pesquisa, as principais dificuldades abordadas na pesquisa para elaboração do trabalho foram:

- ✓ A limitação no desenvolvimento de indicadores de eficiência energética e de conservação de energia encontrados na literatura científica internacional, apesar dos esforços de pesquisa e suporte de organizações internacionais independentes;
- ✓ A falta de ações de melhoria nas estruturas metodológicas que, apesar de apoiarem a tomada de decisão, não propõem ações adequadas de melhoria (referem-se principalmente ao meio ambiente e ao crescimento sustentável);

- ✓ A limitação de indicadores analíticos de eficiência energética e de conservação de energia para a tomada de decisão e evolução dos objetivos de uma política energética clara e transparente, bem como a indisponibilidade de dados analíticos confiáveis para análise e comparação;
- ✓ A necessidade de melhorar a qualidade dos indicadores já existentes e conectá-los com as políticas energética, aos seus objetivos e suas interações.

## CAPITULO 2

### 2 REVISÃO DA LITERATURA

#### 2.1 PANORAMA DO PROBLEMA ANALISADO

Os investimentos em infraestrutura atuam como vetor promotor do desenvolvimento econômico e a infraestrutura por si desempenha papel estruturador e integrador, dando sustentação às atividades socioeconômicas em diversas escalas, independentemente do estágio de desenvolvimento. A infraestrutura proporciona, assim, as condições para desenvolvimento das políticas públicas sociais e cria um ambiente favorável aos negócios (VIANA; ARY, 2005).

A eficiência da infraestrutura adquire, portanto, um caráter de condição básica para que se mantenha e aumente a competitividade dos setores da economia. Assim, para que uma região consiga melhorar o seu dinamismo econômico e elevar a sua competitividade no contexto nacional e internacional, torna-se imprescindível que a infraestrutura regional, principalmente a de energia, atenda às novas e crescentes necessidades decorrentes da evolução das atividades dos diversos setores produtivos, não se constituindo em empecilho para a atração de negócios. Para tanto, as oportunidades de investimentos precisam tornar-se realidade, razão da importância da presença do governo e da iniciativa privada neste setor.

Apesar do Brasil se destacar por ser um país que concentra a maior parte da sua geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis, sendo este um aspecto importante na visão ambiental, a situação atual do setor elétrico é preocupante. Os impactos da carência de uma melhor infraestrutura energética na economia do País puderam ser sentidos, de forma mais ampla em eventos recentes (VIANA; BEZERRA, 2009).

O acontecimento mais crítico foi o chamado “apagão” de 2001, em que o consumo de energia elétrica foi superior à oferta, sendo esta última prejudicada pela carência da infraestrutura que, por sua vez, foi consequência dos baixos volumes de investimentos alocados ao setor no passado. Esse desbalanceamento entre oferta e o consumo ocasionou a necessidade de racionamento de energia por parte das empresas e da população em geral, bem como a necessidade de investimentos emergenciais em capacidade de geração e transmissão de energia (VIANA; BEZERRA, 2009).

Em seguida, ocorreram casos de blecautes pontuais, e desde 2012 o baixo nível dos reservatórios das hidrelétricas por conta da escassez de chuvas, com o acionamento de usinas

térmicas, também trouxe à tona novamente os problemas de infraestrutura energética, além dos impactos econômicos e financeiros enfrentados pelo Brasil. É fundamental, portanto, que se tenha uma visão panorâmica da infraestrutura energética existente no Brasil para, a partir dessa compreensão, poder nortear a necessidade de novas aplicações, bem como balizar a ação do governo e da iniciativa privada neste setor visando ao aproveitamento das oportunidades existentes.

Para suprir as necessidades energéticas no futuro próximo, além dos investimentos expressivos em infraestrutura energética, também é preciso adotar políticas para utilização racional da energia, ou seja, adotar de forma mais abrangente e objetiva a “eficiência energética”. Por definição, a eficiência energética consiste da relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização (ELETROBRAS, 2014). A promoção da eficiência energética abrange a melhoria das transformações, do transporte e do uso dos recursos energéticos, desde suas fontes primárias até seu aproveitamento. Adotam-se, como pressupostos básicos, a manutenção das condições de conforto, de segurança e de produtividade dos usuários, contribuindo, adicionalmente, para a melhoria da qualidade dos serviços de energia e para a mitigação dos impactos ambientais.

Com o objetivo promover a racionalização do consumo de energia elétrica, combatendo o desperdício e reduzindo os custos e os investimentos setoriais, aumentando ainda a eficiência energética, foi criado pelo governo federal em 1985, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel) (ELETROBRAS, 2014).

Como todo país em desenvolvimento, o Brasil tem uma grande demanda reprimida de energia, mas os índices nacionais de perda e desperdício de eletricidade também são altos. O total desperdiçado, segundo o Procel, chega a 40 GW, ou a US\$ 2,8 bilhões, por ano (BRASIL, 2014). Os consumidores (indústrias, residências e comércio) desperdiçam 22 GW; as concessionárias de energia, por sua vez, com perdas técnicas e problemas na distribuição, são responsáveis pelos 18 GW restantes (ELETROBRAS, 2014).

Uma das soluções apontadas pelos especialistas para atender a este déficit seria conter o consumo por meio de técnicas de conservação, que substituem tecnologia (máquinas, motores, sistemas de refrigeração e iluminação), incluindo o uso da água, por outras com maior eficiência energética e menor custo financeiro e impacto ambiental (ELETROBRAS, 2014).

Assim, além de promover a substituição de insumos esgotáveis (combustíveis fósseis) e a redução da intensidade do uso de energia, qualquer política energética deve estimular a

eficiência e o combate ao desperdício por meio de instrumentos de regulação, como a especificação de códigos com consumo máximo de energia em construções ou padrão de desempenho e melhorias em equipamentos para garantir a incorporação de novas tecnologias, mais eficientes, pelos fabricantes.

Nesse sentido, o Selo Procel de Economia de Energia, instituído por decreto presidencial em 1993, produto desenvolvido e concedido pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - Procel, coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME), com sua Secretaria-Executiva mantida pelas Centrais Elétricas Brasileiras S.A, indica ao consumidor, no ato da compra, os produtos que apresentam os melhores níveis de eficiência energética dentro de cada categoria (geladeiras, freezers, chuveiros elétricos e aparelhos de ar-condicionado, dentre outros) (ELETROBRAS, 2014). O objetivo é estimular a fabricação e a comercialização de produtos mais eficientes, contribuindo para o desenvolvimento tecnológico e a redução de impactos ambientais.

De acordo com Santos e Gonçalves (2012), a adoção de normas para tornar as construções mais eficientes em seu consumo energético, através do aproveitamento da luz solar e da ventilação naturais, em muitos casos dispensando a necessidade de iluminação artificial e de sistemas de ar-condicionado, foi implantada no âmbito do setor. Segundo a Agência Internacional de Energia (SANTOS; GONÇALVES, 2012), edifícios energeticamente eficientes, processos industriais e de transporte podem reduzir as necessidades energéticas e será essencial no controle das emissões globais de gases com efeito de estufa.

A utilização das energias renováveis como fonte de energia para consumo das necessidades energéticas tanto de climatização quanto de aquecimento de águas quentes sanitárias e de piscinas é uma das formas mais eficientes de reduzir o consumo de energias de combustíveis fósseis. A instalação de painéis solares térmicos na cobertura dos edifícios pode representar redução representativa no consumo de energia para aquecimento de águas sanitárias (ELETROBRAS/PROCEL, 2014). Assim sendo, pode-se afirmar que a eficiência energética e as energias renováveis são "dois pilares" da política energética sustentável.

De acordo com Doukasa et al. (2008), o monitoramento dos dados de Eficiência Energética Europeia (EEE), bem como seu progresso, escala de tempo, capacidade de validação e custos, é de importância significativa no âmbito da política de sustentabilidade da União Europeia (EU), fato abordado no Livro Verde da Comissão Europeia, que traz a política de "fazer mais com menos". O Livro Verde nasceu da constatação pelas autoridades

européias do aumento cada vez maior da dependência energética europeia, alto custo de obtenção, necessidade de redução dos impactos ambientais e a segurança do aprovisionamento energético (DOUKASA et al., 2008).

Um dos objetivos mais importantes da política europeia de energia envolve a implantação de medidas de eficiência energética em grande escala, de modo a promover o desenvolvimento sustentável.

Doukasa et al. (2008) também destacam que só no Reino Unido há uma grande variedade de programas e iniciativas de eficiência energética, sendo que na última década mais de 55.000 novos postos de trabalho foram criados. Além disso, o orçamento dedicado pela Comissão Europeia (CE) para a promoção da eficiência energética para o período 2007-2013, através do programa "Energia Inteligente-Europa", atingiu 780 milhões de euros. Este programa suporta uma ampla gama de atividades de promoção e aborda os obstáculos não tecnológicos (jurídica, financeira, institucional, cultural, social).

Após sérias consequências do racionamento de energia em 2001 e a presente preocupação com a preservação do meio ambiente e o desenvolvimento sustentável, o uso eficiente de energia elétrica tornou-se tema de discussões e estudos na indústria, buscando alternativas que viabilizem a economia de energia, sem que para isso seja necessária à redução da produção ou o sacrifício de condições desejadas para o adequado funcionamento das instalações. Uma instalação industrial é mais eficiente energeticamente que outra quando proporciona as mesmas ou até melhores condições operacionais, com menor consumo de energia.

O mercado de Eficiência Energética nos setores industrial, especialmente nos grandes consumidores, apresenta-se como uma alternativa de redução de custos aos empresários. Desde a readequação do sistema de iluminação e climatização, até a substituição dos motores por outros mais eficientes, com baixo consumo de energia, várias são as possibilidades de melhoria da eficiência energética.

## 2.2 REVISÃO DA LITERATURA

Os artigos discutidos nesta seção foram inseridos respeitando a ordem cronológica dentro de um conjunto de ideias norteadoras da pesquisa, separadas por subitens e identificadas a partir de sua leitura crítica, com vistas a embasar a pesquisa em desenvolvimento.

### 2.2.1 Tomada de decisão e método AHP – Brasil

Thomaz (2000) focaliza o processo de tomada de decisão, considerando as complexidades de transformações organizacionais impostas pelo avanço da tecnologia da informação e globalização da economia. Esse cenário impõe decisões cada vez mais acuradas e mais rápidas. A pesquisa bibliográfica mostra, contudo, que as decisões tomadas pelos executivos falham com índice significativo, o que enseja reflexões por parte dos tomadores de decisão. Tal fato indica que as armadilhas do processo decisório ou os vieses cognitivos estão invariavelmente presentes nas decisões tomadas.

O trabalho também apresenta em detalhes dois estudos *ex post facto* efetuados no Banco do Brasil, demonstrando a aplicabilidade do método de processo de hierarquia analítica (Método AHP) na tomada de decisões estratégicas. As ferramentas de apoio à decisão podem ser úteis e aplicáveis, mas os aspectos subjetivos e intuitivos que sempre estão presentes como cerne do processo decisório ainda estão longe de serem desvendados.

Um dos principais pontos observados por Thomaz (2000) nos dois estudos *ex post facto* foi que a ferramenta de apoio à decisão aplicada implica numa disciplina muito maior quanto ao processo de tomada de decisão. A execução das três fases previstas no método AHP de decomposição do problema, julgamento comparativo e síntese de prioridades, minimiza os aspectos subjetivos e armadilhas estudadas por Hammond (1998). O processo permite maior transparência nas decisões tomadas tendo em vista a coerência entre a avaliação do processo e os objetivos e o sistema de valores, a serviço dos quais o agente de decisão se posiciona.

Os estudos também mostraram a possibilidade de racionalizar o processo decisório na dimensão temporal, além do aspecto qualitativo que o modelo AHP proporciona. Além da melhoria do processo, o aspecto qualitativo deve ser considerado. Segundo o autor, a qualidade da decisão está relacionada ao envolvimento do *staff*, fato que não ocorre com frequência, mesmo porque apenas um entre cinco dos executivos entrevistados envolveu o *staff* no processo de decisão.

Cabe ressaltar que o Método AHP impõe uma disciplina nos aspectos processuais envolvendo ativamente o *staff* na tomada de decisão. Considerando os aspectos organizacionais e culturais da organização estudada, a efetiva funcionalidade de uma ferramenta de apoio à decisão deve ter como premissa básica o apoio da alta administração, que deve assumi-la institucionalmente sob risco de perder sua credibilidade.

### **2.2.2 Sustentabilidade e indicadores – Alemanha**

O artigo de Sze'kely e Knirsch (2005) examina as melhores métricas disponíveis usadas por vinte grandes empresas alemãs para medir a sustentabilidade; também evidenciam que muitas dessas empresas iniciaram uma série de iniciativas de desenvolvimento sustentável para atender às demandas e expectativas da sociedade, sendo que grande parte dos analistas de mercado argumenta que tais iniciativas contribuem para tornar as empresas mais rentáveis.

Nesse mesmo trabalho foi demonstrado que a maioria das iniciativas ainda foi desenvolvida de forma isolada da atividade empresarial e não estavam ligadas diretamente à estratégia de negócio; além disso, na análise dos indicadores de sustentabilidade das empresas ainda há grande espaço para alinhamento na forma de medir e apresentar seus relatórios de desempenho.

Outro ponto relevante identificado foi que as empresas estão prestando maior atenção aos critérios utilizados, não só por parte dos investidores, mas também pela sustentabilidade com foco em grupos de reflexão e empresas de consultoria que avaliam o desempenho sustentável das empresas. Trabalhos dessa natureza constituem a base das recomendações que são dirigidas para os clientes e a sociedade em geral.

### **2.2.3 Especialistas, análise de agrupamentos, edificações residenciais – Brasil**

O trabalho de Machado (2008) buscou, através da tipologia proposta por Porter (2004), as diferenças das práticas de gestão de custos e posicionamento estratégico em empresas de edificação residencial. Para alcançar os resultados esperados, utilizou uma metodologia de classificação proposta por Cooper e Schindler (2003), através de procedimento de levantamento (*survey*) por meio de questionário, computando 54 empresas com atuação no segmento proposto.

Além de análise descritiva, foram realizados testes de Qui-quadrado para averiguar a aderência da amostra a população; teste de Mann-Whitney U; teste de Kruskal-Wallis; Análise Fatorial; Análise de Agrupamento (*cluster analysis*) e a correlação de Spearman. Verificou-se, a partir da análise dos testes realizados, que as empresas de edificação residencial da amostra não confirmaram todas as hipóteses de que haveria diferenças entre si com relação à utilização percebida para as práticas de gestão de custos, considerando-se as

respectivas maneiras de competir qualificadas pela tipologia de Porter (2004), verificadas a partir das variáveis do bloco de estratégia.

Apenas nas empresas com posicionamento estratégico em diferenciação puderam ser verificadas diferenças na finalidade de utilização das práticas de gestão de custos para acompanhamento de resultados se comparadas às empresas com posicionamento estratégico de baixo custo. Constatou-se a ausência correlação verificada entre as variáveis que indicavam finalidade de planejamento e controle de custos e a variável que indicava a estratégia de enfoque.

Chenhall (2003) identificou em seu trabalho que empresas com posicionamento estratégico de baixo custo teriam uma tendência maior em adotar controles gerenciais com foco em controle de custos, metas de operação específica, orçamentos e controles orçamentários rígidos, quando comparadas a empresas com estratégia de diferenciação. As empresas qualificadas com estratégia de baixo custo consideradas não indicam conformidade com as conclusões do Chenhall (2003).

A análise realizada mostra que as empresas qualificadas com posicionamento estratégico de diferenciação apresentaram maiores médias nos rankings formados no teste de Mann-Whitney a partir dos conglomerados em função da estratégia adotada, tanto para a variável que indicava finalidade de planejamento e controle de custos, quanto para variável que indicava a finalidade de acompanhamento dos resultados. Entretanto, a correlação da variável que indicava esse posicionamento estratégico esteve correlacionada significativamente apenas com a segunda finalidade. Apresentam-se para essas conclusões algumas implicações, que para fins didáticos, são destacados em seções distintas, classificadas conforme suas implicações diretas, sendo: i) implicações gerenciais; e ii) implicações acadêmicas.

#### **2.2.4 Classificação setorial, análise de agrupamento – Brasil**

Losekann (2008) buscou avaliar a eficiência da classificação setorial a partir da análise de agrupamento. A utilização da classificação setorial nos estudos na área de administração tem por base o pressuposto de que empresas de um mesmo setor são semelhantes; portanto, se a classificação setorial é eficiente, espera-se que empresas de um mesmo setor formem um agrupamento e que empresas de setores diferentes sejam reunidas em agrupamentos díspares.

Os resultados, de um modo geral, demonstram uma alta heterogeneidade setorial nos agrupamentos do ponto de vista dos indicadores quando sujeitos a uma classificação baseada unicamente no tipo de bem ou serviço produzido. Para tomadas de decisões mais precisas os setores podem ser reestruturados de modo a incorporar, em cada agrupamento, empresas que possam ser razoavelmente semelhantes.

Cabe ressaltar que o processo de tomada de decisão numa empresa requer conhecimento externo do ambiente em que ela atua. O agrupamento de empresas, de acordo com o ramo de atividade ou com o comportamento de certas variáveis independentemente do tipo de produto ou serviço oferecido, serve como base para a compreensão das características e relações das empresas nos mercados em que vendem ou compram.

Nesse sentido, a análise de um setor definido nessas condições esclarece muito pouco sobre as ameaças e oportunidades existentes para uma dada empresa, subsidiando um arcabouço de natureza estratégica inadequado, seja para os investidores seja para as empresas.

### **2.2.5 Indicadores, sustentabilidade, política energética - União Europeia**

Patlitzianas et al. (2008) apresentaram uma análise integrada das metodologias e atividades relacionadas com os indicadores de energia na União Europeia (UE) e recomendaram um quadro operacional de indicadores para apoiar os decisores políticos, analistas e cidadãos visando estabelecer bases para o desenvolvimento de uma política energética sustentável. Tal atividade constitui um processo importante para o desenvolvimento do setor de energia, tendo em conta sua evolução e incorporando muitas vezes três objetivos conflitantes, que são a segurança do aprovisionamento energético, a competitividade do mercado de energia e a proteção ambiental. Neste contexto, a necessidade de análise e descrição das questões energéticas levou à criação de indicadores de energia e para o crescimento de metodologias, indicadores diferentes para abordar diferentes questões correspondentes em exame.

Este conceito foi usado para estabelecer condições políticas e de sustentabilidade também em plantas industriais na Grécia, fortalecendo ainda mais as premissas e a necessidade de alinhamento através de comparação de indicadores independente do regionalismo, são fundamentais para o desenvolvimento da eficiência energética.

### **2.2.6 Sustentabilidade, especialistas, eficiência energética – União Europeia.**

Doukasa et al. (2008) apresentaram uma metodologia de referência sustentável para validar dados de Eficiência Energética Europeia (EEE) na União Europeia (UE). Tal metodologia foi concebida através da revisão de abordagens e métodos existentes, lacunas relevantes e de recomendações para melhorias na agregação de dados da EEE, além de interpretações estatísticas mais relevantes, levando em consideração a análise relacionada de especialistas em energia: estatísticos, tecnologia de energia e socioeconômicas.

Outro fato importante é o caráter multidimensional da eficiência energética na utilização final (EEE), que exige a coleta de uma série de dados relacionados, além dos dados de desempenho do sistema, parâmetros socioeconômicos e de investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Além disso, foi observado que uma melhor coordenação de programas e políticas da comunidade e os Estados membros, assim como um sistema unificado aceitável, a ser desenvolvido para o monitoramento dos dados de EEE, no que diz respeito às metas existentes, é de significativa importância para a EEE. Contudo, também se pode utilizar a experiência da UE, em que se observa que, apesar dos esforços da implantação da coleta de dados e de sua disponibilidade, há muita fragmentação, falta consistência e verificação.

A conclusão em âmbito geral é que a necessidade da evolução e aprimoramento da eficiência na utilização final da energia é uma tendência em crescimento contínuo na política energética europeia como um dos principais meios de alcançar a independência energética e melhorar a vida de seus cidadãos, através da obtenção de níveis de qualidade com menos poluição ambiental.

### **2.2.7 Energia, indicadores, *benchmarking*, plantas industriais – USA**

Boyd, Dutrow e Tunnessen (2008) apresentaram o papel do indicador de desempenho energético dentro do contexto dos objetivos gerais da ENERGY STAR (parceria governo e voluntários da indústria norte americana que oferecem informações para empresas e consumidores em soluções de eficiência energética) e forneceram exemplos de como esta ferramenta de informação foi desenvolvida e como vem sendo utilizada.

O conceito pode ser usado como uma ferramenta de aferição estatística (*benchmarking*), que fornece uma visão global e foco em setores específicos, com o uso de

energia, grau de maturidade da empresa através de uma relação funcional entre o nível de consumo de energia e do nível/tipo de atividades de produção diferentes, a qualidade de entrada de material e fatores externos, como o clima e a qualidade do material.

