

Helmuth Wieland Schmidt

CONTABILIDADE ENERGÉTICA: mensuração do custo energético dos produtos por meio de unidade de medida de energia

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas Estratégicas e Desenvolvimento, Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Estratégia, Desenvolvimento e Sustentabilidade.

Orientador: Prof. Peter Herman May

Rio de Janeiro
2018

FICHA CATALOGRÁFICA

S349 Schmidt, Helmuth Wieland.
Contabilidade energética: mensuração do custo energético dos produtos por meio de unidade de medida de energia / Helmuth Wieland Schmidt. – 2018.
192 p. ; 31 cm.

Orientador: Peter Herman May.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Economia, Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento, 2018.

Bibliografia: f. 182 – 192.

1. Contabilidade. 2. Energia. 3. Contabilidade energética. I. May, Peter Herman, orient. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Instituto de Economia. III. Título.

CDD 657

Helmuth Wieland Schmidt

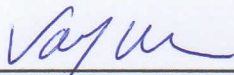
CONTABILIDADE ENERGÉTICA: mensuração do custo energético dos produtos por meio de unidade de medida de energia

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas Estratégicas e Desenvolvimento, Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Estratégia, Desenvolvimento e Sustentabilidade.

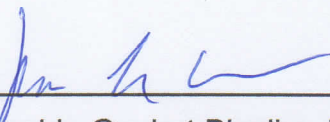
Aprovada em

30/08/18

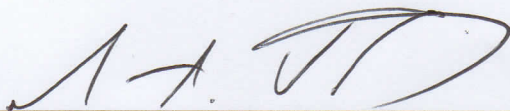

Orientador: Prof. Peter Herman May, Doutor, UFRJ / IE / PPED



Valeria Gonçalves da Vinha, Doutora, UFRJ / IE / PPED



Ronaldo Goulart Bicalho, Doutor, UFRJ / Instituto de Economia



Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas, Doutor, UFRJ / COPPE / PPE



Carlos Augusto Arentz Pereira, Doutor, UERJ / FEN

Dedico esta tese

in memoriam aos meus pais *Gustavo* e *Neida*. Ambos se foram quando eu era ainda praticamente uma criança, mas me deixaram o gosto pelos estudos e pesquisas;

à minha querida *Bianca Pacheco Horta*, a quem muito devo pelo carinho, paciência e ajuda para o alcance desta conquista;

à minha pequenina *Luisa* que chegou no percurso deste trabalho, trazendo toda a alegria e motivação para que tenha um mundo melhor para se viver.

Agradecimentos

Ao meu orientador, *Prof. Peter Herman May*, pela persistência e pela paciência no desenvolvimento deste trabalho;

Ao *Prof. Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas*, por quê quando caí, me deu a mão e me mostrou que haviam ainda bons caminhos a serem trilhados;

Ao *Prof. Alexandre D'Avignon*, por ter me apresentado ao PPED, fazendo com que essa conquista se tornasse possível;

Ao meu grande amigo, *Prof. Thadeu Andrade da Cunha*, por ter me ensinado e incentivado a seguir no mundo acadêmico;

Ao meu amigo *Pedro Gauziski de Araújo Figueredo*, por ter me permitido, quando empregado da Petrobras, a continuar nos esforços para o alcance deste êxito.

*“Quando a última árvore cair, derrubada;
quando o último rio for envenenado;
quando o último peixe for pescado, só
então nos daremos conta de que dinheiro
não se come”. (Autor desconhecido)*

RESUMO

SCHMIDT, Helmut Wieland. Contabilidade Energética: mensuração do custo energético dos produtos por meio de unidade de medida de energia. Rio de Janeiro, 2018. Tese (Doutorado em Estratégia, Desenvolvimento e Sustentabilidade) - Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas Estratégicas e Desenvolvimento, Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018

Nesse estudo mostramos ser possível a construção, por meio de analogia, de um método de mensuração do custo energético em unidades físicas. O estudo se baseia na necessidade de a humanidade depender da energia para se manter. Uma vez que a energia é indispensável à vida humana, tornou-se inevitável enfrentar os grandes desafios energéticos colocados pelas alterações climáticas e escassez de recursos. Uma forma de mensurar a energia empregada na produção de materiais e serviços abriria uma nova condição de escolha à sociedade: por qual produto se tem preferência em adquirir, considerando, além das características mercadológicas como qualidade e preço, a quantidade de energia dispensada para a sua produção se comparado com similares que utilizaram de menor consumo energético no seu processo produtivo. Para se alcançar esse método de mensuração foi utilizada a fundamentação teórica da Contabilidade Tradicional de Custos associada à incipiente Contabilidade Energética que vem a ser o campo dedicado a estudar o uso social de um único recurso: a energia. Conceituamos a contabilidade energética como um conjunto de métodos e processos aplicáveis à quantificação de fluxos e estoques de energia expressos em unidades físicas. Adotamos o método científico indutivo, sendo classificada como pesquisa descritiva, quanto aos seus objetivos, uma vez que procura demonstrar, dentre os conceitos de custo, a sua capacidade de ser também expresso de forma não monetária. Trata-se de uma pesquisa bibliográfica qualitativa, mostrando ser possível a evidenciação de custos em unidades físicas. Resultou estar evidente a capacidade de o custo ser também expresso de forma não monetária, sendo possível, portanto, por meio da analogia, o desenvolvimento de um método de evidenciação de custos em unidades físicas, no caso em energia. Concluímos com a elaboração de um teste exemplificativo do método, onde houve a comparação entre

duas indústrias hipotéticas e suas decisões. Consideramos como recomendável a realização de novos estudos com a finalidade da efetiva aplicação deste método eis que, ao dispormos de condições de evidenciação do custo energético, estaremos possibilitando a elaboração e divulgação de relatórios que venham informar a quantidade de energia contida nos produtos, podendo, nesse sentido, haver comparações com outros iguais ou similares, possibilitando ainda a criação e adoção de políticas públicas destinadas a preservar o meio ambiente e garantir a sua sustentabilidade.

Palavras-chave: Contabilidade; Energia; Contabilidade Energética; Necessidade de Energia; Custo; Custo energético.

ABSTRACT

SCHMIDT, Helmut Wieland. Contabilidade Energética: mensuração do custo energético dos produtos por meio de unidade de medida de energia. Rio de Janeiro, 2018. Tese (Doutorado em Estratégia, Desenvolvimento e Sustentabilidade) - Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas Estratégias e Desenvolvimento, Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018

In this study we show that it is possible to construct, by way of analogy, a method of measuring energy cost in physical units. The study is based on mankind's dependency on energy to maintain itself. Since energy is essential to human life, it has become inevitable that we face the great energy challenges posed by climate change and resource scarcity. A way to measure the energy used in the production of materials and services would allow society to obtain a new element of choice: what product is it preferable to acquire, based on market characteristics such as quality and price, or on the amount of energy needed for its production compared with a similar product that required less energy consumption in its productive process. To achieve this method of measurement the theoretical basis of Traditional Cost Accounting was associated with nascent Energy Accounting the field devoted to studying the social use of energy. We conceptualize energy accounting as a set of methods and processes applied to the quantification of energy stocks and flows expressed in physical units. The study adopts the inductive scientific method, being classified as descriptive research regarding its objectives, since it seeks to demonstrate as one of the concepts of cost, its ability to be expressed in non-monetary terms. This required a qualitative bibliographical search, showing that it is possible to describe costs in physical units. This resulted in the evident ability to express the cost also in non-monetary form, it being possible, therefore, by analogy, to develop a method to express costs in physical units of energy. We conclude with the preparation of a sample to test the method, wherein a comparison is made between two hypothetical industries and their decisions. We recommend further studies with the purpose of effective implementation of this method to enable the drawing up and dissemination of reports that will inform the amount of energy contained in products. In this sense, comparisons may be made with the same

or similar products, also making possible the creation and adoption of policies to preserve the environment and ensure its sustainability.

Keywords: Accounting; Energy; Energy Accounting; Power requirements; Cost; Energy cost.

Lista de Ilustrações

Figura 1: Petróleo. Fonte: (CLEVELAND e GHOSN, 2011)	26
Figura 2: Selo Procel. Fonte: (PROCEL, 2016).....	41
Figura 3: Selo Conpet. Fonte: (CONPET, 2016)	42
Figura 4: The first principle. Fonte: (ROSNAY, 2003)	71
Figura 5: Reunião da OPEP. Fonte:.....	81
Figura 6: Cartoon de Frank Miller. (1974)	82
Figura 7: Scheme of energy levels. Fonte:.....	87
Figura 10: Esquematização completa do método hipotético-dedutivo	105
Figura 11: Esquema do método adaptado para a pesquisa. Fonte: Adaptado de Marconi e Lakatos (2004).....	106
Figura 12: Diagrama de Duit. Fonte: Adaptado de Duit (1991)	112
Figura 13: Diagrama Adaptado de Duit. Fonte: Adaptado de Duit (1991)	113
Figura 14: Fluxo dos Materiais na Contabilidade de Custos	121
Figura 15: Fases dos Custos Energéticos.....	122
Figura 16: Transferência de valores por centro de custo	126
Figura 17: Custos Fixos por Unidade	131
Figura 18: Custos Variáveis por Unidade	132
Figura 19: Custo Energético Fabril.....	132
Figura 20: Função de fabricação.....	139
Figura 21: Fábrica antes e depois da departamentalização	142
Figura 22: Custeio por processo. Fonte: adaptado de (MAHER, 1999)	146
Figura 23: Departamentalização	150
Figura 24: Sequência da Departamentalização.....	151
Figura 25: Sistema de certificação. Fonte: adaptado de Pinto (2008).....	179

Lista de Tabelas

Tabela 1: Quadro Unidades de Energia.....	89
Tabela 3: Intensidade Energética em MegaJoule.	103
Tabela 4: Demonstração de Custos Energéticos do Estoque em 31/12 – Prestadora de Serviços	117
Tabela 5: Demonstração de Custos Energéticos do Estoque em 31/12 – Empresa Comercial.....	118
Tabela 6: Demonstração de Custos Energéticos do Estoque em 31/12 – Empresa Industrial.....	119
Tabela 7: Tabela de Profissões e Calorias por Hora. Fonte: adaptado de (ECONOMIAS, 2016).....	137
Tabela 8: Posição de Custos Energéticos.....	149
Tabela 9: Bases para Rateio dos Custos Indiretos	151
Tabela 10: Custos Indiretos.....	152
Tabela 11: Custos Energéticos Indiretos aos Departamentos – Rateio por Área Ocupada.....	153
Tabela 12: Custos Energéticos Indiretos aos Departamentos – Rateio por Energia Elétrica Consumida	153
Tabela 13: Custos Energéticos Indiretos aos Departamentos – Rateio por Percentuais Estabelecidos	154
Tabela 14: Total dos Custos Energéticos Indiretos Atribuídos aos Departamentos	154
Tabela 15: Atribuição dos Custos dos Departamentos Auxiliares aos Departamentos Produtivos	155
Tabela 16: Tempos Unitários de Produção	156
Tabela 17: Tempos Unitários de Produção	156

Lista de Abreviaturas e Siglas

a.C	Antes de Cristo
A.d	Anno Domini
AIE	Agência Internacional de Energia
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BBL	Barris de Óleo
BTU	Unidade Térmica Britânica
CC	Centros de Custos
CEF	Custo Energético Fabril
CEIF	Custos Energéticos Indiretos de Fabricação
CEMV	Custo Energético das Mercadorias Vendidas
CEP	Custo Energético dos Produtos
CET	Custo Energético de Transformação
CH ⁴	Gás Metano
CIF	Custos Indiretos de Fabricação
CO ²	Dióxido de Carbono
CONPET	Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural
COV	Composto orgânico volátil
CPC	Comitê de Padronização Contábil
DAI	Dangerous Anthropogenic Interference
EER	Indicador do Intercâmbio de Energia
EIR	indicador de investimento de energia
Eletrabras	Centrais Elétricas Brasileiras S.A.
ELR	indicador de carga ambiental
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ERDA	Energy Research and Development Administration
ESI	indicador de sustentabilidade
EUA	Estados Unidos da América
EYR	indicador de rendimento em energia
FASB	Financial Accounting Standards Board
FLO	Fair Trade Labelling Organization
GEE	Gás de Efeito Estufa
GIEE	Gund Institute for Ecological Economics
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
GN	Gás Natural
GNV	Gás Natural Veicular
HC	Hidrocarboneto
IASB	International Accounting Standards Board
IFIAS	International Federation of Institutes for Advanced Study
INEE	Instituto Nacional de Eficiência Energética

INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
J	Joule
MED	Material Energético Direto
MJ	Megajoule
MME	Ministério das Minas e Energia
MOD	Mão-de-Obra Direta
MOI	Mão-de-obra indireta
MP	Material Particulado
NAMA	Ações de Mitigação Nacionalmente Apropriadas
NO	Óxido de Nitrogênio
NO ²	Dioxido de azoto
NSF	National Science Foundation
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ONG	Organização Não Governamental
NOS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
ONU	Organização das Nações Unidas
OPEP	Organização dos Países Exportadores de Petróleo
ORAU	Oak Ridge Associated University
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PBEV	Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular
PBMC	Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas
pH	Potencial Hidrogeniônico
PIB	Produto Interno Bruto
PNEf	Programa Nacional de Educação Fiscal
Ppm	parte por milhão
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
RAS	Rede de Agricultura Sustentável
ROL	Receita Operacional Líquida
RU	Reino Unido
Sej	Solar Emergy Joule
SI	Sistema Internacional de Unidades
SIN	Sistema Interligado Nacional
SO ²	Dióxido de Enxofre
SO ⁴	Sulfato
tCO ²	Toneladas de Dióxido de Carbono
TEC	Toneladas Equivalentes de Carvão
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
US\$	Dólar

SUMÁRIO

1.	O PROBLEMA DO USO DA ENERGIA	20
1.1	Energia e Meio Ambiente	20
1.1.1.	Resíduos Decorrentes da Energia	31
1.1.2.	Eficiência Energética	32
1.1.3.	Políticas Públicas Para Eficiência Energética	34
1.1.4.	Política Energética	46
1.2.	Hipóteses	47
1.3.	Objetivos	48
1.3.1.	Objetivo Geral	48
1.3.2.	Objetivos Específicos	48
1.4.	O que se saberá após a tese, que não sabíamos antes?	48
1.5.	Escopo do Trabalho	49
1.6.	Limitações da Pesquisa	50
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	53
2.1	Enfoque	53
2.2.	Teorias e Definições de Contabilidade e Custos	53
2.2.1.	Teorias e Definições de Contabilidade	53
2.2.2.	Teorias e Definições de Custo	65
2.3.	Uso de termos Relacionados à Energia	69
2.3.1.	O Termo “Energético”	69
2.3.2.	Definição Simplificada Para “Energia”	69
2.3.3.	A Expressão “Necessidade de Energia”	70
2.4.	A Termodinâmica	70
2.4.1.	As Leis da Termodinâmica	71
2.4.2.	A “Quarta” Lei da Termodinâmica de Georgescu-Roegen	72
2.4.3.	As limitações da Termodinâmica	73
2.5.	Contabilidade Energética	75
2.5.1.	Conceituando Contabilidade Energética	75
2.6.	Histórico da Contabilidade Energética	76
2.6.1.	O Começo	77
2.6.2.	Diversidade de Opiniões	79
2.6.3.	Tentativas de Regramento	84
2.6.4.	O Sistema e Suas Limitações	86
2.7.	As Formas de Mensuração da Energia	88
2.7.1.	Unidades de Mensuração Tradicionais	89
2.7.2.	A Energia de H. T. Odum	95
2.7.3.	A Escolha do “Joule” ao invés da Energia	97
3.	ABORDAGEM METODOLÓGICA E PROCEDIMENTOS PARA CONSTRUÇÃO DE UM NOVO MÉTODO	104
3.1.	Abordagem Metodológica em Relação ao Objetivo do Estudo	104
3.2.1.	Pesquisa Bibliográfica	107
3.2.2.	Analogia	107

4.	MÉTODO ADAPTADO PARA MENSURAÇÃO DO CUSTO DE ENERGIA: A CONTABILIDADE ENERGÉTICA	114
4.1.	Custo Energético	114
4.1.1.	Conceituando o Custo Energético	114
4.1.2.	Classificação dos Custos Energéticos	117
4.1.3.	Custos Energéticos Para Fins Comparativos	117
4.2.	Princípios Contábeis Aplicados à Contabilidade de Custos Energéticos	124
4.2.1	Princípio Contábil da Transferência de Valores	124
4.2.2	Princípio Contábil da Uniformidade de Critérios	127
4.2.4	Princípio Contábil da Relevância	128
4.2.5	Princípio Contábil da Competência de Exercícios	129
4.3.	Custos Energéticos Fixos e Custos Energéticos Variáveis	130
4.3.1	Custos Energéticos Fixos	131
4.3.2	Custos Energéticos Variáveis	131
4.4.	Materiais Diretos	132
4.4.1	Inventário Periódico	133
4.5.	Custos Energéticos de Transformação	134
4.5.1.	Mão-de-obra	134
4.5.2.	Custos Indiretos de Fabricação (Energia Incorporada)	138
4.6.	Departamentalização dos Custos Energéticos	141
4.6.1	Custos Energéticos Diretos	141
4.6.2	Custos Energéticos Indiretos	142
4.7	Custeamento Energético	144
4.7.1	Acumulação de Custos Energéticos	145
4.8	Teste Exemplificado do Método Desenvolvido	147
4.8.1	Aplicação	147
4.8.2	Breve Desenvolvimento Prático	148
4.8.3	Custos Energéticos Indiretos de Fabricação	150
4.8.4.	Apuração dos Custos - Primeira Empresa	156
4.8.5.	Apuração dos Custos - Segunda Empresa	165
4.8.6	Comparação entre os custos energéticos	175
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	177
5.1.	Implementação de Políticas Públicas com Base na Contabilidade Energética	177
5.1.1.	Certificação Para a Adoção de Relatórios Com Base no Custo Energético	178
5.1.2.	Ações Reguladoras Governamentais Com Base no Custo Energético	180
5.1.3.	Tributação Com Base no Custo Energético	181
	REFERÊNCIAS	182

INTRODUÇÃO

As grandes concentrações humanas dependem de energia para se manter, metabolizando esta energia para o seu funcionamento e produzindo, como consequência de seus processos vitais, uma série de resíduos. Resíduos sólidos, líquidos e gasosos são produzidos por todos, através dos processos necessários à manutenção de suas vidas.

Uma vez que a energia é indispensável à vida humana, tornou-se inevitável enfrentar os grandes desafios energéticos colocados pelas alterações climáticas, escassez de recursos e o abastecimento seguro de energia a preços acessíveis a todos os consumidores. Uma forma de mensurar a energia empregada na produção de materiais e serviços necessários à vida do homem abriria, por sua vez, uma nova condição de escolha à sociedade: as pessoas poderiam decidir por qual produto teriam preferência em adquirir, levando em consideração, além das características mercadológicas como qualidade e preço, a quantidade de energia dispensada para a produção do mesmo, se comparado com similares que utilizaram de menor consumo energético no seu processo produtivo.

Optando por consumir um produto de menor “custo energético”, as pessoas estariam contribuindo com a preservação do meio ambiente, haja vista a grande relevância do consumo de energia como fator preponderante na devastação do meio ambiente. Além da opção do consumidor, ações governamentais como mecanismos de regulação e tributação, por exemplo, poderiam ser tomadas a partir de informações do consumo energético dos produtos.

Além da escolha pessoal, poderão ser desenvolvidas políticas públicas visando o monitoramento dos processos de produção e seus impactos à sustentabilidade e qualidade de vida:

(...) consumidores optam por produtos oriundos de processos comprometidos com o desenvolvimento sustentável, influenciando sua forma de produção. Além dos consumidores no ato da compra, a sociedade civil pode passar a ter maneiras de influenciar e monitorar processos produtivos e empreendimentos que interferem na sua qualidade de vida. (PINTO, 2008, p. 22)

Importante destacar que além dos consumidores no ato da compra, com a possibilidade do uso da ferramenta objeto desta tese, a sociedade civil poderá utilizar-se da mesma para influenciar nos processos produtivos e nos empreendimentos que interferem na sua qualidade de vida.

O tema central desta tese consiste, portanto, no desenvolvimento de um método inédito, baseado em técnicas contábeis de apuração de custos monetários, capaz de mensurar a energia empregada na produção de materiais e serviços.

Não identificamos a existência, até o momento, de alguma forma de apuração que se baseie em técnicas contábeis de apuração de custos monetários, e que possa efetivamente levar a oportunidade de escolha por qual produto se prefere adquirir para consumo, levando em consideração, além dos habituais critérios de qualidade e preço, também a quantidade de energia, mensurada em unidade de energia, empregada na sua produção.

Diante da realidade global de que as gerações futuras sofrerão os impactos das ações de exploração dos recursos naturais, em especial, os recursos energéticos, este trabalho se justifica por buscar proporcionar à sociedade uma ferramenta a mais para a eficiência energética.

A oportunidade de optar por um produto de menor consumo energético no seu processo produtivo levaria à contribuição direta e indireta¹ na preservação do meio ambiente. Além da opção do consumidor, ações governamentais poderiam ser tomadas com a implementação de políticas públicas específicas para eficiência

¹ Sobre Contribuição Direta e Indireta, considerando as definições de MIRANDA (2008) para IMPACTO AMBIENTAL DIRETO e IMPACTO AMBIENTAL INDIRETO, temos que o primeiro se dá quando resulta de uma simples relação de causa e efeito, também chamado impacto primário ou de primeira ordem. E pela definição do segundo, este ocorre quando é uma reação secundária em relação à ação ou quando é parte de uma cadeia de reações. Com as definições supra, depreende-se que a CONTRIBUIÇÃO DIRETA na preservação do meio ambiente a que se poderia atribuir em decorrência da escolha de um produto de menor consumo energético é justamente o fato de que irá ser disponibilizado para consumo um produto que tenha se utilizado de uma menor quantidade de energia para a sua elaboração. A CONTRIBUIÇÃO INDIRETA, por sua vez, também é encontrada na diminuição do uso da energia, a considerar que para a elaboração de tal produto tenha sido exigido o uso de matérias primas com a menor intensidade energética, e o mesmo para cadeias posteriores, onde este produto poderá vir a ser utilizado como uma matéria prima de menor intensidade energética para a elaboração de um novo produto.

energética que, com base nas informações do consumo energético na elaboração dos produtos, se possa instituir novos parâmetros para tributação, bem como o desenvolvimento de mecanismos de regulação.

Tal assunto está relacionado ao que dispõe a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, onde assim está estabelecido:

“As Partes desta Convenção, (...) Reconhecendo que todos os países, especialmente os países em desenvolvimento, precisam ter acesso aos recursos necessários para alcançar um desenvolvimento social e econômico sustentável e que, para que os países em desenvolvimento progridam em direção a essa meta, seus consumos de energia necessitarão aumentar, levando em conta as possibilidades de alcançar maior eficiência energética e de controlar as emissões de gases de efeito estufa em geral, inclusive mediante a aplicação de novas tecnologias em condições que tornem essa aplicação econômica e socialmente benéfica.”

Há um vasto campo a ser explorado envolvendo a apuração do custo energético dos produtos, bem como a importância da contabilidade nessa nova perspectiva. Esta tese apresenta o desenvolvimento de um método inédito, próprio e específico de apuração do custo expresso em uma unidade de medida de energia. Para o alcance deste objetivo utilizamos da analogia -metodologia que explicitamos no item 3.2.2, eis que existem hoje métodos econômicos e contábeis, cientificamente aceitos, utilizados como meios de mensuração de custos de produção.

Para isso buscamos associar as metodologias de gestão de custos atuais para gerar este método inédito.

Quanto à viabilidade de se conhecer a quantidade de energia contida em cada matéria-prima originária a determinado produto, já existem estudos desenvolvidos que nos servem de ponto de partida, como a tabela de intensidade energética em unidade de BTU² de Hannon, Hendereen e Blazeck (1981), que é utilizada também nos estudos de Spreng (1988).

² A Unidade Térmica Britânica (BTU) é uma unidade de energia utilizada nas indústrias de energia, de geração de vapor, de aquecimento, e de ar condicionado. Apesar de ainda ser utilizada ‘oficiosamente’

Os estudos publicados existentes que determinam as quantidades de energia expressas na *emergia* de Odum, estão demonstrados no item 2.7.2. Entretanto, por serem ainda incipientes e por apresentarem demasiadas incertezas numéricas, como mostramos no item 2.7.3, os cálculos em *emergia* mostram-se ainda inapropriados para servirem como parâmetros de comparação, necessitando ainda de maior maturação para uma eficaz aplicação em termos de apuração de custos energéticos.

Consideramos então para a aplicabilidade nesta tese, a energia expressa em uma unidade que permitisse uma melhor comparação em seus resultados, onde procuramos converter os valores em BTU constantes dos já mencionados trabalhos de Hannon, Hendereen e Blazeck (1981) e também de Spreng (1988) para a unidade Joule³.

Temos então um ponto de partida: o conteúdo energético de vários materiais utilizados como insumos e matérias-primas. A partir daí desenvolveremos um método, por meio de analogia, baseado nas técnicas de apuração de custos monetários universalmente aceitas. O novo método irá nos possibilitar chegar ao custo energético do produto final que seria inserido no mercado. Pelo método desenvolvido nesta tese, no processo de produção são acrescentados ao custo energético do produto todos os serviços e insumos como: energia elétrica, combustíveis e os materiais utilizados, mensurados em uma unidade energética específica. monetária.

em países de língua inglesa (como EUA, Canadá, RU), o seu uso tem diminuído ou tem sido substituído em outros países. Em contextos científicos, a BTU já foi amplamente substituída pela unidade de energia do SI, o joule [J].

³ A unidade Joule, cujo símbolo é: "J" é a unidade tradicionalmente usada para medir energia mecânica (trabalho), também utilizada para medir energia térmica (calor). No Sistema Internacional de Unidades (SI), todo trabalho ou energia são medidos em joules. Um joule é igual a $9,4782 \times 10^{-4}$ BTU.

1. O PROBLEMA DO USO DA ENERGIA

1.1 Energia e Meio Ambiente

Quatro grandes problemas humanos, de escala mundial, e de difícil solução, se ligam ao uso da energia: a concentração do uso intensivo da energia comercial por parte de algumas nações em prejuízo de outras; a ameaça de guerras generalizadas ou localizadas decorrente do controle de grandes quantidades de potência para uso militar; a problemática da escassez de recursos naturais, da poluição e do desequilíbrio do meio ambiente global; e, por fim, a economia altamente tecnológica, da informação, intensiva em energia comercial, gerando desemprego maciço. (MACHADO, 1998):

Todos estes problemas ligam-se diretamente à energia. A força dos mitos antigos reaparece em versões contemporâneas. A idéia do crescimento econômico ilimitado, não pautado por nenhuma ética, entregue exclusivamente às forças de mercado, que, segundo alguns, permitiria aliviar as pressões da falta de energia, da guerra, da população, e do desemprego, como um novo mito parece, ela própria, acarretar os problemas que deveria resolver. O crescimento desatinado pode não trazer mais energia livre para alimentar o sistema humano e pode, ele mesmo, estar dificultado para a humanidade como um todo. As nações ricas não souberam controlar as guerras localizadas e não garantiram ainda enterrar para sempre o emprego de armas nucleares. E o crescimento do consumo mundial de energia – pelo qual são responsabilizadas hoje as nações pobres, pois os ricos já abocanharam seu quinhão, associado aos desmatamentos e às emissões de produtos químicos tóxicos, ameaçam desequilibrar o meio ambiente global gerando novas condenações. (MACHADO, 1998, p. 346)

Chuvas ácidas sobre as florestas da Europa, devastação das florestas tropicais (ao ritmo anual de 15 milhões de hectares, ou seja, o equivalente a toda a floresta francesa), risco de um novo Chernobyl, são alguns dos processos inelutáveis caso continue a crescer a pressão sobre os recursos físicos da Terra. Uma vez que qualquer aumento do ritmo de exploração dos recursos naturais agrava a destruição do meio ambiente, só existem duas saídas possíveis: melhorar o rendimento das cadeias de conversores; controlar e reduzir a demanda social de energia nas áreas onde foi ultrapassado o patamar do desperdício. (HÉMERY, DEBIER e DELÉAGE, 1993)

Alier (2009) destaca que a economia industrial esgota os recursos e transborda os sumidouros. A concentração de dióxido de carbono na atmosfera vinha crescendo nos anos 2000 a 2 ppm por ano e, neste ritmo, levará 30 anos para chegar a 450 ppm. A energia não é reciclável e os materiais os são, na prática, somente em parte. Daí a contínua busca de novas fontes de energia e de materiais nas “fronteiras de Extração” para substituir a energia e os materiais que têm dissipado e para assegurar novas fontes de abastecimento.