O método pode ainda ser empregado para estimar a minimização do uso de energia em uma planta industrial. Além disso, o modelo estatístico apresentado também fornece uma distribuição de eficiência energética em toda a indústria, que permite a comparação entre plantas industriais. O objetivo principal foi o de fornecer aos consumidores, ferramentas de negócios para tomada de decisões melhor informadas sobre o uso de energia, que tem um impacto direto e importante sobre o meio ambiente.

### **2.2.8 Eficiência ambiental, energia, indicadores e edifícios – Suécia**

Malmqvist e Glaumann (2009) desenvolveram em seu trabalho uma forma de medir a satisfação do usuário de um edifício relacionada ao ambiente interno e impacto ambiental com o uso de energia, apresentando em único diagrama, a eficiência ambiental do edifício. O trabalho propõe um procedimento para o cálculo, apresentando e analisando o impacto sobre o ambiente externo causado pelo uso de energia e as percepções de usuários de construção do ambiente interno.

O índice de eficiência ambiental dos edifícios apresentados neste artigo fornece uma maneira relativamente simples de abordar os impactos ambientais de uma forma muito mais abrangente do que é comum atualmente, na qual tal conceito pode ser usado em um objetivo global para a gestão ambiental de edifícios em operação ou para avaliação de metas estabelecidas no processo de planejamento de um novo edifício.

### **2.2.9 Indicadores, sustentabilidade, edifícios inteligentes e método AHP**

Alwaer e Croome (2010) apresentam o desenvolvimento de um modelo conceitual para a seleção de indicadores para edifícios inteligentes com vistas a apoiar as partes interessadas a selecionar os indicadores mais adequados para edifícios. Os autores identificaram questões-chaves relacionadas à sustentabilidade de edifícios inteligentes (fatores ambientais, sociais, econômicas e tecnológicas), testaram criticamente as percepções das partes interessadas, os valores de indicadores selecionados e desenvolveram um modelo para medir o nível de sustentabilidade.

Para tanto, utilizaram um modelo baseado no consenso “Ambiente Construído e Sustentável” através da ferramenta “SuBETool”, que é analisado através do processo analítico hierárquico (método AHP) multicritérios de tomada de decisão. O documento apresenta um estudo de investigação dos problemas de complexidade e subjetividade relacionado a atribuição de valor a indicadores selecionados, baseado em uma pesquisa de percepção realizada por especialistas.

Como resultado, a pesquisa de Alwaer e Croome (2010) apresenta uma visão detalhada sobre a seleção de indicadores de construção sustentável e seu grau de importância, bem como testa a percepção crítica das partes interessadas e os valores de indicadores selecionados para edifícios inteligentes.

#### **2.2.10 Indicadores, eficiência energética, edifícios e método AHP – China**

Yang, BaizhanLi e Runmingyao (2010) descrevem um método de identificação e ponderação de indicadores para avaliação da eficiência energética em edifícios residenciais na China e propõem uma lista de indicadores para a avaliação de eficiência energética, para o quente verão e a fria zona de inverno na China, nos locais onde os fatores de diversidade de clima e tipos de construção devem ser levados em conta.

Identificar indicadores de avaliação requer método rigoroso para resolver os problemas de tomada de decisão multicritérios de escolha e priorização de ingredientes políticos. Desse modo, o método de pesquisa empregado aplicou uma ampla revisão de literatura e um levantamento de dados e opiniões através de questionários envolvendo especialistas na área, utilizando o processo de hierarquia analítica (AHP) para ponderar os indicadores identificados e o tamanho das amostras do inquérito.

#### **2.2.11 Método AHP - Brasil**

Shimizu (2010) apresenta as principais estratégias e metodologias de tomada de decisão utilizadas em diversos problemas das ciências humanas, exatas e da tecnologia, ilustrando problemas práticos de tomada de decisão; a obra também apresenta definições e casos de utilização do método de processo de hierarquia analítica (método AHP). O método AHP, em síntese, assume que um conjunto de critérios tenha sido proposto, e que se esteja tentando estabelecer um conjunto normalizado de pesos para ser usado quando as alternativas

que usam critérios estejam sendo comparadas. Envolve três fases para resolver o problema de decisão:

- ✓ Decomposição (1) - O princípio da decomposição pede a construção de uma rede hierárquica para representar um problema de decisão, representando o topo o objetivo global e os mais baixos níveis representam os critérios, subcritérios e alternativas;
- ✓ Julgamentos comparativos (2) – Solicita-se aos participantes do grupo de decisão a construção da matriz de comparação em cada hierarquia comparando pares de critérios e subcritérios. É apresentado nessa etapa uma balança de valores que variam de 1 (indiferença) a 9 (preferência extrema) para expressar a preferência de cada componente do grupo de discussão;
- ✓ Síntese de prioridades (3) – É a fase de calcular um peso composto para cada alternativa baseada em preferências derivadas da matriz de comparação.

### **2.2.12 Análise de agrupamentos, empresas - Brasil**

Piekarski e Torkomian (2010) apresentaram uma análise comparativa de métodos quantitativos de identificação de agrupamentos industriais (*cluster analysis*) adotados no Brasil. O embasamento é dado a partir de uma breve revisão conceitual sobre o tema, considerando a ampla discussão que envolve o termo agrupamento industrial, bem como da apresentação de quatro métodos de identificação utilizados.

Embora a existência de agrupamentos em determinada região a torne vulnerável às instabilidades do mercado devido à atividade industrial concentrada, o que é menos crítico para as regiões que apresentam produção diversificada, essas aglomerações são importantes para o desenvolvimento socioeconômico regional.

Em oposição às relações horizontais focadas em abordagens setoriais tradicionais, a abordagem dos agrupamentos ressalta a importância das relações verticais entre empresas diferentes e a interdependência sinérgica (as relações entre fornecedores, principais produtores e usuários, são tão importantes para a produção de inovações quanto a concorrência). Tais estudos identificam conexões de empresas e indústrias em termos de

tecnologia, habilidades, informações, marketing e necessidades de usuários, sendo ferramentas importantes para a formulação de políticas.

Além disso, tais estudos fornecem a possibilidade de caracterizar o papel do setor privado, governo, sindicatos, instituições educacionais e de pesquisa sob novas perspectivas, bem como apresentam oportunidades a firmas de todos os tamanhos, identificando oportunidades de desenvolvimento comum e possibilitando o direcionamento de investimentos públicos e privados.

O trabalho descreve quatro métodos quantitativos de identificação de agrupamentos adotados no Brasil, partindo do Quociente Locacional, largamente utilizado em estudos tais como Sebrae (2002) e Ipardes (2003), e que serve de embasamento ou é componente para as outras metodologias descritas, propostas por Suzigan et al. (2000), Britto e Albuquerque (2001) e Crocco et al. (2003), cuja análise comparativa também é apresentada.

### **2.2.13 Eficiência energética, especialistas, indústrias – Global**

Bunse et al. (2011) destacam em seu trabalho as necessidades das empresas industriais para a integração de desempenho de eficiência energética em gerenciamento da produção. O estudo analisa conceitos e ferramentas para medição, controle e melhoria da eficiência energética na gestão da produção; apresenta ferramentas e normalização das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) como importantes facilitadores para o uso eficiente da energia na produção; e as necessidades industriais nestas áreas são apresentadas com base em entrevistas com especialistas.

A fim de identificar as necessidades das empresas industriais de pesquisa na área de energia eficiente em manufatura, diferentes etapas foram aplicadas no âmbito das atividades da elaboração de roteiros do projeto e tais necessidades foram contrastadas com os conceitos propostos na literatura para apontar as lacunas de implementação entre a prática e a teoria.

### **2.2.14. Gestão estratégica industrial, indicadores - Brasil**

Macedo et al. (2012) apresentaram um estudo para verificar os conceitos e metodologias de planejamento e gestão estratégica adotados por indústrias de grande porte no Rio Grande do Norte (RN). Como suporte metodológico para tal estudo, foi realizado levantamento bibliográfico exploratório e descritivo, caracterizado como misto (qualitativo e

quantitativo) e, por fim, a coleta de dados através de uma pesquisa de campo para conhecer a aplicação dos principais conceitos referida “planejamento e gestão estratégica”.

O estudo permitiu verificar não apenas a adoção de práticas de planejamento e gestão estratégica mas também quais conceitos e metodologias são implantados pelas indústrias de grande porte, possibilitando a verificação e compreensão do planejamento e gestão estratégica praticados pelas empresas em análise.

Através do estudo, foi construído um modelo de referência para tratar a complexidade e a amplitude de aspectos que exigem conhecimentos, possibilitando estruturar um modelo capaz de verificar a adoção e prática empreendidas pelas empresas referentes aos processos de planejamento e gestão estratégica, visando facilitar a compreensão relacionada à prática.

Por fim, foi possível, a partir da aplicação da pesquisa de campo, conhecer a percepção dos gestores sobre a compreensão e adoção dos conceitos relacionados à prática do planejamento e gestão estratégica, caracterizados pela identidade organizacional, plano de ação, liderança, análises de mercado, processo de monitoramento e avaliação, comunicação e inovação.

Destacam-se fragilidades no processo de gestão, em especial procedimentos pouco sistemáticos de monitoramento de indicadores, iniciativas pontuais de práticas inovadoras e processos de comunicação restritivos a mecanismo convencionais, identificando-se oportunidades de incrementos mais expressivos que resultem em mecanismos mais eficazes de planejamento e gestão estratégica.

### **2.2.15 Análise de agrupamento, empresas - Brasil**

Couto e Galdi (2012) apresentaram estudo investigativo sobre melhoria de desempenho utilizando análise de agrupamento (*cluster analysis*) na seleção das empresas comparáveis. Para se analisar a desempenho, avaliou-se a faixa interquartil dos erros de apreçamento gerados quando as comparáveis pertenciam ao mesmo setor econômico versus quando pertenciam ao mesmo agrupamento. Adicionalmente foram realizados testes t-Student para comparar as médias das diferenças dos erros de apreçamento por setor econômico versus quando pertenciam ao mesmo agrupamento.

Este estudo verificou se existem evidências de que o método de avaliação de empresas por múltiplos tem seu desempenho aumentado, quando aplicado em conjunto com a ferramenta estatística por análise de agrupamento na seleção das empresas comparáveis, visto

que tal análise busca produzir agrupamentos com homogeneidade maximizada, e a avaliação por múltiplos requer empresas comparáveis semelhantes à empresa alvo. Os dados foram coletados no banco de dados Economática, utilizando as empresas de capital aberto negociadas na Bolsa do Estado de São Paulo (BOVESPA) e totalizam 1005 observações (empresas-ano) no período de 1994 a 2007.

Os resultados sugerem redução da dispersão dos erros de apreçamento, tendo a faixa interquartil como referência, indicando melhoria de desempenho do método de avaliação por múltiplos quando utilizado em conjunto com análise de agrupamentos. Contudo testes t-Student para comparação das médias das diferenças dos erros de apreçamento por setor econômico versus quando pertenciam ao mesmo cluster, não reforçam a conclusão da análise da faixa interquartil, indicando não haver melhoria de desempenho da metodologia de avaliação por múltiplos associada à ferramenta estatística análise de agrupamentos.

#### **2.2.16 Códigos de energia para instalações e outros instrumentos - Global**

Santos e Gonçalves (2012) apresentaram códigos, normas e diretrizes de desempenho energético que têm sido instrumentos fundamentais para melhorar a eficiência do uso de energia nos edifícios desde a década de 1970. Nos últimos anos, vários países têm se esforçado para desenvolvê-los ou aperfeiçoá-los, seja de modo independente ou formando redes de cooperação internacional.

O trabalho parte da conceituação dos diversos instrumentos existentes na atualidade, revendo a importância dos mesmos para a conservação de energia e, numa visão mais ampla, para o alcance da sustentabilidade. Apresenta uma revisão do conteúdo dos alguns códigos adotados em países dos cinco continentes, destacando suas características, semelhanças entre si e evoluções, com o objetivo de contribuir para que sejam mais bem compreendidos.

## CAPITULO 3

### 3 MATERIAL E MÉTODO

#### 3.1 INTRODUÇÃO

O estudo para a identificação de métodos para avaliação de indicadores de eficiência energética passou por diversos pontos, que vão desde um profundo levantamento bibliográfico, até a busca da opinião de especialistas de plantas industriais. Conforme identificado no levantamento bibliográfico apresentado, há carência de indicadores de desempenho de Eficiência Energética capazes de nortear efetivamente aos tomadores de decisão de plantas industriais a se posicionarem frente às questões relacionadas à energia nas suas atividades profissionais. Há, portanto, uma necessidade de estabelecer modelos e ferramentas de análise adequadas e fáceis de serem aplicadas para medir o desempenho e a evolução que as empresas estão fazendo em prol da sustentabilidade.

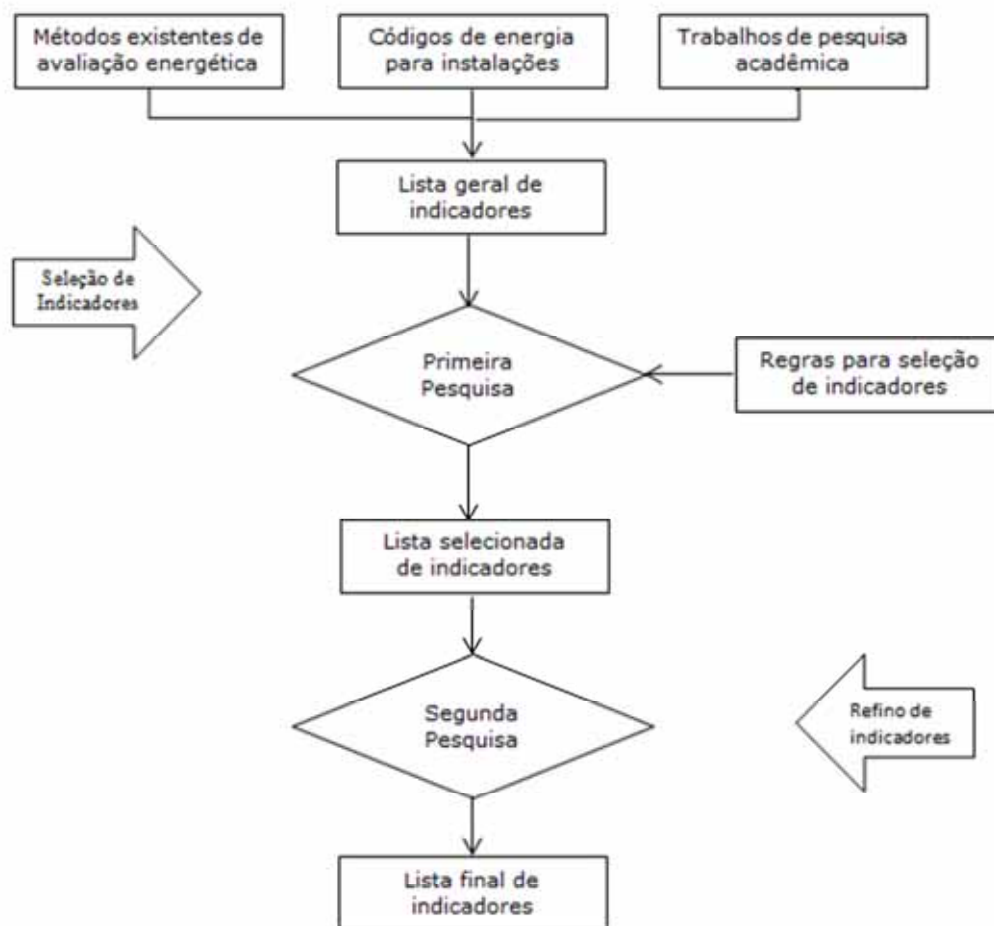
Este trabalho apresenta significativa relevância devido ao seu caráter de aplicação prática, aproximando a academia da indústria com foco nas questões de sustentabilidade e economia, uma vez que procura estabelecer diretrizes para comparação e ganho de eficiência de plantas industriais e suas edificações, contando com a participação e a colaboração de especialistas das próprias empresas envolvidas.

Busca, através de questionários especialmente desenvolvidos e de comparação (*benchmarking*) entre plantas industriais de diferentes setores da economia, avaliar a possibilidade de padronização/normatização para medir, de forma eficaz e com a devida profundidade, o melhor desempenho na utilização dos energéticos de forma racional e sustentável, possibilitando uma comparação de seus indicadores.

#### 3.2 PROPOSIÇÃO DO MÉTODO PARA IDENTIFICAÇÃO DE INDICADORES

O processo para estabelecer um conjunto abrangente de indicadores para avaliação de eficiência energética em plantas industriais e suas edificações é ilustrado na Figura 1, na qual são utilizados como premissa os métodos existentes de avaliação energética, apresentados na Tabela 1, os códigos e normas de energia para instalações dispostos na Tabela 2, assim como trabalhos de pesquisa acadêmica, obtidos através de uma ampla revisão da literatura e anteriormente citados no Capítulo 2.

Figura 1 - Método para identificação de indicadores



Fonte: adaptado de Yang, Li e Yao (2010)

A Tabela 1 apresenta uma relação de métodos existentes de avaliação energética, levantados na revisão da literatura, utilizados como premissa para a identificação de indicadores de eficiência energética existentes.

Tabela 1 - Métodos existentes de avaliação energética

LEED - Liderança em Energia e Projetos Ambientais - USA  
 BREEAM - Método do Instituto Britânico de Pesquisa para Avaliação Ambiental – Reino Unido  
 CASBEE - Sistema de Avaliação Compreensiva para Eficiência Ambiental de Edifícios - Japão  
 GBTool 2005 – Ferramenta operacional para avaliação ambiental (IiSBE, 2008) – Reino Unido  
 Rotina para Avaliação de Projetos Sustentáveis (ARUP, 2007) – Reino Unido  
 Diretiva para Desempenho Energético de Edifícios (Diretiva 2002/91/EC) – Comunidade Europeia

Fonte: adaptado de Yang, Li e Yao (2010)

A Tabela 2 apresenta uma relação de códigos e normas de energia para instalações existentes, levantados na revisão da literatura, utilizados como premissa para a identificação de indicadores de eficiência energética existentes.

Tabela 2 - Códigos e Normas de Energia para Instalações

- Guias técnicos para testes de eficiência energética e rotulagem em edifícios - China;
- Padrão de avaliação para a construção eficiente de energia - China
- Title 24 - Norma Californiana - EUA;
- MEC – Modelo de Código de Energia - EUA;
- ASHRAE Standard 90.1 – EUA;
- ASHRAE Standard 90.2 – EUA;
- IECC- Código Internacional de Conservação de Energia – EUA;
- Regulamentação para Etiquetagem Voluntária de Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos - Brasil;
- PROCEL - Plano de Ação para Eficiência Energética em Edificações do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - Brasil;
- ECCJ - Centro de Eficiência Energética do Japão - Japão;
- Critérios para clientes na racionalização do uso de energia para edifícios - Japão;
- CASBEE - Sistema de Avaliação Compreensiva para Eficiência Ambiental de Edifícios – Japão;
- Código de Eficiência Energética para Edifícios - Egito;
- BCA - Código Australiano para Edifícios – Austrália;
- Diretiva Europeia de Desempenho de Edifícios - Europa;
- BRE - Building Research Establishment – Reino Unido;

Fonte: adaptado de Yang, Li e Yao (2010)

Através da combinação de dados dos métodos existentes de avaliação energética (Tabela 1), códigos e normas de energia para instalações (Tabela 2) e dos trabalhos de pesquisa acadêmica, foi possível determinar a lista geral de indicadores, da qual oitenta e nove indicadores foram coletados (Tabela 3).

Tabela 3 - Indicadores de eficiência energética aplicáveis na indústria

01. Localização do edifício	32. Guia de orientação de conservação de energia para os ocupantes	61. Poluição eletromagnética
02. Planta que cobre área externa	33. Construtores atenciosos	62. Custo e economia
03. Redução de poluição de iluminação	34. Uso de tecnologias inovadoras	63. Impactos sociais
04. Conservação de Água	35. Utilização do calor do solo	64. Ruído
05. Emissão de CO <sub>2</sub>	36. Ambiente acústico de interiores	65. Relação Glaze de parede
06. Otimização do uso de energia	37. Ambiente visual de interiores	66. Implementação da Comissão Interna de Conservação de Energia - CICE
07. Greenpower	38. Utilização de fontes de energia renováveis	67. Forma da construção (Shape of building)
08. Gestão de resíduos de construção	39. Utilização indireta de fontes de energia renováveis	68. Uso da ventilação natural
09. Reuso de materiais de construção	40. Instalações de ar condicionado (diagnóstico energético de operação e manutenção)	69. Estanqueidade das janelas externas
10. Reciclagem de material de construção	41. Instalações de ventilação (natural e artificial – diagnóstico de operação e manutenção)	70. Redução de radiação solar para áreas industriais
11. Monitoramento de CO <sub>2</sub> de interiores	42. Instalações de iluminação artificial (diagnóstico de operação, manutenção e tempo de vida)	71. Densidade da área de construção
12. Melhoria da eficiência de ventilação	43. Fornecimento de água quente	72. Relação de cobertura vegetal da área planta
13. Gestão da qualidade do ar interior do canteiro de obras	44. Instalações de elevador	73. Distinção entre edifícios
14. Controle de vazão de ar do sistema de condicionamento	45. Instalações de eficiência energética predial	74. Valor de carga parcial (Integrado IPLV)
15. Umidade de ambiente interno	46. Gerenciamento da operação predial	75. Envelope de cores externas dos edifícios
16. Iluminação natural e cenário externo	47. Uso da água de chuva	76. Uso de energia solar
17. Minimizar o consumo de recursos energéticos	48. Reuso de recursos naturais	77. Coeficiente de sombreamento de janelas externas
18. Propriedades térmicas do envelope do edifício	49. Planejamento de projetos	78. Cobertura vegetal de telhados
19. Espaço seco	50. Uso de materiais recicláveis	79. Cálculo de carga de aquecimento por hora
20. Rotulagem (favorável) do ambiente de instalações prediais	51. Reuso de envelope predial	80. Cálculo da carga de refrigeração por hora
21. Iluminação interna	52. Reuso de materiais de construção	81. Medição de calor do sistema de aquecimento central
22. Iluminação Externa	53. Evitar o uso de gases Freon e Halon	82. Eficiência energética dos sistemas de aquecimento central bombeados
23. Transporte público	54. Orientação solar de edifício	83. Eficiência energética do sistema de abastecimento de água
24. Espaço de armazenamento para bicicletas	55. Emissão de gases de efeito estufa	84. Consumo de água anual
25. Infraestrutura de edifício industrial	56. Qualidade do ar interno	85. Medição de energéticos em tempo real
26. Eficiência energética do sistema de ar comprimido	57. Restrição de investimento em conservação de energia	86. Consumo de ar comprimido anual
27. Instalações de iluminação artificial	58. Reuso de águas industriais de descarte	87. Consumo de gás natural anual
28. Fontes de energia renovável e de baixo carbono	59. Consumo de energia elétrica anual	88. Caça vazamento para sistema de ar comprimido
29. Trabalho em casa	60. Correção do fator de potência	89. Caça vazamento para sistema de gás natural
30. Isolamento acústico		
31. O espaço privado		

Fonte: adaptado de Yang, Li e Yao (2010)

O próximo passo consistiu na identificação de empresas de uma mesma região, com características de infraestrutura similares, de grande porte e de diferentes setores de atuação, com as quais um primeiro levantamento (*survey*) por questionário foi aplicado com o objetivo de obter opiniões dos especialistas dessas empresas e estabelecer o perfil de eficiência energética das mesmas.

Os resultados desse primeiro levantamento foram analisados e confrontados a um conjunto de três regras estabelecidas por Yang et al. (2008), sumarizadas a seguir, e uma lista selecionada de vinte indicadores foi concebida (Tabela 4).

- (1) Regra de Viabilidade: requer a possibilidade de que um indicador pode ser avaliado pela tecnologia atual.
- (2) Regra da Integralidade: exige que a lista de indicadores identificados devam abranger os principais aspectos da avaliação de eficiência energética numa planta industrial.
- (3) Regra da Eficácia: exige que a lista de indicadores identificados possa ser aplicável nas plantas industriais, de forma reduzida, evitando duplicidade de informações e com um impacto mínimo de implantação.

Tabela 4 - Lista Selecionada de Indicadores de eficiência energética aplicáveis na indústria

Numero	Categorias	Indicadores
<b>Grupo1. Projeto do edificio da planta.</b>		
1	A1.	Orientação solar para posicionamento dos edificios (projeto)
2	A2.	Formato do edificio (arquitetura)
3	A3.	Pintura de fachada dos edificios
4	A4.	Uso de tecnologias inovadoras
<b>Grupo2. Desempenho do envelope.</b>		
5	B1.	Estanqueidade das janelas externas
6	B2.	Propriedades térmicas do envelope do edificio
7	B3.	Uso de energia solar
8	B4.	Uso da água de chuva
<b>Grupo3. Eficiência energética das instalações.</b>		
9	C1.	Ar comprimido
10	C2.	Ar condicionado
11	C3.	Iluminação
12	C4.	Correção do fator de potência
<b>Grupo4. Operação e manutenção.</b>		
13	D1.	(Guia de orientação para conservação de energia para os ocupantes da planta);
14	D2.	Implantação da CICE - Comissão Interna de Conservação de Energia;
15	D3.	Medição do consumo de energia em tempo real (elétrica, ar comprimido, gás natural e água)
16	D4.	Caça vazamento para sistema de ar comprimido e gás natural.
<b>Grupo 5 – Conforto, saúde e meio ambiente.</b>		
17	E1.	Monitoramento de emissão de CO2 de interiores
18	E2.	Umidade do ambiente interno (térmico)
19	E3.	Iluminação e acústica do ambiente interno
20	E4.	Qualidade do ar interno

Fonte: autoria própria

Um segundo levantamento por questionário foi realizado com o objetivo de obter as opiniões dos mesmos especialistas, para refinar a lista selecionada de indicadores. Nesta etapa foram trabalhadas duas informações importantes, a classificação dos indicadores e a sua aplicabilidade.

Neste segundo questionário, os vinte indicadores da lista selecionada foram distribuídos em cinco categorias, assim definidos: “Projeto da Planta”, “Desempenho do Envelope”, “Eficiência Energética das Instalações”, “Operação e Manutenção” e “Conforto, Saúde e Meio Ambiente”.

O método AHP foi usado para ponderar os indicadores identificados e o tamanho das amostras do inquérito e revelou-se suficiente para sustentar os resultados, o que tem sido validado por estimativa e consistência. Como resultado, foi obtida a ponderação e uma lista final de indicadores.

### 3.3 CÓDIGOS DE ENERGIA PARA INSTALAÇÕES E OUTROS INSTRUMENTOS:

De acordo com Deringer (2001) e Goulart (2005), códigos, normas e diretrizes são três instrumentos de destaque para melhoria de desempenho energético de edificações e meio eficaz para a conservação energética em muitos países, podendo ainda se caracterizar na forma de critérios, guias, leis, protocolos, provisões, regras, recomendações, requerimentos, regulamentos ou regulamentações, classificações (*ratings*), *benchmarkings*, certificações, sistemas de etiquetagem:

- ✓ **Códigos:** conjunto explícito de requerimentos mínimos, que fazem parte de uma lei (nacional, estadual ou local) e são associados a procedimentos de conformidade;
- ✓ **Normas:** são semelhantes aos códigos, entretanto, seu cumprimento não é obrigatório. Elas não têm força de lei e o seu desenvolvimento é feito baseado em consenso;
- ✓ **Diretrizes:** são menos rigorosas que normas ou códigos, porém, são importantes fontes de informação e podem ser até mais inovadores, já que sua aplicação não é compulsória. As diretrizes também podem ser chamadas de guias de procedimentos.

Os códigos contribuem para o desenvolvimento sustentável, pois são capazes de afetar positivamente a economia, o meio ambiente e o campo social da nação onde são aplicados adequadamente.

Existem várias semelhanças entre muitos códigos e isto em muito se deve à influência das normas norte americanas, que têm servido como referência, e tais semelhanças tendem a aumentar em algumas regiões. No entanto, é cada vez mais claro que fatores como características ambientais, tradição construtiva, cultura política e grau de desenvolvimento tecnológico não devem ser desconsiderados quando da elaboração, revisão ou adoção de um código por um país.

Apesar de avanços ao longo dos anos, alguns códigos ainda não estão vinculados a projetos de implantação, administração ou atualização efetiva, o que compromete suas chances de obter os resultados pretendidos.

Goulart (2005) define regulamento técnico como o instrumento que “estabelece requisitos técnicos obrigatórios de produtos, serviços ou processos, (...) além de procedimentos para avaliação da conformidade, como certificação”, podendo fazer referências à alguma norma.

Os códigos de desempenho energético de edifícios representam escolhas vantajosas que podem:

- ✓ Melhorar a eficiência da economia do país ao reduzir necessidade de investimentos em sistemas de geração, transmissão e distribuição. Por um lado, a energia não desperdiçada é disponibilizada para a produção de bens na indústria; por outro, os recursos econômicos poupados podem ser revertidos para projetos sociais;
- ✓ Reduzir a dependência de energia proveniente de outros países;
- ✓ Contribuir para a sustentabilidade energética do país diante do eventual crescimento da demanda energética;
- ✓ Desencadear avanços tecnológicos no setor da construção civil, aumentando a qualidade e competitividade de equipamentos e sistemas construtivos. Com isto, o mercado local/global pode ser estimulado e eventualmente os custos para o consumidor podem ser reduzidos;

- ✓ Estimular a adoção de formas de assentamento urbano mais eficiente e integrado, ao fomentar a geração de energia no local de consumo. Esta geração local hoje é viável com a instalação das tecnologias solar ou eólica, as quais dependem de acesso ao sol e ao vento para funcionarem; isto implica uma relação especial do local onde estiverem instaladas (edifício) com o seu entorno;
- ✓ Reduzir as emissões de poluentes atmosféricos advindos da produção de energia a partir de combustíveis fósseis.

### 3.4 CÓDIGOS DE DESEMPENHO ENERGÉTICO NO BRASIL

No Brasil, dentro do Sinmetro - Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial<sup>1</sup>, existem cinco formas básicas para se avaliar a conformidade de um produto a certos requisitos (INMETRO, 2007a): a etiquetagem, o ensaio, a certificação, a inspeção e a declaração da conformidade pelo fornecedor, os quais somente os três primeiros nos interessam e podem ser estabelecidos, por exemplo, por autoridades regulamentadoras.

- ✓ Etiquetagem: é um mecanismo em que “através de ensaios, é determinada e informada ao consumidor uma característica do produto, especialmente relacionada ao seu desempenho”, impulsionando o aperfeiçoamento do produto se for associado “ao estabelecimento de metas de desempenho”.

Seguindo modelo internacional (por exemplo: EurLex, 2007b) em favor do desempenho energético de produtos e de edifícios, estes recebem etiquetas com escala de cores associadas a letras do alfabeto que classificam sua eficiência a partir de “A”, o nível mais eficiente.

---

<sup>1</sup> O Sinmetro é um sistema constituído por entidades públicas e privadas que exercem atividades relacionadas com a metrologia, normalização, qualidade industrial e avaliação da conformidade. O Inmetro é o único organismo acreditador reconhecido pelo Sinmetro e internacionalmente acreditado como tal (<http://forumpatrimonio.com.br/editorial/diagedit3.php>).

Para a atestação da qualidade do produto existe ainda um selo afixável que, no caso de desempenho energético de equipamentos, é fornecido apenas aos melhores da categoria. Possui o nome de Selo PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica).

- ✓ Ensaio: consiste na determinação de uma ou mais características de uma amostra do produto, processo ou serviço, de acordo com um procedimento especificado.
- ✓ Certificação: é o mecanismo no qual uma organização independente acredita para executar essa avaliação através de ensaios; pode ser compulsória ou voluntária, dependendo do grau de “risco que oferece à saúde e à segurança dos cidadãos” (Inmetro, 2007b).

Associações civis também podem criar e conceder certificações a partir de requisitos definidos por elas próprias, sem força legal.

- ✓ LEED® - *Leadership in Energy and Environmental Design* ou Liderança em Energia e Projeto Ambiental é uma ferramenta pretensamente internacional desenvolvida nos EUA pelo *U. S. Green Building Council* para “orientação, mensuração e certificação de construções sustentáveis”, que inclui indicadores próprios de eficiência energética GBCBrasil (2007).

## CAPITULO 4

### 4. FERRAMENTAS EMPREGADAS

Para possibilitar o desenvolvimento da pesquisa e elaboração deste trabalho foram utilizadas basicamente quatro ferramentas, sendo elas o Survey Monkey, o Processo Analítico Hierárquico (Método AHP), a Análise de Agrupamento através do Software Minitab 16 e a abordagem de Porter, todos eles detalhados a seguir:

#### 4.1 SURVEY MONKEY®

Ferramenta de pesquisa da internet, flexível, robusta e confiável, que possibilita a coleta de dados em tempo real, de forma imparcial e respeito à necessária privacidade aos participantes questionados.

Neste trabalho, duas pesquisas foram elaboradas através de inquérito por questionário e aplicadas separadamente ao mesmo grupo de especialistas, com perguntas simples e objetivas visando colher informações sobre aplicação de tecnologias consideradas pilares da eficiência energética, das quais cada especialista informa tais condições dos ambientes de empresas em que trabalham.

Os questionários foram submetidos aos especialistas através da aplicação da ferramenta *Survey Monkey* ([www.surveymonkey.com](http://www.surveymonkey.com)), pela qual um *link* específico de acesso foi enviado a cada um deles através de e-mails via internet.

O retorno das informações foi coletado diretamente pela plataforma *on line* do *Survey Monkey*, tabulados e em seguida analisados, visando preparar material para as demais etapas da pesquisa. Tal plataforma garante a privacidade da identificação dos participantes e empresas, contudo possibilita a devida rastreabilidade das informações, além de condições de auditoria necessárias.

A Figura 2 apresenta uma visão macroscópica do processo de aplicação do questionário de pesquisa efetuado através do uso da ferramenta *Survey Monkey*. A aplicação do questionário segue duas etapas, sendo a primeira uma fase de teste e a segunda a aplicação do questionário propriamente dito:

#### **Fase de testes**

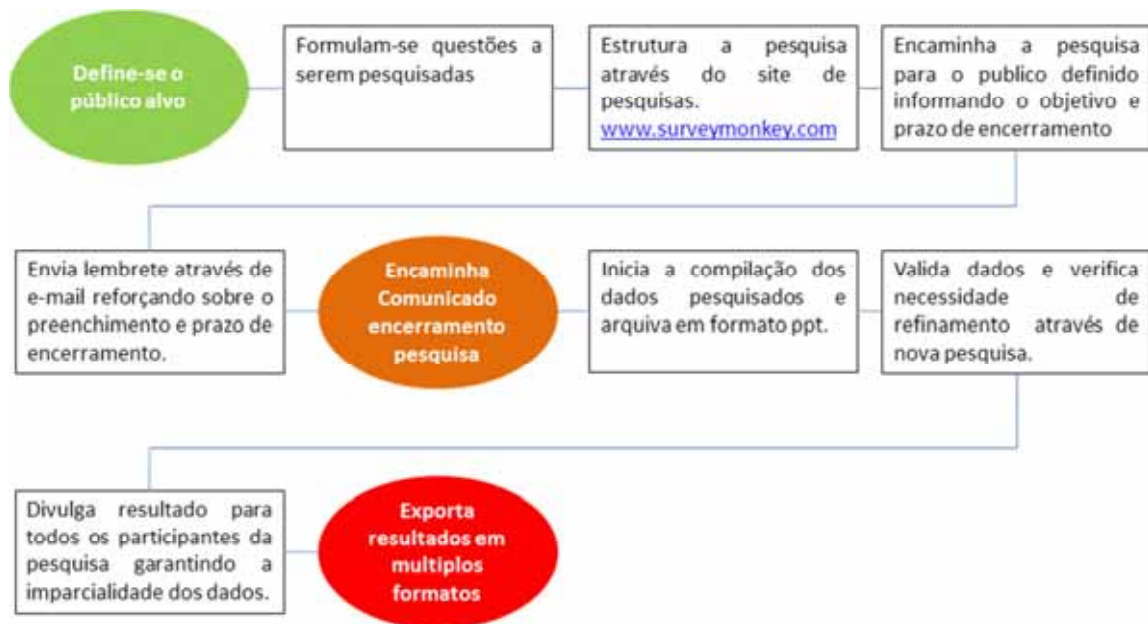
- ✓ Realização de testes parciais;

- ✓ Envio do questionário para colaboradores próximos visando garantir que as opções de perguntas e respostas sejam compreensíveis e que toda a lógica funcione;
- ✓ Coleta dos resultados pela Plataforma *Survey Monkey* e análise dos dados.

### Fase de aplicação

- ✓ Envio do questionário ao público-alvo através do *link* da ferramenta;
- ✓ Envio de lembrete por e-mail aos questionados visando garantir maior adesão;
- ✓ Compilação, validação e divulgação dos dados.

Figura 2 - Processo de aplicação do questionário



Fonte: Autoria própria

## 4.2 MÉTODO AHP

O processo analítico hierárquico (método AHP) ou “*Analytic Hierarchy Process*” (AHP) é provavelmente a ferramenta multi-criterial mais difundida no mundo. Foi desenvolvido pelo professor Thomas L. Saaty, em 1972, num estudo para a Fundação Nacional de Ciências dos Estados Unidos (NSF, na sigla em inglês) sobre o racionamento de energia para indústrias (durante o mesmo ano, Saaty criou a escala que relaciona as opiniões aos números). A maturidade aplicativa do AHP veio com o Estudo dos Transportes do Sudão em 1973. Em 1981, o professor Saaty publicou um livro intitulado *Processo Analítico*

Hierárquico: Planejamento, Definição de Prioridades, Alocação de recursos ou *Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*, consolidando seu método.

O AHP procura hierarquizar os objetivos por meio de comparações paritárias, ou seja, a preocupação está na obtenção de pesos para alternativas de sub-objetivo com relação a objetivos de ordem mais elevada e entre sub-objetivos. Por hierarquia entende-se um tipo particular de sistema, que é baseado no conceito de que as entidades que tenham sido identificadas podem ser agrupadas em conjuntos distintos, com as entidades de um grupo influenciando apenas um grupo a jusante e sendo influenciadas pelas entidades de apenas outro grupo a montante.

Um problema de decisão multicritério geralmente envolve a escolha de um número finito de alternativas baseadas num conjunto de critérios selecionados. Os problemas complexos da tomada de decisão são comuns numa infinidade de áreas, e desde os tempos remotos o homem tenta resolvê-los, apoiando-se em raciocínios dedutivos, a fim de guiar e validar as suas escolhas.

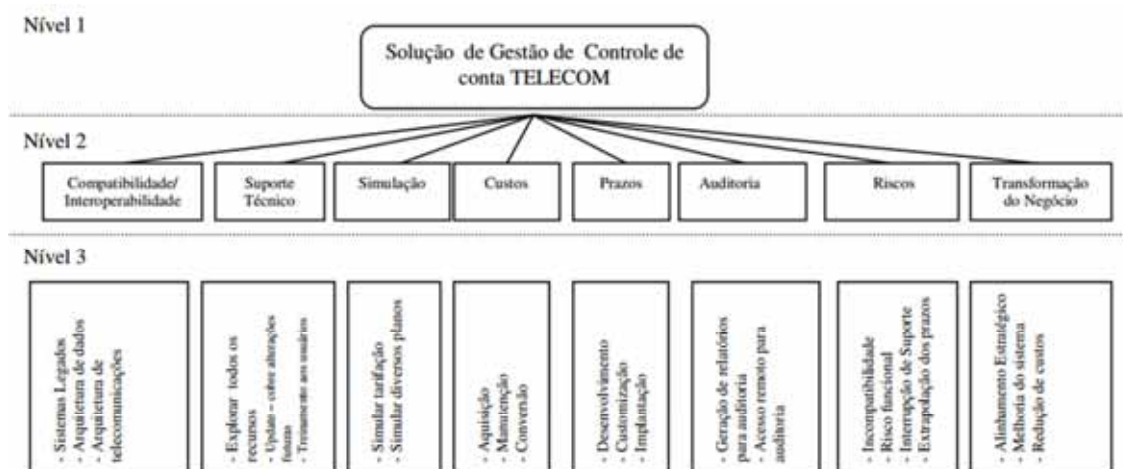
O Método de Análise Hierárquica pode ser considerado um método simples e confiável, pois permite a utilização de dados qualitativos e/ou quantitativos mensuráveis, sendo estes tangíveis ou intangíveis, na análise de critérios. Tem sido mundialmente utilizado para auxiliar os processos de decisão considerando os mais diversos fins, indo da análise do terrorismo até à disposição de recursos em questões governamentais.

#### **4.2.1 Aplicação do método AHP**

De acordo com Shimizu (2001), a estruturação de um problema no Método AHP começa com a definição de um objetivo global desejado. A partir do objetivo principal, definem-se os sub-objetivos ou critérios numa estrutura de árvore, sendo o objetivo global a raiz. À medida que se afasta da raiz, obtém-se fatores mais específicos, e os extremos (as folhas) representam os fatores ou critérios de avaliação. As fases de um problema de decisão são:

- 1. Decomposição** - O princípio da decomposição pede a construção de uma rede hierárquica para representar um problema de decisão (Figura 3), representando o topo o objetivo global (nível 1) e os mais baixos níveis representam os critérios (nível 2), subcritérios e alternativas (nível 3);

Figura 3 - Árvore hierárquica de decisão



Fonte: Adaptação de Bitencourt e Borenstein (2002); Saaty (1991)

A formulação da árvore de hierarquia proporciona numa visualização clara e objetiva para a formulação e solução do problema, considerando na discussão de sua elaboração dimensões de: mensurabilidade, representatividade e diferenciação conforme Bitencourt e Borenstein (2002) e Saaty (1991).