A longo prazo, em termos de eficiência energética e de recursos, o contínuo crescimento econômico só poderá se conciliar com a sustentabilidade ambiental se grandes e inverossímeis melhorias puderem ser alcançadas. (EHRlich e HOLDREN, 1971)

A ONU projeta que a população mundial no ano de 2050 será entre 7,8 e 10,8 bilhões. Tomando a estimativa média de nove bilhões (um crescimento médio de 0,7% ao ano), isto significa que as emissões médias per capita em 2050 terá de ser em torno de 0,75 tCO² por ano, o que implica uma redução média de aproximadamente 5,6% em cada ano. Se ao invés disso a intensidade de carbono continuar a cair apenas 1,3% em cada ano, as emissões globais seriam 55% maior em 2050. As emissões poderão atingir o pico mais cedo nos países ricos, mas se eles forem obrigados a contribuir com uma parcela proporcionalmente maior do total das reduções, estes países deverão precisar reduzir suas intensidades de carbono em mais de 6,9% ao ano. (SORRELL, 2010)

As linhas de bioconversão representam um potencial elevado e socialmente significativo. Alimentos, combustíveis e polímeros (visando a uma “química vegetal” que poderia substituir a carboquímica e a petroquímica) poderão constituir, amanhã, os principais produtos de uma verdadeira “civilização industrial” do vegetal. Sua mobilização requer, no entanto, um considerável esforço de pesquisa e de inovação, desde a seleção da matéria-prima vegetal até a concepção das máquinas para a colheita, o transporte, o armazenamento e a transformação, com minucioso estudo das condições de produção dos agrossistemas, não havendo nenhuma melhoria duradoura sem um investimento energético apropriado. De um modo geral, o rendimento da maioria dos conversores que intervêm na produção, no transporte, no armazenamento, na iluminação, no consumo residencial etc., pode e deve ser objeto de importantes melhorias. (HÉMERY, DEBIER e DELÉAGE, 1993)

Schutte (2015), ressalta que não existe energia limpa, pois, em maior ou menor grau, todas as fontes provocam danos ao meio ambiente ao longo de seu ciclo de produção. Nesse sentido, a economia mais limpa é aquela em que se consegue economizar.

Pode-se supor que as melhorias históricas em eficiência energética têm reduzido o consumo de energia abaixo do que teria sido se não houvesse tais melhorias, todavia não há certeza para esta suposição. No entanto, mesmo com essas melhorias, não se conseguiu reduzir o consumo de energia em termos absolutos. Embora a intensidade de energia agregada das economias industriais vir diminuindo paulatinamente ao longo do século passado, o consumo de energia continuou a aumentar, juntamente com as emissões de carbono associadas. A explicação mais comum para o fracasso em dissociar o consumo de energia e o crescimento econômico consiste em não se ter tentado o suficiente: os preços da energia e do carbono permanecem muito baixos e políticas para incentivar a eficiência energética são muitas vezes de pequena escala, subfinanciadas, mal concebidas e/ou ineficazes. Neste ponto de vista, a solução adequada seria a de reforçar estas políticas, ou seja, a introdução de mais regulamentação, normas e apoio financeiro ao lado do preço das emissões de carbono. (SORRELL, 2010)

Young (2010), por sua vez, aponta que as Contas Nacionais não procuram medir bem-estar. A razão de se medir o PIB se dá porque o nível de atividade e emprego oscila sem uma trajetória definida de longo prazo.

Um aspecto adicional que deve ser frisado é que as Contas Nacionais não procuram medir bem-estar, mas sim o nível de atividade econômica; tampouco assumem que a economia está em uma trajetória ótima de crescimento. Pelo contrário, a razão de se medir o PIB é exatamente porque o nível de atividade e emprego oscilam sem uma trajetória definida de longo prazo. Isso cria uma grande inconsistência entre as Contas Nacionais e diversas propostas de ajuste que identificam no PIB uma medida agregada de bem-estar, geralmente partindo de modelos de crescimento ótimo que pressupõem que a economia esteja operando a plena capacidade, com mercados idealizados (concorrência perfeita). Essa miscelânea teórica, que ignora a fundamentação keynesiana das Contas Nacionais, torna ainda mais confuso o debate. (YOUNG, 2010, p. 157)

A afirmação de que o aumento do consumo individual é necessário à melhoria da felicidade e bem-estar pode ser contestada. O conhecido “paradoxo de Easterlin” mostra que, a longo prazo, o aumento da riqueza nacional não se repercute

no aumento da felicidade. Easterlin chegou à conclusão que o crescimento dos valores do rendimento influenciava positivamente o bem-estar humano, mas a partir de certo patamar esse incremento deixava de ser sentido (EASTERLIN, 1974). Mais recentemente, Easterlin, McVey, Switek, Sawangfa e Zweig (2010), revendo pesquisas das últimas décadas confirmam que ao longo do tempo, dentro de um país, a felicidade não aumenta quando o rendimento aumenta. Ekins (1992), por sua vez, argumenta que o bem-estar humano não é determinado apenas pelo consumo de bens e serviços, mas também pelo "capital humano" (por exemplo: saúde, conhecimento), "capital social" (por exemplo: família, amigos e redes sociais) e "capital natural" (por exemplo: os ecossistemas e os serviços que eles fornecem).

Para Victor (2008), a mensuração da felicidade tem confundido os economistas desde que foi proposto por Bentham e outros primeiros utilitaristas. Ao invés de perseguir o impossível, os economistas foram se afastando gradualmente da quantificação da felicidade, primeiro por reconstruírem a teoria da demanda com base na utilidade ordinal e, em seguida, evitando comparações interpessoais de utilidade. Isso permitiu que alguns enunciados normativos sobre mudanças específicas na economia fossem feitos, mas tornou muito difícil para os economistas, que nada dizem sobre a relação entre o crescimento econômico e felicidade.

A Suécia e a Suíça desenvolveram um nível de conforto material comparável ao dos Estados Unidos, com um consumo relativo de energia duas vezes menor. A diferença se explica principalmente pelo melhor rendimento dos conversores, pela utilização de uma arquitetura melhor adaptada ao clima e pela maior utilização dos transportes coletivos. (HÉMERY, DEBIER e DELÉAGE, 1993)

Em termos de políticas atualmente em curso, de acordo com a Agência Internacional de Energia - AIE (em inglês: *International Energy Agency*)⁴, até 2011, os

⁴ Fundada em 1974, a AIE foi inicialmente concebida para ajudar os países a coordenar uma resposta coletiva às grandes rupturas no fornecimento de petróleo, como a crise de 1973/4. Enquanto isso continua a ser um aspecto fundamental do seu trabalho, a AIE tem evoluído e expandido. Ela está no centro do diálogo global sobre energia, fornecendo estatísticas e análises autorizadas. Uma organização autônoma, a AIE analisa o espectro completo de questões energéticas e defende políticas que irão

países com maiores consumos de energia já tinham introduzido novas legislações referentes ao tema da eficiência energética, com ambiciosas metas de economia de energia: a China planejou uma redução de sua intensidade energética, da ordem de 16% até 2015, os Estados Unidos implantaram recentemente novos padrões de economia de combustível, a União Europeia planejou cortes da ordem de 20% de sua demanda de energia até 2020 e o Japão, apesar de ser um dos países mais energeticamente eficientes do mundo, também pretende reduzir em 10% sua demanda por eletricidade até 2030, através da implantação de uma nova estratégia para o setor de energia. (ANP, ESTUDO TEMÁTICO, 2013)

Goldemberg e Lucon (2007) observam que, não há um caminho único para o desenvolvimento da ciência e da tecnologia para alcançar seus objetivos, não se esgotando os estudos e avanços constantemente obtidos. Não existe um modelo único de desenvolvimento energético, nem soluções milagrosas e a única regra intangível para o planejamento dos investimentos energéticos deve ser a minimização da utilização dos meios mais escassos, quer dizer, a maximização de sua produtividade: produtividade da água nas regiões áridas, produtividade da biomassa lenhosa onde a madeira for escassa, produtividade dos transportes onde o isolamento geográfico dificulta as trocas; e a otimização de seu consumo.

Ainda como verificado por Goldemberg e Lucon (2007), as fontes fósseis de energia predominam na matriz energética mundial e de todos os países individualmente:

“Em 2001, o mundo consumiu quase 80% de energias fósseis em um total de 10,2 bilhões de toneladas equivalentes de petróleo. A principal delas é o petróleo (35% do total), mas as parcelas de carvão (23%) e gás natural (22%) também são bastante significativas. A energia nuclear, também não-renovável, contribuiu com cerca de 7%. As fontes renováveis contribuíram com os 13% restantes. Entretanto,

melhorar a confiabilidade, acessibilidade e sustentabilidade da energia em seus 29 países membros e além. As quatro principais áreas de foco da AIE são: Segurança Energética: Promover a diversidade, eficiência e flexibilidade em todos os setores de energia; Desenvolvimento Econômico: Apoiar os mercados livres para promover o crescimento econômico e eliminar a pobreza energética; Consciência Ambiental: Analisar as opções políticas para compensar o impacto da produção e utilização de energia no ambiente, especialmente para combater as alterações climáticas; e Engajamento Worldwide: Trabalhando em estreita colaboração com os países parceiros, especialmente as grandes economias, para encontrar soluções para energia compartilhada e preocupações ambientais. (IEA, 2016)

pouco menos de metade dessa parcela, 9% do total mundial, correspondeu à biomassa tradicional, basicamente à lenha queimada de forma primitiva. Apenas 4% da matriz energética mundial foi suprida com a energia hidrelétrica (2%) e com as outras opções “modernas” (2%), como eólica, solar e biocombustíveis. Cada habitante do planeta consumiu 1,67 tonelada equivalente de petróleo (tep) no mesmo ano de 2001. nesse ano. Contudo, o consumo de energia é muito diferente entre países desenvolvidos (do grupo da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE) e os em desenvolvimento (chamados de não-OCDE), tanto em quantidade quanto em qualidade. Assim:

- países desenvolvidos consomem quase cinco vezes mais que os em desenvolvimento por habitante: 4,7 contra 0,95 tep per capita;
- no mundo desenvolvido vivem pouco mais de 1 bilhão de pessoas, que consomem 83% de sua energia por fontes fósseis, mais 11% de eletricidade de origem nuclear; somente 6% da energia é renovável;
- já nos países em desenvolvimento vivem quase 5 bilhões de pessoas, que utilizam 22% de energia renovável, principalmente a biomassa (cerca de 19% do total); a energia nuclear ainda é pouco desenvolvida e os combustíveis fósseis predominam”. (GOLDEMBERG e LUCON, 2007, p. 11)

A permanência da situação atual não é possível por uma série de razões, como: (GOLDEMBERG e LUCON, 2007)

- a) os limites nas reservas disponíveis;
- b) os impactos ambientais, principalmente os das mudanças climáticas;
- c) conflitos regionais, como disputas pelo petróleo e uso da tecnologia nuclear para fins não-pacíficos; e
- d) pressões na dívida externa dos países em desenvolvimento, que precisam importar derivados de petróleo. Estes dois últimos são vistos como fortes desafios que se defrontam os países.

Cerca de metade do petróleo que o planeta possuía originalmente já foi explorada, restando cerca de um trilhão de barris a explorar, o que deve se esgotar em cerca de 50 anos⁵. O desenvolvimento de alternativas energéticas como o gás natural é interessante, porém também finita: deve levar cerca de 60 anos para se

⁵ Tal estimativa se baseia nas reservas provadas e na atual produção. (GOLDEMBERG e LUCON, 2007)

esgotar, mantido o atual ritmo de consumo. Muitas nações possuem vastas reservas de carvão pouco exploradas, o que lhes garante o suprimento por mais 250 anos, mas gera altos níveis de poluição. Novas descobertas e novas tecnologias de extração de recursos energéticos de origem fóssil podem ampliar um pouco esses horizontes, mas o fato é que mais e mais dinheiro deverá ser gasto para buscar cada vez menos energia em locais cada vez mais remotos. Os potenciais nucleares atuais são da ordem de 80 anos, podendo se estender por centenas de anos. Além disso, após o acidente de Chernobyl em 1986, as medidas de segurança para os novos reatores nucleares e rejeitos radioativos requerem mais energia. As energias renováveis também possuem limites, mas esses estão longe de serem atingidos. O mundo possui vastos potenciais em energias renováveis, muitos dos quais já estariam ao alcance da tecnologia atual. É o que acontece com a hidroeletricidade, a energia eólica, os potenciais geotérmicos e, especialmente no mundo em desenvolvimento, a biomassa moderna. (GOLDEMBERG e LUCON, 2007)



Figura 1: Petróleo. Fonte: (CLEVELAND e GHOSN, 2011)

É muito provável ser a ação humana a causa do aquecimento global. Assim consta no 4º Relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC na sigla inglesa) de 2007. Tal afirmação leva em conta que a energia é responsável por cerca de dois terços dos GEE em nível global. (IPCC, 2007) (IEA, 2013)

Pode-se dizer com razoável grau de certeza que a principal ameaça à existência da raça humana sobre a Terra são as mudanças climáticas, causadas pelo aumento nas concentrações atmosféricas dos gases que causam o aumento do efeito estufa. As alterações climáticas vão levar a mudanças nos sistemas geofísicos,

biológicos e socioeconômicos. Na concepção do IPCC (2007), um impacto significa uma mudança específica em um sistema causado por sua exposição à mudança climática. Os impactos podem ser tidos como prejudiciais ou benéficos. Vulnerabilidade à mudança climática é o grau em que esses sistemas são suscetíveis a, e incapazes de lidar com impactos adversos. O conceito de risco, que combina a magnitude do impacto com a probabilidade de sua ocorrência, capta a incerteza nos processos subjacentes das mudanças climáticas, a exposição, impactos e adaptação. Muitos desses impactos, vulnerabilidades e riscos merecem uma atenção particular pelos decisores políticos devido às características que podem torná-los “chave”. A identificação de potenciais vulnerabilidades chave destina-se a fornecer orientações aos decisores para identificar os níveis e taxas de mudança climática que podem estar associadas a *Dangerous Anthropogenic Interference -DAI* (interferência antropogênica perigosa) com o sistema climático, na terminologia da *United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)*, em conformidade com seu artigo 2º. Em última análise, a definição de DAI (interferência antropogênica perigosa) não pode ser baseada isoladamente em argumentos científicos, mas envolve outras decisões informadas pelo estado do conhecimento científico. Não existe uma única métrica para descrever adequadamente a diversidade das principais vulnerabilidades e nem para determinar a sua classificação.

O artigo 2º da UNFCCC assim dispõe:

"O objetivo final desta Convenção e de quaisquer instrumentos legais que a Conferência das Partes possa adotar é promover, em conformidade com as disposições pertinentes da Convenção, a estabilização das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera num nível que impeça uma interferência antrópica perigosa no sistema climático. Tal nível deveria ser atingido dentro de um prazo suficiente que permita aos ecossistemas adaptarem-se naturalmente à mudança do clima, para garantir que a produção de alimentos não seja ameaçada e que permita ao desenvolvimento econômico prosseguir de maneira sustentável." (IPCC, 2007, p. 783) (tradução livre do autor).

Mas há outros impactos a considerar. O sistema energético mundial é responsável por severos impactos ambientais, como derramamentos de óleo, perda de biodiversidade, chuva ácida e a poluição urbana. Os impactos ambientais se categorizam em locais, regionais e globais. Cerca da metade da população mundial

vive em cidades. No início do século passado existiam apenas três cidades com mais de um milhão de habitantes, passando para 281 em dados de 2006. Várias metrópoles chegam a mais de dez milhões de moradores e a conturbação de pequenas cidades também cria focos de problemas com material particulado (MP, principalmente os finos e ultrafinos que penetram nos bronquíolos pulmonares), dióxido de enxofre e sulfatos (SO^2 e SO^4), óxidos de nitrogênio (NO e NO^2 , os chamados NO_x), compostos orgânicos voláteis (COVs, que incluem os hidrocarbonetos – HCs), monóxido de carbono (CO), ozônio de baixa altitude (O_3 troposférico) e outros poluentes. (GOLDEMBERG e LUCON, 2007)

Em nível local, as emissões decorrentes da queima de combustíveis fósseis, inclusive as do setor de transportes, são as maiores responsáveis pela poluição urbana e, conseqüentemente, por centenas de milhares de mortes por problemas respiratórios, cardiovasculares e câncer. (MOLINA e MOLINA, 2004)

Goldemberg e Lucon (2007) mostram ainda que, em nível regional, precursores da chuva ácida (SO^2 , NO_x e outros) gerados por processos de combustão podem se precipitar a milhares de quilômetros de distância de seu ponto de origem, muitas vezes atravessando fronteiras de países. Com a chuva e a neve, tais óxidos se convertem em ácidos (como o sulfúrico e o nítrico), atingindo diretamente ecossistemas, plantações, edifícios históricos, estruturas e outros receptores vulneráveis. Um exemplo está no carvão queimado na Europa, emitindo enxofre que se precipita sobre rios na Escandinávia, abaixando seu pH (medida de acidez) de sete (neutro) para quatro ou menos.

Globalmente, um assunto crítico são as mencionadas mudanças climáticas causadas pelo aumento do efeito estufa, que por sua vez se deve às crescentes emissões de dióxido de carbono (CO^2), metano (CH^4) e outras substâncias na atmosfera por processos naturais e antropogênicos (causados pelo homem). Ancorando-nos ainda em Goldemberg & Lucon (2007), podemos verificar que os principais desses processos é a produção e o uso da energia (como termelétricas, transporte, indústrias, aquecimento de ambientes, etc.) de origem fóssil. O carbono depositado na crosta terrestre durante eras é lançado quase que imediatamente em termos geológicos pelos processos pós-Revolução Industrial e pela queima de florestas. Na atmosfera, o carbono atua como um vidro, que deixa passar os raios do Sol para a Terra, mas não deixa o calor sair: esse é o chamado efeito estufa.

O planeta Terra tem limites e não é capaz de fornecer materiais e energia para o infinito (COMMONER, 1971) (BONAIUTI e GEORGESCU-ROEGEN, 2003). Daí a necessidade do desenvolvimento de contabilidades que levem em consideração a natureza do consumo, visando uma gestão eficiente do capital natural. (L'ABBATE, 2012).

A ferramenta desenvolvida nesta tese terá como um de seus potenciais desdobramentos, auxiliar no alcance de uma tão necessária maior eficiência energética.

Uma das principais questões é a maneira como se usa a energia, independentemente de sua fonte ser ou não derivada de combustíveis fósseis. Um dos pontos de partida estaria no reconhecimento da necessária redução da intensidade material e energética das economias contemporâneas, naquilo que diversos autores chamam de descasamento – ou *decoupling*, no termo original inglês. (UNEP, 2011a) (UNEP, 2011b) (AYRES e AYRES, 2011)

Mesmo reduzindo-se, em termos relativos – por unidade de produto – o consumo de materiais e energia, tal eficiência seria fortemente contrabalançada pelo aumento de população e de renda e, sobretudo, por um nível de desigualdade no uso dos recursos cuja manutenção é incompatível com a adequação entre o sistema econômico e os limites dos ecossistemas. (FISCHER-KOWALSKI, 2008) (HERRING e SORREL, 2009)

O princípio do equilíbrio matéria-energia foi introduzido por Ayres em 1969 quando buscava quantificar resíduos e procurando desenvolver uma "matriz de resíduos" (AYRES e KNEESE, 1969). Dois anos depois, Georgescu-Roegen publicou seus ensaios sobre a teoria bioeconômica, cuja teoria era incompatível com a economia neoclássica, propondo novos métodos de estudo dos processos de produção e as escolhas de consumo, sistemas derivados de observação da natureza e suas leis, além do estudo dos ciclos naturais e os tempos em que eles fazem. Considerando as leis da termodinâmica, chegou a um modelo simplificado da circulação global de fluxos entre o meio ambiente e o processo econômico. Tal modelo mostra que nenhum sistema econômico pode continuar a existir a menos que receba energia e matéria de fora. Mesmo que pudéssemos reciclar todos os resíduos, uma quantidade de matéria já teria se perdido e isso impede que o estoque de capital natural se mantenha constante. (GEORGESCU-ROEGEN, 1993)

Alier (2009), por sua vez, observou que no sistema industrial o crescimento da produção e o crescimento do consumo implicam no crescimento da extração e destruição final dos combustíveis fósseis. A energia dissipa-se, não se podendo reciclá-la. A riqueza verdadeira seria, em vez disso, o fluxo permanente de energia proveniente do sol. Demonstrou ser falsa a contabilidade econômica, porque confunde o esgotamento dos recursos e o aumento de entropia⁶ com a criação de riqueza. Ainda segundo Alier (2009), atualmente além de existirem limites em recursos, existem também limites notórios dos vazadouros.

A crescente importância dos recursos e as restrições ambientais sobre o processo econômico têm levado à necessidade de um paradigma mais abrangente para a ciência econômica. Os economistas clássicos tentam encontrar as condições em que utilidade e o bem-estar social do consumidor sejam maximizados através de uma otimização das relações entre produção e consumo, expressa em termos monetários. Esta descrição não reconhece plenamente as bases físicas do ciclo de produção-consumo real. No caso dos materiais, o consumo "final" neste ciclo não seria o "final" em tudo. No ponto onde as mercadorias perdem o seu valor econômico através da depreciação dos materiais, estes se tornam disponíveis novamente para a produção econômica. Os materiais são meramente transformados ou redistribuídos no processo econômico ao invés de serem consumidos (SLESSER, 1978).

O mesmo argumento é válido para a produção econômica, que não é a produção de tudo no sentido físico. Para os economistas, a produção é algo que agrega valor a um objeto ou um conjunto de objetos (CHENERY, 1953).

O conflito entre conceito de "energia" e "produção e consumo" dos economistas, e produção de "energia termodinâmica e consumo" (que violaria a primeira lei da termodinâmica) não tem sua origem apenas nas diferenças de linguagem. É também uma consequência por não terem sido reconhecidas plenamente as bases físicas da produção econômica e do consumo. Isso levaria a se

⁶ Entropia é uma medida de energia não utilizável num sistema termodinâmico. A energia utilizável diz respeito àquela sobre a qual o homem pode exercer domínio, podendo transformá-la em calor ou trabalho. Já a energia não utilizável é aquela que está caoticamente dissipada e não permite ser canalizada para realização de trabalho. (GEORGESCU-ROEGEN, 1993)

acreditar que o ambiente de produção econômica e do consumo seriam como reservas indefinidas, a partir da qual os recursos poderiam ser extraídos e os seus resíduos poderiam ser devolvidos. Em um paradigma mais amplo da economia, isso seria visto como um sistema em que a matéria e a energia são obtidos pela extração de recursos, onde são processados os bens e serviços, e após utilizados para as atividades humanas, os fluxos de energia e os resíduos de materiais são devolvidos, podendo ser parcialmente recuperáveis. (AYRES, 1978).

Neste contexto, TISDELL (1991), discorre sobre a racionalidade da intervenção governamental e aponta entre as razões para a intervenção, as melhorias na eficiência econômica e na distribuição de renda intra e inter-gerações, a existência de externalidades, as características de bens públicos associados à conservação da natureza, a falta de informações sobre possíveis consequências ambientais das ações humanas, problemas relacionados aos custos de transação, ao risco e à incerteza, entre outros.

A ferramenta objeto desta tese poderá ser usada como uma etapa de um sistema de certificação, mensurando a energia utilizada para a obtenção de um produto.

Em algumas áreas do conhecimento, como por exemplo na agropecuária, algumas formas de certificação com a finalidade socioambiental já foram desenvolvidas e se assemelham aos objetivos desta tese.

1.1.1. Resíduos Decorrentes da Energia

A escassez não é o principal problema da energia. A questão está diretamente ligada às emissões de resíduos como as tCO₂/\$.

De acordo com Santos et al. (SANTOS, GALVÍNCIO e MOURA, 2013), Galvêncio e Moura (2010), as variações no padrão de temperatura média global, estão associadas à exploração intensa da natureza e dos seus recursos. Deste modo, a anomalia seria o resultado da emissão de resíduos como os gases do efeito estufa: óxido nitroso (N₂O), dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄), produzidos a partir da queima de combustíveis fósseis, desmatamento, entre outros.

1.1.2. Eficiência Energética

O uso da energia nas sociedades geralmente passa por uma série de etapas de transformação. Estas etapas vão desde o estágio em que ela é encontrada na natureza (a energia primária), até os serviços energéticos que interessam, como a luz, movimento ou calor. Há um complexo caminho para a energia entre a sua forma primária e o momento em que é utilizada. Neste percurso a energia primária sofre transformações e se apresenta de diversas formas que podem ser medidas com uma mesma unidade, como se a energia fosse uma espécie de fluido percorrendo todos os setores da economia. (INEE, 2001)

Na concepção do Instituto Nacional de Eficiência Energética – INEE⁷, melhorar a eficiência significa reduzir o consumo de energia primária necessário para produzir um determinado serviço de energia. Podem haver reduções de energia em qualquer etapa da cadeia das transformações. Tais reduções podem também ocorrer devido à substituição de uma forma de energia por outra até o uso final. Historicamente, a substituição de combustíveis por eletricidade resultava muitas vezes em reduções de energia primária. Por razões práticas, costuma-se dividir as áreas de atuação em duas grandes classes — a oferta e o uso final de energia. A divisão decorre da enorme diferença que existe em geral entre os dois segmentos. As ofertas dos combustíveis fósseis e eletricidade são dominadas por um pequeno número de empresas, cujos lucros são sensíveis à redução de qualquer perda ou desperdício. Afinal, seu principal negócio é processar e vender energia. Já o uso final é abrangido por um grande número de empresas e pessoas, com características bastante diversas.

⁷ O INEE é uma organização não governamental sem fins lucrativos. Seu objetivo é promover o aumento da eficiência na transformação e na utilização de todas as modalidades de energia em benefício da economia, do meio ambiente e da maior segurança quanto ao acesso à energia e bem-estar da sociedade. Este Instituto constitui um fórum para comunicação entre entidades-chave envolvidas na otimização do uso da energia e procura conscientizar a sociedade com relação às possibilidades de economia de energia e seus benefícios. Procura também reduzir as diversas barreiras de mercado que impedem a implantação de medidas de custo/benefício favorável. Atua para reduzir as imperfeições do mercado, melhorar o grau de informação sobre a eficiência e apoiar a criação de legislação, normas e regulamentos através da promoção de programas, projetos e eventos. (INEE, 2015)

Ainda nos ancorando no INEE (2001), podemos constatar que o uso final de um vetor pode ser a “oferta” de outro — e pode acontecer no mesmo lugar. O maior exemplo é a cogeração. A cogeração pode ser vista tanto como um uso final mais eficiente de um combustível como o gás natural, ou uma oferta mais eficiente da eletricidade.

Grande parte da energia vem embutida nos produtos de consumo — desde o pão até os automóveis — especialmente na forma de matérias energointensivas como papel, vidro, alumínio e aço. Iniciativas que economizam esses materiais, incluindo reciclagem ou reutilização, economizam energia. Outro exemplo importante é a água, cujo bombeamento e tratamento exige muita energia. Assim, economizar água significa economizar energia. Não obstante, os processos industriais muitas vezes produzem resíduos, cujo aproveitamento pode reduzir o consumo de energia ou, se forem combustíveis, gerar serviços energéticos. (INEE, 2001)

O INEE (2001) considera também importante entender que a eficiência energética não é o racionamento nem a “racionalização forçada”, que visam a redução do serviço energético (como por exemplo, tomar banho frio no inverno), em vez da redução da energia para o mesmo serviço.

Podemos tomar como um exemplo o estudo de Goldemberg et al. (2004, p. 301), onde foi mostrado que a evolução no processo de produção do álcool hidratado, assim como os ganhos de escala e a evolução tecnológica, fizeram com que o custo de produção caísse consideravelmente, permitindo que o etanol fosse vendido a preços inferiores ao mínimo necessário para tornar este combustível renovável competitivo com os combustíveis fósseis nos anos seguintes. Nesta finalidade, o modelo *Fisher-Pry* foi utilizado para elaborar o cenário de análise da substituição da tecnologia convencional movida exclusivamente à gasolina por carros com tecnologia *flex fuel* ou bicomcombustível.

1.1.3. Políticas Públicas Para Eficiência Energética

Recentemente, o PBMC - Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas⁸ publicou seu Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas. Neste Relatório, foram apresentadas diversas razões que tornam bastante evidentes a necessidade da criação de novas políticas públicas relativas a eficiência energética, bem como da manutenção e melhorias das já existentes. (PBMC, 2014)

O PBMC (2014) relata que os países industrializados, onde estão concentrados cerca de 20% da população mundial, responderam por 57% do PIB e emitiram 46% do total de GEE - Gás de Efeito Estufa em 2004. No caso de não serem implantadas políticas adicionais para restringir as emissões, calcula-se uma expansão das emissões globais de GEE de 25% a 90% em 2030. Nessa hipótese, as liberações de CO² pela queima de combustíveis fósseis cresceriam de 45% a 110% até lá. A maior parte desse aumento são decorrentes das nações em desenvolvimento.

Como explanado também pelo PBMC (2014), se as emissões de gases continuarem aumentando de acordo com as tendências atuais, estima-se que a temperatura da superfície do planeta cresça de 2°C a 4,5°C no final deste século. Este intervalo de variação se explica por diferentes tipos de incertezas sobre a evolução futura de variáveis de natureza distinta, dentre os quais, por estarem intrinsecamente ligados à problemática desta tese, nos atemos à menção dos fatores determinantes das emissões globais de GEE no longo prazo, que são as trajetórias de crescimento demográfico e econômico, além do aumento da demanda de energia e do peso dos combustíveis fósseis (carvão mineral, petróleo e gás natural) na estrutura da oferta mundial de energia.

⁸ O Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC) é um organismo científico nacional que tem como objetivo reunir, sintetizar e avaliar informações científicas sobre os aspectos relevantes das mudanças climáticas no Brasil a partir da publicação de Relatórios de Avaliação Nacional. Na linha de cooperação internacional e capacitação, o PBMC irá compartilhar métodos, resultados e conhecimento com países em desenvolvimento, ajudando a fortalecer as suas capacidades nacionais de respostas à mudança climática. O PBMC foi estabelecido, nos moldes do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, em inglês). O papel do PBMC é reunir, sintetizar e avaliar informações científicas sobre os aspectos relevantes das mudanças climáticas no Brasil. (PBMC, 2011)

O Relatório do PBMC (2014) destaca ainda que políticas públicas capazes de criar um valor, real ou implícito, para ações que evitem emissões de GEE podem constituir estímulos a produtores e consumidores para investimentos em tecnologias, processos e produtos com esse fim. Os quadros de estabilização sugerem que o aumento dos preços do carbono é consistente com trajetórias de equilíbrio da concentração de gases. No entanto, concluem que no caso de políticas públicas que optem por uma conjunção de instrumentos econômicos com outros instrumentos de regulação que levem ao desenvolvimento tecnológico para redução de GEE, os preços de carbono necessários para sustentar essa trajetória cairiam.

Em seu Plano Decenal de Expansão de Energia 2024 (EPE, NOTA TÉCNICA, 2015), a Empresa de Pesquisa Energética (EPE)⁹ projeta que o crescimento das emissões devido à produção e consumo de energia será de 76% entre 2005 e 2024, incremento menor que o esperado para a oferta interna bruta no mesmo período (80%). Com isso, o indicador de Intensidade de Emissões de GEE no uso da energia em 2024 será menor do que o verificado em 2005. As emissões também crescerão a um ritmo menor do que o crescimento do PIB. Como resultado, o indicador de intensidade de emissões da economia também ficará abaixo daquele verificado em 2005.

Recorrendo novamente ao PBMC (2014), confirmamos que o caso do setor energético requer especial atenção. Vêm crescendo significativamente no Brasil as emissões devidas ao uso de energia fóssil, na forma de derivados de petróleo, gás natural e carvão mineral. Estes combustíveis desempenham papel fundamental na movimentação dos setores modernos da economia brasileira, como a indústria e os transportes, além da agropecuária, e dos setores residencial, comércio e serviços. Também tem sido crescente sua participação na geração de energia elétrica no país, em complementação ao aproveitamento do potencial hidroelétrico brasileiro, que é a fonte energética predominante para geração de eletricidade no país. Assim, as

⁹ A Empresa de Pesquisa Energética – EPE tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras. (EPE, 2009)

emissões de gases de efeito estufa devido ao uso de energia, principalmente o dióxido de carbono resultante da queima dos combustíveis fósseis, apresentaram a mais alta taxa de crescimento setorial no período de 1990 a 2005, situando-se em 2005 num patamar 71% acima do valor de 1990. O crescimento econômico, a urbanização crescente e a predominância do transporte rodoviário na matriz de deslocamento de cargas no país são fatores determinantes do aumento do consumo de energia fóssil e das emissões de CO² associadas.

Observa-se também no Relatório do PBMC (2014) que, diferentemente dos outros setores, o cenário de referência projetado pelo governo brasileiro apresenta um crescimento expressivo para as emissões devidas ao consumo de energia fóssil até 2020: um aumento de 164 % em relação a 2005. Esta elevação é muito maior do que a registrada no período precedente dos 15 anos entre 1990 e 2005, que foi de 71%. Parte dessa diferença se explica pela preocupação do governo em evitar que os objetivos voluntários de limitação de emissões criem qualquer restrição ao crescimento da economia do país: foram adotadas como premissas das projeções taxas médias de crescimento do PIB de 4 a 6 % ao ano ao longo de todo o período até 2020. Os valores apresentados pelo governo brasileiro para as emissões de GEE em 2020 no cenário de referência são consistentes com a manutenção de um coeficiente de elasticidade de crescimento das emissões em relação ao PIB similar ao observado no período de 1990 a 2005.

A EPE (2015), por sua vez, demonstrou que houve no Sistema Interligado Nacional (SIN)¹⁰, operado pelo Operador Nacional do Sistema (ONS)¹¹, um considerável

¹⁰ Com tamanho e características que permitem considerá-lo único em âmbito mundial, o sistema de produção e transmissão de energia elétrica do Brasil é um sistema hidrotérmico de grande porte, com forte predominância de usinas hidrelétricas e com múltiplos proprietários. O Sistema Interligado Nacional (SIN) é formado pelas empresas das regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte da região Norte. Apenas 1,7% da energia requerida pelo país encontra-se fora do SIN, em pequenos sistemas isolados localizados principalmente na região amazônica. (ONS, 2016)

¹¹ O Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) é o órgão responsável pela coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN), sob a fiscalização e regulação da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). O ONS é uma pessoa jurídica de direito privado, sob a forma de associação civil, sem fins lucrativos, criado em 26 de agosto de 1998, pela Lei nº 9.648/98, com as alterações introduzidas pela Lei nº 10.848/04 e regulamentado pelo Decreto nº 5.081/04. (ONS, 2016)

aumento nas emissões, refletindo as condições hidrológicas desfavoráveis verificadas nos anos 2013 e 2014. Tal fato obrigou o sistema a acionar mais energia termelétrica com base fóssil. A expectativa da EPE é que entre 2020 e 2024 haja aumento das emissões no SIN, acompanhando o crescimento da economia e da demanda de energia elétrica no período, ainda que a participação de fontes renováveis na matriz elétrica se mantenha bastante elevada.

Outro fator que explica uma projeção tão elevada é de ordem conceitual: o governo brasileiro se posicionou no sentido de que parcelas significativas dos programas de expansão da geração hidroelétrica, de aumento da eficiência no uso de energia elétrica e da produção de etanol de cana de açúcar no país devem ser consideradas como ações de mitigação. (PBMC, 2014)

No cenário de referência para o etanol, o PBMC (2014) observou que a hipótese para a expansão do Proálcool incluiu somente o aumento da produção de álcool anidro para manter a adição de 25% ao volume crescente de gasolina consumida, mantendo-se constante a produção de etanol hidratado no mesmo nível atingido em 2007. Schutte (2015), por sua vez, acrescenta que o Decreto nº 7390/2010 estipulou como meta ampliar em 11% ao ano, nos dez anos seguintes, o consumo interno de etanol. A evolução da capacidade de produção do etanol ao longo das últimas décadas fez do Brasil o único país onde este combustível também é vendido sem ser misturado com gasolina. Além disso, o governo brasileiro anunciou, desde meados de 2014, a intenção de aumentar a mistura na gasolina, em proporção de 25% para 27,5%.

De acordo com o PBMC (2014), o cenário de referência para a hidroeletricidade somou, ao nível de 2007, apenas a geração de novas usinas hidroelétricas (leilões de energia nova). Nesse contexto, A EPE por meio de seu Plano Decenal 2024 (EPE, NOTA TÉCNICA, 2015), acrescenta que a expansão da oferta de energia elétrica prevista compreendia a implantação de 22 usinas hidrelétricas até o ano de 2024, o que totalizaria um aumento de 28.300 MW na potência instalada do parque hidrelétrico brasileiro. A região Amazônica concentraria a expansão, tanto em número de projetos quanto em termos de potência instalada.

O atendimento ao restante do crescimento da demanda de eletricidade e de combustível veicular projetada até 2020 no cenário tendencial se daria, de acordo com o PBMC (2014), em decorrência do uso de combustíveis fósseis (gás natural e

gasolina, respectivamente), elevando o nível de emissões de CO² neste cenário. Recorrendo à EPE (2012), podemos verificar que a estrutura de emissões de CO² do Brasil consiste no peso do setor de transporte, responsável por cerca de 47% das emissões do setor de energia, que embora participe com 32% do consumo total de energia. E, mais ainda, há o peso do transporte rodoviário, responsável por 92% das emissões de CO² deste subsetor de transporte, devido à característica brasileira do uso de caminhões para o transporte de carga.

Em uma comparação do consumo de diesel com outro país continental, Seelke & Ribando (2007) verificam que a participação do diesel no total de combustíveis nos EUA é de 25% e no Brasil corresponde a cerca de 67%. Na concepção de Schutte (2015), tal particularidade da realidade brasileira deve ser objeto de intervenção por meio de políticas públicas, similar à ocorrida para diminuir as queimadas na Floresta Amazônica. De acordo com dados da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) (2016), atualizados até fevereiro de 2016, havia no Brasil 2.343.826 caminhões em circulação, com idade média de 13,2 anos.

O PBMC (2014) ressalta ainda que, no caso do Brasil, diversos programas podem ser desenhados de forma a contribuir para o desenvolvimento sustentável do país e simultaneamente contribuir para evitar emissões de gases de efeito estufa, constituindo-se em ações de mitigação nacionalmente apropriadas (as *NAMA*, em sua sigla em inglês). Como exemplo, mostra algumas das ações que julga poderem ser utilizadas para atingir os objetivos voluntários pelo governo e alguns programas, sendo que, dentre elas, citam também a “eficiência energética”. São elas:

- a) redução do desmatamento na Amazônia;
- b) redução do desmatamento no cerrado;
- c) reflorestamento para produção de carvão vegetal de origem renovável, a ser utilizado no setor siderúrgico;
- d) integração lavoura/pecuária, para limitar as emissões do setor agropecuário;
- e) **eficiência energética**;
- f) expansão da produção e uso de biocombustíveis;
- g) expansão da geração de energia elétrica de fontes renováveis;
- h) adequada coleta, disposição e tratamento de resíduos, incluindo a captura, queima e possível utilização como energético do biogás proveniente de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos e de estações de tratamento de esgotos. (grifo do autor) (PBMC, 2014)

Na concepção do PBMC (2014), mitigação, no que tange a redução nas emissões de GEE, envolve mudanças na utilização de recursos naturais, combustíveis fósseis, e energias alternativas, além de eficiência energética e modificações em direção a um padrão de consumo menos intensivo em carbono. Alguns destes movimentos podem ser induzidos pelas próprias forças da economia de mercado, uma vez que modificações tecnológicas e alterações nas preferências dos agentes econômicos passem a levar em consideração a necessidade de redução das emissões. Entretanto, diversas condicionantes implicam que o mercado pode falhar no encaminhamento de uma transformação como essa, dado as incertezas, as deficiências de informação e os custos envolvidos. Abre-se, assim, espaço para políticas públicas que induzam processos de mitigação de emissões de GEE, o que, por si, já justificaria os objetivos desta tese.

De acordo com Schutte (2015), investimentos na transição para uma economia de baixo carbono têm o potencial de mitigar os impactos negativos das mudanças climáticas, mas também de economizar custos em médio e longo prazo. Todavia, em curto prazo, na ausência de obrigação ou coordenação internacional, haverá aumento de custos, diante dos quais a indústria alerta para um conflito com sua competitividade internacional. Por isso, de forma inevitável, surgiram resistências por parte de setores econômicos diretamente envolvidos, diante do risco de perda de competitividade internacional. Em sua concepção, o Brasil como país em desenvolvimento, tem um desafio duplo:

“criar as condições para um desejado aumento no padrão de vida da sua população – o que exige disponibilidade de recursos energéticos – e, ao mesmo tempo, tentar reduzir o crescimento da demanda, sem comprometer o padrão de qualidade de vida, e aumentar a participação de fontes renováveis com domínio tecnológico endógeno”. (SCHUTTE, 2015, p. 227)

Para Tolmasquim, Guerreiro & Gorini (2007), a menor participação de fontes renováveis como as UHE na redução de emissões de GEE, está relacionada diretamente às limitações socioambientais: 60% do potencial de energia hidráulica no Brasil se encontram na Bacia Amazônica, envolvendo os rios Tocantins, Araguaia, Xingu e Tapajós, com impacto potencial nas reservas florestais, parques nacionais e terras indígenas. Diante dessa realidade, o governo brasileiro trabalha com a impossibilidade de explorar o potencial físico da hidroeletricidade no Brasil.

Schutte (2015) preconiza que, de uma forma geral e do mesmo modo que acontece nas demais economias, também no Brasil há uma inércia para entrar em uma nova trajetória, não obstante a existência de um marco legal avançado. Ressalta ser importante lembrar que o Brasil é um dos países com maior potencial de energia renovável, somando água, vento, sol, maré, biomassa; mas o seu aproveitamento depende de políticas científico-tecnológicas e priorização política.

Recorrendo novamente ao PBMC (2014), observa-se que diversas iniciativas na área de eficiência energética vêm sendo executadas no Brasil por agentes públicos e privados desde a década de 1980. Nestas iniciativas, inclui-se o esforço para a elaboração de um plano nacional de eficiência energética – (PNEf), sob a liderança do Ministério das Minas e Energia (MME). Todavia, o PBMC manifestou opinião que não se pode ainda afirmar que exista uma política para eficiência energética no país, pois as diversas iniciativas praticadas não configurariam uma ação coordenada, sistemática e contínua ao longo de um período de tempo, com investimentos programados e metas físicas integradas ao planejamento do setor energético e, conseqüentemente à política energética nacional, sendo tais elementos ingredientes necessários para se caracterizar uma política de eficiência energética nacional.

As ações atuais e as praticadas no passado na área de eficiência energética seriam caracterizadas por conjuntos de mecanismos e programas que contribuem para disseminar informações sobre boas práticas, facilitar e promover maior penetração de tecnologias mais eficientes e, também, por esforços em incentivar pesquisa e desenvolvimento.

Segundo o PBMC (2014), a abordagem praticada até o momento pelos órgãos públicos tem sido setorial, o que pode ser observado no principal programa voltado para o setor elétrico ainda existente no País: o PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica¹². Muito embora o PROCEL tenha avançado nos

¹² O Procel - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica é um programa de governo, coordenado pelo Ministério de Minas e Energia – MME e executado pela Eletrobrás. Foi instituído em

esforços de avaliar ações e exista uma crescente preocupação da ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica em obter informações sobre os programas de eficiência energética das concessionárias, têm o entendimento que são ainda modestas a qualidade e a confiabilidade dos resultados dos programas e mecanismos adotados, sendo que tal ausência de referência e credibilidade não permite, inclusive, a consideração de eficiência energética nos planos energéticos do país elaborados pela EPE – Empresa de Pesquisa Energética.

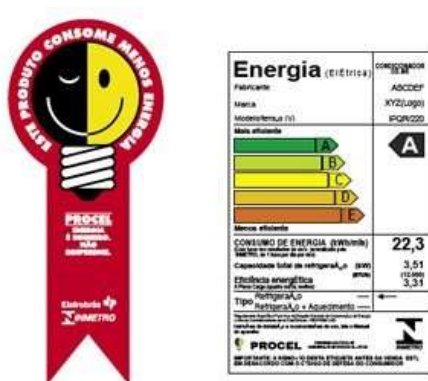


Figura 2: Selo Procel. Fonte: (PROCEL, 2016)

O PROCEL tem atuação na indústria, saneamento, prédios e iluminação públicos e outros setores. Considerando os resultados acumulados do Procel no período de 1986 a 2014, a economia total obtida foi de 80,6 bilhões de kWh. (PROCEL, 2016)

Ainda dentre os programas de eficiência energética do governo, destaca-se também o CONPET - Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural¹³. Suas principais ações têm se destinado à etiquetagem

1985 para promover o uso eficiente da energia elétrica e combater o seu desperdício. As ações do Procel contribuem para o aumento da eficiência dos bens e serviços, para o desenvolvimento de hábitos e conhecimentos sobre o consumo eficiente da energia e, além disso, postergam os investimentos no setor elétrico, mitigando, assim, os impactos ambientais e colaborando para um Brasil mais sustentável. Nesse contexto, o Procel promove ações de eficiência energética em diversos segmentos da economia, que ajudam o país a economizar energia elétrica e que geram benefícios para toda a sociedade. (PROCEL, 2016)

¹³ O CONPET - Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural é um programa de governo, vinculado ao Ministério de Minas e Energia – MME e executado com apoio técnico e administrativo da Petrobras. Foi instituído em 1991 para promover o desenvolvimento de uma cultura antidesperdício no uso dos recursos naturais não renováveis no Brasil. O Programa busca mobilizar a sociedade brasileira, contribuindo para o desenvolvimento econômico e o bem-estar social. Seus principais objetivos são: racionalizar o consumo dos derivados do petróleo e

de aparelhos de uso domésticos, veículos e pneus, com o seu Programa Brasileiro de Etiquetagem. Neste Programa inclui-se a etiquetagem compulsória de aparelhos a gás, fogões e fornos domésticos, além de aquecedores de água a gás. Todos os modelos devem obrigatoriamente ser testados e exibir a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia do INMETRO / CONPET no ponto de venda, para que o consumidor possa avaliá-los com relação ao rendimento energético, consumo de gás (GLP ou GN) e outras características técnicas. Em relação aos aparelhos a gás, O Programa Brasileiro de Etiquetagem avalia também a conformidade quanto ao atendimento a requisitos de segurança. O CONPET dispõe também do Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PBEV) que é aplicado de forma voluntária aos veículos leves, movidos a gasolina, etanol ou GNV (de fábrica). Nesse Programa,

os veículos que o aderirem, devem testar parte dos modelos que serão comercializados, declarando ao INMETRO os valores de consumo de cada combustível. Os modelos participantes são, então, comparados de "A" a "E" dentro de suas categorias. Os valores de consumo e a classificação são informados nas páginas eletrônicas do INMETRO e do

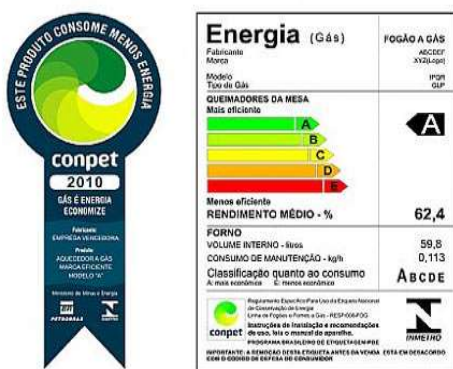


Figura 3: Selo Conpet. Fonte: (CONPET, 2016)

CONPET e nas etiquetas afixadas opcionalmente nos veículos pelos fabricantes participantes. Ainda em fase de implantação, o CONPET pretende dispor o Programa Brasileiro de Etiquetagem de pneus, que terá por objetivo avaliar esses componentes quanto à sua contribuição para eficiência energética e segurança dos veículos automotores que os utilizam. (CONPET, 2016)

do gás natural; reduzir a emissão de gases poluentes na atmosfera; promover a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico; e fornecer apoio técnico para o aumento da eficiência energética no uso final da energia. O CONPET tem, ainda, o objetivo de conscientizar os consumidores sobre a importância do uso racional de energia para o desenvolvimento sustentável e melhor qualidade de vida. (CONPET, 2016)

Em sua atuação, está também o Selo CONPET de Eficiência Energética. Este selo visa destacar, para o consumidor, aqueles modelos que atingem os graus máximos de eficiência energética na Etiqueta Nacional de Conservação de Energia do Programa Brasileiro de Etiquetagem do INMETRO. Concedido anualmente pela Petrobras, o Selo é um estímulo à fabricação de modelos cada vez mais eficientes. (CONPET, 2016)

Entre as diversas barreiras para o alcance da eficiência energética apontadas por especialistas (WORRELL, BERNSTEIN, *et al.*, 2009), (DYER, HAMMOND, *et al.*, 2008), (JOCHEM e GRUBER, 2007), (IEA, 2007), (TAYLOR, GOVINDARAJALU, *et al.*, 2008), (JANNUZZI, 2000), incluem-se o reduzido grau de informação quanto as alternativas de uso eficiente de energia, e o baixo grau de articulação entre agentes. A ferramenta desenvolvida nesta tese, poderá ajudar a solucionar estas barreiras, eis que dentre os objetivos específicos está o de propor aplicações e implicações para a tomada de decisão e a elaboração de políticas públicas para eficiência energética nos setores de produção, comercial e de serviços.

As medidas de eficiência energética visam reduzir a quantidade do insumo demandado para se produzir, em volume e qualidade originais, o produto desejado. Em escala crescente de custo e complexidade, as possibilidades para isso podem incluir: (PBMC, 2014)

- a) ações no campo operacional;
- b) substituição por equipamentos mais eficientes; e
- c) adoção de novos processos de produção.

No Brasil vigoram algumas leis voltadas à eficiência energética: (HENRIQUES JR., 2010)

- a) a Lei 8.631/1993, que estabeleceu a obrigatoriedade de as empresas distribuidoras de eletricidade aplicarem 1% de suas receitas operacionais líquidas em ações de combate ao desperdício do insumo;
- b) a Lei 9.991/2000, ao que define a destinação de recursos oriundos do setor elétrico brasileiro para programas de eficiência energética. Atualmente, eles representam 0,25% da receita operacional líquida (ROL) das concessionárias de energia elétrica; e
- c) a Lei 10.295/2001, também conhecida como Lei da Eficiência Energética, estabeleceu, por fim, a base para a regulamentação de padrões mínimos de rendimentos para vários equipamentos e normas específicas que estão sendo regulamentadas por tipo de equipamento.

O PBE - Programa Brasileiro de Etiquetagem deriva-se da Lei 10.295/2001 e foi criado para garantir o desempenho energético e a segurança operacional de equipamentos diversos, compreendendo motores elétricos, lâmpadas, aparelhos eletrodomésticos e gasodomésticos. É coordenado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO, e está integrado aos dois programas brasileiros de conservação de energia já mencionados, o PROCEL e o CONPET. (HENRIQUES JR., 2010)

No campo da promoção de eficiência energética, o PBMC (2014) propõe algumas medidas que, no tocante às funções da ferramenta objeto desta tese, destacamos as seguintes:

- a) estabelecer sistema de estatísticas e monitoramento de informações sobre o desempenho energético de setores econômicos do País e seus respectivos potenciais de economia de energia;
- b) estabelecer projetos de demonstração que contemplem tecnologias transversais e/ou específicas para a divulgação de casos de sucesso;
- c) estudar a adoção de incentivos tributários para instalação de equipamentos eficientes;
- d) incentivar o desenvolvimento doméstico de tecnologias apropriadas a tal objetivo para cada setor da economia brasileira;
- e) estabelecer metas de índices de consumo específico por setores ou grupos de empresas assemelhadas, criando bônus ou prêmios para as melhores;
- f) criar processos de certificação de empresas energeticamente eficientes através da concessão de incentivos fiscais, tributários ou de outra natureza;
- g) incentivar acordos voluntários para adoção de medidas/tecnologias eficientes; e ainda,
- h) promover uma política para compras pelo setor público de equipamentos eficientes.

Dentre estes tópicos apontados pelo PBMC (2014), percebe-se a utilidade e a importância dos objetivos desta tese:

No tocante ao item “a” acima, temos que à medida em que estaremos possibilitando às indústrias a elaboração e divulgação de relatórios que venham informar a quantidade de energia contida em seus produtos, poderá, nesse sentido, haver comparações com produtos iguais ou similares. Com isto abrimos condições para que entidades governamentais estabeleçam um sistema de estatísticas e

monitoramento de tais informações. Com isso haverá a possibilidade de se mensurar o desempenho energético dos setores de produção, comércio ou serviços, verificando os respectivos potenciais de economia de energia em cada um de seus segmentos.

Em relação ao seu item “b”, organismos governamentais e não governamentais, com a utilização de um método adaptado para a mensuração do custo energético, poderão instituir projetos com objetivos de dar visibilidade às tecnologias que venham a ser desenvolvidas pelas empresas para otimização de seus resultados obtidos por maior eficiência energética, e que em decorrência disso tenham se tornando casos de sucesso.

Também será útil para auxiliar os governos na elaboração de políticas fiscais, como disposto no item “c”, uma vez que havendo condições de se mensurar os custos energéticos, poderá se conhecer as formas de redução desses custos em cada uma das diversas etapas de um processo de produção. Desse modo, a união, os estados e os municípios poderão agir em um determinado objetivo, concedendo incentivos fiscais para operações que levem a uma maior eficiência energética.

Sobre o que foi dito no item “d”, as entidades governamentais e não governamentais podem vir a utilizar das informações obtidas por meio da ferramenta desenvolvida nesta tese, para incentivar e fomentar o desenvolvimento de tecnologias com objetivo de reduzir o custo energético observado nas etapas dos processos produtivos.

Para o item “e”, nota-se que a ferramenta de mensuração do custo energético poderá proporcionar às entidades, governamentais e não governamentais, condições de se conhecer o consumo energético, específico de setores e grupos de empresas assemelhadas. Isto irá possibilitar o estabelecimento de metas e de premiações para as empresas que alcancem o esperado em termos de eficiência energética em seus processos de produção.

No que concerne ao item “f” dos tópicos propostos pelo PBMC (2014), a ferramenta objeto desta tese poderá ser usada como uma etapa de um sistema de certificação, mensurando a energia utilizada para a obtenção de um produto e servindo como um dos meios para que os governos venham a conceder incentivos fiscais, tributários ou de outra natureza, para as empresas energeticamente eficientes.

Para o seu item “g”, de posse de relatórios que demonstrem o custo energético de seus processos e produtos (e/ou serviços), as empresas poderão se incentivar a realizarem acordos voluntários para adoção de novas medidas, ou desenvolver novas tecnologias mais eficientes.

No que tange o derradeiro item “h” das proposições apresentadas pelo PBMC (2014), com a possibilidade de tornar-se públicas as informações oriundas de relatórios de custo energético proporcionados pela ferramenta desenvolvida nesta tese, os entes governantes de diversas esferas poderão promover políticas para aquisições de equipamentos, materiais e serviços mais eficientes.

1.1.4. Política Energética

Tecnologias para a geração de energias renováveis continuam a receber significativa atenção de responsáveis políticos em todo o mundo. O número de países com políticas para promover o desenvolvimento de novas tecnologias passou de 127 em 2013 para 138 no início de 2014. (Renewable 2014 Global Status Report, 2014)

Contudo, um longo caminho ainda precisa ser trilhado para que se alcance uma transição energética a fim de desacelerar as mudanças climáticas cada vez mais evidentes. Intervenções políticas são necessárias para absorver os prejuízos causados das emissões de carbono. Catástrofes climáticas têm causado perdas em média de US \$ 50 bilhões/ano e a previsão é de que eventos climáticos extremos tornar-se-ão mais frequentes à medida que a temperatura média global sobe. Políticas energéticas para combater as emissões de CO² eficazmente devem atender a crescente necessidade de acessíveis fontes de energia dos países em desenvolvimento. Subsidiar o desenvolvimento e implantação de fontes de energia limpa com custo competitivo é essencial para a mitigação das mudanças climáticas na escala global. (ZHENG e DANIEL, 2014)

Para Baitelo, (2012, p. 71), as energias renováveis, a exemplo da eólica e solar são “a principal solução para a mitigação de gases de efeito estufa no mundo e, em muitos casos, capazes de minimizar impactos socioambientais decorrentes da implantação de usinas e sistemas convencionais, como no caso de grandes empreendimentos hidrelétricos e termelétricos”.

A intermitência é um problema das fontes renováveis.