**2. Julgamentos comparativos** – em seguida é construída a matriz de comparação paritária em cada hierarquia comparando pares de critérios e subcritérios.

Antes da etapa da comparação de escala, todos os participantes do grupo de discussão, especialistas que fazem parte do levantamento de opiniões, receberam as instruções de como fazer a comparação das alternativas.

Seus julgamentos e a importância de cada alternativa sobre a outra podem ser feitos subjetivamente e convertidos em valores numéricos usando uma escala de 1 a 9, em que 1 denota igual preferência e 9 denota alto grau de preferência (Tabela 5).

Tabela 5 - Escala de nove pontos para comparações paritárias

$a_{ij}$	Definição
1	Indicador i e o indicador j são igualmente preferíveis
2	Indicador i é igualmente para moderadamente preferíveis a o indicador j
3	Indicador i é moderadamente preferível a o indicador j
4	Indicador i é moderadamente para fortemente preferível a o indicador j
5	Indicador i é fortemente preferível a o indicador j
6	Indicador i é fortemente para muito fortemente preferível a o indicador j
7	Indicador i é muito fortemente preferível a o indicador j
8	Indicador i é muito fpara extremamente preferível a o indicador j
9	Indicador i é extremamente preferível a o indicador j

Fonte: Saaty (1991)

Suponha que existam “**m**” questionários a peso “**n**” indicadores preenchidos, a matriz de comparação individual do perito e podem ser listados pela Equação 4.1 de Saaty (1991)

$$A_e = \begin{pmatrix} a_{11}^e & a_{12}^e & \dots & a_{1n}^e \\ a_{21}^e & a_{22}^e & \dots & a_{2n}^e \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1}^e & a_{n2}^e & \dots & a_{nn}^e \end{pmatrix}$$

(4.1)

Sendo

$A_e$  = é a matriz individual de comparação dos especialistas e,  $e = 1, 2, \dots, m$ ,

$a_{ij}^e$  = é a importância relativa entre indicador “**i**” e “**j**” baseados no julgamento dos especialistas e, o valor referenciado no método de nove pontos recomendado por Saaty e listada na Tabela 5,  $i = 1, 2, \dots, n$   $j = 1, 2, \dots, n$   $a_{ij}^e = 1 / a_{ji}^e$ .

Para efeito de notação, a matriz de comparação paritária para n elementos conforme Saaty (1991) é demonstrada na Tabela 6:

Tabela 6 - Matriz de comparação paritária

Matriz A	Compatib./ Interoperab.	Suporte Técnico	Simulação	Prazos	Custos	Auditoria	Riscos	Transform. do negócio
Compatib./Interoperab.	1	4	5	3	3	5	3	3
Suporte Técnico	1/4	1	3	2	2	1	1/2	1
Simulação	1/5	1/3	1	1/2	1	1/3	1/4	1/2
Prazos	1/3	1/2	2	1	4	2	1/2	2
Custos	1/3	1/2	1	1/4	1	1/2	1/3	1
Auditoria	1/5	1	3	1/2	2	1	1/3	2
Riscos	1/3	2	4	2	3	3	1	2
Transform. do negócio	1/3	1	2	1/2	1	1/2	1/2	1

Fonte: Adaptado de Saaty (1991)

Os dados de julgamento convertidos em valores numéricos da escala de nove pontos de Saaty (Tabela 5) são inseridos na matriz de comparação paritária, definindo os valores de importância do relacionamento de cada fator  $i$  com outro fator  $j$  (Tabela 6).

Por exemplo, o julgador entende que o critério Suporte Técnico é “moderadamente para fortemente preferível” a Compatibilidade/Interromperabilidade, dessa forma atribuiu conceito 4 na coluna 2 da linha 1 da matriz. Da mesma forma entende que Simulação é “fortemente preferível” a Compatibilidade/Interromperabilidade e atribuiu conceito 5 na coluna 3 da linha 1 (Tabela 6).

**3. Prioridade relativa** – Define a priorização dos critérios estabelecidos na matriz de comparação paritária (Tabela 7).

A prioridade relativa é obtida pela aplicação do processo a seguir, em duas etapas:

**Primeira etapa:** é efetuada a normalização dos valores da matriz dividindo cada elemento de uma coluna pela soma de todos os elementos da respectiva coluna. Por exemplo,  $1 / 2,98$  (coluna 1 da linha 1 /  $\Sigma$  coluna 1). O resultado do cálculo de toda a matriz é chamado de matriz normalizada, que é definida pela equação 4.2 de Saaty (1991):

$$A' = [ a'_{ij} ] \text{ onde } a'_{ij} = a_{ij} / \sum_{k=1}^n a_{ik} \text{ para } 1 \leq i \leq n, \text{ e } 1 \leq j \leq n. \quad (4.2)$$

**Segunda etapa:** calcula-se o valor médio em cada linha da matriz normalizada para obter a prioridade relativa, ou seja, a prioridade de cada critério é a média aritmética dos valores da linha, o qual é determinado pela equação 4.3 de Saaty (1991):

$$W = [ w_k ] \text{ onde } w_k = \sum_{i=1}^n a'_{ik} / n \text{ para } 1 \leq j \leq n, \text{ e } 1 \leq k \leq n. \quad (4.3)$$

Por exemplo, a prioridade do critério da 1ª linha da Tabela 7 é igual a soma dos valores normalizados de A a H, dividido por  $n = 8$  elementos, que é igual a 0,335. A Tabela 7 apresenta a matriz normalizada, demonstrando a prioridade relativa.

A prioridade relativa obtida para seleção da decisão conforme Tabela 7 seria obtida para os seguintes valores: A = 0,316 (1º); B = 0,110 (4º); C = 0,123 (8º); D = 0,123 (3º); E = 0,058 (7º); F = 0,095 (5º); G = 0,177 (2º) e H = 0,076 (6º).

Tabela 7 - Matriz normalizada e Prioridade Relativa

	A	B	C	D	E	F	G	H	Prioridade Relativa	Prioridade
A	0,335	0,387	0,238	0,308	0,176	0,375	0,468	0,240	0,316	1°
B	0,084	0,097	0,143	0,205	0,118	0,075	0,078	0,080	0,110	4°
C	0,067	0,032	0,048	0,051	0,059	0,025	0,039	0,040	0,045	8°
D	0,112	0,048	0,095	0,103	0,235	0,150	0,078	0,160	0,123	3°
E	0,112	0,048	0,048	0,026	0,059	0,038	0,052	0,080	0,058	7°
F	0,067	0,097	0,143	0,051	0,118	0,075	0,052	0,160	0,095	5°
G	0,112	0,194	0,190	0,205	0,176	0,225	0,156	0,160	0,177	2°
H	0,112	0,097	0,095	0,051	0,059	0,038	0,078	0,080	0,076	6°

Fonte: Adaptada de Saaty (1991)

**4. Determinação da Consistência** – Verifica se os valores das prioridades relativas estão consistentes. De acordo com Saaty (1991) a taxa de consistência (CR) deve ser inferior a 0,10, caso contrário, a matriz de comparação paritária original deve ser reavaliada. O método para calcular a consistência no AHP é demonstrado a seguir:

- a) Cálculo do índice de consistência (CI) é demonstrado pela Equação 4.4 de Saaty (1991)

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (4.4)$$

sendo:

$\lambda_{\max}$  = Autovetor máximo da matriz de comparação;

n = Existem n linhas e n colunas em uma matriz de comparação (ou seja, existem n indicadores que precisam ser ponderados).

Tabela 8 - Matriz normalizada e Prioridade Relativa com Autovetor do Peso

	A	B	C	D	E	F	G	H	Prioridade Relativa	Prioridade	Autovetor do Peso	Peso
A	0,335	0,387	0,238	0,308	0,176	0,375	0,468	0,240	0,316	1°	0,302753	32%
B	0,084	0,097	0,143	0,205	0,118	0,075	0,078	0,080	0,110	4°	0,103405	11%
C	0,067	0,032	0,048	0,051	0,059	0,025	0,039	0,040	0,045	8°	0,043188	5%
D	0,112	0,048	0,095	0,103	0,235	0,150	0,078	0,160	0,123	3°	0,111115	12%
E	0,112	0,048	0,048	0,026	0,059	0,038	0,052	0,080	0,058	7°	0,052812	6%
F	0,067	0,097	0,143	0,051	0,118	0,075	0,052	0,160	0,095	5°	0,087657	9%
G	0,112	0,194	0,190	0,205	0,176	0,225	0,156	0,160	0,177	2°	0,173905	18%
H	0,112	0,097	0,095	0,051	0,059	0,038	0,078	0,080	0,076	6°	0,072049	8%
	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000		0,946885	100%

Fonte: Adaptada de Saaty (1991)

Para obter o Autovetor máximo da matriz de comparação ( $\lambda_{max}$ ), é preciso determinar o Autovetor do peso de cada linha da Tabela. O Autovetor do peso é determinado pela média geométrica ou multiplicação dos valores normalizados de cada coluna, elevados por  $1/n$ .

Por exemplo: Na Tabela 8, multiplicam-se os valores das colunas de A a H da 1ª linha, em seguida eleva o resultado a  $1/n$ , sendo  $n = 8$ .

$$(0,335*0,387*0,238*0,308*0,176*0,375*0,468*0,240)^{1/8} = 0,302753$$

Os pesos são determinados pela divisão de cada Autovetor de peso pela somatória dos Autovetores de peso.

Por exemplo, da Tabela 8, o Autovetor do Peso de  $0,302753 / (0,302753 + 0,103405 + 0,043188 + 0,111115 + 0,052812 + 0,087657 + 0,173905 + 0,072049) = 0,32$  ou 32%.

O Autovetor máximo da matriz de comparação ( $\lambda_{max}$ ) é determinado pela somatória dos valores obtidos com a soma de cada coluna da matriz de comparação paritária multiplicado pelo Autovetor de Peso.

Por exemplo:  $(\lambda_{max}) = (2,98*0,302753) + (10,33*0,103405) + (21*0,043188) + (9,75*0,111115) + (17*0,052812) + (13,33*0,087657) + (6,42*0,173905) + (12,50*0,72049)$

- b)** Identificar o índice aleatório (RI) da coerência. De acordo com Saaty (1991), o valor de RI depende do número de critérios de decisão e é fornecido pela Tabela 9.

Por exemplo, para  $n = 8$ , o valor de RI é de 1,41 (conforme observado na Tabela 9).

Tabela 9 - Índice aleatório (RI) no método AHP

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Fonte: Saaty (1991)

- c)** Cálculo da razão da consistência (CR) é dado pela Equação 4.5 de Saaty (1990)

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} \quad (4.5)$$

Por exemplo, o CR da Tabela 8 é de 0,005 (Tabela 10) e é inferior a 0,1 ( $\lambda$ ) sendo considerado aceitável, conforme recomendação de Saaty (1991).

Tabela 10 - Determinação da Consistência

$\lambda_{max}$	CI	CR	$\lambda$	Verificação
8,045	0,006	0,005	0,10	ok

Fonte: adaptado de Saaty (1991)

**5. Matrizes de comparação em grupo** – Em seguida foi sintetizada cada matriz de comparação individual para produzir matrizes de comparação dos grupos pela média geométrica das matrizes de comparação individuais, o qual é determinado pela equação 4.6 de Saaty (1991).

O cálculo das matrizes de comparação em grupo é obtido pela Equação 4.6 (SAATY, 1991):

$$A = \begin{pmatrix} \sqrt[m]{a_{11}^1 \times a_{11}^2 \times \dots \times a_{11}^m} & \sqrt[m]{a_{12}^1 \times a_{12}^2 \times \dots \times a_{12}^m} & \dots & \sqrt[m]{a_{1n}^1 \times a_{1n}^2 \times \dots \times a_{1n}^m} \\ \sqrt[m]{a_{21}^1 \times a_{21}^2 \times \dots \times a_{21}^m} & \sqrt[m]{a_{22}^1 \times a_{22}^2 \times \dots \times a_{22}^m} & \dots & \sqrt[m]{a_{2n}^1 \times a_{2n}^2 \times \dots \times a_{2n}^m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sqrt[m]{a_{n1}^1 \times a_{n1}^2 \times \dots \times a_{n1}^m} & \sqrt[m]{a_{n2}^1 \times a_{n2}^2 \times \dots \times a_{n2}^m} & \dots & \sqrt[m]{a_{nn}^1 \times a_{nn}^2 \times \dots \times a_{nn}^m} \end{pmatrix} \quad (4.6)$$

Sendo

A = matriz de comparação do grupo peso dos indicadores

m = número de especialistas no grupo.

Cabe ressaltar que em um grupo de decisão, o método AHP não limita o número de membros do grupo, contudo aumentar o número de membros leva a uma maior carga de cálculo, fato que deve ser levado em consideração devido a possibilidade de limitação computacional em utilização.

A Tabela 11 apresenta a composição dos pesos dos vários avaliadores do grupo de discussão. A prioridade relativa geral do grupo de discussão é obtida pela média aritmética das prioridades dos julgadores.

Tabela 11 - Composição da prioridade relativa do grupo de discussão

CRITÉRIOS	Avaliador 1	Avaliador 2	Avaliador 3	Avaliador 4
A	0,102	0,124	0,229	0,316
B	0,076	0,078	0,13	0,110
C	0,239	0,029	0,114	0,045
D	0,043	0,187	0,093	0,123
E	0,145	0,106	0,042	0,058
F	0,098	0,086	0,079	0,095
G	0,024	0,174	0,213	0,177
H	0,273	0,216	0,100	0,076

Fonte: Adaptado de Saaty (1991)

### 4.3 ANÁLISE DE AGRUPAMENTO

A Análise de Agrupamento ou *Cluster Analysis* é um grupo de técnicas de análise multivariada cujo propósito primário é reunir objetos baseado nas características dos mesmos. Ela classifica objetos segundo aquilo que cada um deles tem de similar a outros dentro do grupo com respeito a um critério de seleção pré-determinado (produtos ou outras entidades).

O grupo resultante deve então exibir um alto grau de homogeneidade interna (*within-cluster*) e alta heterogeneidade externa (*between-cluster*).

Busca-se, através do estudo do comportamento de variáveis selecionadas, perquirir quanto à existência ou não de setores que apresentem comportamentos similares ou dissimilares suficientemente significativos para permitir afirmar a existência de agrupamentos naturais dentre os setores que norteiam a pesquisa, tomados como parâmetro de indicadores de conduta e desempenho. As variáveis serão especificadas adiante, onde será detalhada a metodologia da pesquisa.

No sentido de eleger o algoritmo de agrupamento, escolher-se-á o *complete linkage* como critério hierárquico de agrupamento, que é baseado na distância máxima entre os objetos colocados no mesmo grupo. Por essa razão, ele é algumas vezes referido como a abordagem do vizinho mais longe (*furthest neighbor*) ou como um método de diâmetro.

A distância máxima entre indivíduos em cada grupo representa a menor mínimo diâmetro esfera que pode englobar todos os objetos de ambos os grupos.

A razão pela escolha dessa técnica é que ela elimina o problema da cadeia ou corrente prolongada (*single linkage*). Em decorrência disso, as chances de se obter grupos mais equilibrados e menos dissimilares aumentam.

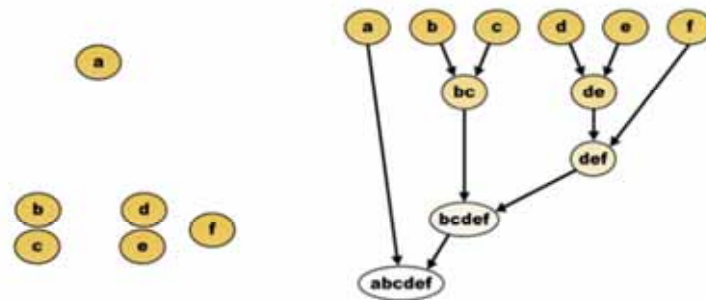
Para preestabelecer um intervalo de número de grupos aceitáveis, antes de rodar a primeira análise, convém estabelecer uma faixa de número de grupos julgada adequada, tendo em vista os objetivos da pesquisa e o conhecimento que se tem do universo estudado.

Cabe ressaltar que esta ferramenta tem sido uma importante ferramenta para se analisar o relacionamento entre estratégia, ambiente, liderança organizacional e desempenho.

### 4.3.1 Aplicação do software minitab 16 - análise de agrupamento

O software “Minitab 16” utiliza um método de agrupamento hierárquico para análise e formação de agrupamentos. Inicia com conjuntos de membros individuais, que são então fundidos para formar grupos maiores, conforme demonstrado na Figura 4.

Figura 4 - Método aglomerativo



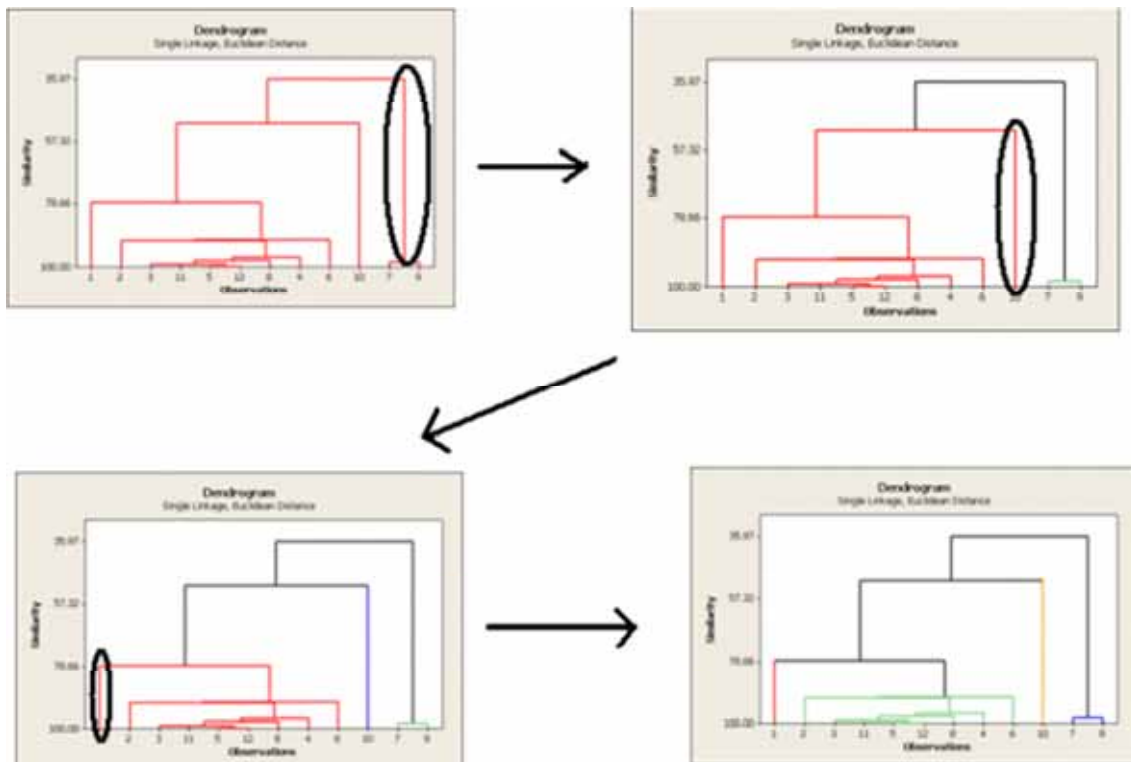
Fonte: software “Minitab 16”

No primeiro passo, as duas observações mais próximas em conjunto são unidas. No passo seguinte, ou uma terceira observação junta às duas primeiras, ou duas outras observações se juntar para formar um conjunto diferente. Este processo continuará até que todos os grupos são unidos em um só, no entanto, este único cluster não é útil para fins de classificação. Assim sendo, o pesquisador deve decidir quantos grupos são lógicos para os seus dados e classificar de acordo.

O agrupamento final aglomerado, também chamada de partição final, que irá identificar grupos cujas observações ou variáveis compartilham características comuns. A decisão sobre o agrupamento final também é chamada de corte do “dendrograma”. O dendrograma completo ou diagrama de árvore é uma representação gráfica da fusão de observações ou variáveis em um agrupamento. Cortar o dendrograma é semelhante a desenhar uma linha em todo o dendrograma para especificar o agrupamento final.

Na figura 5 demonstra-se como software “Minitab 16” determina o agrupamento com a partição final de quatro grupos. O mesmo método se aplica a busca pelo nível de similaridade. Caso seja especificada uma similaridade de 50%, em seguida, ele identifica os percursos mais rápidos a 100% de similaridade a partir deste ponto de partida. Se uma linha vertical é um tiro em linha reta até 100%, é um agrupamento. Se outra linha é um tiro direto para um grupo de outras observações, então, que todo o grupo é um agrupamento.

Figura 5 - Exemplo de determinação do dendrograma



Fonte: Software - Minitab 16

Características sobre agrupamento hierárquico:

- ✓ Adequado para amostras menores, ou seja, < 250.
- ✓ Quanto maior for o coeficiente de distância, mais aglomeração envolve a combinação diferente de entidades, as quais podem ser indesejáveis;
- ✓ O pesquisador deve especificar a similaridade / distância, como os clusters são agregados, e quantos grupos são necessários.
- ✓ Clusters são aninhados em vez de ser mutuamente exclusivos.

#### 4.4 ABORDAGEM DE PORTER

A abordagem de Porter (2004) foi utilizada neste trabalho como referência para a seleção das empresas a fazerem parte do grupo de pesquisa para comprovação do método proposto. O método busca, através da tipologia proposta por Porter (2004), responder à questão sobre a diferença entre as empresas quanto a finalidade de utilização das práticas de gestão de custos e de energia no suporte as suas estratégias.

Para alcançar os resultados esperados, utiliza-se a metodologia de classificação proposta por Cooper e Schindler (2003), através de procedimento de interrogação por meio de questionário. Porter (2004) afirma que o futuro das empresas pode ser identificado a partir da construção de um cenário que represente situações que considerem os fatores políticos, econômicos, ambientais e sociais, de modo a prever incertezas e, conseqüentemente, auxiliar os gestores na tomada de decisão.

Para Porter (2004), estas decisões perpassam estratégias genéricas, que podem ser utilizadas de forma isolada ou combinada, visando estabelecer referências para melhoria da posição competitiva dos produtos e serviços das empresas no segmento em que atua, enfatizando a estratégia competitiva de custo, de diferenciação e foco.

De acordo com Machado (2008) as empresas qualificadas com posicionamento estratégico de diferenciação apresentaram maiores medias em função da estratégia adotada, tanto para a variável que indicava finalidade de planejamento e controle de custos, quanto para variável que indicava a finalidade de acompanhamento dos resultados.

O modelo desenvolvido por Porter (2008) evolui para a cadeia de valores integrados e envolve as relações com os fornecedores, ciclos de produção e de venda até a fase da distribuição final, ou seja, permite mapear como uma atividade de valor é realizada em relação às demais, na busca de diferenciais competitivos, podendo configurar a diferença entre o fracasso e o sucesso de uma empresa.

Apoiado nessa afirmação, um grupo de empresas selecionadas de uma região específica, com posicionamento estratégico em diferenciação, foram contatadas e convidadas a participar da pesquisa. Este modelo considera importante a diversidade dos setores de atuação das empresas participantes, havendo foco na gestão estratégica na energia e a necessária isonomia na inter-relação entre as empresas selecionadas.

## CAPITULO 5

### 5 COLETA DE DADOS E APLICAÇÃO DO MÉTODO

#### 5.1 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Para o desenvolvimento da pesquisa foi proposta a seguinte sequência:

- ✓ Estabelecer a lista geral de indicadores de eficiência energética;
- ✓ Levantar o grupo de empresas do setor industrial de várias áreas de atuação em uma região específica, com as mesmas condições climáticas e políticas;
- ✓ Definir o perfil das plantas industriais a serem analisadas;
- ✓ Levantar os especialistas das empresas participantes;
- ✓ Estruturar o primeiro questionário para obtenção da opinião dos especialistas;
- ✓ Aplicar a primeira pesquisa aos especialistas;
- ✓ Definir a lista selecionada de indicadores de eficiência energética baseado nos resultados e análise da pesquisa, aplicação de regras para seleção e ferramentas especificadas no Capítulo 3;
- ✓ Estruturar o segundo questionário para obtenção da opinião dos especialistas;
- ✓ Aplicar a segunda pesquisa aos mesmos especialistas;
- ✓ Definir a lista final de indicadores de eficiência energética baseado nos resultados e análise da pesquisa e aplicação de ferramentas especificadas no Capítulo 3;
- ✓ Apresentação de resultados.

#### 5.2 METAS E CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA

- ✓ Desenvolver metodologia capaz de suportar os resultados esperados e que possam ser validados por estimativa consistente;
- ✓ Propor lista de indicadores de Eficiência Energética abrangente e capaz de monitorar vários segmentos industriais, com capacidade de utilização para todo o território brasileiro, respeitando as características regionais, clima e formas de gestão;

- ✓ Fornecer importantes referências para aplicação de políticas de Eficiência Energética, através da combinação e aplicação de questionários desenvolvidos com a colaboração de especialistas de empresas industriais em várias áreas de atuação.

### 5.3 CONJUNTO DE ATORES

Os dados validados deste trabalho são importantes para um número de partes interessadas, que cobrem todas as camadas de atores envolvidos, a saber:

- ✓ Os provedores de dados: Esta categoria pode constituir de privado ou público, regional, nacional ou instituições internacionais que contribuem. Eles podem variar de organizações industriais ou comerciais, ministérios ou órgãos governamentais, ou mesmo de ONGs aos peritos singulares.
- ✓ Os tomadores de decisão: Esta categoria refere-se a pessoas que necessitam de dados harmonizados para apoiar o seu processo de tomada de decisão. Portanto, esta camada inclui os “decisores” de empresas industriais em nível nacional e também regional. Também estão incluídos os tomadores de decisão interessados em comércio, educação e na comunidade científica.
- ✓ Público: Esta categoria inclui todos os cidadãos interessados em novas tecnologias energéticas, que quer ser atualizado sobre os desenvolvimentos recentes.

### 5.4 SELEÇÃO DE EMPRESAS E ESPECIALISTAS

Um grupo de sete empresas do setor industrial baseadas na região do Vale do Paraíba/SP foi definido como base para este trabalho, em que seus colaboradores de várias áreas de atuação participaram da equipe de especialistas, opinando de acordo com os inquéritos enviados para a realização da atividade.

Participaram desta pesquisa empresas de vários setores industriais, sendo aeronáutico, automobilístico, equipamentos industriais, máquinas e equipamentos pesados, metalúrgico e químico.

Os especialistas foram selecionados pelas empresas participantes dentre seus colaboradores, com o seguinte perfil:

- ✓ Formação em engenharia com mais de cinco anos de experiência;
- ✓ Atuação na área de eficiência energética ou infraestrutura a menos dois anos de experiência na empresa definida;
- ✓ Ter disponibilidade para responder a pesquisa em tempo hábil, entendendo e repassando as informações requeridas;

A partir da distribuição dos sujeitos da pesquisa, pode-se verificar que a pesquisa foi orientada para profissionais com experiências práticas. Esta poderia ser uma limitação de acordo com método de levantamento acadêmico convencional, no entanto, essa limitação pode ser compensada pelo método de decisão de grupo, onde segundo Robert e Ernest (1992), apresentam vantagens de julgamento mais justo e combate individualismo extremos.

#### **5.4.1 Primeira pesquisa**

A primeira atividade desta etapa do trabalho foi a elaboração de um questionário de pesquisa básico, com trinta e oito perguntas simples e objetivas visando colher informações sobre aplicação de tecnologias consideradas pilares da eficiência energética, das quais cada especialista informa tais condições dos ambientes de empresas em que trabalham (APÊNDICE A).

Os questionários foram submetidos aos especialistas através da aplicação da ferramenta *Survey Monkey*, com um *link* específico de acesso enviado a cada um deles por e-mail.

O retorno das informações foi coletado diretamente pela plataforma *on line* do *Survey Monkey*, tabulados e em seguida analisados, no sentido de preparar material para as demais etapas da pesquisa. Tal plataforma garante a privacidade da identificação dos participantes e empresas, contudo possibilita a devida rastreabilidade das informações, além de condições de auditoria necessárias.

O *link* para pesquisa esteve disponível aos usuários entre os dias 01 de outubro a 30 de novembro de 2013 (durante 60 dias) e participaram da pesquisa sete (7) empresas da região do

Vale do Paraíba, sendo que todos os especialistas das empresas foram contatados antecipadamente e todas as informações sobre a pesquisa foram esclarecidas visando garantir a efetividade da participação.

Após a aplicação da pesquisa, buscou-se na análise dos dados, pontos convergentes da aplicação de eficiência energética ou consciência de sua necessidade, no sentido de identificar níveis de intensidade e comparação entre as empresas.

Os dados foram analisados através da abordagem de Porter (2004), aplicação do Minitab 16 e das regras para seleção de indicadores para determinar a Lista Seleccionada de Indicadores de eficiência energética, no sentido de preparar material para as demais fases de trabalho.

As Figuras 6 e 7 ilustram o modelo de uma página do questionário sendo a primeira o questionário enviado e a segunda o resultado conforme a plataforma *Survey Monkey* utilizada.

Figura 6 - exemplo do questionário da primeira pesquisa

**Questionário de Eficiência Energética - CICE**

**1. Sua empresa trabalha com ações coordenadas de eficiência energética?**

Sim  
 Não

Outro (especifique)

**2. Há alguma iniciativa interna de funcionários ou áreas atuando em eficiência energética?**

Sim  
 Não

Outro (especifique)

**3. Quais os tipos de utilidades / combustíveis que sua empresa utiliza?**

Energia elétrica  
 Energia Solar  
 Gás Natural  
 Gás Liquefeito de Petróleo  
 Diesel  
 Gasolina  
 Etanol  
 Ar comprimido  
 Ar condicionado central  
 Split  
 Janela  
 Vapor  
 Caldeiras

Outro (especifique)

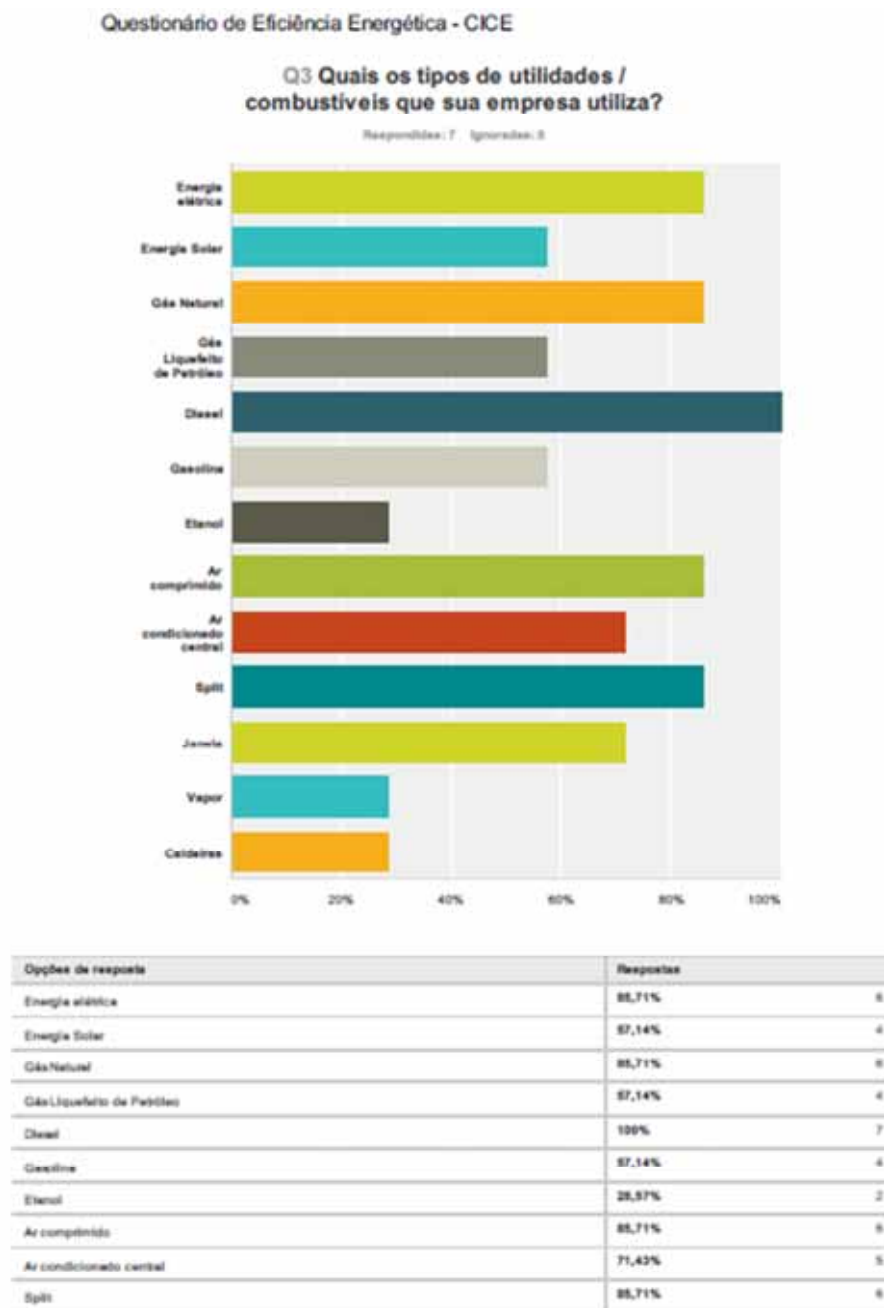
**4. Há um setor ou área responsável pelos energéticos em sua empresa?**

Sim  
 Não

Outro (especifique)

Fonte: autoria própria

Figura 7 - exemplo de resposta da primeira pesquisa



3/39

Fonte: autoria própria

#### 5.4.2 Segunda pesquisa

Para a preparação da segunda pesquisa, uma lista selecionada de indicadores foi estabelecida através da análise das informações levantadas na primeira pesquisa, das regras estabelecidas por Yang, Li e YAO (2008), da lista geral de indicadores e da formação de grupos e indicadores definidas por Yoon e Hawang (1995), definição de segundo nível

(critérios) e terceiro nível (subcritério). O questionário de pesquisa foi elaborado com seis perguntas simples e objetivas, inquerindo sobre a opinião de cada especialista sobre os vinte indicadores selecionados (subcritério) e divididos em cinco grupos (critérios), de acordo com foco e atuação, e se o indicador é ou não aplicado/usado em suas empresas (APÊNDICE B).

Os questionários foram submetidos aos mesmos especialistas da primeira pesquisa através da aplicação da ferramenta *Survey Monkey*, em procedimento similar à primeira pesquisa. As Figuras 8 e 9 ilustram o modelo de uma página do questionário à esquerda e do resultado à direita da página conforme a plataforma *Survey Monkey* utilizada.

Figura 8 - exemplo de questionário da segunda pesquisa

**Pesquisa de Eficiência Energética**

**1. Informações sobre a empresa**

Nome:

Empresa:

Endereço:

Cidade/Município:

Estado:

CEP:

Endereço de email:

Nº telefone:

**2. Grupo 1 – Projeto dos edifícios da planta**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Orientação solar para posicionamento dos edifícios (projeto)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Formato dos edifícios (arquitetura)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pintura de fachada dos edifícios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Uso de tecnologias inovadoras	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

Comentários

**3. Grupo 2 – Desempenho do envelope**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Estanqueidade das janelas externas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Propriedades térmicas do envelope do edifício	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Uso de energia solar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Uso da água de chuva	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

Comentários

**4. Grupo 3 – Eficiência Energética das Instalações**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Air comprimido	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

Fonte: autoria própria

Figura 9 - exemplo de resposta da segunda pesquisa

#2



**COMPLETA**

Coletor: Eficiência Energética(Link da Web)

Iniciado: terça-feira, 16 de setembro de 2014 13:44:15

Última modificação: terça-feira, 16 de setembro de 2014 14:01:34

Tempo gasto: 00:17:19

Endereço IP: 159.245.32.2

PÁGINA 1

**Q1: Informações sobre a empresa**

Nome:

Empresa:

Endereço

Cidade/Município:

Estado:

CEP:

Endereço de email:

N° telefone:

---

**Q2: Grupo 1 – Projeto dos edifícios da planta**

Orientação solar para posicionamento dos edifícios (projeto)	5
Formato dos edifícios (arquitetura)	7
Pintura de fachada dos edifícios	6
Uso de tecnologias inovadoras	8

---

**Q3: Grupo 2 – Desempenho do envelope**

Estanqueidade das janelas externas	6
Propriedades térmicas do envelope do edifício	7
Uso de energia solar	8
Uso da água de chuva	9

---

**Q4: Grupo 3 – Eficiência Energética das Instalações**

Ar comprimido	9
Ar condicionado	8
Iluminação	7
Correção do fator de potência	6

1/3

Fonte: autoria própria

O *link* para pesquisa esteve disponível aos usuários entre os dias primeiro a trinta de setembro de 2014 (durante trinta dias) e participaram da pesquisa as mesmas sete empresas da região do Vale do Paraíba, onde todos os especialistas das empresas foram contatados antecipadamente e todas as informações sobre a pesquisa foram esclarecidas visando garantir a efetividade da participação.

### 5.4.3 Detalhes do segundo questionário

O questionário de pesquisa foi elaborado com seis perguntas simples e objetivas, inquirindo sobre a opinião de cada especialista sobre os vinte indicadores selecionados e divididos em cinco grupos, de acordo com foco e atuação, e se o indicador é ou não aplicado/usado em suas empresas.

- ✓ Descrição do indicador;
- ✓ Grau de importância do indicador dentro de cada grupo:
  - O especialista deve assinalar o número para descrever o grau de importância de um indicador sobre o outro, sendo que o número um (1) é o **menos importante** e o número nove (9) é o **mais importante**;
  - Dentro de um mesmo grupo não poderá haver igualdade de importância entre os indicadores, dessa forma a plataforma “*Survey Monkey*” foi preparada para não aceitar respostas com números de importância repetidos.
- ✓ Aplicação ou não na indústria em que trabalha;
- ✓ Comentários adicionais, caso o especialista entendesse que haveria necessidade.

Esta pesquisa teve por finalidade identificar a opinião de especialistas de infraestrutura e engenharia das indústrias da região do Vale do Paraíba sobre a aplicação/utilização de indicadores de Eficiência Energética em suas empresas, bem como priorizá-los através do grau de importância entre si, de acordo com suas experiências.

Os grupos de indicadores apresentados aos especialistas são listados a seguir:

#### **Grupo 1 – Projeto dos edifícios da planta**

- ✓ Orientação solar para posicionamento dos edifícios (projeto)
- ✓ Formato dos edifícios (arquitetura)
- ✓ Pintura de fachada dos edifícios
- ✓ Uso de tecnologias inovadoras

**Grupo 2 – Desempenho do envelope**

- ✓ Estanqueidade das janelas externas
- ✓ Propriedades térmicas do envelope do edifício
- ✓ Uso de energia solar
- ✓ Uso da água de chuva

**Grupo 3 – Eficiência Energética das Instalações**

- ✓ Ar comprimido
- ✓ Ar condicionado
- ✓ Iluminação
- ✓ Correção do fator de potência

**Grupo 4 – Operação e manutenção**

- ✓ Guia de orientação para conservação de energia para os ocupantes da planta;
- ✓ Implantação da CICE - Comissão Interna de Conservação de Energia;
- ✓ Medição do consumo de energia em tempo real (elétrica, ar comprimido, gás natural, água
- ✓ Caça vazamento para sistema de ar comprimido e gás natural.

**Grupo 5 – Conforto e saúde**

- ✓ Monitoramento de emissão de CO<sub>2</sub> de interiores
- ✓ Umidade do ambiente interno (térmico)
- ✓ Iluminação e acústica do ambiente interno
- ✓ Qualidade do ar interno

## 5.5 MÉTODO AHP E AGRUPAMENTO

Após a aplicação da pesquisa, buscou-se na análise dos dados os pontos convergentes da aplicação de eficiência energética ou consciência de sua necessidade, no sentido de identificar níveis de intensidade e comparação entre as empresas.

A partir deste entendimento, foi aplicada ferramenta de Processo Analítico Hierárquico (método AHP) para validar pontos de convergência muito próximos, com o objetivo de

verificar pequenas e possíveis distorções, em que acima de 90% consideram-se idênticos e abaixo deste valor consideram-se divergentes, conforme exposto no Capítulo 4.

### 5.5.1 Utilização do método AHP para ponderação do grupo de indicadores identificados

A ponderação serve para expressar a importância de cada indicador em relação aos outros de uma forma quantitativa. Existem diversos métodos que podem ser empregados para determinar os coeficientes de ponderação de indicadores e estes métodos podem ser classificados em duas categorias.

- ✓ **Categoria objetiva:** calcula o peso pelo valor numérico de cada indicador. A essência desta categoria é que quanto maior for a diferença entre os valores numéricos dos indicadores, maior será o peso do indicador e vice-versa, quanto menor o peso, menor será a diferença entre os valores dos indicadores.

A categoria objetiva inclui, principalmente, o componente principal do método de análise, o método de análise fatorial, o método incidência cinza, o método do valor da entropia, o método de classificação da razão da soma, entre outros.

Nessa categoria, não são levados em consideração os pontos de vista e experiências dos especialistas ou tomadores de decisão.

Edwards e Newman (1982) afirmam que os pesos devem refletir o propósito da avaliação, onde os próprios pesos indicam que o tomador de decisão está mais preocupado na decisão ou avaliação. Portanto, esta categoria foi descartada para a ponderação dos indicadores de avaliação de eficiência energética.