Nos últimos anos, a matriz de energia elétrica global tem sofrido importantes mudanças, tanto no incremento da demanda energética, como na inserção de novas alternativas de geração para suprir essa demanda. Isto se pode observar com o expressivo aumento de fontes renováveis ao redor do mundo, A natureza intermitente dessas fontes, eleva o grau de complexidade operacional do sistema ao aumentar significativamente o nível de incerteza.

Tolmasquim (2017, p. 6, 7), esclarece que algumas fontes renováveis de energia são despacháveis e podem ser chamadas a operar a qualquer momento; ou seja, o operador do sistema elétrico pode confiar na sua geração. Podemos incluir nesta categoria as usinas geotérmicas, as hidrelétricas com reservatório, as usinas que usam biomassa, e algumas plantas solares térmicas. Outras fontes renováveis são variáveis e menos previsíveis, como por exemplo; as usinas eólicas, as plantas fotovoltaicas, as hidrelétricas sem reservatório e as usinas que geram eletricidade a partir das ondas e das marés. Dentre as fontes renováveis, as fontes eólica e solar têm se destacado com altas taxas de penetração no mercado. Todavia, as restrições derivadas da variabilidade e imprevisibilidade (intermitência) do vento e do sol criam o desafio de se equilibrar oferta e consumo, de forma instantânea.

1.2. Hipóteses

Uma das hipóteses da tese é que o método adaptado para mensuração do custo de energia pode ser utilizado com eficácia para identificar o nível de eficiência energética obtido na fabricação de um determinado produto.

Esta hipótese poderá ser testada na aplicação de uma simulação dos custos incorridos durante dois processos distintos e que utilizem, quando possível, diferentes procedimentos de produção, assim como diferentes insumos, mas ambas tendo como resultado final, dois produtos que tenham a mesma finalidade quanto ao seu uso.

Confirmando-se a primeira hipótese, partimos para outra: com os indicadores mensurados pela contabilidade de custos energéticos, o custo energético, demonstrado em unidade de energia, de dois produtos semelhantes, de processos distintos, sendo que o primeiro tenha se utilizado de matéria prima de menor

quantidade energética, tem um custo energético menor que o segundo, que tenha se utilizado de matéria prima de maior quantidade de energia.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo Geral

Esta tese tem como objetivo contribuir à formulação de políticas públicas de eficiência energética, com base no desenvolvimento de indicadores de custo energético que evidenciem a energia utilizada nas operações de produção industrial, operações comerciais e prestações de serviços, proporcionando a oportunidade de escolha por qual produto ou serviço se prefere adquirir para consumo, levando em consideração, além de qualidade e preço, a quantidade de energia que foi necessária para a sua elaboração.

1.3.2. Objetivos Específicos

- 1) Conceituar contabilidade energética, identificando unidades de mensuração, suas limitações e potenciais.
- 2) Desenvolver e testar de forma exemplificada um método adaptado para mensuração do custo de energia.
- 3) Propor aplicações e implicações para a tomada de decisão e a elaboração de políticas públicas no setor energético.

1.4. O que se saberá após a tese, que não sabíamos antes?

Inicialmente a tese se aprofunda sobre a literatura nacional e internacional que descreve e mede o conteúdo energético nos processos produtivos, para depois definir as lacunas existentes, assim como a contribuição original da pesquisa proposta.

Haverá como se ter o conhecimento de quanto custou, em medidas energéticas, determinado produto objeto de desejo ou necessidade do consumidor. A condição de se distinguir, entre um e outro, aquele que menos energia custou e

consequentemente menos danos causou ao meio ambiente, poderá também dar condições para implementação de novas políticas públicas para eficiência energética.

1.5. Escopo do Trabalho

No sentido de atender aos objetivos propostos seguiremos o seguinte roteiro:

A Introdução traz alguns fundamentos e justificativas da pesquisa a partir de alguns cenários brasileiro e internacional sobre energia e meio ambiente.

O Capítulo 1, apresenta a problemática da eficiência energética propriamente dita, seguida de alguns aspectos sobre as políticas públicas para eficiência energética. São apresentados as hipóteses e os objetivos, o escopo do trabalho, as características de não trivialidade e as contribuições da pesquisa, assim como uma abordagem sobre as limitações da pesquisa.

O capítulo 2 apresenta a revisão bibliográfica iniciando por uma breve introdução a respeito, passando pelas teorias e definição de contabilidade e de custo. Apresenta conceitos de energia encontrados na literatura especializada, as formas de energia e sua mensuração. Na sequência é feito uma abordagem sobre o uso do termo “energético”, seguida de uma breve definição das leis da termodinâmica, sendo complementada com uma abordagem sobre a “quarta lei” da termodinâmica de Georgescu-Roegen e, a seguir, buscamos uma definição para contabilidade energética. A partir do exposto, procuramos apresentar o estado do conhecimento da contabilidade energética, seu começo, a diversidade de opiniões, as unidades de mensuração tradicionais e suas limitações. Em sequência, apresentamos as formas de mensuração da energia, as unidades de mensuração tradicionais, o estado do conhecimento da energia de H.T. Odum e as incertezas numéricas nesta forma de avaliação, e as razões da adoção da unidade “Joule” como a que melhor se adequa para fins de evidenciação de custos energéticos.

O capítulo 3 detalha a abordagem metodológica e procedimentos para a construção de um novo método. Define a pesquisa bibliográfica e a analogia como forma de abordagem, e é evidenciado o enquadramento metodológico.

O capítulo 4 apresenta o esboço de um método adaptado para mensuração do custo energético em unidade de energia, ou seja, a contabilidade energética propriamente dita. São apresentados os conceitos necessários à compreensão e aplicação deste novo método, construído por meio de analogia com as técnicas de contabilidade de custos monetários já universalmente conhecidas e aceitas. A seguir é apresentado um teste exemplificado do novo método desenvolvido.

No capítulo 5 apresentam-se as considerações finais a partir do cumprimento dos objetivos propostos e comentários dos resultados conseguidos. Apresentam-se ainda sugestões acerca das possibilidades do uso do método desenvolvido, a sua aplicabilidade para políticas públicas, bem como propostas de pesquisas futuras sobre os pontos significativos de melhorias capazes de aprimorar e dar maior precisão nas medidas utilizadas.

1.6. Limitações da Pesquisa

Para o alcance dos objetivos deste trabalho, identificamos que a unidade para mensuração de energia que melhor se adequa aos nossos propósitos, é o “Joule”, como explicado no item 2.7 do capítulo 2. Assim como destacamos no subitem 2.7.3 do mesmo capítulo, que trata especificamente das formas de mensuração da energia, verificamos que a *emergia* ainda não é uma unidade de energia capaz de permitir comparações em uma base de medida confiável. Apesar de levar em sua essência a capacidade para denotar as calorias (ou Joules) de um tipo de energia necessário para produzir outro tipo de energia, o estado da arte da *emergia*, hoje, ainda não se mostra comparativamente confiável para ser adotada neste trabalho.

Utilizamos, portanto, a unidade em Joule por ter sido a recomendada desde as discussões promovidas pelo IFIAS¹⁴ (1974).

A unidade de *emergia* de H. T. Odum (1996) é um assunto ainda incipiente e não foi considerado como o mais adequado como forma de mensuração para os fins dessa tese, eis que carece ainda de maior precisão nos dados de valores *energéticos* para muitos insumos. Apesar de hoje estar em franca evolução, os trabalhos sobre a *emergia* realizados até o momento dispõem de uma quantidade de mais de mil itens de materiais e serviços, mas que se contradizem, fazendo com que esta forma de mensuração não seja a mais adequada para os fins de nosso *teste exemplificado do método desenvolvido*, apresentado no item 4.8 dessa tese.

As incertezas na forma do cálculo da *emergia* são tratadas mais detalhadamente no subitem 2.7.3 do capítulo 2, sendo decorrentes da falta de precisão em suas fontes e em suas etapas de avaliação. Sendo assim, diante dos impactos que tais incertezas provocariam nos dados oriundos da literatura que poderíamos utilizar, as condições de comparações e o objetivo proposto por essa tese estariam demasiadamente prejudicados.

É importante salientar ainda que essa tese não se dispõe a calcular os valores *energéticos* de insumos ou produtos na mesma forma da *emergia* desenvolvida por H. T. Odum e continuada por vários outros autores como Sienceman, Brown, Ulgiati, Ortega e muitos outros. Esse trabalho se propõe ao desenvolvimento de um novo método para o cálculo do custo dos produtos e, em razão de suas incertezas, não iremos dispor dos valores em *emergia*, mas sim da tabela de intensidade *energética* em unidade de BTU de Hannon, Hendereen e Blazeck (1981), também adotada por Spreng (1988), convertendo os seus resultados expressos em BTU para a unidade “Joule” recomendada pelo IFIAS.

A partir desses dados existentes, partimos para a apuração do custo dos produtos, na mesma unidade de medida em Joules, considerando todo o processo de

¹⁴ Nas discussões do IFIAS de 1974 em Estocolmo, pouco tempo foi dedicado à escolha de uma unidade de mensuração de energia. Buscando o mais óbvio, recomendaram o *joule* (J) e a sua elevação à potência de dez, chegando aos *Megajoules* (MJ = 10⁶J), por exemplo, de acordo com as convenções do Sistema Internacional de Unidades (SI).

produção do mesmo, utilizando as técnicas de contabilidade de custos, até então habitualmente utilizadas na sua forma monetária.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Enfoque

Esta revisão bibliográfica enfoca as teorias e definição de contabilidade, apresenta conceitos de energia encontrados na literatura especializada, mostrando um estudo sobre o uso de alguns termos e expressões relacionados à energia. Conceituamos o termo “energético”, dando uma definição simplificada para “energia” e para a expressão “necessidade de energia”. Uma breve definição de termodinâmica e de suas leis é apresentada, sendo complementada com uma abordagem sobre a “quarta lei” da termodinâmica de Georgescu-Roegen. Na sequência, busca-se uma definição para contabilidade energética e em seguida, se busca apresentar o seu estado do conhecimento, seu começo, a diversidade de opiniões, as unidades de mensuração tradicionais e algumas de suas limitações. Depois, é apresentado o estado do conhecimento da energia de H.T. Odum, as incertezas numéricas nesta forma de avaliação, e as razões da adoção da unidade de medida “Joule” como a adequada para fins de mensuração de custos energéticos.

2.2. Teorias e Definições de Contabilidade e Custos

2.2.1. Teorias e Definições de Contabilidade

A Contabilidade é um ramo do conhecimento humano que se originou de observações em torno de fatos. Estabelecendo relações entre os fenômenos que estuda, a Contabilidade codificou verdades, chamadas de Leis Contábeis. Todas as Leis Contábeis tratam sobre um mesmo objeto ou coisa, com finalidades certas e com método próprio (FRANCO, 1950).

A Contabilidade como ciência tem como objeto a riqueza das empresas e das instituições. No seu campo de estudos, tal riqueza denomina-se patrimônio, que é um conjunto que reúne bens ou coisas que servem para a satisfação de necessidades. A Contabilidade tem por objeto estudar todos os fenômenos que ocorrem com o Patrimônio. Assim como outras ciências, a Contabilidade possui suas

teorias. A área teórica da Contabilidade é chamada de doutrinária. É onde se estuda a composição do Patrimônio, a sua movimentação, os seus estados especiais, etc. (HENDRIKSEN e VAN BREDA, 1999) (IUDICIBUS, 2010).

O estudo da “composição” é como o da anatomia na medicina. É a doutrina da Estática Patrimonial, e é onde se examina a estrutura e o equilíbrio do Patrimônio. Deste conceito compreende-se, por exemplo, o que são Bens de Venda, quais as características dos mesmos, como são avaliados, de que classes se compõem, qual a participação deles, etc. (BENATTI, CASTILHO, *et al.*, 2010).

Já o estudo da “movimentação” é como o da fisiologia na medicina. É a doutrina da Dinâmica Patrimonial. Está aí compreendido o funcionamento, ou seja, como giram os componentes do Patrimônio. Por exemplo, podemos citar o modo como se transformam as matérias-primas em produtos e estes em “dinheiro”, no fluxo ou curso das coisas. Em uma empresa existe um giro perpétuo onde estão as aplicações de recursos e os retornos destas aplicações. (BENATTI, CASTILHO, *et al.*, 2010).

A Contabilidade possui também a sua parte prática de aplicação do conhecimento científico, que se denomina “Técnica”, onde estão compreendidas, entre outras, a Escrituração Contábil, as Demonstrações Contábeis e a Contabilidade de Custos.

Pode-se constatar, que por algumas razões, a contabilidade deixa de expressar a realidade no tocante a situação patrimonial das entidades. Isso ocorre por que os controles, para atenderem às exigências de normas específicas da legislação, etc, acabam por distorcer a verdade de um fato.

Ocorre que em muitas empresas os registros contábeis não expressam corretamente a realidade patrimonial. Muitas vezes, isto acontece por estarem os controles voltados para o atendimento de normas internas ou externas, seja para fruição de benefícios fiscais ou mesmo por simples imposição legal.

Existem muitas não-conformidades, algumas provocadas, propositadamente, pelas empresas por meio de suas próprias normas, e outras por normas deformadas e emitidas por instituições, que sequer respeitam os aspectos técnicos e científicos da contabilidade. (SCHMIDT, 2011, p. 38)

Já na primeira metade do século XX, Francisco D'Áuria, um dos precursores do estudo científico da contabilidade no Brasil, apresentou a seguinte definição para Contabilidade (D'ÁURIA, 1949):

... é uma ciência matemático-social, cujo campo de aplicação é o patrimônio; tem como meios os dados quantitativos de gestão, os seus instrumentos são cálculo e os registros; são as suas funções de observação, análise, coordenação, síntese e exposição; os seus fins são: controlar, informar e orientar administração patrimonial. (D'ÁURIA, 1949)

Um dos mais importantes trabalhos de D'Áuria foi a Sistemologia. Para ele (D'ÁURIA, 1949) “se sistema é um todo harmônico cujos componentes ou partes têm vínculos recíprocos ou solidários, a definição se aplica, rigorosamente, ao patrimônio”. Patrimônio, portanto, é, na sua opinião, um composto de riquezas, cujos elementos são inter-relacionados e solidários”. Patrimônio, para ele, caracteriza-se, sem dúvida, como um sistema.

A sistemologia de D'Áuria (1949), traduzia a Contabilidade como uma ciência generalizada, ou seja, uma Contabilidade capaz de numerar, classificar, coordenar e representar, hoje, o patrimônio; amanhã, outros objetos, como o mundo físico, social, moral.

Masi (1958), traduziu o espírito inovador de D'Áuria ao afirmar que a Contabilidade tinha como campo atual o patrimônio aziendale: amanhã, poderia ter também o mundo físico, social ou moral.

Na visão de D'Áuria, seria possível demonstrar o patrimônio moral, com a sua atividade e a sua passividade, o seu bem e o seu mal, os seus prêmios e os seus castigos. Todo sistema que possa ser contado e subordinado e os títulos indicativos de naturezas e espécies diversas, pertencentes a um gênero único e amplo, sendo possível utilizar um denominador comum que sirva de medida a todos os elementos constitutivos, pode ser contabilizado. “Será Contabilidade com a significação dos sistemas a que se aplica. Será “Sistemologia”. (NASCIMENTO, 1953).

Os objetivos da contabilidade se realizam por meio da informação de suas Demonstrações aos usuários. Tais informações possuem características próprias, que devem torná-las úteis às necessidades de quem se serve delas. Sobre as características qualitativas da informação contábil, (HENDRIKSEN e VAN BREDA,

1999) citam a definição do *Financial Accounting Standards Board – FASB*, como sendo “atributos que tendem a ampliar sua utilidade”. Sendo assim, a utilidade da informação contábil para a tomada de decisões dos seus usuários traduziria o seu valor, ou seja, quanto mais útil, mais valiosa será a informação.

O *International Accounting Standards Board – IASB*, em processo de atualização de sua estrutura conceitual, traz como definição que as demonstrações contábeis são elaboradas e apresentadas para usuários externos em geral, tendo em vista suas finalidades distintas e necessidades diversas. Governos, órgãos reguladores ou autoridades tributárias, por exemplo, podem determinar especificamente exigências para atender a seus próprios interesses. Essas exigências, no entanto, não devem afetar as demonstrações contábeis elaboradas segundo sua estrutura conceitual. (CPC, 2011)

O CPC – Comitê de Padronização Contábil reitera as determinações do IASB no tocante ao entendimento que as demonstrações contábeis elaboradas dentro do que prescreve sua estrutura conceitual, objetivam fornecer informações que sejam úteis na tomada de decisões econômicas e avaliações por parte dos usuários em geral, não tendo o propósito de atender finalidade ou necessidade específica de determinados grupos de usuários. (CPC, 2011)

Para o IASB, as demonstrações contábeis elaboradas com tal finalidade satisfazem as necessidades comuns da maioria dos seus usuários, uma vez que quase todos eles utilizam essas demonstrações contábeis para a tomada de decisões econômicas, tais como:

- a) decidir quando comprar, manter ou vender instrumentos patrimoniais;
- b) avaliar a administração da entidade quanto à responsabilidade que lhe tenha sido conferida e quanto à qualidade de seu desempenho e de sua prestação de contas;
- c) avaliar a capacidade de a entidade pagar seus empregados e proporcionar-lhes outros benefícios;
- d) avaliar a segurança quanto à recuperação dos recursos financeiros emprestados à entidade;
- e) determinar políticas tributárias;

- f) determinar a distribuição de lucros e dividendos;
- g) elaborar e usar estatísticas da renda nacional; ou
- h) regulamentar as atividades das entidades.

Preconiza ainda aquele Comitê, que as demonstrações contábeis são mais comumente elaboradas segundo modelo baseado no custo histórico recuperável e no conceito da manutenção do capital financeiro nominal. Outros modelos e conceitos podem ser considerados mais apropriados para atingir o objetivo de proporcionar informações que sejam úteis para tomada de decisões econômicas, embora não haja presentemente consenso nesse sentido.

Sendo assim, as características qualitativas da informação contábil-financeira útil, identificam os tipos de informação que muito provavelmente são reputadas como as mais úteis para investidores, credores por empréstimos e outros credores, existentes e em potencial, para tomada de decisões acerca da entidade que reporta com base na informação contida nos seus relatórios contábil-financeiros. A seguir, citamos algumas dessas características:

Os relatórios contábil-financeiros fornecem informação sobre os recursos econômicos da entidade que reporta a informação, sobre reivindicações contra a entidade que reporta a informação e os efeitos de transações e outros eventos e condições que modificam esses recursos e reivindicações. (Essa informação é referenciada na Estrutura Conceitual como sendo uma informação sobre o fenômeno econômico). Alguns relatórios contábil-financeiros também incluem material explicativo sobre as expectativas da administração e sobre as estratégias para a entidade que reporta a informação, bem como outros tipos de informação sobre o futuro (*forward-looking information*).

As características qualitativas da informação contábil-financeira útil³ devem ser aplicadas à informação contábil-financeira fornecida pelas demonstrações contábeis, assim como à informação contábil-financeira fornecida por outros meios. O custo de gerar a informação, que é uma restrição sempre presente na entidade no processo de fornecer informação contábil-financeira útil, deve ser observado similarmente. No entanto, as considerações a serem tecidas quando da aplicação das características qualitativas e da restrição do custo podem ser diferentes para diferentes tipos de informação. Por exemplo, aplicá-las à informação sobre o futuro (*forward-looking information*) pode ser diferente de aplicá-las à informação sobre recursos econômicos e reivindicações existentes e sobre mudanças nesses recursos e reivindicações.

Se a informação contábil-financeira é para ser útil, ela precisa ser relevante e representar com fidedignidade o que se propõe a representar. A utilidade da informação contábil-financeira é melhorada

se ela for comparável, verificável, tempestiva e compreensível. (CPC, 2011)

O CPC destaca ainda como características qualitativas fundamentais, a relevância e a representação fidedigna, assim conceituados: (CPC, 2011)

Relevância:

Informação contábil-financeira relevante é aquela capaz de fazer diferença nas decisões que possam ser tomadas pelos usuários. A informação pode ser capaz de fazer diferença em uma decisão mesmo no caso de alguns usuários decidirem não a levar em consideração, ou já tiver tomado ciência de sua existência por outras fontes.

- A informação contábil-financeira é capaz de fazer diferença nas decisões se tiver valor preditivo, valor confirmatório ou ambos.

- A informação contábil-financeira tem valor preditivo se puder ser utilizada como dado de entrada em processos empregados pelos usuários para predizer futuros resultados. A informação contábil-financeira não precisa ser uma predição ou uma projeção para que possua valor preditivo. A informação contábil-financeira com valor preditivo é empregada pelos usuários ao fazerem suas próprias predições.

- A informação contábil-financeira tem valor confirmatório se retroalimentar – servir de *feedback* – avaliações prévias (confirmá-las ou alterá-las).

- O valor preditivo e o valor confirmatório da informação contábil-financeira estão inter-relacionados. A informação que tem valor preditivo muitas vezes também tem valor confirmatório. Por exemplo, a informação sobre receita para o ano corrente, a qual pode ser utilizada como base para predizer receitas para anos futuros, também pode ser comparada com predições de receita para o ano corrente que foram feitas nos anos anteriores. Os resultados dessas comparações podem auxiliar os usuários a corrigirem e a melhorarem os processos que foram utilizados para fazer tais predições. (CPC, 2011)

Materialidade:

A informação é material se a sua omissão ou sua divulgação distorcida (*misstating*) puder influenciar decisões que os usuários tomam com base na informação contábil-financeira acerca de entidade específica que reporta a informação. Em outras palavras, a materialidade é um aspecto de relevância específico da entidade baseado na natureza ou na magnitude, ou em ambos, dos itens para os quais a informação está relacionada no contexto do relatório contábil-financeiro de uma entidade em particular. Consequentemente, não se pode especificar um limite quantitativo uniforme para materialidade ou predeterminar o que seria julgado material para uma situação particular. (CPC, 2011)

Representação fidedigna:

Os relatórios contábil-financeiros representam um fenômeno econômico em palavras e números. Para ser útil, a informação contábil-financeira não tem só que representar um fenômeno relevante, mas tem também que representar com fidedignidade o fenômeno que se propõe representar. Para ser representação perfeitamente fidedigna, a realidade retratada precisa ter três atributos. Ela tem que ser completa, neutra e livre de erro. É claro, a perfeição é rara, se de fato alcançável. O objetivo é maximizar referidos atributos na extensão que seja possível.

- O retrato da realidade econômica completo deve incluir toda a informação necessária para que o usuário compreenda o fenômeno sendo retratado, incluindo todas as descrições e explicações necessárias. Por exemplo, um retrato completo de um grupo de ativos incluiria, no mínimo, a descrição da natureza dos ativos que compõem o grupo, o retrato numérico de todos os ativos que compõem o grupo, e a descrição acerca do que o retrato numérico representa (por exemplo, custo histórico original, custo histórico ajustado ou valor justo). Para alguns itens, um retrato completo pode considerar ainda explicações de fatos significativos sobre a qualidade e a natureza desses itens, fatos e circunstâncias que podem afetar a qualidade e a natureza deles, e os processos utilizados para determinar os números retratados.

- Um retrato neutro da realidade econômica é desprovido de viés na seleção ou na apresentação da informação contábil-financeira. Um retrato neutro não deve ser distorcido com contornos que possa receber dando a ele maior ou menor peso, ênfase maior ou menor, ou qualquer outro tipo de manipulação que aumente a probabilidade de a informação contábil-financeira ser recebida pelos seus usuários de modo favorável ou desfavorável. Informação neutra não significa informação sem propósito ou sem influência no comportamento dos usuários. A bem da verdade, informação contábil-financeira relevante, por definição, é aquela capaz de fazer diferença nas decisões tomadas pelos usuários.

- Representação fidedigna não significa exatidão em todos os aspectos. Um retrato da realidade econômica livre de erros significa que não há erros ou omissões no fenômeno retratado, e que o processo utilizado, para produzir a informação reportada, foi selecionado e foi aplicado livre de erros. Nesse sentido, um retrato da realidade econômica livre de erros não significa algo perfeitamente exato em todos os aspectos. Por exemplo, a estimativa de preço ou valor não observável não pode ser qualificada como sendo algo exato ou inexato. Entretanto, a representação dessa estimativa pode ser considerada fidedigna se o montante for descrito claramente e precisamente como sendo uma estimativa, se a natureza e as limitações do processo forem devidamente reveladas, e nenhum erro tiver sido cometido na seleção e aplicação do processo apropriado para desenvolvimento da estimativa.

- Representação fidedigna, por si só, não resulta necessariamente em informação útil. Por exemplo, a entidade que reporta a informação pode receber um item do imobilizado por meio de subvenção governamental. Obviamente, a entidade ao reportar que adquiriu um

ativo sem custo retrataria com fidedignidade o custo desse ativo, porém essa informação provavelmente não seria muito útil. Outro exemplo mais sutil seria a estimativa do montante por meio do qual o valor contábil do ativo seria ajustado para refletir a perda por desvalorização no seu valor (*impairment loss*). Essa estimativa pode ser uma representação fidedigna se a entidade que reporta a informação tiver aplicado com propriedade o processo apropriado, tiver descrito com propriedade a estimativa e tiver revelado quaisquer incertezas que afetam significativamente a estimativa. Entretanto, se o nível de incerteza de referida estimativa for suficientemente alto, a estimativa não será particularmente útil. Em outras palavras, a relevância do ativo que está sendo representado com fidedignidade será questionável. Se não existir outra alternativa para retratar a realidade econômica que seja mais fidedigna, a estimativa nesse caso deve ser considerada a melhor informação disponível. (CPC, 2011)

Quanto a aplicação das características qualitativas fundamentais, o CPC (2011) destaca ainda o seguinte:

- A informação precisa concomitantemente ser relevante e representar com fidedignidade a realidade reportada para ser útil. Nem a representação fidedigna de fenômeno irrelevante, tampouco a representação não fidedigna de fenômeno relevante auxiliam os usuários a tomarem boas decisões.
- O processo mais eficiente e mais efetivo para aplicação das características qualitativas fundamentais usualmente seria o que segue (sujeito aos efeitos das características de melhoria e à restrição do custo, que não são considerados neste exemplo). Primeiro, identificar o fenômeno econômico que tenha o potencial de ser útil para os usuários da informação contábil-financeira reportada pela entidade. Segundo, identificar o tipo de informação sobre o fenômeno que seria mais relevante se estivesse disponível e que poderia ser representado com fidedignidade. Terceiro, determinar se a informação está disponível e pode ser representada com fidedignidade. Dessa forma, o processo de satisfazer as características qualitativas fundamentais chega ao seu fim. Caso contrário, o processo deve ser repetido a partir do próximo tipo de informação mais relevante. (CPC, 2011)

O CPC (2011) destaca também que a comparabilidade, verificabilidade, tempestividade e compreensibilidade são características qualitativas que melhoram a utilidade da informação que é relevante e que é representada com fidedignidade. As características qualitativas de melhoria podem também auxiliar a determinar qual de duas alternativas que sejam consideradas equivalentes em termos de relevância e fidedignidade de representação deve ser usada para retratar um fenômeno. Sobre essas características qualitativas de melhoria, assim se pronuncia:

Comparabilidade:

- As decisões de usuários implicam escolhas entre alternativas, como, por exemplo, vender ou manter um investimento, ou investir em uma entidade ou noutra. Consequentemente, a informação acerca da entidade que reporta informação será mais útil caso possa ser comparada com informação similar sobre outras entidades e com informação similar sobre a mesma entidade para outro período ou para outra data.
- Comparabilidade é a característica qualitativa que permite que os usuários identifiquem e compreendam similaridades dos itens e diferenças entre eles. Diferentemente de outras características qualitativas, a comparabilidade não está relacionada com um único item. A comparação requer no mínimo dois itens.
- Consistência, embora esteja relacionada com a comparabilidade, não significa o mesmo. Consistência refere-se ao uso dos mesmos métodos para os mesmos itens, tanto de um período para outro considerando a mesma entidade que reporta a informação, quanto para um único período entre entidades. Comparabilidade é o objetivo; a consistência auxilia a alcançar esse objetivo.
- Comparabilidade não significa uniformidade. Para que a informação seja comparável, coisas iguais precisam parecer iguais e coisas diferentes precisam parecer diferentes. A comparabilidade da informação contábil-financeira não é aprimorada ao se fazer com que coisas diferentes pareçam iguais ou ainda ao se fazer coisas iguais parecerem diferentes.
- Algum grau de comparabilidade é possivelmente obtido por meio da satisfação das características qualitativas fundamentais. A representação fidedigna de fenômeno econômico relevante deve possuir naturalmente algum grau de comparabilidade com a representação fidedigna de fenômeno econômico relevante similar de outra entidade que reporta a informação.
- Muito embora um fenômeno econômico singular possa ser representado com fidedignidade de múltiplas formas, a discricionariedade na escolha de métodos contábeis alternativos para o mesmo fenômeno econômico diminui a comparabilidade. (CPC, 2011)

Verificabilidade:

- A verificabilidade ajuda a assegurar aos usuários que a informação representa fidedignamente o fenômeno econômico que se propõe representar. A verificabilidade significa que diferentes observadores, cômicos e independentes, podem chegar a um consenso, embora não cheguem necessariamente a um completo acordo, quanto ao retrato de uma realidade econômica em particular ser uma representação fidedigna. Informação quantificável não necessita ser um único ponto estimado para ser verificável. Uma faixa de possíveis montantes com suas probabilidades respectivas pode também ser verificável.
- A verificação pode ser direta ou indireta. Verificação direta significa verificar um montante ou outra representação por meio de observação

direta, como, por exemplo, por meio da contagem de caixa. Verificação indireta significa checar os dados de entrada do modelo, fórmula ou outra técnica e recalculer os resultados obtidos por meio da aplicação da mesma metodologia. Um exemplo é a verificação do valor contábil dos estoques por meio da checagem dos dados de entrada (quantidades e custos) e por meio do recálculo do saldo final dos estoques utilizando a mesma premissa adotada no fluxo do custo (por exemplo, utilizando o método PEPS).