- ✓ **Categoria subjetiva:** onde o tomador de decisão julga a importância relativa do indicador por seu julgamento pessoal. A categoria subjetiva inclui análise hierárquica (AHP), ordem de classificação simples, a relação de ponderação, entre outras.

Conforme apresentado no Capítulo 4, o método AHP desenvolvido por Saaty na década de 1970 é uma abordagem para a resolução multi-critério de problemas de escolha e priorização de decisões. O método AHP pode ser usado para produzir uma decisão do grupo com apenas uma rodada, o que consome menos tempo e menor custo quando comparado com outros métodos.

Aczel e Saaty (1983) mostraram que a média geométrica é regra adequada para combinar julgamentos individuais do grupo de julgamentos no AHP, uma vez que preserva a propriedade recíproca da matriz de julgamento. Saaty e Luis (2005) demonstraram dois caminhos para o método AHP construir uma função de bem-estar tanto para um grupo, como para um indivíduo. Saaty e Shang (2007) apresentaram uma aplicação do método AHP em um sistema de decisão em grupo (sistema de votação).

Existem pelo menos duas formas para que um grupo possa analisar o peso dos indicadores na avaliação de eficiência energética em edifícios. Uma é o grupo de membros reunidos para chegar a um consenso, enquanto a outra é obtida pelo julgamento individual dos membros de um grupo, a fim de produzir o julgamento coletivo do grupo pela média geométrica das matrizes de comparação individuais.

Na primeira forma, os membros reúnem-se em grupo e se esforçam para chegar a um consenso. Esta abordagem é atraente, no entanto, é cara em tempo e dinheiro, e tem a desvantagem de tornando-se pior quando os especialistas estão longe um do outro e ocupados. Se um consenso não pode ser obtido usando o primeiro método, o segundo método deve ser considerado como alternativa.

Neste trabalho, o método AHP foi utilizado para ponderar os grupos de indicadores na avaliação da eficiência energética.

## CAPITULO 6

### 6 DISCUSSÃO DE RESULTADOS

#### 6.1 AVALIAÇÃO PRELIMINAR DOS DADOS

Foram realizadas duas pesquisas independentes e com intervalos de tempo de seis meses entre elas, com especialistas e tomadores de decisão de sete empresas de grande porte do setor industrial baseadas no Vale do Paraíba, estado de São Paulo.

A primeira pesquisa teve como objetivo avaliar de forma geral, avaliar o comportamento de cada empresa participante, em relação a atuação na área de eficiência energética. Colaboradores selecionados dessas empresas fizeram parte da equipe de especialistas, opinando de acordo com o questionário especialmente elaborado para a realização da atividade.

Esta etapa do processo de pesquisa contou com a participação de um especialista de cada uma das sete empresas selecionadas na região, que responderam trinta e oito questões fechadas sobre eficiência energética, além de contribuírem livremente sobre cada uma delas através de informações adicionais.

Na segunda pesquisa foi proposta uma lista selecionada de indicadores de avaliação de eficiência energética para plantas industriais, elaborada a partir de análise das informações obtidas na primeira pesquisa, que fornece referência importante para o mapeamento, comparação, evolução e investimento adequado para a avaliação dos indicadores.

Nesta etapa os mesmos especialistas das empresas selecionadas, que participaram da primeira pesquisa, foram inqueridos mais uma vez através de questionário específico, pontuando de acordo com suas opiniões e experiências, os pesos sobre cada indicador divididos em cinco categorias, além de informar da utilização ou não de cada um deles em suas empresas.

#### 6.2 RESULTADOS DO AGRUPAMENTO DA PRIMEIRA PESQUISA

Foi utilizado agrupamento de opiniões a partir da análise dos dados obtidos nos questionários, de acordo com o comportamento de certas variáveis de Porter (2004), independentemente do tipo de oportunidade utilizada ou serviço disponível, o que serve como base para a compreensão das características e relações construtivas das empresas nos locais onde foram construídas.

O estudo do agrupamento de opiniões serviu para identificar a existência de homogeneidade das oportunidades do ponto de vista das aplicações de eficiência energética estabelecidas no mercado e a formação de uma base de indicadores quando sujeitos a uma classificação baseada unicamente no tipo de atividade empregada.

Para cada um dos grupos formados a partir das variáveis de Porter (2004) e da Análise de Agrupamento, foram retiradas as informações necessárias a serem utilizadas como critérios para aplicação do método AHP. Portanto, considera-se a aplicação do método AHP e a Análise de Agrupamento, um processo eficiente na escolha dos melhores grupos de opiniões.

Do levantamento realizado foram identificados os seguintes pontos de destaque:

- ✓ 100% das empresas trabalham com ações de eficiência energética, além de terem detectado iniciativas de seus funcionários em práticas isoladas de atuação de eficiência energética;
- ✓ 71,43% possuem programa específico de conservação de energia, sendo 42,86% trabalham com objetivos e metas de redução de consumo e 21,57% realizam treinamentos específicos constantes sobre eficiência energética a seus colaboradores;
- ✓ 100% acreditam na viabilidade econômica e ambiental da eficiência energética, contudo 57,14% trabalham com comunicação interna constante demonstrando as reduções de consumo e economias agregadas;
- ✓ 85,71% das empresas possuem programas de melhoria contínua voltados a eficiência energética e 100% praticaram ações de conscientização a todos os seus funcionários;
- ✓ 71,43% aplicam o selo da Procel de eficiência energética como apoio a tomada de decisão de aquisição de equipamentos elétricos em suas empresas;
- ✓ 28,57% das empresas possuem algum tipo de cogeração em seus processos;
- ✓ 57,14% possuem algum tipo de projeto de pesquisa sobre utilização de energia solar na iluminação de seus edifícios, contudo 85,71% utilizam telhas translúcidas devido a prática do mercado;

- ✓ 85,71% das empresas consideram itens de eficiência energética como requisito em seus novos projetos de construção e 42,86% verificam o posicionamento de seus edifícios devido a orientação solar;
- ✓ 28,57% utilizam energia solar para aquecimento em seus processos;
- ✓ 57,14% das empresas possuem controle de demanda, 33% das empresas geram energia e 14,29% geram em horário de ponta.

### 6.3 INDICADORES IDENTIFICADOS

Os critérios para identificação e seleção dos indicadores de desempenho sustentáveis eficiência energética, apresentados, levaram em conta as informações obtidas nos questionários da primeira pesquisa, bem como levantamento comparativo com os artigos identificados no levantamento bibliográfico e material de apoio selecionado. Cabe ressaltar que os indicadores relacionados na lista selecionada de indicadores não atendem a nenhum critério de priorização.

#### Lista geral de indicadores

- Ambiente acústico de interiores
- Ambiente visual de interiores
- Caça vazamento para sistema de ar comprimido
- Caça vazamento para sistema de gás natural
- Cálculo da carga de refrigeração por hora
- Cálculo de carga de aquecimento por hora
- Cobertura vegetal de telhados
- Coeficiente de sombreamento de janelas externas
- Conservação de água
- Construtores atenciosos
- Consumo de água anual
- Consumo de ar comprimido anual
- Consumo de energia elétrica anual
- Consumo de gás natural anual
- Controle de vazão de ar do sistema de condicionamento
- Correção do fator de potência
- Custo e economia
- Densidade da área de construção
- Distância entre edifícios
- Eficiência energética do sistema de abastecimento de água
- Eficiência energética do sistema de ar comprimido
- Eficiência energética dos sistemas de aquecimento central bombeados

- Emissão de CO<sub>2</sub>
- Emissão de gases de efeito estufa
- Envelope de cores externas dos edifícios
- Espaço de armazenamento para bicicletas
- Espaço seco
- Estanqueidade das janelas externas
- Evitar o uso de gases “Freon e Halon”
- Fontes de energia renovável e de baixo carbono
- Formato da construção *Shape of the building*
- Fornecimento de água quente
- Gerenciamento da operação predial
- Gestão da qualidade do ar interior do canteiro de obras
- Gestão de resíduos de construção
- *Greenpower*
- Guia de orientação de conservação de energia para os ocupantes
- Iluminação Externa
- Iluminação interna
- Iluminação natural e cenária externa
- Impactos sociais
- Implementação da Comissão Interna de Conservação de Energia - CICE
- Infraestrutura de edifício industrial
- Instalações de ar condicionado (diagnostico energético de operação e manutenção)
- Instalações de eficiência energética predial
- Instalações de elevador
- Instalações de iluminação artificial
- Instalações de iluminação artificial (diagnostico de operação, manutenção e tempo de vida)
- Instalações de ventilação (natural e artificial – diagnostico de operação e manutenção)
- Isolamento acústico
- Localização do edifício
- Medição de calor do sistema de aquecimento central
- Medição de energéticos em tempo real
- Melhoria da eficiência de ventilação
- Minimizar o consumo de recursos energéticos
- Monitoramento de CO<sub>2</sub> de interiores
- O espaço privado
- Orientação solar de edifício
- Otimização do uso de energia
- Planejamento de projetos
- Planta que cobre área externa
- Poluição eletromagnética
- Propriedades térmicas do envelope do edifício
- Qualidade do ar interno
- Reciclagem de material de construção
- Redução de poluição de iluminação
- Redução de radiação solar para áreas industriais
- Relação de cobertura vegetal da área planta
- Relação *Glaze* de parede
- Restituição de investimento em conservação de energia
- Reuso de águas industriais de descarte
- Reuso de envelope predial
- Reuso de materiais de construção

- Reuso de materiais de construção
- Reuso de recursos naturais
- Rotulagem (favorável) do ambiente de instalações prediais
- Ruído
- Trabalho em casa
- Transporte público
- Umidade de ambiente interno
- Uso da água de chuva
- Uso da ventilação natural
- Uso de energia solar
- Uso de materiais recicláveis
- Uso de tecnologias inovadoras
- Utilização direta de fontes de energia renováveis
- Utilização do calor do solo
- Utilização indireta de fontes de energia renováveis
- Valor de carga parcial (Integrado IPLV)

### **Lista selecionada de indicadores**

#### **Grupo 1. Projeto do edifício da planta.**

1. Orientação solar para posicionamento dos edifícios (projeto)
2. Formato do edifício (arquitetura)
3. Pintura de fachada dos edifícios
4. Uso de tecnologias inovadoras

#### **Grupo 2. Desempenho do envelope.**

5. Estanqueidade das janelas externas
6. Propriedades térmicas do envelope do edifício
7. Uso de energia solar
8. Uso da água de chuva

#### **Grupo 3. Eficiência energética das instalações.**

9. Ar comprimido
10. Ar condicionado
11. Iluminação
12. Correção do fator de potência

#### **Grupo 4. Operação e manutenção.**

13. Guia de orientação para conservação de energia para os ocupantes da planta
14. Implantação da CICE - Comissão Interna de Conservação de Energia
15. Medição do consumo de energia em tempo real (elétrica, ar comprimido, gás natural e água)
16. Caça vazamento para sistema de ar comprimido e gás natural

#### **Grupo 5 – Conforto, saúde e meio ambiente.**

17. Monitoramento de emissão de CO<sub>2</sub> de interiores
18. Umidade do ambiente interno (térmico)
19. Iluminação e acústica do ambiente interno
20. Qualidade do ar interno

## 6.4 RESULTADOS DA SEGUNDA PESQUISA

A segunda etapa da pesquisa consistiu na análise de critérios para identificação e seleção de indicadores de desempenho sustentáveis em eficiência energética a serem levantados, levando em conta as informações obtidas na primeira pesquisa, bem como levantamento comparativo com os artigos identificados no levantamento bibliográfico e material de apoio selecionado.

Nesta etapa do trabalho foram identificados maiores detalhes a respeito das opiniões dos especialistas, contudo agora voltadas a aplicação de indicadores de eficiência energética e dos resultados esperados e através da análise desses resultados.

A Tabela 12 apresenta o julgamento dos indicadores de avaliação de eficiência energética de todos os especialistas das empresas selecionadas.

Tabela 12 - Julgamento geral dos especialistas das empresas selecionadas.

Grupo	nº do Indicador	Indicadores	Empresa A	Empresa B	Empresa C	Empresa D	Empresa E	Empresa F	Empresa G
1	1	A1. Orientação solar para posicionamento dos edifícios (projeto)	5	5	1	3	3	7	4
	2	A2. Formato do edifício (arquitetura)	6	7	8	4	5	6	6
	3	A3. Pintura de fachada dos edifícios	4	6	2	9	9	5	8
	4	A4. Uso de tecnologias inovadoras	7	8	3	8	6	4	3
2	5	B1. Estanqueidade das janelas externas	4	6	4	8	5	4	6
	6	B2. Propriedades térmicas do envelope do edifício	5	7	8	7	9	3	7
	7	B3. Uso de energia solar	6	8	3	6	4	1	5
	8	B4. Uso da água de chuva	7	9	4	5	3	2	4
3	9	C1. Ar comprimido	6	9	6	8	6	7	7
	10	C2. Ar condicionado	8	8	5	7	5	6	6
	11	C3. Iluminação	7	7	8	9	7	5	8
	12	C4. Correção do fator de potência	2	6	7	6	4	2	9
4	13	D1. (Gaiá de orientação para conservação de energia para os ocupantes da planta);	8	6	7	4	7	8	6
	14	D2. Implantação da CICE - Comissão Interna de Conservação de Energia;	5	7	2	9	9	9	7
	15	D3. Medição do consumo de energia em tempo real (elétrica, ar comprimido, gás natural e água)	4	9	1	8	2	6	8
	16	D4. Caça vazamento para sistema de ar comprimido e gás natural.	2	8	8	7	8	7	9
5	17	E1. Monitoramento de emissão de CO2 de interiores	5	9	8	9	7	8	7
	18	E2. Umidade do ambiente interno (térmico)	8	6	4	8	3	6	6
	19	E3. Iluminação e acústica do ambiente interno	7	8	7	7	8	7	8
	20	E4. Qualidade do ar interno	6	7	5	6	9	5	9

Fonte: Autoria própria

Os resultados do método AHP são demonstrados através da ponderação de indicadores e da análise de consistência a seguir:

### 6.4.1 Ponderação dos indicadores

Com base no julgamento dos indicadores de avaliação de eficiência energética dos especialistas das sete empresas selecionadas, as quais preencheram e enviaram os questionários de participação, cinco matrizes de comparação, cinco de normalização e cinco de análise de consistência foram geradas para cada questionário de avaliação, para obter a

ponderação individual dos indicadores, totalizando cento e cinco matrizes, conforme aplicação do método AHP, explanado no CAPITULO 4.

Em seguida é efetuada a análise de global, envolvendo todas as análises individuais dos especialistas e gerando a classificação geral dos indicadores.

Todos os cálculos neste trabalho foram efetuados através do aplicativo MS Office – Excel devido ao número de matrizes, contudo poderiam ter sido calculados através do Matlab 6.0, caso houvesse a necessidade de cálculos mais complexos.

A título de exemplificação, será demonstrada a análise individual do especialista da empresa A, sendo os indicadores ponderados por grupo de segundo nível hierárquico (critério), conforme julgamento efetuado pelo especialista apresentado na Tabela 12.

Grupo de segundo nível hierárquico (critério):

- ✓ Grupo 1 (Matriz 1) - "concepção de construção";
- ✓ Grupo 2 (Matriz 2) - “desempenho do envelope”;
- ✓ Grupo 3 (Matriz 3) - "eficiência energética das instalações”;
- ✓ Grupo 4 (Matriz 4) - “operação e manutenção”;
- ✓ Grupo 5 (Matriz 5) - “conforto, saúde e meio ambiente”.

Matrizes de comparação de indicadores da empresa A

Cinco dessas matrizes de comparação de indicadores da empresa A estão demonstrados a título de exemplificação, Tabelas 13 a 17, respectivamente.

- ✓ Matriz de comparação de indicadores - Grupo 1 (Matriz 1);
- ✓ Matriz de comparação de indicadores - Grupo 2 (Matriz 2);
- ✓ Matriz de comparação de indicadores - Grupo 3 (Matriz 3);
- ✓ Matriz de comparação de indicadores - Grupo 4 (Matriz 4);
- ✓ Matriz de comparação de indicadores - Grupo 5 (Matriz 5).

Tabela 13 - Matriz de comparação de indicadores Grupo 1 (Matriz 1) – Empresa A.

<b>Grupo 1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>1</b>	1	6	4	7
<b>2</b>	1/6	1	2	1/8
<b>3</b>	1/4	1/2	1	1/2
<b>4</b>	1/7	8	2	1
	1,56	15,50	9,00	8,63

Fonte: autoria própria

Tabela 14 - Matriz de comparação de indicadores Grupo 2 (Matriz 2) – Empresa A.

<b>Grupo 2</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	1	5	6	7
<b>6</b>	1/5	1	1/2	1/5
<b>7</b>	1/6	2	1	1/4
<b>8</b>	1/7	5	4	1
	1,51	13,00	11,50	8,45

Fonte: autoria própria

Tabela 15 - Matriz de comparação de indicadores Grupo 3 (Matriz 3) – Empresa A.

<b>Grupo 3</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
<b>9</b>	1	8	7	2
<b>10</b>	1/8	1	1	1/7
<b>11</b>	1/7	1	1	1/2
<b>12</b>	1/2	7	2	1
	1,768	17,000	11,000	3,643

Fonte: autoria própria

Tabela 16 - Matriz de comparação de indicadores Grupo 4 (Matriz 4) – Empresa A.

<b>Grupo 4</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>
<b>13</b>	1	5	4	2
<b>14</b>	1/5	1	1/2	1/9
<b>15</b>	1/4	2	1	1/8
<b>16</b>	1/2	9	8	1
	1,950	17,000	13,500	3,236

Fonte: autoria própria

Tabela 17 - Matriz de comparação de indicadores Grupo 5 (Matriz 5) – Empresa A.

<b>Grupo 5</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
<b>17</b>	1	8	7	6
<b>18</b>	1/8	1	1	1/3
<b>19</b>	1/7	1	1	1/3
<b>20</b>	1/6	3	3	1
	1,435	13,000	12,000	7,667

Fonte: autoria própria

### Normalização das matrizes de comparação de indicadores da empresa A

Em continuidade, as cinco matrizes de comparação de indicadores da empresa A, foram normalizadas e estão demonstrados nas Tabelas 18 a 22, respectivamente e a título de exemplificação.

A prioridade relativa dos indicadores de avaliação de eficiência energética para plantas industriais da empresa A, estão demonstrados na Figura 10.

Tabela 18 - Normalização da Matriz 1 – Empresa A.

<b>Grupo 1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>Autovetor</b>	<b>Peso</b>
<b>1</b>	0,641	0,387	0,444	0,812	0,547011	62%
<b>2</b>	0,107	0,065	0,222	0,014	0,068646	8%
<b>3</b>	0,160	0,032	0,111	0,058	0,075969	9%
<b>4</b>	0,092	0,516	0,222	0,116	0,186820	21%
	1,000	1,000	1,000	1,000	0,878	100%

Fonte: autoria própria

Tabela 19 - Normalização da Matriz 2 – Empresa A.

<b>Grupo 2</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>Autovetor</b>	<b>Peso</b>
<b>5</b>	0,662	0,385	0,522	0,828	0,576063	63%
<b>6</b>	0,132	0,077	0,043	0,024	0,056908	6%
<b>7</b>	0,110	0,154	0,087	0,030	0,081306	9%
<b>8</b>	0,095	0,385	0,348	0,118	0,196743	22%
	1,000	1,000	1,000	1,000	0,911	100%

Fonte: autoria própria

Tabela 20 - Normalização da Matriz 3 – Empresa A.

<b>Grupo 3</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>Autovetor</b>	<b>Peso</b>
<b>9</b>	0,566	0,471	0,636	0,549	0,552232	56%
<b>10</b>	0,071	0,059	0,091	0,039	0,062054	6%
<b>11</b>	0,081	0,059	0,091	0,137	0,087758	9%
<b>12</b>	0,283	0,412	0,182	0,275	0,276116	28%
	1,000	1,000	1,000	1,000	0,978	100%

Fonte: autoria própria

Tabela 21 - Normalização da Matriz 4 – Empresa A.