- Pode não ser possível verificar algumas explicações e alguma informação contábil-financeira sobre o futuro (*forward-looking information*) até que o período futuro seja totalmente alcançado. Para ajudar os usuários a decidir se desejam usar dita informação, é normalmente necessário divulgar as premissas subjacentes, os métodos de obtenção da informação e outros fatores e circunstâncias que suportam a informação. (CPC, 2011)

Tempestividade:

- Tempestividade significa ter informação disponível para tomadores de decisão a tempo de poder influenciá-los em suas decisões. Em geral, a informação mais antiga é a que tem menos utilidade. Contudo, certa informação pode ter o seu atributo tempestividade prolongado após o encerramento do período contábil, em decorrência de alguns usuários, por exemplo, necessitarem identificar e avaliar tendências. (CPC, 2011)

Compreensibilidade:

- Classificar, caracterizar e apresentar a informação com clareza e concisão torna-a compreensível.

- Certos fenômenos são inerentemente complexos e não podem ser facilmente compreendidos. A exclusão de informações sobre esses fenômenos dos relatórios contábil-financeiros pode tornar a informação constante em referidos relatórios mais facilmente compreendida. Contudo, referidos relatórios seriam considerados incompletos e potencialmente distorcidos (*misleading*).

- Relatórios contábil-financeiros são elaborados para usuários que têm conhecimento razoável de negócios e de atividades econômicas e que revisem e analisem a informação diligentemente. Por vezes, mesmo os usuários bem informados e diligentes podem sentir a necessidade de procurar ajuda de consultor para compreensão da informação sobre um fenômeno econômico complexo. (CPC, 2011)

Quanto a aplicação das características qualitativas de melhoria, o CPC (2011) preceitua que estas devem ser maximizadas na extensão possível. Entretanto, as características qualitativas de melhoria, quer sejam individualmente ou em grupo, não podem tornar a informação útil se a dita informação for irrelevante ou não for representação fidedigna.

Neste contexto, a aplicação das características qualitativas de melhoria é um processo iterativo que não segue uma ordem preestabelecida. Algumas vezes, uma característica qualitativa de melhoria pode ter que ser diminuída para maximização de outra característica qualitativa. Por exemplo, a redução temporária na comparabilidade como resultado da aplicação prospectiva de uma nova norma contábil-financeira pode ser vantajosa para o aprimoramento da relevância ou da representação fidedigna no longo prazo. Divulgações apropriadas podem parcialmente compensar a não comparabilidade.

No seu pronunciamento, o CPC (2011) trata ainda sobre a restrição de custo na elaboração e divulgação de relatório contábil-financeiro útil. Para aquela organização, o custo de gerar a informação é uma restrição sempre presente na entidade no processo de elaboração e divulgação de relatório contábil-financeiro. O processo de elaboração e divulgação de relatório contábil-financeiro impõe custos, sendo importante que ditos custos sejam justificados pelos benefícios gerados pela divulgação da informação. Existem variados tipos de custos e benefícios a considerar, como a seguir:

- Fornecedores de informação contábil-financeira envidam grande parte de seus esforços na coleta, no processamento, na verificação e na disseminação de informação contábil-financeira, mas os usuários em última instância pagam por esses custos na forma de retornos reduzidos. Usuários de informação contábil-financeira também incorrem em custos de análise e interpretação de informação fornecida. Se a informação demandada não é fornecida, os usuários incorrem em custos adicionais de obtenção da informação por meio de outras fontes ou por meio de sua estimativa.
- A elaboração e divulgação de relatório contábil-financeiro que seja relevante e que represente com fidedignidade o que se propõe representar auxilia os usuários a tomarem decisões com grau de confiança maior. Isso resulta em funcionamento mais eficiente dos mercados de capitais e em custo menor de capital para a economia como um todo. O investidor individual, o credor por empréstimo ou outro credor também se beneficiam desse processo por meio de decisões assentadas na melhor informação. Entretanto, não é possível para relatórios contábil-financeiros de propósito geral fornecer toda e qualquer informação que todo usuário repute ser relevante.
- Na aplicação da restrição do custo, avalia-se se os benefícios proporcionados pela elaboração e divulgação de informação em particular são provavelmente justificados pelos custos incorridos para fornecimento e uso dessa informação. Quando da aplicação da restrição do custo no desenvolvimento do padrão proposto de elaboração e divulgação, o órgão normatizador deve procurar se informar junto aos fornecedores da informação, usuários, auditores independentes, acadêmicos e outros agentes sobre a natureza e

quantidade esperada de benefícios e custos desse padrão. Em grande parte dos casos, as avaliações são baseadas na combinação de informação quantitativa e qualitativa.

- Em função da subjetividade inerente ao processo, as avaliações de diferentes indivíduos acerca dos custos e benefícios da elaboração e divulgação de itens particulares de informação contábil-financeira devem variar. Dessa forma, o órgão normatizador deve procurar tomar por base os custos e benefícios com relação à elaboração e à divulgação de modo geral, e não somente em relação a entidades individuais que reportam a informação. Isso não quer dizer que as avaliações de custos e benefícios sempre são justificadas pelas mesmas exigências de divulgação para todas as entidades. Diferenças podem ser apropriadas em decorrência dos tamanhos variados das entidades, das diferentes formas de captação de capital (publicamente ou privadamente), das diferentes necessidades de usuários ou de outros fatores. (CPC, 2011)

Destaca também aquele Comitê, que as demonstrações contábeis normalmente são elaboradas tendo como premissa que a entidade está em atividade (*going concern assumption*) e irá manter-se em operação por um futuro previsível. Desse modo, parte-se do pressuposto de que a entidade não tem a intenção, nem tampouco a necessidade, de entrar em processo de liquidação ou de reduzir materialmente a escala de suas operações. Por outro lado, se essa intenção ou necessidade existir, as demonstrações contábeis podem ter que ser elaboradas em bases diferentes e, nesse caso, a base de elaboração utilizada deve ser divulgada. (CPC, 2011)

Sobre a confiabilidade da mensuração, o CPC (2011) destaca também este segundo critério para reconhecimento de um item, onde deve ser verificado se ele possui custo ou valor que possa ser mensurado com confiabilidade. Em muitos casos, o custo ou valor precisa ser estimado.

O uso de estimativas razoáveis é parte essencial da elaboração das demonstrações contábeis e não prejudica a sua confiabilidade. Quando, entretanto, não puder ser feita estimativa razoável, o item não deve ser reconhecido no balanço patrimonial ou na demonstração do resultado. Por exemplo, o valor que se espera receber de uma ação judicial pode enquadrar-se nas definições tanto de ativo quanto de receita, assim como nos critérios probabilísticos exigidos para reconhecimento. Todavia, se não é possível mensurar com confiabilidade o montante que será recebido, ele não deve ser reconhecido como ativo ou receita. A existência da

reclamação deve ser, entretanto, divulgada nas notas explicativas ou nos quadros suplementares.

2.2.2. Teorias e Definições de Custo

O termo “custo” é utilizado de várias formas. Isso ocorre em razão da existência de vários tipos de custos, que devem ser classificados de acordo com as necessidades da gestão. Por exemplo, os gestores podem querer dados de custo para preparar relatórios financeiros externos, para planejar orçamentos, ou para tomar decisões. Cada forma de uso da informação de custo acarreta uma diferente interpretação para o termo. Por exemplo, a elaboração de relatórios financeiros externos requer o uso de dados de custos históricos, enquanto a tomada de decisão pode exigir previsões sobre custos futuros. (NOREEN, BREWER e GARRISON, 2011)

A variação de custos diferentes para diferentes fins é um aspecto observado tanto na contabilidade gerencial (BARTENSTEIN, 1978), como na economia (BUCHANAN, 1993), mas tais variações não impedem um conceito comum na contabilidade, na economia e em outras áreas, para o termo: “custo”. Assim, para entender a essência dos diferentes conceitos e usos do termo, neste trabalho procuraremos apresentar uma clara definição para custo, bem como a caracterização de recursos físicos como integrantes das categorias de recursos necessários ao alcance de um propósito específico.

Martins e Rocha (2010, p. 9), definem custo como a “expressão monetária do consumo, da utilização ou da transformação de bens ou serviços no processo de produção de outros bens ou serviços”. Segundo os mesmos autores, essa definição expressa o conceito de custo em sentido contábil, pois em sentido amplo, custo refere-se ao “consumo ou utilização de recursos para atingir determinado objetivo, nesse caso, não necessariamente em termos monetários”, ou seja, em termos de quantidade de material e mão de obra, entre outros.

A definição de custo, em sentido amplo, é compartilhada por outros autores, como Blocher, Stout et al (2010, p. 959), que afirmam que os custos são “incorridos quando um recurso é usado para algum propósito”, mas ao se comparar esta, com a primeira definição, notamos que Martins e Rocha (2010) superam a definição de Blocher, Stout et al (2010), ao considerarem que o custo assume, quantitativamente,

características tanto monetárias como não monetárias. Definição esta, importante para os objetivos desta tese.

Outrossim, na definição de Shim e Siegel (2009, p. 2) custo é “a mensuração do sacrifício de recursos econômicos já feito ou a ser feito no futuro, com o fim de atingir um objetivo específico”. Também se observam os termos “recursos” e “objetivo”, igualmente encontrados na definição de Blocher, Stout et al (2010) e em Martins e Rocha (2010). Entretanto, embora a definição de Shim e Siegel (2009) apresente, em relação a “recursos” e “objetivo”, semelhanças com as definições dos outros autores, os demais elementos presentes na construção da definição destes últimos merecem ser melhor observados.

Com o uso da expressão “recursos econômicos”, ao invés da palavra “recursos” de forma isolada, podemos notar na definição de Shim e Siegel (2009) uma preocupação em delimitar o conceito, visto que a utilização da palavra “recursos” poderia representar significado alheio ao que se espera da definição de custo. Assim, recorrendo-se à economia, segundo Salvatore (1992), a distinção entre recursos “econômicos” e “não econômicos” se faz em relação ao problema da escassez, considerando que os recursos econômicos dizem respeito aos fatores de produção como produtos, serviços ou qualquer outro recurso que não é ilimitado em oferta, e que a limitação ou escassez afeta seu valor (ou preço). Já os recursos não econômicos possuiriam oferta ilimitada e livre, como o ar atmosférico (na ausência de outros fatores limitativos, como a poluição, por exemplo). Deste ponto de vista, não seria possível atribuir ao recurso não econômico os contornos conceituais do custo.

Sobre o uso do termo “sacrifício” encontrado na definição de custo, observamos que embora não esteja explícito nas definições apresentadas por Shim e Siegel (2009); Hansen, Mowen e Guan (2009); Blocher, Stout et al (2010), a utilização deste termo é bastante adequada ao conceito de “custo de oportunidade” que, conforme definição de Buchanan (1993, p. 22), significa *“Opportunity cost is the evaluation placed on the most highly valued of the rejected alternatives or opportunities. It is that value that is given up or sacrificed in order to secure the higher value that selection of the chosen object embodies”*. Portanto, para Buchanan, o custo de oportunidade corresponde à alternativa de maior valor que é rejeitada em favor do valor mais alto embutido no objeto escolhido.

Assim, ao se adotar a expressão “sacrifício”, no lugar de “uso” ou “consumo”, denota-se que o custo representa não somente aquilo que se usa ou que é consumido, mas também, daquilo que é perdido ou abandonado, tal qual é representado na literatura econômica e contábil como custos implícitos e explícitos.

De acordo com Webster (2003), “custos explícitos” são definidos em termos de recursos que não pertencem a uma firma e que, para serem empregados por ela, ou são alugados ou são adquiridos no mercado, sendo assim, também geram o pagamento ou compensação e, logo, também podem ser entendidos como custos desembolsados. Como exemplo, tem-se os custos associados à contratação dos serviços de um fator de produção, que levam ao pagamento dos salários.

O mesmo autor define os “custos implícitos” como aqueles que não envolvem pagamentos diretos, sendo atribuídos aos benefícios ou às rendas sacrificadas do ponto de vista da decisão. Logo, os custos implícitos representam os usos alternativos dos recursos de propriedade da firma. Por exemplo, ao comprar mercadorias com pagamento à vista, o gestor abre mão do ganho que o recurso empregado nos estoques poderia lhe render em uma aplicação financeira. (WEBSTER, 2003)

Pelo exposto, apoiando-se no estudo em que Buchanan (1993) evidencia a relevância do termo “sacrifício” como componente do conceito econômico de custo de oportunidade, quando ele atribui a este termo o elemento articulador da escassez e escolha (pilares do conceito de custo de oportunidade conforme Buchanan) considera-se adequado, portanto, a utilização do termo “sacrifício” na definição de custo, em virtude de sua interpretação mais abrangente que o simples “uso” ou “consumo” de recursos econômicos.

Corroborado o uso do termo “sacrifício” nas definições de custo atribuídas por Hansen, Mowen e Guan (2009) e Weil e Maher (2005), cabe notar agora a expressão “monetária” adotada nas definições de custo apresentadas por estes mesmos autores. Hansen, Mowen e Guan (2009), ao usarem a expressão “caixa ou equivalente de caixa” e Weil e Maher (2005), com a expressão “mensurado pelo preço pago ou a pagar”, omitem ou relevam uma abordagem não monetária para o custo, como quantidade de horas trabalhadas ou peças consumidas. Nas definições destes dois autores, portanto, fora dada maior atenção ao aspecto da mensuração financeira

atribuída ao custo, em detrimento da pluralidade monetária e não monetária, que o conceito de recurso econômico representa.

Por esse motivo, quando Martins e Rocha (2010) definem o custo em sentido amplo, diferenciando-o do sentido contábil, incluem a assertiva “não necessariamente em termos monetários”, pois diferentemente da definição de custo no sentido contábil, apresentada pelos autores, em que o custo é “a expressão monetária do consumo”, em termos gerais os custos também podem ser representados por “bens e serviços de quantidade e qualidade predeterminada” (HENDRIKSEN e VAN BREDA, 1999, p. 415).

Além da perspectiva de que a definição de custo não está restrita à condição de ser expressa de forma monetária, temos ainda as assertivas: “valor pago ou a ser pago”. Podemos observar, por exemplo, num gerenciamento de um recurso organizacional, a importância da reputação com o cliente. Isto pode ser representado pelo valor da marca, o que se configura como um ativo intangível que é utilizado pela organização em suas atividades. Assim, pode ser objeto de sacrifício nas decisões organizacionais, em situações como, por exemplo, a marca da empresa é destinada a ser vendida. (TORRES, GONÇALVES, *et al.*, 2011) (BARNEY e HESTERLY, 2011)

Pelo exposto, podemos observar que não é adequado restringir na definição de custo uma condição “monetária”, como “caixa” ou valor “equivalente de caixa” e “preço pago” ou “a ser pago”, como fizeram Hansen, Mowen e Guan (2009) e Weil e Maher (2005).

Compreendida então a inexistência de uma condição monetária para a definição de custo além dos recursos financeiros, Barney e Hesterly (2011), identificam também os seguintes tipos de recursos: físicos, informacionais ou intelectuais. Também consideram, como categorias de recursos, além dos recursos físicos e financeiros, os recursos humanos e organizacionais, onde incluem como recursos humanos: treinamento, experiência, discernimento, inteligência, relacionamentos e a visão individual dos gerentes, constituindo assim, os recursos intelectuais.

Os recursos organizacionais mencionados podem ser representados pelas estruturas de relatórios da empresa, de sistemas formais e informais de planejamento, de controle e coordenação e de cultura e reputação. Também destacam as relações

informais entre grupos dentro da empresa e entre a empresa e esses grupos. Assim, a categoria de recursos organizacionais inclui, entre outros, os recursos informacionais. Portanto, para o que concerne à definição de custos, podemos afirmar que os recursos econômicos sacrificados para se atingir um propósito específico, seriam os recursos físicos, financeiros, humanos e organizacionais. (BARNEY e HESTERLY, 2011)

A partir da análise dos elementos conceituais atribuídos à definição de custos pelos diferentes autores apresentados, podemos destacar que não restou qualquer dúvida quanto ao reconhecimento de que os recursos físicos integram as categorias dos recursos econômicos que são necessários ao alcance de um propósito específico. Assim, podemos concluir a definição para custo como: o sacrifício de recursos econômicos para atingir um propósito específico.

2.3. Uso de termos Relacionados à Energia

2.3.1. O Termo “Energético”

O adjetivo “energético” (do grego, *energetikós*) é empregado para qualificar especificamente o que é relativo à energia (HOUAISS e VILLAR, 2001). Neste sentido, o termo “Contabilidade Energética” é comumente adotado ao se tratar da contabilidade relacionada à energia.

2.3.2. Definição Simplificada Para “Energia”

Energia geralmente é definida como a capacidade de realizar trabalho (GOLDEMBERG e LUCON, 2011) ou de produzir calor. (BHATTACHARYYA, 2011)

Normalmente, o calor pode ser obtido pela queima de um combustível, ou seja, uma substância que contém energia interna que após sua queima gera o calor; ou através de outros meios, como pela captura dos raios do sol, ou a partir das rochas abaixo da superfície da Terra. (BHATTACHARYYA, 2011)

Do mesmo modo, a capacidade de realizar trabalho pode representar a capacidade (ou o potencial) de se fazer o trabalho (conhecido como energia potencial

armazenada como na água em uma represa) ou pela sua manifestação em termos de conversão em energia motriz (conhecida como energia cinética, como no caso do vento ou das ondas do mar). Assim, a energia se manifesta de muitas formas: pelo calor, luz, força motriz, transformação química, etc. A energia pode ser captada e aproveitada a partir de fontes muito diversas que podem ser encontradas em vários estados físicos, e com diferentes graus de facilidade ou dificuldade de captar suas energias potenciais. Inicialmente, a humanidade se baseou na energia solar e na energia da água ou do vento. Em seguida, com o domínio do fogo, iniciou-se o uso da biomassa. O uso do carvão e, posteriormente, do petróleo e gás natural começaram há algumas centenas de anos atrás. (BHATTACHARYYA, 2011)

2.3.3. A Expressão “Necessidade de Energia”

Dentre as discussões no seminário IFIAS realizado em Estocolmo em 1974, estava o uso da expressão “necessidade de energia” (ou necessidade de energia livre, etc.), que se entendeu como devia ser chamada a energia (ou energia livre, etc.) calculada para o sistema em análise. Naquelas discussões, chegou a ser argumentado que o uso deste termo poderia evitar uma possível confusão com termos como “custo da energia”, que muitas vezes se vê na literatura, e que poderia ser entendida como os custos monetários dos combustíveis para o sistema. (ROBERTS, 1975)

2.4. A Termodinâmica

Em termos gerais, a análise de energia é um campo dedicado a estudar o uso social de um único recurso agregado: energia. Geralmente pensamos em energia como sendo fornecida apenas por combustíveis ou por fontes renováveis, como a solar, eólica ou de geração de energia hidrelétrica. No entanto, a termodinâmica diz-nos que todos os materiais têm um potencial para fornecer energia. Isto é ainda verdadeiro para aqueles que não são ordinariamente considerados combustíveis. Os fluxos de materiais em um processo têm, associado, um potencial termodinâmico para realizar trabalho. A análise quantitativa de energia traça as mudanças nos potenciais termodinâmicos de materiais durante as sucessivas etapas do processo produtivo.

Isto ocorre porque a energia foi adicionada aos materiais através da aplicação de energia calorífica a partir de combustíveis ou de eletricidade, ou por trabalho a fazer no sistema. No entanto, uma parte da energia de calor e de trabalho é inevitavelmente perdida no processo de transferência. As leis da termodinâmica indicam que há limites invioláveis sobre as eficiências físicas dos processos de transferência de energia. (IFIAS 1975, 1978)

2.4.1. As Leis da Termodinâmica

De acordo com as ciências físicas, duas leis básicas da termodinâmica governam os fluxos de energia. A primeira lei da termodinâmica determina um equilíbrio dos materiais - uma massa ou energia não pode ser criada nem destruída - ela só pode ser transformada. Isso representa um montante global de energia em todos os momentos. Ela estabelece a equivalência das diferentes formas de energia (solar, química, física, elétrica e térmica), a possibilidade de transformação de uma forma para outra, e regras que regem essas transformações. Este primeiro princípio considera calor e energia como duas grandezas da mesma natureza física. (BHATTACHARYYA, 2011) (ROSNAY, 2003)

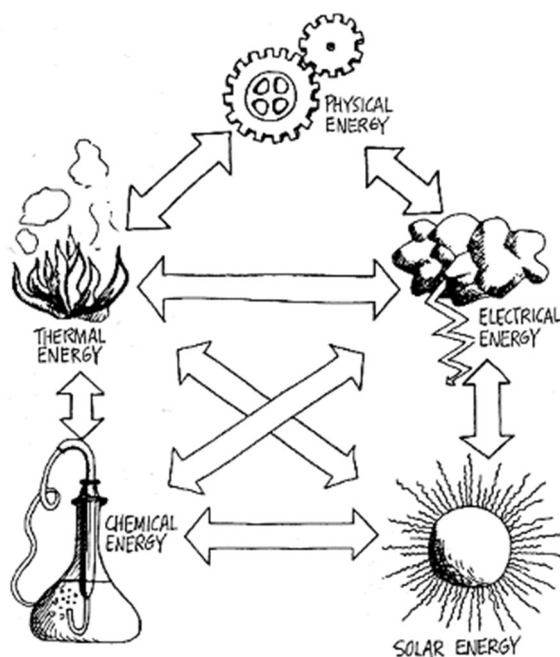


Figura 4: The first principle. Fonte: (ROSNAY, 2003)

Por outro lado, a segunda lei da termodinâmica introduz o conceito de qualidade de energia. Ela sugere que qualquer conversão envolve a geração de energia de baixa qualidade que não pode ser usada para o trabalho útil, e esta não pode ser completamente eliminada. Isto impõe restrições físicas no uso de energia. Quando se transforma a energia tendo em vista uma utilização precisa usa-se um conversor, por exemplo, uma central termelétrica transforma em eletricidade a energia química contida no carvão, no óleo combustível ou no gás natural; um motor transforma esta eletricidade em energia mecânica. A quantidade de energia útil final é sempre inferior à quantidade de energia bruta inicial, resultando num fator de rendimento que é sempre um número menor que 1. Este resultado foi formulado por Carnot em 1824, como resultado da observação do rendimento muito baixo das máquinas a vapor construídas na época. Esta segunda lei da termodinâmica introduz um conceito de qualidade de energia, uma medida da capacidade de um sistema de transformar o calor, considerado como uma forma degradada de energia em energia mecânica. (BHATTACHARYYA, 2011) (HÉMERY, DEBIER e DELÉAGE, 1993)

Uma terceira lei da termodinâmica foi desenvolvida por Walther Nernst entre 1906 e 1912. De acordo com esse princípio, quando um sistema se aproxima da temperatura do zero absoluto, todos os processos cessam, e a entropia tem um valor mínimo. Fornece, portanto, um ponto de referência para a determinação do valor da entropia. De forma simples, a terceira lei da termodinâmica afirma que a entropia de um cristal perfeito se aproxima de zero conforme a temperatura (em escala absoluta) também se aproxima de zero. A entropia, a partir deste ponto, é entropia absoluta. (OLIVEIRA, 2005)

Georgescu-Roegen (1993) atentou para o caráter dissipativo da energia na utilização dos materiais, formulando assim o que seria uma “quarta” lei da termodinâmica, a qual, devido a sua importância para o assunto desta tese, será tratada em tópico específico, a seguir.

2.4.2. A “Quarta” Lei da Termodinâmica de Georgescu-Roegen

A energia desempenha um papel essencial na utilização de recursos. Na concepção de Weinberg e Goeller (1976), com exceção dos combustíveis fósseis,

recursos minerais são tão abundantes que seu esgotamento não deve ser um problema. O problema estaria apenas no fato de ser necessário haver energia disponível suficiente para coletar os recursos. Sendo a terra considerada um sistema fechado (ou seja, que realiza troca de energia sem se importar com o meio ambiente), os recursos minerais não seriam sequer consumidos fisicamente, seriam meramente redistribuídos.

Pode-se observar que esta troca de energia está de acordo com o que preceitua a primeira lei da termodinâmica. Entretanto, na mencionada “redistribuição”, estariam incluídos resíduos que dificilmente podem ser reaproveitados.

Slessor (1978), por conseguinte, observa que os materiais podem ser expressos em termos de mão de obra, de energia e de capital necessário para o seu fluxo na economia. Assim, deixou de considerar os materiais como um fator de produção essencial.

Por outro lado, Georgescu-Roegen (1993), ao destacar o caráter dissipativo da energia na utilização dos materiais, formulou uma “quarta” lei da termodinâmica. Esta lei, segundo o autor, é ligada à distinção entre matéria utilizável (ou seja, num estado no qual é possível empregá-las por meio de manipulações físicas e químicas) e a matéria não utilizável (representada pelas partículas de matéria que se encontram dissipadas, sem possibilidade de voltar a ser reunidas na forma utilizável). A partir desta distinção o autor sugere uma formulação intuitiva da Quarta Lei da Termodinâmica: "em um sistema fechado, a matéria disponível se dispersa irreversivelmente, tornando-se indisponível". (GEORGESCU-ROEGEN, 1993)

2.4.3. As limitações da Termodinâmica

A termodinâmica fornece a teoria para calcular a necessidade de energia¹⁵ dos processos, em especial a necessidade de energia que não pode ser dispensada. No ponto de vista da termodinâmica, a energia que flui “de/para” em um processo

¹⁵ A explicação para a expressão “necessidade de energia” encontra-se no item 2.3.3 específico para o assunto.

pode ser avaliada de acordo com o seu potencial termodinâmico. A abordagem termodinâmica utiliza de medidas físicas para determinar a qualidade termodinâmica de portadores de energia.

O workshop IFIAS (1974) definiu a termodinâmica como uma ciência com base na análise dos sistemas de energia. Ela leva em conta a qualidade das formas de energia através do conceito de exergia.

Exergia é o trabalho máximo que pode ser obtido a partir de uma forma de energia por meio de um processo de conversão que conduz a produtos com as concentrações e as temperaturas que são comuns no ambiente. O estado final é chamado de estado morto (na qual se baseia o Sistema de Referência Ambiental (ERS)). Formas de energia que não são caracterizados por entropia, tais como a energia potencial no campo de força gravitacional ou a energia cinética de um fluido ideal tem uma qualidade que é igual a um. Formas de energia que são caracterizados por entropia, como a energia interna da matéria e da energia química dos combustíveis necessitam da Segunda Lei da Termodinâmica para estabelecer a sua qualidade. (NIEUWLAAR, 1988)

A abordagem termodinâmica para a avaliação dos portadores de energia é importante porque proporciona uma teoria para a determinação de limites superiores em eficiência de conversão.

De acordo com Georgescu-Roegen (1993), entropia é uma medida de energia não utilizável num sistema termodinâmico. A energia utilizável diz respeito àquela sobre a qual o homem pode exercer domínio, podendo transformá-la em calor ou trabalho. Já a energia não utilizável é aquela que está caoticamente dissipada e não permite ser canalizada para realização de trabalho.