<b>Grupo 4</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>Autovetor</b>	<b>Peso</b>
<b>13</b>	0,513	0,294	0,296	0,618	0,407666	43%
<b>14</b>	0,103	0,059	0,037	0,034	0,052629	6%
<b>15</b>	0,128	0,118	0,074	0,039	0,081051	9%
<b>16</b>	0,256	0,529	0,593	0,309	0,397069	42%
	1,000	1,000	1,000	1,000	0,938	100%

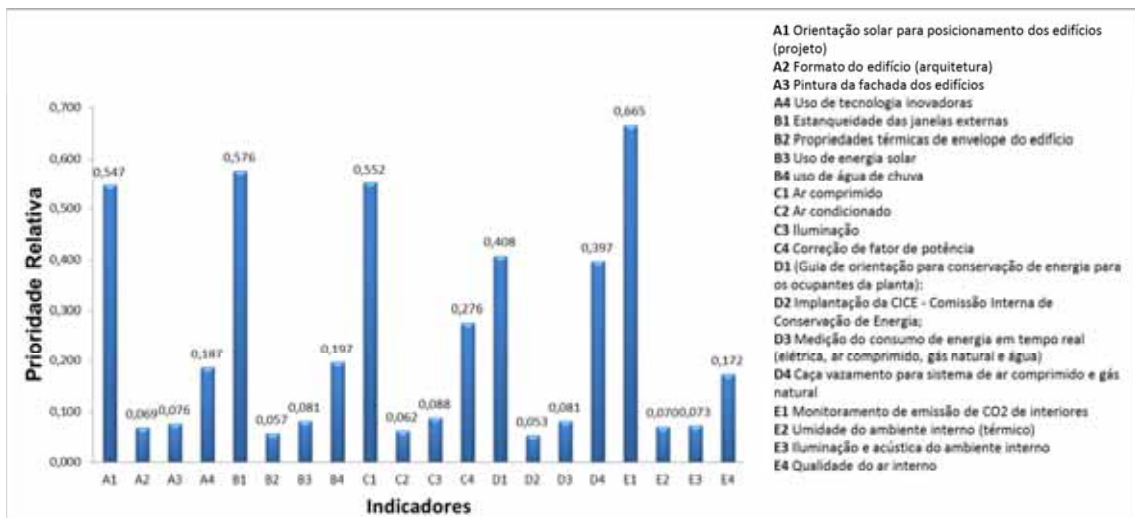
Fonte: autoria própria

Tabela 22 - Normalização da Matriz 5 – Empresa A.

Grupo 5	17	18	19	20	Autovetor	Peso
17	0,697	0,615	0,583	0,783	0,665235	68%
18	0,087	0,077	0,083	0,043	0,070200	7%
19	0,100	0,077	0,083	0,043	0,072583	7%
20	0,116	0,231	0,250	0,130	0,171954	18%
	1,000	1,000	1,000	1,000	0,980	100%

Fonte: autoria própria

Figura 10 - Prioridade Relativa dos indicadores de avaliação industrial – Empresa A



Fonte: autoria própria

#### 6.4.2 Análise de consistência

De acordo com o método AHP, a relação de consistência (CR) representa a consistência de decisões, ou seja, quanto menor o valor de CR, mais seguros serão os julgamentos.

Análise de consistência das matrizes de comparação de indicadores da empresa A

A análise de consistência das cinco matrizes de comparação de indicadores da empresa A, foram efetuadas e estão demonstrados nas Tabelas 23 a 27, respectivamente.

Tabela 23 – Análise de consistência do Grupo 1 (Matriz 1) – Empresa A.

$\lambda_{max}$	CI	CR	$\lambda$	Teste
4,212	0,071	0,08	0,10	ok

Fonte: autoria própria

Tabela 24 – Análise de consistência do Grupo 2 (Matriz 2) – Empresa A.

$\lambda_{\max}$	CI	CR	$\lambda$	Teste
4,207	0,069	0,08	0,10	ok

Fonte: autoria própria

Tabela 25 – Análise de consistência do Grupo 3 (Matriz 3) – Empresa A.

$\lambda_{\max}$	CI	CR	$\lambda$	Teste
4,002	0,001	0,00	0,10	ok

Fonte: autoria própria

Tabela 26 – Análise de consistência do Grupo 4 (Matriz 4) – Empresa A.

$\lambda_{\max}$	CI	CR	$\lambda$	Teste
4,069	0,023	0,03	0,10	ok

Fonte: autoria própria

Tabela 27 – Análise de consistência do Grupo 5 (Matriz 5) – Empresa A.

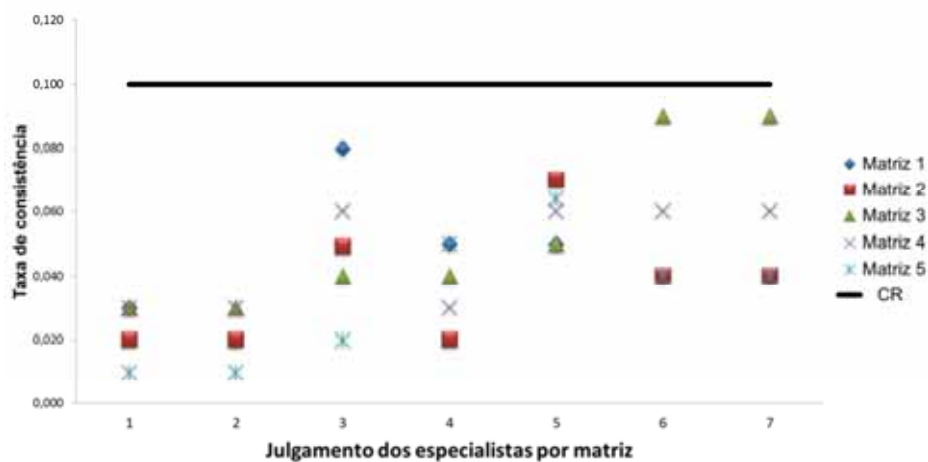
$\lambda_{\max}$	CI	CR	$\lambda$	Teste
4,056	0,019	0,02	0,10	ok

Fonte: autoria própria

De acordo com Saaty (1991), para ser aceitável, a Taxa de Consistência (CR) deve ser igual ou inferior a 0,10 e quanto menor esta Taxa, mais seguros serão os julgamentos.

A Figura 11 apresenta a Taxa de Consistência (CR) das matrizes de comparação por julgamento individual de todos os especialistas. Pode-se observar que o CR de cada matriz de comparação individual é inferior a 0,10. Portanto, a consistência de julgamento individual da pesquisa é considerada aceitável e consistente para este processo de avaliação.

Figura 11 - Relação de consistência das matrizes de comparação individuais.

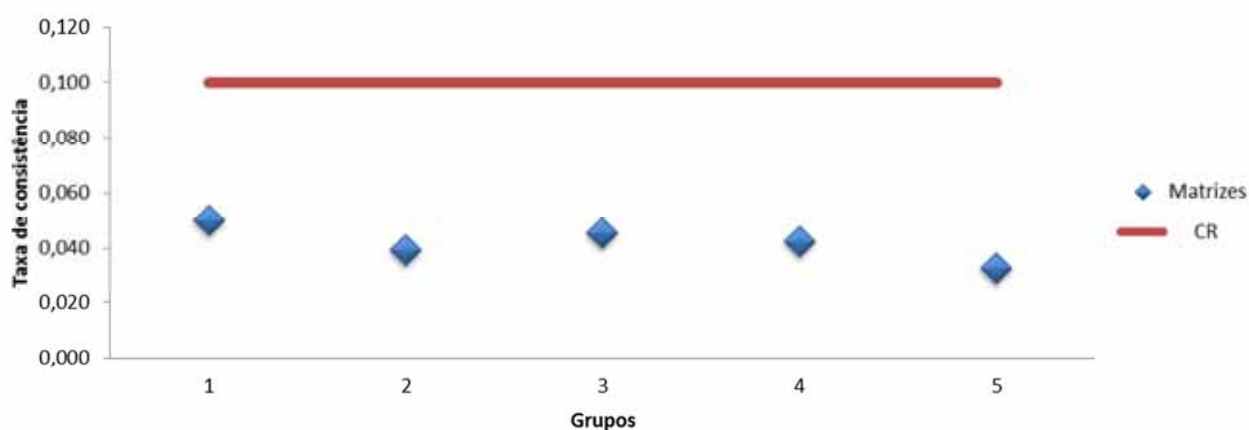


Fonte: autoria própria

A Figura 12 apresenta a Taxa de Consistência (CR) das matrizes de comparação dos grupos. A partir dessa Figura 12, pode-se observar que o CR é muito menor do que 0,10 em cada matriz de comparação.

Portanto, a consistência das decisões do grupo é satisfatória nesta pesquisa e o número de sete indivíduos é suficiente para garantir a credibilidade do julgamento.

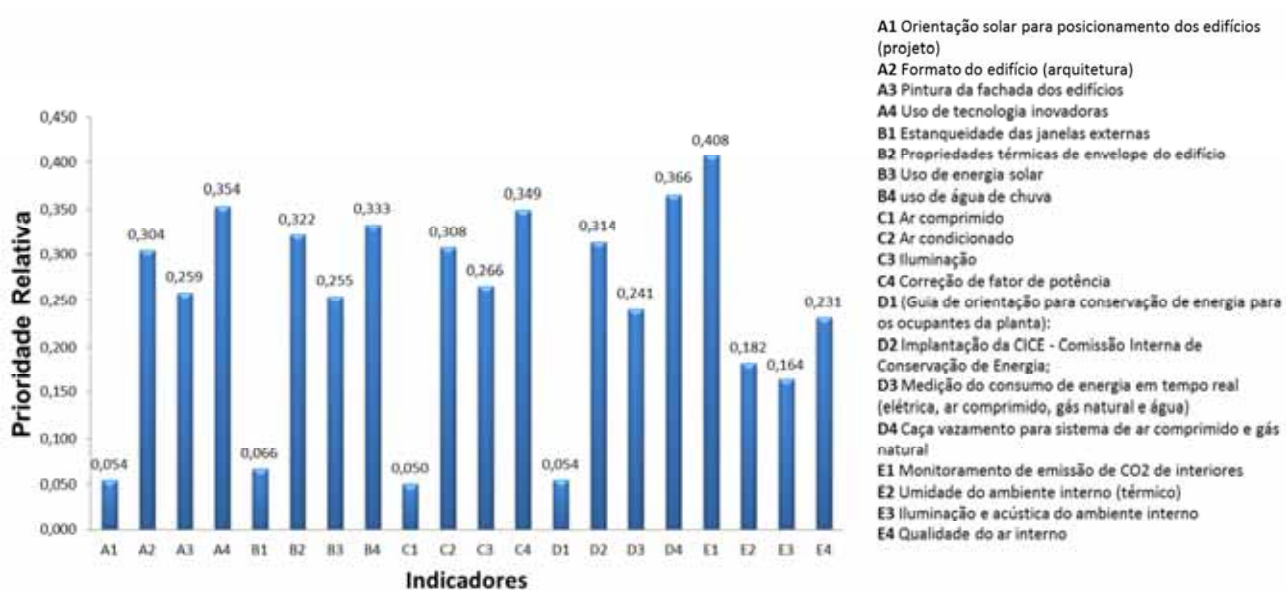
Figura 12 - Relação de consistência das matrizes de comparação dos grupos.



Fonte: adaptado de Yang, Li e Yao (2010)

A Figura 13 apresenta o resultado coletivo da prioridade relativa ponderada das opiniões dos sete especialistas.

Figura 13 - Prioridade Relativa dos indicadores de avaliação industrial – Geral



Fonte: autoria própria

A Tabela 28 apresenta a prioridade relativa e a classificação global dos indicadores de avaliação de eficiência energética obtidos como resultado da pesquisa.

Tabela 28 - Classificação dos indicadores de avaliação de eficiência energética

Grupo	Indicadores	Prioridades Relativas
E1	Monitoramento de emissão de CO <sub>2</sub> de interiores	0,408
D4	Caça vazamento para sistema de ar comprimido e gás natural	0,366
A4	Uso de tecnologia inovadoras	0,354
C4	Correção de fator de potência	0,349
B4	uso de água de chuva	0,333
B2	Propriedades térmicas de envelope do edifício	0,322
D2	Implantação da CICE - Comissão Interna de Conservação de Energia;	0,314
C2	Ar condicionado	0,308
A2	Formato do edifício (arquitetura)	0,304
C3	Iluminação	0,266
A3	Pintura da fachada dos edifícios	0,259
B3	Uso de energia solar	0,255
D3	Medição do consumo de energia em tempo real (elétrica, ar comprimido, gás natural e água)	0,241
E4	Qualidade do ar interno	0,231
E2	Umidade do ambiente interno (térmico)	0,182
E3	Iluminação e acústica do ambiente interno	0,164
B1	Estanqueidade das janelas externas	0,066
D1	(Guia de orientação para conservação de energia para os ocupantes da planta):	0,054
A1	Orientação solar para posicionamento dos edifícios (projeto)	0,054
C1	Ar comprimido	0,050

Fonte: autoria própria

A partir da Figura 13 e Tabela 28, pode-se observar:

- ✓ O indicador E1 - “Monitoramento de emissão de CO<sub>2</sub>” do Grupo 5 apresenta a prioridade relativa máxima de 0,408, considerado como o mais importante indicador de avaliação de eficiência energética de plantas industriais.
- ✓ O indicador D4 - "Caça vazamento para sistema de ar comprimido e gás natural” do Grupo 4 apresenta ponderação de 0,366, considerado como segundo indicador de avaliação de eficiência energética de plantas industriais.
- ✓ O indicador A4 “Uso de tecnologia inovadoras" do Grupo 1 apresenta a ponderação de 0,354, considerado o terceiro mais importante indicador de avaliação de eficiência energética de plantas industriais.
- ✓ Os indicadores 13, 1 e 9 foram os indicadores com menor votação, 18º, 19º e 20º lugares na prioridade relativa, respectivamente. Isso significa que são os indicadores menos importantes na avaliação dos indicadores de eficiência energética das plantas industriais.

## CAPITULO 7

### 7 CONCLUSÕES

#### 7.1 CONCLUSÕES

A partir da análise dos resultados apresentados conclui-se que os objetivos do trabalho foram atingidos, já que os critérios para identificação e seleção de indicadores de desempenho para avaliar a Eficiência Energética em plantas industriais e suas edificações foi estabelecido;

Para o desenvolvimento dessa metodologia foi efetuada uma revisão ampla da literatura, com foco em três pontos: levantamento dos métodos existentes de avaliação energética, códigos e normas de energia para instalações, e trabalhos de pesquisa acadêmica. Através da combinação desses três elementos foi possível determinar uma lista geral de indicadores contendo oitenta e nove indicadores.

Para a avaliação de eficiência energética em plantas industriais, o próximo passo consistiu na identificação de empresas de uma mesma região, com características de infraestrutura similares, de grande porte e de diferentes setores de atuação.

Sete empresas do setor industrial baseadas no Vale do Paraíba/SP foram selecionadas, sendo aeronáutico, automobilístico, equipamentos industriais, máquinas e equipamentos pesados, metalúrgico e químico, bem como, seus especialistas, sendo estabelecido como critério de seleção dos especialistas a formação em engenharia com mais de cinco anos de experiência e pelo menos dois anos de atuação nas áreas de eficiência energética ou infraestrutura das empresas selecionadas.

Dois questionários específicos a especialistas de várias empresas de uma mesma região foram aplicados com êxito, para obter suas opiniões e demais informações requeridas na pesquisa.

Um primeiro levantamento (*survey*) por questionário foi aplicado através da ferramenta e plataforma web (*Survey Monkey*), com o objetivo de obter opiniões dos especialistas dessas empresas e estabelecer o perfil de eficiência energética das mesmas.

Os resultados desse primeiro levantamento foram analisados e confrontados a um conjunto de três regras: a regra de Viabilidade que requer a possibilidade de que um indicador pode ser avaliado pela tecnologia atual, a Regra da Integralidade que exige que a lista de indicadores identificados deva abranger os principais aspectos da avaliação de eficiência energética numa planta industrial e a Regra da Eficácia que exige que a lista de indicadores

identificados possa ser aplicável nas plantas industriais, de forma reduzida, evitando duplicidade de informações e com um impacto mínimo de implantação.

Um segundo levantamento (*survey*) por questionário foi realizado através da ferramenta e plataforma web (*Survey Monkey*), com o objetivo de obter as opiniões dos mesmos especialistas que participaram do primeiro levantamento, para refinar a lista selecionada de vinte indicadores.

Neste segundo questionário, uma lista de vinte dos oitenta e nove indicadores da lista inicial levantada foram selecionados e distribuídos em cinco categorias, assim definidos: “Projeto da Planta”, “Desempenho do Envelope”, “Eficiência Energética das Instalações”, “Operação e Manutenção” e “Conforto, Saúde e Meio Ambiente”. Nesta etapa foram trabalhadas duas informações importantes, a classificação dos indicadores por categoria e a sua aplicabilidade na empresa.

O retorno desse segundo levantamento foi obtido pelo uso da plataforma web (*survey monkey*) e transformados em dados para serem modelados a partir da aplicação do Processo Analítico Hierárquico (método AHP) para ponderar os indicadores avaliados de forma coletiva, reduzindo o grau de subjetividade da análise desses julgamentos, buscando níveis de intensidade objetiva e classificação dos indicadores.

O tamanho estimado da amostra ou número de empresas participantes revelou-se suficiente para sustentar os resultados, que foram validados pela taxa de consistência (CR) do método AHP, sendo inferior a 0,1. Cabe ressaltar que o método AHP não necessita da participação de um grande número de especialistas, desde que a taxa de consistência (CR), seja inferior a 0,1. Isso significa que o juízo de prioridade dos indicadores é muito confiável.

Foi identificado um conjunto de indicadores de desempenho sustentáveis para avaliar a eficiência energética em plantas industriais e suas edificações, capazes de ser adaptáveis a diferentes situações, independente da localização geográfica, disponibilidade de recursos e condições tecnológicas.

Houve aproximação da academia à indústria com foco nas questões de sustentabilidade e economia, estabelecendo parâmetros de comparação e aplicação dos indicadores de eficiência energética.

Portanto, o método proposto neste trabalho é considerado confiável e fornece uma referência abrangente e útil para a revisão de avaliação da eficiência energética para plantas industriais e suas edificações.

## 7.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante a elaboração deste trabalho foram identificadas algumas oportunidades de extensão que podem vir a ser contempladas em futuros trabalhos, no sentido de avançar na incansável busca de melhoria contínua e evolução da aplicação efetiva da eficiência energética em instalações industriais.

Uma destas oportunidades diz respeito à área de manutenção de equipamentos e sistemas nestas instalações industriais, onde em análise preliminar, pode-se constatar a utilização de equipamentos de baixo índice de eficiência energética. Problemas relacionados à visão de curto prazo e economia de recursos financeiros fazem com que durante a prática da manutenção, o ponto de vista de eficiência energética não seja priorizado.

Outra oportunidade esta relacionada ao baixo nível de investimento em treinamentos específicos na área de eficiência energética, o que faz com que muitas atividades e projetos não contemplem este quesito por desconhecimento do assunto.

## REFERÊNCIAS

- ACZEL, J.; SAATY, T. L. Procedures for synthesizing ratio judgments. **Journal of Mathematical Psychology**. 1983. p. 93–102. ISSN:0022-2496.
- ARUP. **Planning application - new construction sustainability statement**. 2007. Disponível em: <<http://www.arup.com>>. Acesso em: 04 ago. 2014.
- ALWAER, H.A.; CROOME, C. D. J. **Key performance indicators (KPIs) and priority setting in using the multi-attribute approach for assessing sustainable intelligent buildings**. Building and Environment. 2010. v. 45 p. 799–807, 2010.
- ASIA BUSINESS COUNCIL. **Energy efficiency building standards in Japan**. 2007 Disponível em: <[http://www.asiabusinesscouncil.org/docs/BEE/papers/BEE\\_Policy\\_Japan.pdf/](http://www.asiabusinesscouncil.org/docs/BEE/papers/BEE_Policy_Japan.pdf/)>. Acesso em: 05 ago. 2014.
- AUSTRALIAN BUILDING CODES BOARD. 2008. Disponível em: <<http://www.abcb.gov.au/>>. Acesso em: 5 ago. 2014.
- BESC. **Building energy standards and codes**. 2002. Disponível em: <<http://www.arch.hku.hk/research/BEER/besc.htm>>. Acesso em: 6 ago. 2014.
- BITENCOURT, P. R. B.; BORENSTEIN, D. **Desenvolvimento de um método com múltiplos critérios para justificativa de investimentos em TI**. 2002. Salvador - Brasil: ENANPAD, 2002.
- BOYD, G.A.; DUTROW, E.B.; TUNNESSEN, W.B. The evolution of the ENERGY STAR® energy performance indicator for benchmarking industrial plant manufacturing energy use. **Journal of Cleaner Production**. 2008. v. 16 p. 709-715.
- BRE. **Building Research Establishment. SBEM Technical Manual**. 2007. Disponível em: <<http://www.ncm.bre.co.uk/>>. Acesso em: 7 ago. 2014.
- BRITTO, J.; ALBUQUERQUE, E. M. **Estrutura e dinamismo de clusters industriais na economia brasileira: uma análise comparativa exploratória**. Artigo submetido à COMISSÃO CIENTÍFICA DO IV ENCONTRO DE ECONOMISTAS DE LÍNGUA PORTUGUESA, Universidade de Évora, Portugal, 2001. Disponível em: <<http://www.cedeplar.ufmg.br>>. Acesso em: 23 ago. 2014.
- BUNSE, K.A.; VODICKA, M.A.; SCHÖNSLEBEN, P.A.; BRÜLHART, M.B.; ERNST, F.O.B. Integrating energy efficiency performance in production management e gap analysis between industrial needs and scientific literature. **Journal of Cleaner Production**. 2011. v. 19 p. 667-679.
- CHENHALL, R. H. **Management control systems design within its organizational context: findings from contingency-based research and directions for the future**. Accounting, Organizations and Society, 2003. v. 28, p. 127-168.

COMISSÃO EUROPEIA. **European Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) Building Platform**. 2007. Disponível em: <<http://www.buildingsplatform.org/cms/>>. Acesso em: 10 ago. 2014.

CONCEIÇÃO, W. J. C.; PIMENTA, C. D.; BUCCIERI, G. P.; RAIMUNDO, F. B. S.; SALOMON, V. A. P. **Aplicação AHP na “Análise de portfólio de investimento”**. 2013. Trabalho de Pós-Graduação – UNESP/Guaratinguetá, 2013.

COOPER, D.R., SCHINDLER, P.S. **Métodos de Pesquisa em Administração**. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2003.

COUTO C. G. J, GALDI F. C. **O Desempenho do Método de Avaliação de Empresas por Múltiplos de Mercado Aplicado em Empresas Agrupadas com Análise de Cluster**. RAM, Rev. Adm. Mackenzie. São Paulo Set./Out. 2012. vol.13 no.5.

CROCCO, M. A.; GALINARI, R.; SANTOS, F.; LEMOS, M. B.; SIMÕES, R. **Metodologia de identificação de arranjos produtivos locais**. Texto para discussão nº191, UFMG/CEDEPLAR. Belo Horizonte, 2003.

DERINGER, The Deringer Group. **Status of Energy Codes Worldwide**. 2005. Disponível em: <<http://www.deringergroup.com/consulting/EEBC/Status.htm>>. Acesso em: 15 set. 2014.

DOE. U. S. **Department of Energy**. 2007. Disponível em: <[http://www.energycodes.gov/federal/exist\\_fedcom.stm](http://www.energycodes.gov/federal/exist_fedcom.stm)>. Acesso em 12 set. 2014.

DOUKASA, H.; PAPADOPOULOU, A.G.; PSARRASA, J.; RAGWITZB, M.; SCHLOMANN, B. **Sustainable reference methodology for energy end-use efficiency data in the EUA**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2008. v. 12 p. 2159–2176.

EDGAR, T.F.; HINMELBLAU, D.M.; LASDON, L.S. **Optimization of chemical processes**. Mc Graw Hill. New York – USA. 2001. p. 651

EDWARDS, W.; NEWMAN, J.R. **Multi Attribute Evaluation: Quantitative Applications in the Social Sciences**. Sage Publications. London – UK. 1982. ISBN 0-8039-0095-3.

ELETROBRÁS. **Procel Edifica**. 2003. Disponível em: <<http://www.eletronbras.gov.br/ELB/procel/main.asp?ViewID=%7BF9A71E97-D6DA-4EB4-84DF-1097E8EC081D%7D/>>. Acesso em 4 ago. 2014.

ELETROBRAS. **Procel**. 2014. <<http://www.eletronbras.com/elb/data/Pages/LUMIS0389BBA8PTBRIE.htm>> Acesso em 7 ago. 2014.

ENERGY WHITE PAPER. **Energy conservation policies and laws in Japan**. Ministry of Economy, Trade and Industry. Japan. 2004.

EURLEX. **Direito da União Europeia**. 2007a. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/>>. Acesso em: 3 ago. 2014.

EURLEX. **Rotulagem energética.** Diretiva da Comissão Europeia 1997. 2007b. Disponível em: <<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31997L0017:PT:HTML>>. Acesso em: 5 ago. 2014.

GOULART, S. **Levantamento da experiência internacional: experiência nos Estados Unidos.** 2005. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL. Disponível em: <<http://www.gbcbrasil.org.br>>. Acesso em: 8 ago. 2014.

HAMMOND, J. S.; KEENEY, R. L.; RAIFFA, H. **The hidden traps in decision making.** Harvard Business Review. Sept./Oct. 1998.

INMETRO. **Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial.** 2007. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/infotec/publicacoes/acpq.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2014.

INMETRO. **Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial.** 2007b. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br>>. Acesso em: 10 ago. 2014.

INMETRO. **Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial.** 2007b. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/infotec/publicacoes/acpq.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2014.

IPARDES. **Arranjos produtivos locais e o novo padrão de especialização regional da indústria paranaense na década de 90.** 2003. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. Curitiba, 2003.

LOSEKANN, V. L. **Classificação Setorial Das Empresas Brasileiras: Uma Aplicação Da Análise De Cluster.** 2008. 139 f. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

MACEDO S. A. S.; NOBREGA, K. C.; QUEIROZ, J. V.; WHEBBER, P. **Planejamento e Gestão Estratégica: Um Estudo Sobre Adoção e Práticas em Indústrias do Rio Grande do Norte** - Revista Eletrônica Sistemas & Gestão, 2012. v. 7, n. 1, p. 58-75, 2012.

MACHADO, E. A., **Estratégias Genéricas de Porter e as Finalidades Percebidas para as Práticas de Gestão De Custos: Estudo Empírico com Empresas Da Construção Civil Do Estado Do Paraná.** 2008. 79 f. Dissertação (Mestrado em Contabilidade) - Universidade Federal do Paraná – Curitiba, 2008.

MALMQVIST, T.; GLAUMANN, M. **Environmental efficiency in residential buildings – A simplified communication approach.** Building and Environment, 2009. v. 44, p. 937-947.

MINGOTI, S. A. **Análise de Dados Através de Métodos de Estatística Multivariada: uma abordagem aplicada.** Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.

MWASHA, A.; WILLIAMS, G.; IWARO, J. **Modeling the performance of residential building envelope: the role of sustainable energy performance indicators.** Energy and Buildings, 2011. v. 43, p. 2108-2117.

PARANHOS, G. C.; YARASCA, J. C. L. **Técnicas Multicriteriais Aplicadas ao Planejamento De Transportes**. 2011. Programa de Pós-Graduação em Transportes - Universidade de Brasília, 2011.

PATLITZIANAS, K. D.; DOUKAS H.; KAGIANNAS, A.G.; PSARRAS, J. **Sustainable energy policy indicators: Review and recommendations**. *Renewable Energy*. 2008. v. 33 p. 966–973.

PIEKARSKI, A. E. T.; TORKOMIAN, A L. V. **Identificação de Clusters Industriais: Uma Análise de Métodos Quantitativos**. In: XI SIMPEP - SIMPÓSIO DE ENGENHARIA PRODUÇÃO, 2010.

PORTER, M. E. **Estratégia Competitiva**. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2004.

ROBERT, F. D.; ERNEST, H.F., **Group decision support with the analytic hierarchy process**. *Decision Support Systems*. 1992. v.8, p. 99–124.

SAATY, T. L., **The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource All location**. University of Pittsburgh. 1990. ISBN0070543712.

SAATY, T. L. **Método de análise hierárquica**. São Paulo: McGraw-Hill Publisher, 1991. 367 p.

SAATY, T. L.; LUIS, G. V. The possibility of group welfare functions. **International Journal of Information Technology and Decision Making**, 2005. v.4(2). p. 167–176. ISSN:0219-6220.

SAATY, T. L.; SHANG, J. S. **Group decision-making: head-controversies intensity of preference** 41. *Socio-Economic Planning Sciences*, 2007. p.22–37. ISSN:0038-0121.

SANTOS, I. G.; SOUZA, R. V. G. **Revisão de Regulamentações em Eficiência Energética: Uma Atualização das Últimas Décadas**. FÓRUM - Cadernos de Trabalho – Edição Especial, 2012. v.0, n. 0.

SEBRAE. **Subsídios para a identificação de clusters no Brasil: atividades da indústria**. SEBRAE-SP. Relatório de Pesquisa, São Paulo, 2002.

SHIMIZU, T. **Decisão nas Organizações**. Ed. Atlas S.A. São Paulo, 2010, 439p.

SZE'KELY, F., KNIRSCH, M. **Responsible leadership and corporate social responsibility**. *European Management Journal*, V. 23, No. 6, pp. 628–647, 2005.

SUZIGAN, W.; FURTADO, J.; GARCIA, R.; SAMPAIO, S. E. K. **Aglomerções industriais no Estado de São Paulo**. XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, ANPEC, 2000. Campinas, 2000.

TEIXEIRA, J. E. C. T.; BELDERRAIN, M. C. N. **Aplicabilidade da Teoria de Utilidade Multicritério (Maut) na Seleção de Sistemas de Ensino Brasileiro** – trabalho apresentado no COBENGE, 2011. Santa Catarina, 2011.

THOMAZ, J. P. C. F. **Concepção de um modelo multicritério de apoio a decisão**. 2000. Dissertação (Mestrado em Administração) apresentado à Universidade Lusíada, Lisboa - Portugal, 2000.

TRONCHIN, L. A.; FABBRI, K.B. **Energy Performance Certificate of building and confidence interval in assessment: An Italian case study**. Energy Policy, 2012. v. 48 p. 176–184.

VIANA, F. L. E.; ARY, J. C. A. **Infra-estrutura do nordeste: estágio atual e possibilidade de investimentos**. 2005. 103 f. Série de documentos do ETENE, Banco do Nordeste do Brasil, Fortaleza, 2005.

VIANA, F. L. E.; BEZERRA, F. D. **Informe Setorial Indústria e Serviços – Panorama da Infraestrutura Energética do Brasil e do Nordeste**. Dez. 2009.

YANG, Y. A. B.; BAIZHANLI, A.; RUNMINGYAO, A. A. N. **A method of identifying and weighting indicators of energy efficiency assessment in Chinese residential buildings**. Energy Policy, 2010. v. 38 p. 7687–7697.

YOGESH, J. **Design and optimization of thermal systems**. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2008, 723p.

YANG, Y.; LI, B.; YAO, R. **A method of weighting indicators of energy efficiency assessment in residential building in China**. In: 25TH CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE, 2008, Dublin, 2008.

YOON, K.; HWANG, C. **Multiple Attribute Decision Making an Introduction**. 1995. SAGE Publications Ltd., London – UK. ISBN: 0-8039-5486-7.

## APÊNDICE A

PRIMEIRA PESQUISA – Questionário aplicado através da Ferramenta *Survey Monkey*

**1. Sua empresa trabalha com ações coordenadas de eficiência energética?**

Sim

Não

Outro (especifique)

**2. Há alguma iniciativa interna de funcionários ou áreas atuando em eficiência energética?**

Sim

Não

Outro (especifique)

**3. Quais os tipos de utilidades / combustíveis que sua empresa utiliza?**

Energia elétrica

Energia Solar

Gas Natural

Gas Liquefeito de Petróleo

Diesel

Gasolina

Etanol

Ar comprimido

Ar condicionado central

Split

Janela

Vapor

Caldeiras

Outro (especifique)

**4. Há um setor ou área responsável pelos energéticos em sua empresa?**

Sim

Não

Outro (especifique)

Fonte: Autoria Própria

**5. Que tensão de entrada de energia sua empresa trabalha?**

- Baixa tensão
- 13,8 kV
- 68kV a 138kV
- Acima de 138kV

Outro (especifique)

**6. Sua empresa trabalha com contrato Cativo ou Livre de aquisição de energia?**

- Cativo
- Livre

Outro (especifique)

**7. Sua empresa trabalha com geração de energia?**

- Sim
- Não

Outro (especifique)

**8. Sua empresa gera energia em horário de ponta?**

- Sim
- Não

Outro (especifique)

**9. No projeto de construção de edifícios em sua empresa, são considerados como requisitos pontos de eficiência energética?**

- Sim
- Não

Outro (especifique)

Fonte: Autoria Própria

**10. As construções de sua empresa como posicionamento dos edifícios apresentam orientação solar?**

Sim

Não

Outro (especifique)

**11. Houve estudo de utilização de iluminação solar nos edifícios de sua empresa?**

Sim

Não

Outro (especifique)

**12. Existe aplicação de energia solar em sua planta?**

Sim

Não

Outro (especifique)

**13. O selo de níveis de eficiência energética da Procel é utilizado na decisão de aquisição de equipamentos elétricos em sua empresa?**

Sim

Não

Outro (especifique)

**14. Nos equipamentos de ar condicionado de sua empresa há determinação sobre a renovação de ar externo?**

Sim

Não

Outro (especifique)

Fonte: Autoria Própria

**15. Existe prática do uso de insuflação de ar natural nos edifícios de sua empresa?**

Sim

Não

Outro (especifique)

\_\_\_\_\_

**16. Existe algum sistema de co-geração nos processos de sua empresa?**

Sim

Não

Outro (especifique)

\_\_\_\_\_

**17. Qual o percentual da utilização de gás natural nos processos de sua planta?**

Até 10%

Entre 11 e 30%

Acima de 31%

N/A

Outro (especifique)

\_\_\_\_\_

**18. Existe a aplicação de telhas translúcidas nos telhados dos edifícios de sua empresa?**

Sim

Não

Outro (especifique)

\_\_\_\_\_

**19. Há utilização de aquecimento solar em sua empresa?**

Sim

Não

Outro (especifique)

\_\_\_\_\_

Fonte: Autoria Própria

**20. Há utilização de materiais considerados ecológicos na construção dos edifícios de sua empresa?**

Sim

Não

Outro (especifique)

\_\_\_\_\_

**21. Sua empresa utiliza ventilação natural em seus edifícios?**

Sim

Não

Outro (especifique)

\_\_\_\_\_

**22. Há estudos de melhoria de processos em sua empresa sobre a redução de utilização de energia elétrica durante o horário de ponta, ou seja, das 17h30 às 20h30?**

Sim

Não

Outro (especifique)

\_\_\_\_\_

**23. Existe controle de demanda elétrica em sua empresa?**

Sim

Não

Outro (especifique)

\_\_\_\_\_

**24. Sua empresa trabalha com motores de alto rendimento?**

Sim

Não

Outro (especifique)

\_\_\_\_\_

Fonte: Autoria Própria

**25. Sua empresa utiliza iluminação com lâmpadas led?**

- 0% - 25%
- 26% - 50%
- 51% - 75%
- Acima de 76%
- Não utiliza

Outro (especifique)

\_\_\_\_\_

**26. Sobre a iluminação artificial que sua empresa utiliza:**

	0% - 25%	26% - 50%	51% - 75%	76% - 100%
Vapor metálico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lâmpada PL	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fluorescente T5 28W	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Outro (especifique)

\_\_\_\_\_

**27. Há um setor encarregado de verificar melhorias e reduções de consumo elétrico de forma contínua em sua empresa?**

- Sim
- não

Outro (especifique)

\_\_\_\_\_

**28. Há algum programa de melhoria contínua em sua empresa voltado a Eficiência Energética?**

- Sim
- Não

Outro (especifique)

\_\_\_\_\_

Fonte: Autoria Própria

**29. Sua empresa trabalha com a área de comunicação interna informando sobre possibilidades de redução e economia energética?**

Sim

Não

Outro (especifique)

\_\_\_\_\_

**30. Você entende que a aplicação/implementação de eficiência energética é algo economicamente vantajoso?**

Concordo

Discordo

Outro (especifique)

\_\_\_\_\_

**31. Sua empresa possui estudos de eficiência energética ou de redução de consumo elétrico?**

Sim

Não

Outro (especifique)

\_\_\_\_\_

**32. Sua empresa possui programa específico de conservação de energia?**

Sim

Não

Outro (especifique)

\_\_\_\_\_

**33. Há algum programa de incentivo ao uso do controle de temperatura dos sistemas de ar condicionado de sua empresa?**

Sim

Não

Outro (especifique)

\_\_\_\_\_

**34. Sua empresa possui restrição de temperatura nos sistemas de ar condicionado?**

Sim

Não

Outro (especifique)

\_\_\_\_\_

Fonte: Autoria Própria

**35. Há muitos equipamentos de ar condicionado em sua empresa?**

Sim

Não

Pode informar a quantidade?

**36. Há alguma restrição do uso de energia elétrica durante o horário de ponta, ou seja, das 17h30 às 20h30?**

Sim

Não

Outro (especifique)

**37. Existem objetivos e metas de redução de consumo de energia estabelecidas pela sua empresa?**

Sim

Não

Outro (especifique)

**38. A empresa realiza treinamento sobre eficiência energética para seus colaboradores?**

Sim

Não

Outro (especifique)

Fonte: Autoria Própria

## APÊNDICE B

### SEGUNDA PESQUISA

Esta pesquisa teve a finalidade identificar a opinião de especialistas das indústrias da região do Vale do Paraíba sobre a aplicação/utilização de indicadores de Eficiência Energética em suas empresas, bem como priorizá-los através do grau de importância entre si, de acordo com suas experiências.

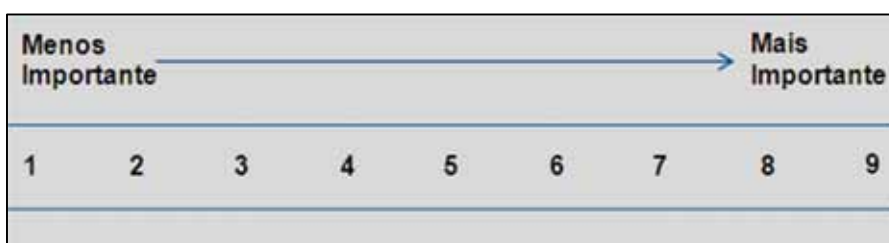
Foram selecionados vinte (20) indicadores e divididos em cinco (5) grupos, de acordo com foco e atuação.

✓ Descrição do indicador;

✓ Grau de importância no grupo;

✓ Aplicação ou não na indústria em que trabalha;

- Para responder à pergunta, em primeiro lugar, assinale o número para descrever o grau de importância de um indicador sobre o outro, sendo que o número **“1” (um)** é o **menos importante** e o número **“9” (nove)** é o **mais importante**.
- Dentro de um mesmo grupo não poderá haver igualdade de importância entre os indicadores.



- Em seguida, é preciso assinalar se o indicador é ou não aplicado/usado em sua empresa.
- Comentários.

## Questionário aplicado através da Ferramenta *Survey Monkey*

### 1. Informações sobre a empresa

Nome:

Empresa:

Endereço:

Cidade/Município:

Estado:

CEP:

Endereço de email:

Nº telefone:

### 2. Grupo 1 – Projeto dos edifícios da planta

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Orientação solar para posicionamento dos edifícios (projeto)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Formato dos edifícios (arquitetura)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pintura de fachada dos edifícios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Uso de tecnologias Inovadoras	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Comentários	<input type="text"/>								

### 3. Grupo 2 – Desempenho do envelope

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Estanqueidade das janelas externas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Propriedades térmicas do envelope do edifício	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Uso de energia solar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Uso da água de chuva	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Comentários	<input type="text"/>								

### 4. Grupo 3 – Eficiência Energética das Instalações

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Air comprimido	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Fonte: Autoria Própria

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Ar condicionado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Iluminação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Correção do fator de potência	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Comentários	<input type="text"/>									
<b>5. Grupo 4 – Operação e manutenção</b>										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Guia de orientação para conservação de energia para os ocupantes da planta;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Implantação da CICE - Comissão Interna de Conservação de Energia;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Medição do consumo de energia em tempo real (elétrica, ar comprimido, gás natural, água, etc);	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Caça vazamento para sistema de ar comprimido e gás natural.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Comentários	<input type="text"/>									
<b>6. Grupo 5 – Conforto, saúde e meio ambiente</b>										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Monitoramento de emissão de CO2 de interiores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Umidade do ambiente interno (térmico)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Iluminação e acústica do ambiente interno	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Qualidade do ar interno	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Comentários	<input type="text"/>									
<b>7. Aplicação de Indicadores de Eficiência Energética na indústria em que desenvolve suas atividades.</b>										
		Sim	Não							
Grupo 1 - Orientação solar para posicionamento dos edifícios (projeto)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>							
Grupo 1 - Formato dos edifícios (arquitetura)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>							
Grupo 1 - Pintura de fachada dos edifícios	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>							
Grupo 1 - Uso de tecnologias inovadoras	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>							

Fonte: Autoria Própria

	Sim	Não
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Grupo 2 - Estanqueidade das janelas externas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Grupo 2 - Propriedades térmicas do envelope do edifício	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Grupo 2 - Uso de energia solar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Grupo 2 - Uso da água de chuva	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Grupo 3 - Ar comprimido	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Grupo 3 - Ar condicionado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Grupo 3 - Iluminação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Grupo 3 - Correção do fator de potência	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Grupo 4 - Guia de orientação para conservação de energia para os ocupantes da planta;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Grupo 4 - Implantação da CICE - Comissão Interna de Conservação de Energia;	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Grupo 4 - Medição do consumo de energia em tempo real (elétrica, ar comprimido, gás natural, água, etc);	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Grupo 4 - Caça vazamento para sistema de ar comprimido e gás natural.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Grupo 5 - Monitoramento de emissão de CO2 de interiores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Grupo 5 - Umidade do ambiente interno (térmico)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Grupo 5 - Iluminação e acústica do ambiente interno	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Grupo 5 - Qualidade do ar interno	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Concluído

Fonte: Autoria Própria