Na abordagem econômica, a eficiência econômica era sugerida como o parâmetro de qualidade. A eficiência econômica do uso de energia era definida como a razão entre o valor do dinheiro empregado na produção de bens e serviços na economia (ou em um dos seus setores), e o valor da entrada de energia bruta (energia ou dinheiro). (SCHURR e NETSCHERT, 1960)

Verifica-se uma estreita relação entre a contabilidade energética e a termodinâmica, ambas demonstram as alterações energéticas inerentes a processos físicos.

Podemos citar a energia total investida em bens de capital como um exemplo de energia não utilizada na termodinâmica. Outros exemplos, são as energias necessárias para as operações auxiliares, transportes, fornecimento de combustíveis, etc. A contabilidade energética pode considerar todas essas energias, enquanto a termodinâmica está restrita ao uso direto da energia, ou seja, a contabilidade energética continua onde termodinâmica para.

2.5. Contabilidade Energética

2.5.1. Conceituando Contabilidade Energética

Francisco D'Áuria, autor que mencionamos na definição de Contabilidade (2.2), descreveu ainda uma série de condições em que seria possível mensurar e contabilizar situações além de unidades em valores monetários. D'Áuria, mostrou ser verossímil utilizar-se da contabilidade sempre que houver duas condições antagônicas, como preto e branco, claro e escuro, etc. (D'ÁURIA, 1949).

Neste sentido, para a elaboração desta tese, compreendemos a contabilidade com a finalidade de controlar, informar e orientar a administração patrimonial. Todavia tal entendimento será aplicado em relação à energia, mensurada de forma não monetária, tendo como meio de mensuração e evidenciação alguma unidade de medida de energia.

A expressão “análise de energia líquida” foi usada por alguns autores como um sinônimo para a contabilidade energética. No desenvolvimento deste estudo foi adotada a interpretação dada por Daniel Spreng (1988), considerando a “contabilidade energética” como o termo mais adequado para se referir à apuração de gastos de energia, sendo que a “análise de energia” é um termo cuja utilização se adequa mais para se referir a um grupo de ferramentas analíticas relacionadas a problemas de energia, como as análises econômicas e de engenharia e as técnicas de previsão.

Assim, o termo “análise de energia líquida” tem sua maior utilidade quando voltado para a seleção de investimentos com menor demanda líquida de energia, bem como para a produção de insumos energéticos, como os biocombustíveis, por exemplo. Estamos considerando neste estudo como uma subdivisão da contabilidade

energética, os termos: “análise de energia líquida” ou apenas “análise de energia”, eis que alguns autores da literatura especializada consultada adotam tais nomenclaturas.

Quando consumimos algo, estamos também consumindo energia. É preciso energia para fabricar, distribuir e vender todos os tipos de bens e serviços. É possível calcular a necessidade de energia em cada etapa de um processo de produção para determinar o "custo energético" total de bens e serviços específicos. Este conceito também se aplica às instalações de produção ou conservação de energia. É preciso energia para construir e operar os poços de petróleo e oleodutos, e isso está relacionado com a produção de energia. Da mesma forma, é preciso energia para a produção dos eletrodomésticos para as residências ou para a produção de equipamentos para a indústria. Os consumidores demandam energia de duas maneiras: direta e indiretamente. A energia é consumida diretamente na forma de gasolina, energia elétrica, gás natural, óleo combustível, etc. É consumida indiretamente quando utilizada em outros setores da economia para produzir outros bens e serviços adquiridos pelos consumidores. Considerando-se os desdobramentos do processo principal, percebeu-se que os consumos de energia considerados indiretos seriam até mesmo superiores aos consumos diretos. (HERENDEEN e TANAKA, 1975) (BULLARD, PENNER e PILATI, 1978)

Assim, para os propósitos deste estudo, Contabilidade Energética pode ser entendida como um conjunto de métodos e processos aplicáveis à quantificação de fluxos e estoques de energia. A contabilidade energética, expressa em unidades físicas poderá permitir a elaboração de relatórios e balanços energéticos. Em uma empresa ou uma instalação qualquer, a contabilidade energética, expressa em unidades físicas, permitirá o acompanhamento dos fluxos energéticos em um determinado processo, proporcionando assim condições para a realização de uma gestão eficiente, permitindo a sua comparação com outros valores de referência e possibilitando a promoção de sua otimização.

2.6. Histórico da Contabilidade Energética

2.6.1. O Começo

Machado (1998), já mencionara que, embora não o soubesse, Lavoisier foi também um precursor da análise energética ao afirmar: “mesmo o trabalho de um artista ou de um bombeiro podem agora ser expressos e medidos nas mesmas unidades que o trabalho de um cavalo ou um terremoto”.

Historicamente a contabilidade dos sistemas de energia está evidenciada desde o ano de 1865, em um estudo de Jevons sobre uma proposta para usar baterias elétricas carregadas por moinhos movidos à maré. (JEVONS, 1865) (DUFFY, 1983). Interessado no conceito de energia líquida, Jevons fora estimulado a publicar seu estudo. (ODUM, 1971)

A partir de 1972, argumentos sobre contabilidade energética desempenharam um papel interessante em uma discussão entre dois proeminentes ecologistas. Com o livro *The Closing Circle*, Commoner sustentou que nos 30 anos que antecederam seu estudo, as tecnologias de intenso impacto no ambiente levaram a necessidade de se desenvolver tecnologias menos destrutivas. A adoção destas tecnologias de altos impactos ecológicos foi então chamada de “falhas tecnológicas.” Commoner considerou que esse padrão de crescimento causou várias crises ecológicas. (COMMONER, 1971) (SPRENG, 1988)

Depois de analisar a situação, Commoner apresentou um conjunto de “leis ecológicas”, a primeira delas ficou conhecida como: “Não existe almoço grátis.” Ele quis dizer com isso que todas as aplicações da tecnologia têm algum impacto ecológico (talvez amplo e complexo). Por exemplo, verificou que a alta taxa de crescimento do uso do alumínio é uma “falha tecnológica” porque “o alumínio requer aproximadamente 15 vezes mais energia para sua produção que o aço.” Então, seu uso contribui (1) para a poluição atmosférica e poluição térmica associadas às plantas de geração de eletricidade, (2) à exaustão de recursos de combustíveis fósseis, e (3) a problemas de dejetos sólidos. (COMMONER, 1971) (SPRENG, 1988)

Paul Erich, conhecido autor de *The population Bomb* e John Holdren escreveram uma revisão do *The Closing Circle*. Eles sustentaram que não foram as chamadas “falhas tecnológicas” que perturbaram o equilíbrio ecológico, mas simplesmente a quantidade de atividades tecnológicas e o número de pessoas. *“Muitas das falhas tecnológicas que todos nós lamentamos não serão corrigidas*

facilmente, as alternativas também são cheias de defeitos." Ao se manifestarem sobre o produto alumínio, aqueles autores observaram também as dificuldades na adoção de alternativas (EHRLICH e HOLDREN, 1972):

"O alumínio é caro em energia, mas atender as demandas de uma melhor moradia de madeira para uma população crescente seria apenas colocar uma grande demanda sobre as florestas que já são demasiadamente exploradas". (EHRLICH e HOLDREN, 1972) (tradução livre do autor)

No segmento de transportes, o alumínio substituiu o ferro nos motores dos automóveis e o aço nas aeronaves. O alumínio tem um custo de energia aproximadamente cinco vezes maior que o aço, mas carros e aeronaves mais leves queimam menos combustível. Na indústria elétrica, o alumínio abundante está substituindo o escasso cobre como condutor de eletricidade. Isto não é nenhuma coincidência ou futilidade tecnológica, é o exemplo clássico de um tipo de situação que seria inevitável com o crescimento: uma população crescente exerce pressão em uma base de recursos finitos (EHRLICH e HOLDREN, 1972).

Tal princípio, entretanto, era de aceitação pacífica em sua época, sendo que o debate atual sugere perspectivas de melhoria no bem-estar sem a necessidade de crescimento. Para Victor (2008), a mensuração da felicidade tem confundido os economistas que foram se afastando gradualmente da quantificação da felicidade.

Quando se trata de encontrar um conceito confiável de prosperidade, há tantas razões para não igualar a prosperidade com a felicidade, assim como para não igualar a prosperidade com valores de troca. Equiparar a prosperidade com a felicidade vai contra o que significa viver bem. As pessoas podem ser infelizes por todos os tipos de razões. Algumas delas genética, mesmo quando as coisas vão bem. Igualmente, eles podem estar desnutridos, mal alojados, sem qualquer perspectiva de melhoria e ainda declarar-se (alguns podem dizer tolamente) completamente satisfeito com a sua sorte. (JACKSON, 2011)

Nos anos setenta do século passado, cientistas, engenheiros, economistas e analistas políticos começaram um novo e interessante debate: o jogo da contabilidade energética. O objetivo deste jogo era calcular a quantidade de energia gasta em todos os tipos de atividades (SPRENG, 1988). Os vencedores eram capazes de fazer afirmações tais como:

“enquanto ir de um ponto A até um ponto B de avião ou de carro, o custo da viagem equivale a um quilowatt-hora, viajando de trem, a pessoa poderia ir cinco vezes mais longe, ou se fosse de bicicleta, 30 vezes mais longe com o mesmo “custo energético” (SPRENG, 1988) (tradução livre do autor)

Os participantes do jogo podiam ainda afirmar que: *“a mesma energia é gasta cozinhando uma refeição, assando um bolo, mantendo seu quarto aquecido durante uma hora, ou jogando fora uma lata de alumínio”*. O objetivo consistia em calcular os números para chegar a conclusões. Era um jogo onde não havia nenhuma regra estabelecida, ou seja, os cálculos poderiam ser feitos de cem modos diferentes e chegar a cem resultados diferentes. Por exemplo, poderiam chegar-se à conclusão de que seria gasto cinco vezes mais energia para viajar uma mesma distância de carro ao invés de trem. Para este cálculo poderiam ter se baseado em qualquer número de ocupantes do trem, na força do veículo, e sob qualquer velocidade. O trajeto para ir e vir até a estação de trem poderia ter sido considerado ou omitido. O custo energético do uso e da construção da estrada, da fabricação do trem ou do carro, a manutenção, as instalações auxiliares e até mesmo o uso da terra (calculado como a diferença da energia que teria sido ganha se a terra fosse usada para agricultura) poderia ser contado ou omitido. E na discussão dos resultados, os méritos relativos aos dois tipos de transporte puderam ser enfatizados da forma que desejassem (SPRENG, 1988).

O desenvolvimento desta análise de energia líquida, entretanto, não despontou nos anos setenta do século passado. Seu surgimento teria sido visto como uma simples junção da engenharia com as práticas econômicas comumente usadas por mais de um século. (SPRENG, 1988)

2.6.2. Diversidade de Opiniões

Em 1974 a análise de energia líquida se tornou uma controvérsia pública quando duas histórias foram noticiadas. Na primeira, Howard Odum relatou à *Business Week* (8 de junho de 1974) ter desenvolvido uma “Nova Matemática evidenciando Custos de Energia”. Entre outros resultados, ao aplicar esta nova

matemática às operações de exploração e produção de petróleo *stripper-well*¹⁶, verificou que estas, ao invés de serem fontes de energia, seriam dissipadoras de energia. De acordo com essa análise, tais operações somente poderiam ser rentáveis quando de baixo custo, o petróleo regulamentado era usado para produzir petróleo desregulamentado. (SPRENG, 1988)

A outra história, também noticiada em 1974, que veio a fazer com que a análise de energia líquida se tornasse uma controvérsia pública, foi o estudo de Chapman e Mortimer onde afirmaram que um rápido crescimento do programa nuclear levaria a um aumento do uso de petróleo, ao invés da sua desejada substituição. (CHAPMAN e MORTIMER, 1974) (CHAPMAN, 1975) (SPRENG, 1988)

O que havia de especial nestes cálculos de energia líquida, era o nível de agregação. Durante décadas e décadas, engenheiros se ocupavam de medir o uso de energia em máquinas e equipamentos, enquanto estatísticos haviam registrado o uso da energia em nível nacional. Até 1970 o cálculo da energia adicionada, usada em uma longa cadeia de eventos, quase nunca fora concluído. O interesse do público em geral na matéria fora despertado pela percepção de que a energia era algo mais do que apenas um mero item de redução de custo. A alegação de que a contabilidade energética poderia colocar a teoria econômica em um terreno mais sólido foi ouvida com interesse, sobretudo por cientistas naturais e cientistas políticos. (SPRENG, 1988)

Com a crise do petróleo de 1973/74, a energia sofre uma substancial elevação de preços capaz de despertar o interesse público em assuntos de controle energético. Foi uma crise econômica e comercial de proporções mundiais desencadeada pelos maiores países produtores de petróleo, em geral, localizados no Oriente Médio.

¹⁶ Poço de petróleo ou gás que está próximo do fim de sua vida útil econômica. São geralmente classificados como *stripper-well* os poços que não produzem mais de 15 barris por dia, ao longo de um período de doze meses (alguns poços também produzem gás natural). São coletivamente responsáveis por uma parcela significativa da produção de petróleo nos EUA, representando mais de 16% em 2009 (EIA, 2011)

A partir da segunda metade do século XIX, o petróleo, até então sem um uso importante em qualquer setor da economia, desponta como importante produto de consumo, tornando-se a principal fonte de energia no mundo. Após a Segunda Grande Guerra os principais produtores de petróleo percebem o poder que tinham pela posse de tal riqueza. Assim, se instala em 1960, a OPEP, a Organização dos Países Exportadores de Petróleo, compostos pela Arábia Saudita, Kuwait, Irã, Iraque e Venezuela, com a finalidade de defender os seus interesses como produtores desta matéria-prima. Numa reunião da OPEP, em outubro de 1973, os países membros, detentores praticamente de toda a produção mundial, resolveram aumentar o preço de modo significativo, bem como estabelecer uma diminuição na produção. Entre os motivos que causaram tal decisão estão a composição da base da economia dos países integrantes daquela organização, o preço extremamente baixo do barril, o consumo em aumento constante em todo o mundo, e a grande dependência dos países não-produtores, que preferiam importar a explorar possíveis jazidas em seus territórios. (HAKES, 2008)



Figura 5: Reunião da OPEP. Fonte: (O GLOBO - ACERVO, 1973)

Além destas razões de natureza logística, a decisão de aumentar o preço do petróleo de maneira repentina escondia um motivo político: o rearmamento de Israel pelos Estados Unidos durante a Guerra do Yom Kippur. Israel fora atacado por uma coalizão de países árabes, liderados por Egito e Síria, mas conseguiu repelir a ofensiva com o apoio dos EUA. Cansados do constante apoio dos norte-americanos aos israelenses, os países produtores usaram o petróleo como forma de pressão para um equilíbrio maior na política das potências em relação ao Oriente Médio. Os

estragos foram enormes, causando falta do produto em várias partes do mundo. (HAKES, 2008)



Figura 6: Cartoon de Frank Miller. (1974)

A crise só terminaria cerca de um ano depois com as conversações entre Henry Kissinger e os líderes israelenses, que se retiraram de áreas ocupadas como resultado da vitória na Guerra do Yom Kippur. Tal gesto fez os países árabes suspenderem o embargo, reequilibrando o preço do produto no mundo inteiro, mas não sem antes deixar sequelas. Desde a quebra da bolsa de Nova Iorque, em 1929, o mundo não havia presenciado uma crise econômica de proporções tão drásticas. (HAKES, 2008)

Embora os diferentes analistas neste campo tenham feito diferentes abordagens, a ideia básica era que a energia era um contributo para a economia,

digno de especial atenção e estudo. Alguns analistas (como Odum, Slesser, e Hannon em seus primeiros trabalhos) chegaram ao ponto de afirmar que a energia era a melhor medida de valor. (Atkin, 1977)

Outrossim, tais alegações logo chamaram a atenção dos economistas e instigaram algumas rejeições em todos os campos. Por exemplo, Webb e Pearce rebateram as afirmações com um pronunciamento dizendo que a contabilidade energética ou a análise de energia líquida não tinham qualquer utilização além do que já era feito por algumas outras técnicas analíticas (WEBB e PEARCE, 1975). Nos anos setenta do século passado foram feitas várias tentativas para se elaborar normas de contabilidade de aceitação geral e objetivadas à energia. Em agosto de 1974, a *IFIAS - International Federation of Institutes for Advanced Study* convocou um seminário em Estocolmo, visando disciplinar o assunto. Embora uma série de normas tenha sido formulada, a questão não foi resolvida porque a diversidade de opiniões sobre o objetivo da contabilidade energética ainda persistia. O objetivo principal desse seminário internacional era estabelecer as regras básicas para o cálculo do conteúdo energético de produtos e serviços. Decidiu-se chamar essa prática de "análise de energia". Termos como orçamento energético, contabilidade energética, energia custeio, e análise de sistemas de energia foram todas consideradas e rejeitadas por várias razões. Todavia eles concordaram com a definição de "análise de energia" como "a determinação da energia sequestrada no processo de produção de um bem ou serviço no âmbito de um conjunto de convenções, ou aplicando a informação assim obtida". (ROBERTS, 1975)

Verificando algumas das recomendações finais mencionadas no relatório IFIAS de 1974, pode ser observado que com a definição da "análise de energia", existe a expressão "sequestrada" que é usada no sentido de "separada", para indicar que a energia pode estar atrelada aos bens acabados ou nos materiais do processo, além da energia utilizada para fazer o trabalho do processo. Por exemplo, os vários materiais utilizados na montagem de um automóvel podem ter se utilizado do sequestro de quantidades consideráveis de energia durante a sua fabricação, mas a energia real utilizada na montagem dos materiais para fazer o carro, ou seja, no trabalho do processo de "fabricação do automóvel", pode ter sido relativamente pequena. (ROBERTS, 1975).

Em 1978, um segundo seminário da *IFIAS* teve uma participação de igual número de analistas de energia e economistas, tendo sido ainda menos unânime sobre o que a contabilidade energética poderia e deveria fazer (IFIAS 1975, 1978).

2.6.3. Tentativas de Regramento

Várias foram as tentativas para um regramento da contabilidade energética. Historicamente, podemos verificar que a Fundação Nacional de Ciência¹⁷ (em inglês: *National Science Foundation - NSF*) dos Estados Unidos, realizou na cidade de Stanford um seminário sobre Análise de Energia Líquida (*Net Energy Analysis*) (CONNOLLY e SPRAUL, 1975). Enquanto a Agência de Pesquisa e Desenvolvimento em Energia¹⁸ (em inglês: *Energy Research and Development Administration – ERDA*) foi contratada pelo Instituto de Análise de Energia¹⁹ (em inglês: *Institute for Energy*

¹⁷ A Fundação Nacional de Ciência (em inglês: *National Science Foundation -NSF*), é uma agência federal independente criada pelo Congresso dos EUA em 1950 "para promover o progresso da ciência, avançar a saúde nacional, a prosperidade e o bem-estar; para garantir a defesa nacional ..." Com um orçamento anual de US\$ 7.5 bilhões (FY 2016), a NSF é a fonte de financiamento para aproximadamente 24% de toda a pesquisa básica federal apoiada e conduzido pelas faculdades e universidades dos EUA. Em muitas áreas, como matemática, ciência da computação e ciências sociais, a NSF é a principal fonte de apoio federal daquele país. A NSF está localizada em Arlington, no Estado da Virgínia (NSF, 2016). *Adaptado e tradução livre do autor.*

¹⁸ A Agência de Pesquisa e Desenvolvimento em Energia (em inglês: *Energy Research and Development Administration - ERDA*) foi uma organização do governo dos EUA formada a partir da cisão da Comissão de Energia Atômica (em inglês: *Atomic Energy Commission - AEC*) em 1975. A ERDA assumiu as funções da AEC não assumidas pela Comissão Reguladora Nuclear. A ERDA foi criada como parte da Lei de Reorganização da Energia, de 1974, que foi aprovada em 11 de Outubro de 1974 em consequência da crise do petróleo de 1973. Esta lei dividiu a AEC em duas novas agências: a Comissão Reguladora Nuclear para regular a indústria de energia nuclear comercial, enquanto o ERDA iria gerenciar a pesquisa de energia e desenvolvimento, as armas nucleares e programas de reatores navais. A ERDA foi ativada em 19 de janeiro de 1975. O primeiro administrador foi Robert Seamans, seguido por Robert W. Fri. Em 1977, ERDA foi incorporada pela com a Agência Federal de Energia (em inglês: *Federal Energy Administration – FEA*) para formar o Departamento de Energia dos EUA. (U. S. DEPARTMENT OF ENERGY, 1982)

¹⁹ O Instituto de Análise de Energia (em inglês: *Institute for Energy Analysis – IEA*) das Universidades Associadas Oak Ridge (em inglês: *Oak Ridge Associated University - ORAU*) foi organizado em janeiro de 1974 e se dedicou aos estudos e avaliações de várias alternativas que visavam atender aos requisitos de energia dos EUA e as implicações destas alternativas nas políticas públicas. (ORAU, 2016)

Analysis – IEA) das Universidades Associadas Oak Ridge (em inglês: *Oak Ridge Associated University - ORAU*) com o objetivo de definir os direcionamentos da análise de energia líquida dos sistemas de fornecimento de energia. (CONNOLLY e SPRAUL, 1975) (PERRY, DEVINE JR, *et al.*, 1977)

Até então, as tentativas de introduzir regras aceitáveis para os analistas de energia não foram completamente bem-sucedidas e uma atitude mais pragmática começou a prevalecer. A tarefa atribuída à contabilidade energética tornou-se mais realista, embora não tenha diminuído o interesse em uma metodologia mais adequada. Em particular, o método *input-output*, que foi concebido por Herendeen em *Oak Ridge* e foi seguido incansavelmente no grupo *Hannon* da Universidade de Illinois, se tornou um dos principais componentes da contabilidade energética. (HERENDEEN e BULLARD, 1974) (SPRENG, 1988)

Robert Hereenden está atualmente como Professor Adjunto do *GIEE - Instituto Gund de Economia Ecológica*²⁰ (em inglês: *Gund Institute for Ecological Economics*) da University of Vermont, que outrora foi dirigido por Robert Costanza. Permanecem como interesses de pesquisa de Herendeen: o consumo de energia, análise quantitativa das questões ambientais e contabilidade ambiental. Hereenden é um físico que, como mencionamos no parágrafo anterior, concebeu o método econômico *input-output* para análises que visam determinar as necessidades de recursos e outros impactos do consumo, seguindo os paralelos entre sistemas econômicos e ecológicos, bem como de análise dos distúrbios dos ecossistemas. No *Gund Institute*, Hereenden escreve sobre as barreiras contra as políticas de eficiência energética, e como superá-las. Seus projetos de hoje em dia abrangem detalhes de princípios de contabilidade energética e de energia líquida, como também de conservação de energia para a construção. Seus projetos anteriores incluíam estudos

²⁰ O Instituto Gund de Economia Ecológica (em inglês: *Gund Institute for Ecological Economics*) da University of Vermont, integra as ciências naturais e sociais para entender as interações entre as pessoas e a natureza, bem como para ajudar a construir um futuro sustentável. O Instituto Gund é um ponto de acesso para estudos transdisciplinares com base na University of Vermont, e mantém um corpo docente diversificado. Possui estudantes e colaboradores em todo o mundo onde, juntos, realizam pesquisas na interface dos sistemas ecológicos, sociais e econômicos, desenvolvem soluções criativas e práticas para os desafios ambientais locais e globais. Fornece aos futuros líderes, as ferramentas e o entendimento necessário para o alcance da transição para uma sociedade sustentável. (GIEE, 2016)

sobre "custo de vida energético", efeitos atenuantes dos impostos sobre a energia e matemática de cascatas tróficas nos ecossistemas. (GIEE, 2016)

2.6.4. O Sistema e Suas Limitações

O relatório IFIAS 1974 mostrou-se ainda especialmente útil na sua abordagem quanto aos limites do sistema e os níveis de análise, salientando que o sistema deve ser cuidadosamente definido e ter o seu limite e os seus insumos especificados. Foi relatado que o sistema pode ser definido para contabilizar a energia utilizada nas entradas de materiais, sendo que estes seriam os produtos fabricados nas fases anteriores. Assim, outra definição de limite incluiria a fase final do processo, acrescida dos processos que geram as entradas para a fase final, podendo o descarte ou reciclagem estar incluído ou não no limite. O relatório recomenda que será frequentemente apropriado o uso de métodos mais aproximados e agregados para estimar as entradas a partir dos níveis mais elevados de energia, sendo muito importante o fornecimento de informações sobre uma análise de energia, para especificar o nível e o limite do sistema, a fim de permitir comparações entre diferentes cálculos. (ROBERTS, 1975)

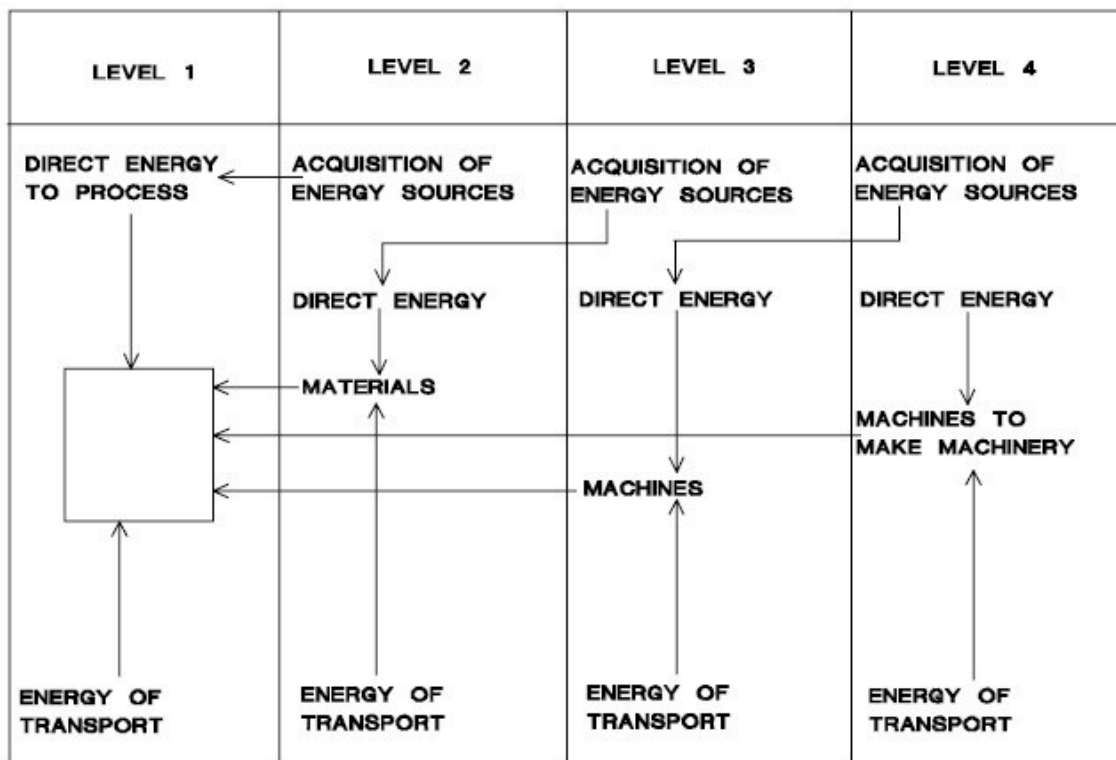


Figura 7: Scheme of energy levels. Fonte: (IFIAS 1975, p. 345)

O primeiro nível da contabilização considera apenas as entradas de energia direta para o processo, por exemplo, combustíveis fósseis e eletricidade. O segundo nível refere-se à energia para a aquisição daquela energia direta do primeiro nível, por exemplo, extração, conversão e distribuição. O terceiro nível adiciona a necessidade de energia dos bens de capital, por exemplo, máquinas, edifícios, meios de transporte. O quarto nível diz respeito às máquinas para fazer os equipamentos (bens de capital). Todos os níveis consideram ainda a energia do seu transporte. (IFIAS 1975, 1978)

No esquema do IFIAS, o segundo nível refere-se à necessidade de energia dos materiais ou de outros insumos utilizados no processo em questão. Estas entradas são produzidas em outros processos em que as contabilizações podem ser realizadas de uma maneira semelhante. Assim, o processo pode ser visto como um elo de uma cadeia de processos, que constitui o ciclo de vida de um produto. Para o IFIAS, os dois primeiros níveis já cobrem de 90 a 95% da necessidade total de energia. Depois de adicionar o terceiro nível, quase 100% da necessidade total de energia.

Para a apresentação dos resultados, o IFIAS recomenda a especificação dos limites do sistema e dos níveis de acordo com este esquema. (IFIAS 1975, 1978)

2.7. As Formas de Mensuração da Energia

No Sistema Internacional de Unidades – SI²¹, a unidade com que é medida a energia é o joule (J). O termo "joule" é devido ao cientista Inglês James Prescott Joule (1818-1889) que estudou a natureza do calor e descobriu sua relação com a energia mecânica. O SI foi criado em 1960 pela Conferência Geral de Pesos e Medidas com sede em Paris e é amplamente utilizado. No sistema métrico (antecessor do SI) a unidade base era a caloria (cal) definida como "a quantidade de calor que deve ser dada a um grama de água para aumentar sua temperatura entre 14,5 - 15,5 ° C". No sistema Inglês, a energia é medida em BTU (Unidade térmica britânica). Na vida cotidiana, podemos verificar essas equivalências. Na embalagem de muitos alimentos o valor energético é apresentado em duas Unidades: kcal e kJ. O prefixo quilo (k) é equivalente a multiplicar por 1000 e se refere à unidade. Então 1 kcal = 1000cal, ou 1 kj = 1000J.

Unidades de Energia

Unidade	Equivalente em Joule (J)
1 cal	4,18 J
1 kWh	3,6 x 10 ⁶ J
1 Tep	2,9 x 10 ¹¹ J

²¹ A comercialização de produtos e a troca de conhecimentos entre as pessoas de diferentes regiões ou de diferentes povos era dificultada pela utilização de diferentes sistemas de unidades. Na tentativa de resolver esses problemas, a Assembleia Legislativa (1791-1792), após a Revolução Francesa (1789), e o Governo da Primeira República da França (1792-1804) solicitaram a Academia Francesa de Ciência que criasse um sistema único de medidas, tendo como base uma constante natural, que pudesse ser reproduzido com exatidão em qualquer lugar e em qualquer tempo. Assim foi a origem do hoje chamado Sistema Internacional de Unidades. (ALVAREZ e ALVAREZ, 2008)

1 BTU	1055 J
Energia (SEJ)	Ver item específico sobre o tema

*Tabela 1: Quadro Unidades de Energia.
Fonte: Adaptado de Alvarez e Alvarez (2008) e Odum (1996)*

2.7.1. Unidades de Mensuração Tradicionais

Nas discussões do IFIAS de 1974 em Estocolmo, pouco tempo foi dedicado à escolha de uma unidade de mensuração de energia. Buscando o mais óbvio, recomendaram o *joule* (J) e a sua elevação à potência de dez, chegando aos *Megajoules* (MJ = 10⁶J), por exemplo, de acordo com as convenções do Sistema Internacional de Unidades (SI). Foi também recomendada a adoção de unidades métricas de massa. Assim, a energia por unidade de peso de produto foi convenientemente expressa em *Megajoules* por quilo que é o equivalente a *Gigajoules* por tonelada. O *workshop* desencorajou fortemente o uso de BTU, kWh e todas as unidades com base na composição do material e, portanto, de valor variável, como Toneladas Equivalentes de Carvão (TEC), Toneladas Equivalentes de Petróleo (TEP) ou de Barris de Óleo (BBL). Tais unidades de medidas tiveram o seu reconhecimento em razão de suas utilizações em apresentações mais popularizadas, mas foi fortemente recomendado que em caso de utilização destas unidades, os dados também deveriam ser apresentados nas unidades métricas padrão. (ROBERTS, 1975)

Para este estudo, chamaremos de unidades de medidas tradicionais, as seguintes: o Quilowatt-hora (kWh); a Tonelada Equivalente de Petróleo (TEP) e a Unidade Térmica Britânica (BTU) e outras. Consideramos como não tradicional, a *energia* (SEJ) de H.T. Odum, que veremos de forma detalhada mais à frente.

Spreng (1988), buscando tratar sobre o "quanto" de energia estaria contida nos materiais, chegara a mencionar uma publicação de Commoner (1971) denominado de *The Closing Circle*, onde dispunha de uma relação de diversos materiais com a informação da energia acumulada em cada um deles, evidenciada em BTU. Entretanto, como visto no parágrafo acima, o IFIAS de 1974 desencorajou

fortemente o uso de outras formas de mensuração que não fosse o Joule. (ROBERTS, 1975)

Estudos criticando a eficácia da contabilidade energética e da análise de energia líquida²² eram facilmente encontrados na literatura especializada, especificamente no período anterior ao desenvolvimento da *emergia* por H.T. Odum, Sienceman, Ortega e outros, que se iniciara por volta de 1983.

Leach (1975), afirmou que a análise de energia não alcança o seu objetivo de definir quais seriam os últimos limites da atividade humana. Outra questão que levantara, foi se as informações resultantes da análise, podem ou não ser úteis para a tomada de decisão. A razão teórica para questionar o conteúdo das informações resultantes dos cálculos das análises de energia líquida se referia a questões metodológicas.

A primeira de várias preocupações que teriam sido apontadas por Leach (1975) se referia à forma pela qual os insumos externos são considerados nos cálculos da análise de energia líquida. Neste caso, por exemplo, a energia usada na criação de uma cidade produziria bens e, portanto, não deveria ser considerada como um custo relativo ao fornecimento de energia.

Um segundo problema metodológico identificado por Leach (1975) e ratificado por Yokell (1976), se referia a valoração física de diferentes tipos de energia. Alguns recursos são adquiridos em razão de suas entalpias²³, por isso as suas medidas em BTU pareceriam mais relevantes, no entanto, esta medida de energia omite o fato de que um kWh de energia produzido em um lugar e em uma hora do dia não seria equivalente a outro kWh de energia produzido em outro lugar, em uma

²² A Contabilidade Energética e a Análise de Energia Líquida, estão detalhadas no item 2.5.1.

²³ Entalpia é a quantidade de energia contida em uma determinada substância que sofre reação, ela calcula o calor de um sistema, é a forma mais usada de expressar o conteúdo calorífico de um componente em uma reação química. A variação da Entalpia está na diferença entre a entalpia dos produtos e a dos reagentes, sendo assim, o calor de uma reação corresponde ao calor liberado ou absorvido em uma reação. (MOORE, 1976)

diferente (ou igual) hora do dia. Além disso, alguns recursos de energia, elétrica ou química, são adquiridos em razão de sua capacidade de realizar trabalho e, nestes casos, seria a unidade de energia livre de Gibbs²⁴ a adequada para sua mensuração, e não o BTU. Para esses autores, análises de energia têm sérios problemas de comparação, são como maçãs e laranjas. Consideram que apenas as evidenciações expressas em valores monetários seriam capazes de contornar tais problemas.

Da mesma forma, mais recentemente, Dale (2007) critica severamente a análise de energia líquida. Segundo esse autor, há mais de 25 anos, um pequeno grupo tem se valido da análise de energia líquida para afirmar que o etanol de milho tem uma energia líquida negativa. Eles argumentam que mais energia fóssil (petróleo, carvão e gás natural) é usada para produzir etanol, do que se é aproveitada quando o etanol é queimado. Para Dale (2007), a análise de energia líquida é simples e tem um grande apelo intuitivo. Afirma que também é irrelevante e enganosa, e se referindo a um artigo de Pimentel e Patzek²⁵, explica o porquê:

“O mais recente artigo a criticar o etanol de milho aponta que tem 29% negativos de energia líquida. Energia líquida é definida como o valor de aquecimento do etanol (uma quantidade fixa e conhecida) menos as entradas de energia fóssil necessárias para se produzir o etanol. Por conveniência, os críticos do etanol somam todas as entradas de energia fóssil como equivalentes: um megajoule (MJ) de carvão é igual a um MJ de petróleo é igual a um MJ de gás natural.” (DALE, 2007, p. 15) (tradução livre do autor)

Dale (2007), argumenta ainda que a premissa fundamental da energia líquida é completamente errada. Os MJ não são iguais e não podem ser adicionados desta forma. Se todos os MJ fossem iguais, os mercados de energia refletiriam esse fato. Mas isso não acontece. A preços correntes, um MJ (ou BTU) de gás natural vale cerca de 3,5 vezes um MJ de carvão; um MJ de petróleo vale mais do que cinco vezes um MJ de carvão; assim como um MJ de energia elétrica vale cerca de 12 vezes um

²⁴ A energia livre de Gibbs é simplesmente um método de medição do trabalho máximo realizado durante um processo. Essa função é uma das mais usadas na química e na bioquímica em virtude de esta acompanhar a maioria dos processos reacionais, em virtude de a energia livre ser capaz de predizer se uma reação é espontânea, isto é, caso a temperatura e a pressão sejam constantes. (MOORE, 1976)

²⁵ O artigo a que Dale se refere é: Pimentel D and Patzek TW, Ethanol production using corn, switchgrass, and wood; biodiesel production using soybean and sunflower. *Natural Resource Res* 14(1):65–76 (2005).

MJ do carvão, matéria prima frequentemente usada na geração de eletricidade. Afirma que é evidente que os MJ não são todos criados iguais.

A energia não é valorizada por si, mas por sua qualidade ou pelos serviços que fornece. Por exemplo, a energia direta do carvão não pode acender nossas casas. O carvão deve ser convertido em eletricidade em uma usina, a fim de fornecer muitos serviços de energia. Cerca de 1 MJ de energia elétrica é produzida para cada 3 MJ de carvão queimado. (DALE, 2007)

Na realidade, Dale (2007) preconiza que deveriam ser consideradas as diferentes qualidades dos diferentes transportadores de energia:

“As maçãs são boas para fazer suco de maçã; as maçãs não são boas para fazer suco de laranja. Petróleo é excepcionalmente adequado para fazer combustíveis líquidos. O carvão, o gás natural, não são tão bem adaptados para fazer combustíveis líquidos. O cálculo de energia líquida inclui carvão, petróleo e gás natural. Assim, é enganoso e irrelevante como um guia de políticas públicas.” (DALE, 2007, p. 16) (tradução livre do autor)

A premissa básica da energia líquida estaria errada. Transportadores de energia diferentes não podem ser comparados em uma mesma base porque todos MJ não seriam originariamente iguais. (DALE, 2007)

Ainda no início da década de 70 do século passado, já pesavam as opiniões de que se deveriam capturar todos os efeitos possíveis, diretos e indiretos, como já era observado por H.T. Odum (ODUM, 1973) à época (antes do desenvolvimento da unidade de *emergia*, que será tratada mais à frente neste estudo). Para Odum, isto deveria incluir:

"a energia adicional associada com padrões de vida mais elevados para os trabalhadores do petróleo no Alasca, mais bem remunerados, considerando a energia suficiente para fornecer todos os bens sociais e de infraestrutura para novos desenvolvimentos de energia e todos os subsídios ocultos realizados pelas pessoas responsáveis por alterações do ecossistema natural." (ODUM, 1973)

Em 1967, Howard T. Odum começou a usar o termo “energia incorporada” para denotar as calorias (ou Joules) de um tipo de energia necessário para produzir outro tipo de energia. Em 1983, ele e David Scienceman escolheram um novo nome, *emergia* (escrito com “*m*”). Desde então, muitos grupos científicos ao redor do mundo

passaram a usar o termo *emergia* com o significado de “memória da energia” de um certo tipo, usada para fazer outra. (SCIENCEMAN, 1987) (ODUM, 1996)

A *emergia* de H. T. Odum será tratada com mais detalhes mais adiante.

Como já mencionado, Huettner (1978), crítico da utilidade da contabilidade energética e da análise de energia líquida na década de 70 do século passado, preconizava que a valoração física da energia não contém de fato nenhuma informação útil aos tomadores de decisão. Aquele autor trouxe o debate sobre a questão de se poder melhorar a valoração dos serviços prestados pelo meio ambiente à humanidade. Huettner (1978), descreveu que alguns economistas argumentavam (segundo ele, incorretamente) que nem o valor em energia ou o valor econômico deviam ser colocados sobre os serviços da natureza, enquanto a quantidade ofertada estivesse excedendo a quantidade procurada. De outro lado, outros economistas argumentavam que os valores dos serviços ambientais podiam ser medidos, em ordem de preferência crescente, como:

- a) o valor energético dos produtos e serviços fornecidos pelo ambiente;
- b) a energia solar utilizada pelo ecossistema no fornecimento dos produtos e serviços; e
- c) a energia que seria necessária para fornecer estes serviços por meios alternativos.

Uma correta análise econômica começaria com o fato de que a procura do homem por serviços prestados pelo meio ambiente, seria crescente com o tempo e, finalmente, iria exceder a oferta da natureza. Além desse ponto no tempo, o valor desses serviços seria igual ao custo de proporcionar-lhes por meios alternativos. Chegamos no valor presente dos custos, trazendo para o presente o valor dos fluxos futuros, descontando deste, o valor dos futuros serviços ambientais. (HUETTNER, 1978)

Ainda o custo da prestação de serviços ambientais no futuro (e o *timing* de quando devem ser prestados pelo homem, ao invés da natureza) é dependente do quanto o homem protege seu meio ambiente hoje. O ecossistema poderia ser

considerado como uma máquina complicada que presta serviços a humanidade através do tempo. Mantendo essa máquina devidamente conservada no presente, a humanidade poderia evitar custos de manutenção mais elevados no futuro. Os serviços ambientais de hoje, não deveriam ser valorados a zero, simplesmente porque a oferta atual dada pela natureza excede a demanda de hoje. Ao contrário, os serviços de hoje deveriam ser valorados a zero somente se fosse a solução ideal, ou seja, minimizando o valor presente, descontando os custos do fornecimento de um fluxo de serviços ambientais através do tempo. Alguém, é claro, teria que projetar a demanda futura para o fornecimento destes serviços para obter essas estimativas de custo futuro. (HUETTNER, 1978)

Ainda de acordo com Huettner (1978), embora o argumento acima estabeleça uma lógica para a valoração dos serviços ambientais de hoje em mais do que zero (mesmo se a alimentação fornecida pela natureza excedesse a demanda atual), ele não forneceria orientações para a colocação de valores reais sobre estes serviços, dadas as dificuldades para isso. Considerando ainda as dificuldades de previsão do homem sobre as preferências de demanda e oferta de recursos para um futuro distante, aquele autor concluiu que tanto as análises econômicas quanto as análises de energia não poderiam obter respostas confiáveis. Ainda deve também ficar claro que, mesmo que houvesse previsões precisas disponíveis, para Huettner as análises de energia não forneceria as respostas que a humanidade procura.

Leach (1975) concluiu que até que se resolva uma questão, que deveria se estabelecer um limite, "a análise de energia líquida será arbitrariamente inconsistente, incerta e mostrará grandes variações".

Para Huettner (1978), alguns dos problemas de limitação poderiam ser resolvidos através da eliminação da dupla contagem implícita na abordagem que Odum já defendera desde pelo menos a década de 70 do século passado. Por exemplo, grande parte de uma infraestrutura (como escolas), para se desenvolver a energia, seria necessária mesmo supondo que as crianças exigiriam escolas em qualquer local que viessem a viver, e que as novas escolas, associadas com o desenvolvimento da energia, seriam compensadas por adiamentos da construção de escolas em outras cidades. Pode se supor, no entanto, que este limite e outros problemas seriam resolvidos, mas os cálculos resultantes seriam criticados como

irrelevantes, por duas razões. Na primeira, estes cálculos não teriam nenhum conteúdo de informações quanto aos últimos limites da atividade humana (política de longo prazo). Na segunda, tendo a política de curto prazo como o motivo de preocupação, ao invés da política de longo prazo, então tais cálculos não teriam qualquer serventia para os tomadores de decisão.

Para Young (2010), os recursos naturais compõem uma categoria de recursos classificados como ativos não produzidos, podendo ser tangíveis ou intangíveis. Tais ativos não produzidos, seriam um conjunto de recursos utilizados como insumos dentro da fronteira de produção, mas que não podem ser produzidos dentro dela. Estão nessa categoria os recursos naturais, uma vez que sua geração não é fruto de atividades produtivas.

“... quanto mais exauridas as reservas de recursos naturais (por exemplo, a exaustão das minas de um recurso mineral ou a extração de madeira em florestas nativas sem aplicação de técnicas de manejo sustentável), maior será o crescimento do produto. Mas, dessa forma, não são levadas em conta as perdas de ativos não produzidos decorrentes do processo de exaustão (a diminuição das reservas naturais dos recursos em questão, reduzindo sua disponibilidade para uso futuro). O mesmo ocorre com a perda de qualidade de recursos naturais causada pela poluição do ar e da água, ou pelo acúmulo de resíduos sólidos: os danos aos ecossistemas não são contabilizados. Além disso, os custos de mitigação decorrentes de problemas ocasionados pela degradação dos recursos naturais são vistos como acréscimos do nível de atividades, como é o caso das despesas ocasionadas para despoluir e descontaminar o meio ambiente. (YOUNG, 2010, p. 155)

2.7.2. A Emergia de H. T. Odum

Um século de esforços para usar a energia ou o trabalho na avaliação de alternativas falhou porque todos os tipos de energia foram vistos como medidas equivalentes do trabalho útil. Foram tentativas valiosas, porém prematuras que desconsideraram fatos importantes. (ORTEGA, 2002)

A metodologia *emergética* de H. T. Odum (1996), tem fundamentos na Física e na Biologia de Lotka (1922), na Teoria Geral de Sistemas de Von Bertalanffy (1968), e na Ecosistêmica de E. P. Odum (1971). Contando com mais de três décadas de existência, oferece um grande potencial de análise e, junto com outras ferramentas científicas modernas, apresenta-se como alternativa metodológica para avaliar os sistemas atuais e planejar sistemas mais sustentáveis.

A base desta metodologia está no conceito da Transformidade Solar e Emergia Solar. Por definição, a Emergia Solar, ou simplesmente “*emergia*”, é a quantidade de energia solar equivalente necessária para obter um produto ou um fluxo de energia de um dado processo. A *emergia* é uma grandeza e, assim como o volume e a massa, é dependente da dimensão do sistema. Sua unidade de medida é o joule *emergia solar (Solar Emergy Joule - sej)*. A transformidade solar, ou transformidade, define a quantidade de *emergia (sej)* necessária para a obtenção de um joule de um produto, serviço ou processo, e sua unidade é o sej/J. Para alguns tipos de produtos e serviços, o fluxo de energia pode ser facilmente transformado em unidade de massa ou volume, o que se chama de *emergia específica* e pode ser expressa na unidade sej/g ou sej/m³.

A *emergia* pode ser considerada como uma memória de energia, ou seja, como uma memória de toda a energia solar necessária para suportar um certo sistema, incluindo todas as transformações internas do sistema.

O processo de avaliação da *emergia*, todavia, tem algumas incertezas numéricas, decorrentes da possível falta de precisão em suas fontes e em suas etapas de avaliação. Existem alguns aspectos que possam limitar a precisão das informações decorrentes do cálculo da *emergia*.

De acordo com Brown e Ulgiati (1997), a *emergia*, assim como qualquer dos indicadores dela derivados, não possui a propriedade de objeto empírico, mas uma **estimativa** da energia incorporada a partir de uma coleção de dados empíricos relevantes dos sistemas subjacentes a um objeto, com regras e pressupostos teóricos e, portanto, não pode ser medida diretamente.

Para Ingwersen (2010) a *emergia* em um objeto é estimada na presença de incertezas numéricas, que surgem em todas as etapas e provenientes de todas as fontes utilizadas no seu processo de avaliação, especialmente devido a sua abrangência extensa e ambiciosa.

Na concepção de Bastianoni, Campbell e Ridolfi (2009), a síntese de *emergia* tem sido criticada, na maioria das vezes, em razão de incertezas não especificadas que resultam em cálculos vagos para os valores unitários de *emergia* ou de transformidades solares.

Entretanto, como salientam Reza, Sadiq e Hewage (2013) a incerteza e a variabilidade não estão restritas ao processo de avaliação da emergia e são componentes inevitáveis das ferramentas de contabilidade ambiental que lidam com sistemas complexos.

2.7.3. A Escolha do “Joule” ao invés da Emergia

Como vimos no item 2.7.2, a metodologia *emergética* de H. T. Odum (1996), ou seja, a “*emergia*” (quantidade de energia solar equivalente necessária para obter um produto ou um fluxo de energia de um dado processo), apesar de ter tentado superar algumas faltas de equivalência que dificultariam uma comparação quando utilizadas as unidades tradicionais de mensuração de energia, por suas incertezas numéricas, não estão ainda bem adequadas para seu uso como unidade de comparação em uma base comum. Nesse contexto, não seria a unidade de *emergia* a alternativa metodológica para os objetivos a que se propõe esta tese.

Benetto, Dujet e Rousseaux (2008), afirmam que a aplicação de ferramentas de avaliação ambiental envolve incertezas significativas em matéria de opções de dados, modelos, e escolhas de quem a está praticando. Tal questão, muitas vezes, torna um problema menos tangível, prejudicando a tomada de decisão. Por conseguinte, uma técnica confiável de modelagem de incerteza precisa ser parte integrante de qualquer ferramenta de contabilidade ambiental.

Além disso, outros autores explanam bem a inerência da incerteza aos sistemas: a compreensão humana de processos físicos no ambiente baseia-se em conceitos vagos e imprecisos do raciocínio humano (TAHERI e ZAREI, 2011). Como resultado, a incerteza é uma parte indesejável, porém inevitável, de modelos científicos e estudos relacionados com sistemas ambientais (TESFAMARIAM e SADIQ, 2006). Quanto mais complexo o sistema é, mais inexata e imprecisa será a informação gerada pelo mesmo (ROSS, 2004).

Também na tradicional contabilidade financeira, percebe-se que os diversos obstáculos que se colocam à mensuração dos gastos na área ambiental, à medida que o fato gerador destes ocorre, podem ser superados pelas inúmeras técnicas estatísticas e matemáticas ao dispor da contabilidade, pelos estudos de riscos ou mesmo com base em experiências anteriores. “*Antes computar no resultado*

valores aproximados do que omitir totalmente as despesas necessárias à sua obtenção” (RIBEIRO e MARTINS, 1993, p. 11).

Assim, verificamos durante as primeiras realizações de nosso *teste exemplificado do método desenvolvido* que apresentamos no item 4.8 desta tese, que a unidade de energia, em decorrência de suas incertezas numéricas, oriundas da possível falta de precisão em suas fontes e em suas etapas de avaliação, conforme exposto no item 2.7.2, não é adequada para ser utilizada neste novo método desenvolvido, pois seus resultados dificultam a compreensão dos seus parâmetros de comparação.

Assim, entendemos que a unidade em energia só poderá vir a ser utilizada de forma eficaz quando seu desenvolvimento trouxer maior precisão e clareza nos valores encontrados e divulgados para os insumos.

Um método para a determinação do teor de energia contido nos materiais e serviços, é o método *input / output*, que tratamos no item 2.6.3, concebido por Herendeen. Este método é utilizado considerando os números mais adequados de uma tabela de energia. As unidades de intensidade energética têm sido construídas para a economia de uma nação a partir das estatísticas econômicas da mesma.

Spreng (1988) apresenta uma tabela de autoria de Hannon, Herendeen e Blazeck (1981) que fornece uma lista de 5 setores de energia e 393 outros setores da economia dos EUA, selecionados a partir de modelos do *Bureau of Economic Analysis, U.S. Department of Commerce*. (Alguns dos 530 setores definidos pelo *Bureau of Economic Analysis* foram eliminados ou agregados com outros setores, devido a aspectos técnicos dos procedimentos de contabilidade). Nesta tabela, cinco intensidades de energia são dadas para cada setor, sendo eles: o de carvão (1), petróleo bruto e gás natural (2), produtos refinados de petróleo (3), eletricidade (4) e fornecimento de gás (5). Mais especificamente, estas intensidades de energia indicam as saídas de cada um dos cinco setores da energia induzidos em toda a economia (diretamente ou indiretamente) pela produção de um determinado produto em um setor indicado. Para os primeiros cinco setores da energia, a unidade de saída utilizada é o Btu, e as intensidades de energia são, portanto, Btu/Btu, ou, adimensional. Para os restantes 393 setores na tabela apresentada por Spreng, as unidades de saída são dadas em Btu/dólar.

Por exemplo, usando a tabela para encontrar a intensidade de energia de produtos lácteos, descobre-se que, na média, para cada dólar produzido no setor de produtos lácteos, foram os seguintes os montantes de energia adquiridas em toda a economia: 7.379 Btu de carvão, 32.544 Btu de petróleo bruto e gás natural, 20.734 Btu de produtos refinados, 4.206 Btu de energia elétrica e 12.371 Btu de gás vendido pelas concessionárias de gás. (SPRENG, 1988, p. 155)

Originariamente, a tabela apresentada por Spreng contém uma coluna final, dando o total de energia primária usada pelo setor para produzir um determinado produto. Esta coluna conta apenas a energia que entra em um setor de energia como energia primária e então é passada adiante. Se as cinco primeiras colunas da tabela original forem adicionadas, simplesmente contaria o dobro da energia que é fornecida de um setor de energia para outro, tais como o carvão vendido para usinas de eletricidade ou petróleo bruto vendidos para as refinarias. Voltando ao exemplo de laticínios, o número da última coluna da tabela original nos diz que, em média, para produzir um dólar de laticínios, utilizamos 45.155 Btu em toda a economia. (SPRENG, 1988, p. 156)

Spreng (1988) considera o uso da tabela muito prático. O método, no entanto, tem seus próprios problemas. Os números são normalmente muito defasados (leva que tempo para as estatísticas serem coletadas, verificadas e montadas para serem computadas). O problema se agrava porque o cálculo dos valores de um determinado ano utilizado para outro, implicitamente assume que a entrada de qualquer setor como uma fração de todas as entradas permanece constante. Para os setores de produção, isso é equivalente a assumir que não haveria desenvolvimento de tecnologia. Para os setores de comércio e serviços, as informações são ainda mais duvidosas. Além disso, os dados são valores médios dos setores da economia dos EUA. Assim, os usuários dessas informações estão à mercê dos métodos utilizados. (SPRENG, 1988, p. 156)

Outrossim, d'Avignon (2010) esclarece que a constante busca de novos produtos, processos e arranjos institucionais é um processo de inovação.

De forma geral, o processo de inovação pode ser considerado como a busca de novos produtos, processos e arranjos institucionais, via descobertas, experimentação, imitação e adaptação. Isto dificulta uma percepção *ex ante* dos resultados do processo de inovação. Assim, a

incerteza pode ser considerada como uma das características do processo de inovação. Uma característica importante da inovação é a confiança no progresso técnico. Se não houvesse experiências bem-sucedidas como referência para os agentes, não haveria estímulo para novas alternativas. A integração de sistemas de P&D, como institutos ou centros de pesquisa, com a indústria energética é outro elemento importante. As atividades formais de P&D estão cada vez mais integradas ao sistema produtivo como uma ferramenta para aumento da concorrência, na busca de novas oportunidades. (D'AVIGNON, 2010, p. 228)

Para os objetivos desta tese, buscamos adotar uma das tradicionais unidades de mensuração de energia, como melhor detalhado no item 2.7.1. Escolhemos a unidade “MegaJoule” por ter sido a recomendada durante o IFIAS de 1974.

Para a elaboração do nosso teste exemplificado do método desenvolvido, que apresentamos mais à frente no item 4.8, preparamos uma lista a partir da tabela de Hanon, Herendeen e Blazek apresentada por Spreng, onde convertemos os valores de sua última coluna originalmente expressa em Btu, para a unidade “J” Joule como base de valor, por esta se mostrar hoje como a mais adequada para tal finalidade. Contudo, com o futuro desenvolvimento de alternativas que possam vir com o avanço da ciência, nossa ferramenta de mensuração em nada estará prejudicada, eis que bastará substituir a sua base de valor por outra que venha ser mais adequada e, com isso, alcançar resultados ainda mais interessantes para suas finalidades.

A seguir apresentamos nossa adaptação da tabela onde convertemos os valores de energia primária originariamente apresentados em Btu para Mega Joule, na proporção de cada Btu equivale a 1.055 J:

PRODUTO	Intensidade Energética em MJ
Acessórios de madeira	32.044
Aço prod	122.089
Açúcar	74.976
Algodão	52.815
Alumínio Prim	166.902
Argila	67.731
Aromatizantes	33.023
Arroz	52.337
Asfalto	194.248
Azulejo de cerâmica	66.847
Bebidas alcoólicas	33.071
Blocos de concreto	74.245
Borracha natural	56.201
Borracha sintética	151.341
Café	15.540
Calçado de borracha	42.326
Canetas e lápis	38.620
Carne animal prod	48.858
Cartões comemorativos	30.599
Chumbo primário	137.264
Cigarros	17.320
Cimento	228.546
Cobre	74.535
Colchões	39.888
Couro misto	33.934
Drogas	37.984
Elevadores	35.339
Encanamento	64.102
Estampas de metal	55.390
Farinha de Cereais	42.841
Farinha de rosca	66.988
Farinha de soja	37.935
Ferramentas de mão	36.780
Fertilizantes	189.594
Fibras orgânicas	104.941
Fibras sintéticas	130.172
Flor artificial	40.035
Folha de metal	70.433
Formulários de negócios	41.715
Frutas	43.631
Frutas em conserva	43.235
Gelo fabricado	65.105
Gorduras animais	53.394

Grãos de alimentação	70.076
Impressão de comunicação	43.114
Impressão variada	23.997
Lã mineral	83.845
Latas de metal	71.472
Laticínios	47.639
Leite	41.120
Leite condensado	46.223
Macarrão	35.651
Manteiga	44.113
Maquinário de Fazenda	34.200
Máquinas Const	36.433
Máquinas de mineração	33.276
Meias	46.316
Metal sanitários	54.013
Minério de cobre	91.335
Minério de ferro	97.746
Minérios não ferrosos	56.152
Mobiliário doméstico	51.150
óleo vegetal	24.636
Óleos de cozinha	45.710
Outros produtos químicos	100.413
Ovos de galinha	49.867
Parafuso	46.681
Peixe	32.571
Peixe de água doce prod	45.776
Peixe enlatado	35.562
Plásticos	133.022
Pneus	59.056
Polpa de fruta congelada	46.628
Portas de metal	57.676
Produto abrasivo	58.607
Produto concreto	53.582
Produto de amianto	76.108
Produtos de carne	44.791
Produtos de cerâmica	56.332
Produtos de confeitaria	27.285
Produtos de gesso	104.753
Produtos de madeira	54.892
Produtos de pedra	41.849
Produtos de vidro	61.479
Queijo	45.992
Recipientes de madeira	34.051
Recipientes de vidro	84.914
Refrigerantes	43.404

Semente de algodão	53.466
Sorvete	40.018
Tabaco	34.562
Talheres	29.246
Tecidos	53.494
Tijolos	135.034
Tubo	39.707
Utensílios de alimentos	41.034
Vegetais variados	31.437
Zinco primário	144.790

Tabela 2: Intensidade Energética em MegaJoule.

Fonte: adaptado de (HANNON, HENDEREEN e BLAZECK, 1981) (SPRENG, 1988)

3. ABORDAGEM METODOLÓGICA E PROCEDIMENTOS PARA CONSTRUÇÃO DE UM NOVO MÉTODO

3.1. Abordagem Metodológica em Relação ao Objetivo do Estudo

Para a presente pesquisa, defende-se a utilização do método de abordagem hipotético-dedutivo e os métodos de procedimentos comparativo, monográfico e estatístico. Utilizar-se-á o método de abordagem hipotético-dedutivo por esse método partir pela percepção de uma lacuna nos conhecimentos, acerca da qual se formula hipóteses e, pelo processo de inferência dedutiva, testa a predição da ocorrência de fenômenos abrangidos pela hipótese. (MARCONI e LAKATOS, 2004)

As Figuras a seguir apresentam o método hipotético-dedutivo proposto por Marconi e Lakatos (2004), a Figura 10 e, adaptado para esse trabalho, a Figura 11.

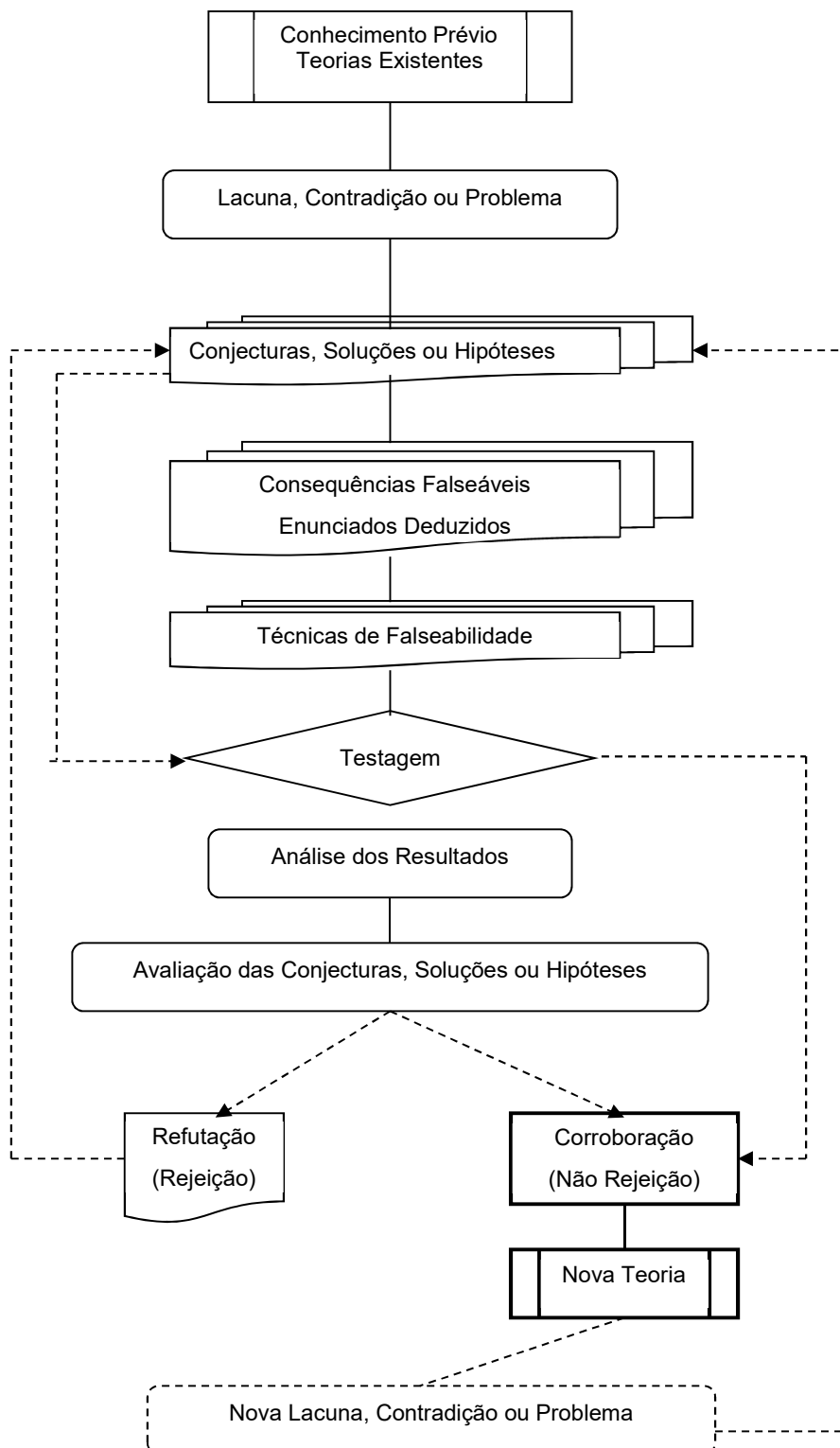


Figura 8: Esquemática completa do método hipotético-dedutivo

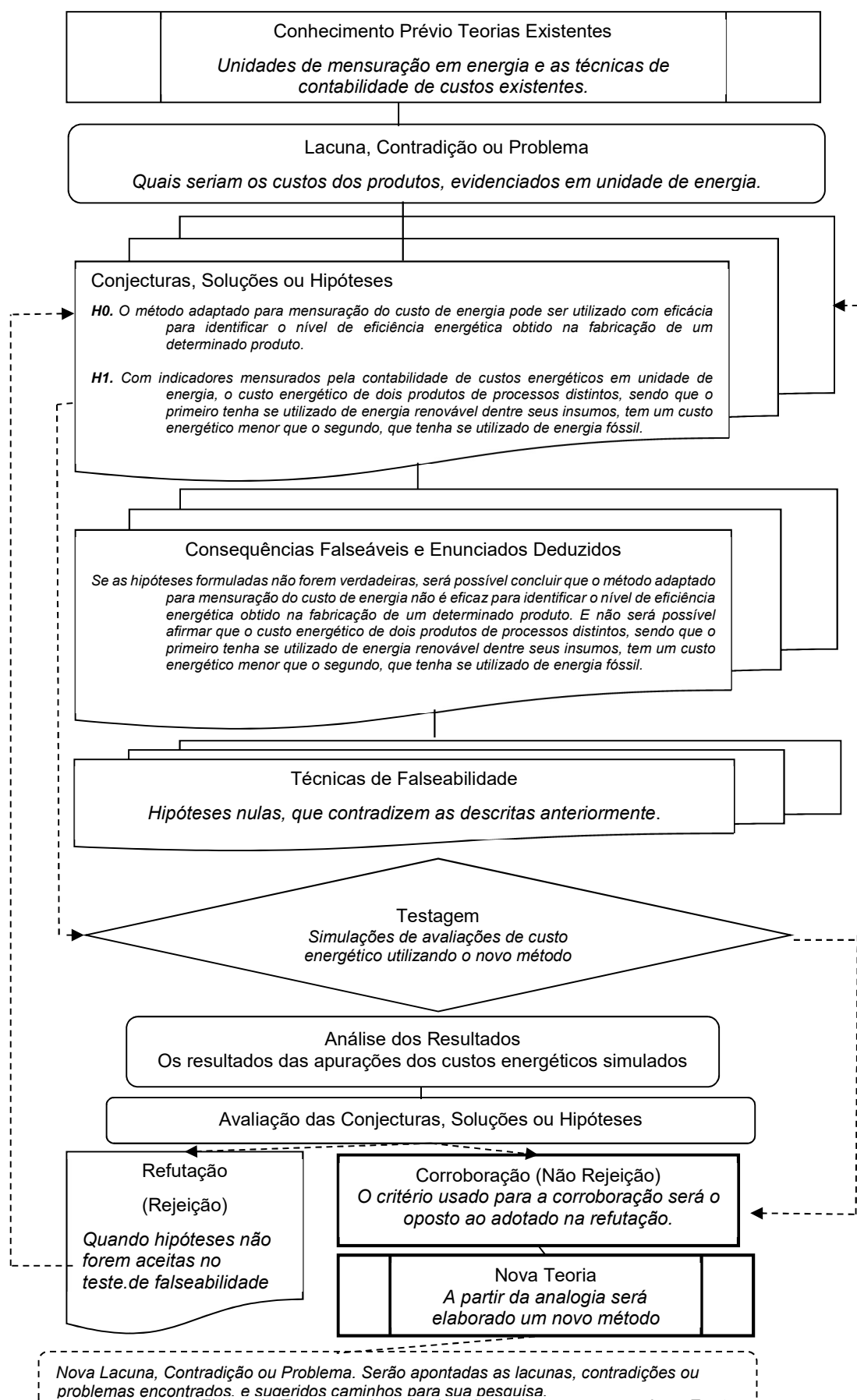


Figura 9: Esquema do método adaptado para a pesquisa. Fonte: Adaptado de Marconi e Lakatos (2004)

3.2. Formas de Abordagem

Para o alcance dos objetivos relacionados às pesquisas necessárias à concepção deste trabalho, foi adotado o método científico indutivo. Consideramos que as pesquisas são normalmente divididas em três categorias: quanto aos objetivos (exploratória, descritiva, explicativa), quanto aos procedimentos (estudo de caso, levantamento, pesquisa bibliográfica, documental, participante e experimental) e quanto à abordagem do problema (qualitativa e quantitativa). Nesse contexto, quanto às formas de abordagem, foram adotadas a Pesquisa Bibliográfica na realização das pesquisas, e a Analogia para a formulação das hipóteses.

|

3.2.1. Pesquisa Bibliográfica

Podemos classificar o presente estudo como pesquisa descritiva, quanto aos seus objetivos, uma vez que procura utilizar-se do estado da arte da contabilidade energética para o alcance de seus objetivos.

Quanto aos procedimentos, podemos classificá-lo como pesquisa bibliográfica, realizado com base em livros, artigos científicos, dissertações, teses e sítios da internet. (BEUREN, 2004, p. 83)

3.2.2. Analogia

Segundo Pereira (2007, p. 97) “metodologia significa, etimologicamente, o estudo dos caminhos”. Na pesquisa científica relaciona-se ao estudo dos procedimentos, técnicas e instrumentos usados, “que corresponde ao modo de fazê-la, de forma eficiente”.

A utilização de analogias e metáforas para a produção de conhecimento não é um assunto recente. Historicamente a abordagem de tais procedimentos é tão antiga quanto o próprio desenvolvimento da razão. (RODRIGUES, 2005)

Depois da primeira metade do século XX, muitos dos cientistas e epistemólogos, como Popper, Kuhn e Perelman, admitiram que a ciência não poderia ser justificada apenas de uma forma empírica, mas que outros métodos de avaliação

poderiam ser adotados. A partir de então, o reconhecimento de que o conhecimento científico não podia ser desvinculado da linguagem em que é apresentado foi aumentando. Se para os lógico-positivistas as analogias podiam desempenhar somente um papel heurístico na elaboração das teorias, na prática comunicativa das novas correntes científicas, as analogias e metáforas podem ser partes do discurso científico e da descoberta científica, na função heurística da elaboração de hipóteses e dos procedimentos de investigação. (CONTENÇAS, 2007)

De acordo com Samaranch (1991 apud RODRIGUES, 2007 ()), o termo “analogia” foi utilizado pela primeira vez na Grécia antiga, onde Aristóteles, mesmo com menor frequência, costumava ditar analogia como “relações em que para distintos sujeitos lhes são atribuídos distintos traços ou qualidades que se dizem pertencer a eles de uma maneira que se considera equivalente”. (RODRIGUES, 2007, p. 13)

É possível observar que, muitas vezes, as pessoas se utilizam da analogia, de forma espontânea, como um ato cognitivo. Na história da ciência pode ser verificado que as analogias foram utilizadas com bastante frequência na física, biologia e química, por exemplo.

Soares (1952 apud RODRIGUES, 2007 ()), explica que a analogia tem por finalidade fazer com que determinado assunto se torne de fácil captação. As analogias tiveram seu auge entre os anos de 300 a.C a 1600 A.d. Em relação à questão do raciocínio científico, de acordo com Soares, “a analogia representa o primeiro grau de indução” (RODRIGUES, 2007, p. 16).

A Filosofia moderna adotou a analogia para se realizar uma extensão ou uma generalização probabilística do conhecimento em passagens de asserções facilmente verificáveis para outras de difícil constatação. Esse processo cognitivo foi transportado para a ciência moderna para que os cientistas tivessem mais uma opção na elaboração de ideias e formulações de teorias. Por uma extensão de sentido e aplicação, as analogias acabaram sendo empregadas como um processo cognitivo na ciência moderna. Serve como exemplo a analogia entre o raio e a centelha elétrica formulada por Benjamim Franklin, no século XVIII. (HOUAISS e VILLAR, 2001)

Em todas as áreas são utilizados abundantemente modelos, analogias e metáforas na produção de conhecimento. Na maior parte das vezes ficam ocultas, são

imperceptíveis, disfarçadas e mesmo descartadas, não porque a nova descoberta consiga se fazer justificada exclusivamente por sua lógica conceitual interna, ou pelo fato de ter sido resultado de um processo indutivo bem estruturado – dependendo do objeto, muitas vezes a observação (no sentido lato) não é possível – mas sim pelo que Bruno Latour e Steve Woolgar (1989) chamaram de “instrumento ou dispositivo de inscrição” (em inglês: *inscription devices*). (RODRIGUES, 2007)

Na concepção de Rodrigues (2007), a utilização de analogias, metáforas e modelos para o desenvolvimento científico, indica duas vertentes, onde a primeira segue a visão aristotélica, a qual salienta que “embora as analogias sejam importantes para a formulação do conhecimento científico, não existe nada que não possa ser dito sem o auxílio delas através de formulações literárias” e a segunda que implica a utilização de analogias como fator fundamental para a produção de conhecimento científico.

Uma analogia pode ser definida como uma comparação entre dois conceitos/fenômenos/assuntos que mantém certa relação de semelhança entre ambos. Sendo assim, os elementos que constituem uma analogia são: o análogo (representa o conhecimento já similar), o alvo (representa o conhecimento menos familiar) e as relações analógicas (conjunto de relações que se estabelecem, sejam elas de semelhança ou de diferença) permitindo a compreensão/entendimento do alvo. Perelman (1987) assim explicita:

“não concederá à analogia mais do que papel heurístico, será eliminada a partir do momento em que tenha exaurido o seu papel, só permanecendo os resultados das experiências que ela pode sugerir: o seu papel será de andaimes de uma casa em construção, que são retirados quando o edifício está terminado.” (PERELMAN, 1987, p. 208)

Bordieu, Chamboredon e Passeron (1999) citando Campbell, preconizam que as analogias positivas não apenas propiciam a predição de novas descobertas, como fazem parte essencial das teorias que as sustentam. Argumentam eles:

Todos aqueles que escreveram sobre os princípios da ciência falaram da relação estreita que une a analogia às teorias ou hipóteses. Parece-me, todavia que a maior parte deles interpretou falsamente a maneira como o problema se coloca. Apresentam as analogias como ‘auxiliares’ a serviço da formação de hipóteses (termo pelo qual se acostumaram a designar o que eu prefiro chamar de teorias) e do

progresso das ciências. No entanto, em meu parecer, as analogias não são simples auxiliares para o estabelecimento das teorias, mas sim parte integrante destas que, sem elas, estariam completamente desprovidas de valor e seriam indignas desse nome. (BOURDIEU, CHAMBOREDON e PASSERON, 1999, p. 234)

Para Rodrigues (2005), no que diz respeito à problemática da gênese (contexto da descoberta) e da validade do conhecimento (contexto da justificação), o papel das analogias na produção de conhecimento, no caso das Ciências Sociais, é fundamental. A analogia como um ato cognitivo, criativo, tem possibilitado a gênese do conhecimento científico em diversas áreas.

Embora o “objeto” de estudo das ciências sociais, de um modo geral, não habite nem o microcosmo nem o macrocosmo, problemática com que a física, a química e a biologia têm de enfrentar, a dificuldade de observação, a impossibilidade de experimentação e intervenção, devidas não apenas a natureza dinâmica de seu “objeto”, mas também por fatores éticos, fazem com que as analogias, modelos e metáforas tornem-se fundamentais na construção de conhecimento científico.

Recorrendo a Glynn (1994), podemos observar que as analogias têm função explicativa e função criativa quando estimulam a solução de um problema e a geração de hipóteses.

Alguns problemas podem decorrer da utilização de forma errada, da linguagem metafórica, onde as analogias estão inseridas. Também podem ser oriundos da falta de sistematização de seu uso.

Apesar de todas as vantagens e da necessidade da linguagem metafórica, autores como Andrade, Zylbersztajn e Ferrari (2008), atentam para alguns problemas que podem derivar de sua utilização de forma errada ou pela falta de sistematização do seu uso. Estes autores constatam que foi Gaston Bachelard um dos autores que mais alertou para os perigos da má utilização de analogias e metáforas na Ciência, introduzindo a noção de obstáculo epistemológico.

Contrário ao uso da analogia na ciência, Bachelard (1996) é do entendimento que os conhecimentos subjetivos entram no conhecimento objetivo, sendo que a utilização da linguagem metafórica pode formar ou reforçar obstáculos epistemológicos. Afirma que “uma ciência que aceita imagens, é mais que qualquer outra, vítima das metáforas. Por isso, o espírito científico deve lutar sempre contra as

imagens, contra as analogias, contra as metáforas” (BACHELARD, 1996, p. 48). Saliou também que não se pode confiar com facilidade as metáforas no reino da expressão: “as metáforas seduzem a razão, tornando-se esquemas gerais” (BACHELARD, 1996, p. 97).

Observa-se ainda que Bachelard desqualifica o uso figurativo de analogias e metáforas quando as mesmas pretendem ser imagens-reflexo da realidade da investigação, isto é, quando estas pretendem se passar por cópias fiéis dessa realidade. Se a utilização científica da analogia não for efêmera, corre-se o risco de tomar os “andaimes” (analogias) pelo “vigamento” (conceitos científicos). Desta forma, entende aquele autor que as analogias poderiam atrapalhar a formulação de uma nova teoria, pois induziria o cientista a obter, no seu objeto pesquisado, as mesmas respostas obtidas por sua analogia. (BACHELARD, 1996)

Apesar do acima exposto, ancorando-nos em Andrade, Zylbersztajn e Ferrari (2008), verificamos que Bachelard não seria, de fato contra o uso de analogias:

“Bachelard não é contra toda e qualquer utilização de analogias e metáforas, mas sim, contra as que podem reforçar concepções da observação empírica, do senso comum, ou quando elas se tornam cópias fiéis da realidade, impedindo a compreensão do que se pretende ensinar, tornando-se ou reforçando obstáculos epistemológicos ou pedagógicos”. (ANDRADE, ZYLBERSZTAJN e FERRARI, 2008, p. 10)

Constatando então como adequado o uso das analogias no desenvolvimento de estudos científicos, observamos agora as particularidades de sua utilização, ancorando-nos em Perelman (1987, p. 259), as analogias “transpõem para outro domínio o que já é admitido para um domínio determinado”. O uso da analogia consiste na aproximação de dois domínios semelhantes, em que o primeiro representa o que se desejaria esclarecer, apoiado no segundo. (PERELMAN e OLBRECHTS-TYTECA, 2005)

Duit (1991), por sua vez, considera uma analogia como a comparação entre dois domínios de conhecimentos distintos e a representa através do diagrama mostrado na figura a seguir:

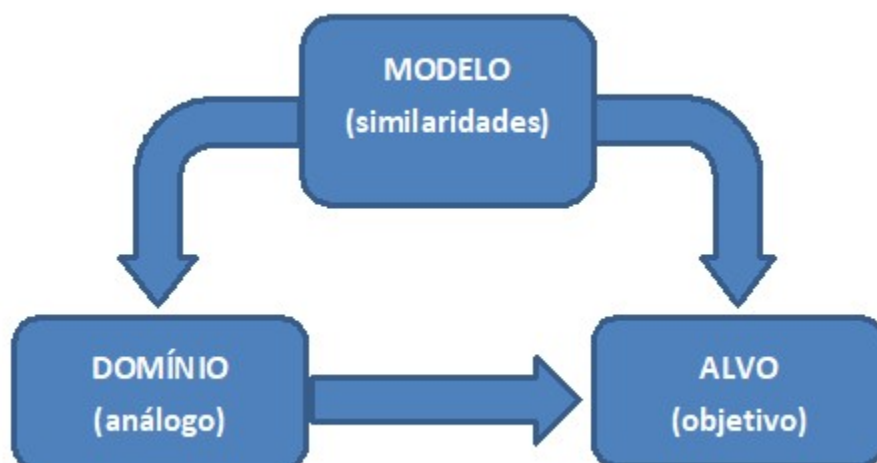


Figura 10: Diagrama de Duit. Fonte: Adaptado de Duit (1991)

Como podemos observar na figura 12, os dois conceitos são análogos, pois possuem uma similaridade em suas estruturas, sendo esta estrutura comum aos conceitos denominada de *modelo*.

Nesse contexto, o termo “modelo” é utilizado para designar as partes comuns dos conceitos comparados. Os modelos são partes de estruturas conceituais, sendo possível se fazer analogias deles. (DUIT, 1991)

A seguir, a figura 13 mostra o diagrama de Duit adaptado para esse trabalho: a comparação entre dois domínios de conhecimentos distintos, no caso a contabilidade de custos, universalmente aceita, que se expressa monetariamente, e que nesse caso é o “domínio”, tendo como “alvo” a contabilidade de custos expressa em unidade de energia, ou seja, a contabilidade de custos energéticos que é análoga à tradicional contabilidade de custos:

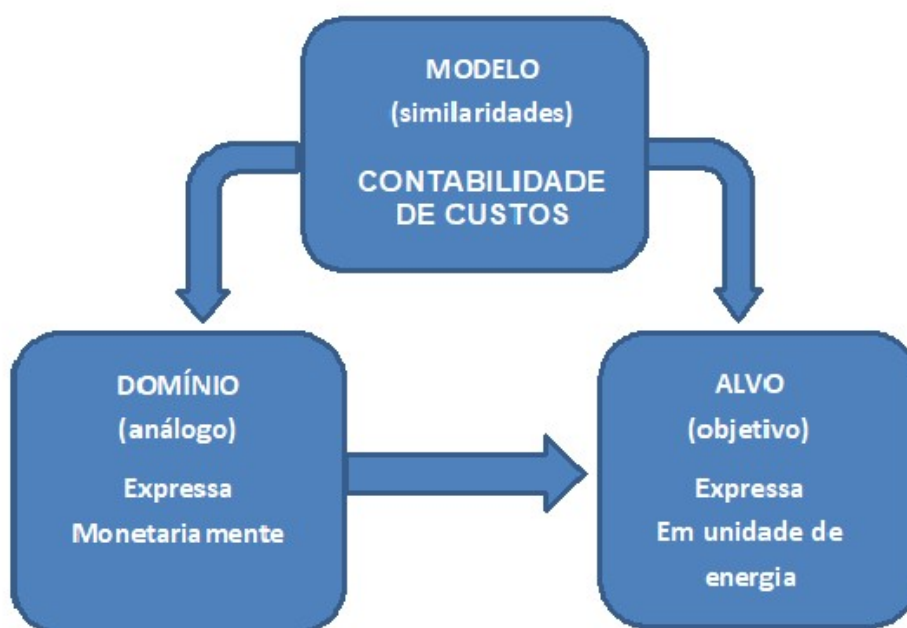


Figura 11: Diagrama Adaptado de Duit. Fonte: Adaptado de Duit (1991)

Compreendidas as formas de abordagem metodológicas, passemos no próximo capítulo a tratar, especificamente, do desenvolvimento do método proposto para mensuração do custo de energia, usando da analogia para a obtenção dos resultados esperados.

4. MÉTODO ADAPTADO PARA MENSURAÇÃO DO CUSTO DE ENERGIA: A CONTABILIDADE ENERGÉTICA

4.1. Custo Energético

O custo energético será medido através dos consumos e das distribuições. Um exemplo de distribuição é o gasto com mão-de-obra, que monetariamente se dá por meio de pagamento de salários. Este pagamento é uma distribuição de bens que se processa da empresa ao trabalhador. Essa distribuição se compara com o consumo de matéria-prima que perde efetivamente suas qualidades originais para fazer parte integrante de outro produto.

Importante observar que, tradicionalmente, ao se referir a “custo”, estaríamos nos referindo apenas ao custeamento dos produtos que servia somente às empresas industriais. Todavia, atualmente, esse ramo da Contabilidade é constituído de técnicas que podem ser aplicadas a muitas outras atividades, inclusive aos serviços públicos e ainda às empresas não-lucrativas.

O custo na Contabilidade Energética irá englobar técnicas da Contabilidade e outras técnicas extra contábeis para o registro, organização, análise e interpretação dos dados relacionados ao consumo energético na produção ou na prestação de serviços.

Conforme tratado no item 2.7.3 desta tese, escolhemos como unidade de medida energética, o Joule, que é melhor explicado no item 2.7.1. Esta escolha não significa que o método desenvolvido nesta tese esteja limitado à unidade escolhida, podendo ser ajustado para a utilização de diversas outras unidades que possam ser identificadas futuramente como uma melhor escolha, ou mesmo por mera preferência de seus usuários.

4.1.1. Conceituando o Custo Energético

A ideia básica de custo energético, é de que ele deve ser determinado, tendo em vista o uso a que se destina. A Contabilidade Energética irá apurar os custos energéticos acumulando-os e organizando-os em informações relevantes. O objetivo

principal que se pretende atingir é a obtenção de condição de comparação, visando a tomada de decisões.

Os dados de custos energéticos necessários para a determinação do montante dispendido em valores energéticos podem ser extraídos diretamente de registros efetuados para fins contábeis, adaptando-os para carregar estes valores, da mesma forma em que se tem os valores monetários. Uma ou outra compilação deverá ser feita para transformá-los em informações úteis. A acumulação dos custos energéticos por fases de fabricação, por departamentos e por produtos resultará em apropriações bastante racionais. A seguir conceituamos alguns itens para o entendimento da contabilidade do custo energético.

Produtos:

São os artigos que a empresa produz e vende, inclui-se aqui as peças e os componentes do produto que podem ser produzidos e vendidos separadamente. Para se chegar ao custo energético dos produtos, a Contabilidade Energética poderá se utilizar de diferentes sistemas de custeamento utilizados na contabilidade de custo tradicional, de acordo com o tipo de produto e o processo de fabricação. Esses sistemas, que serão melhor detalhados mais adiante, são, basicamente, o Custeamento por Ordem de Produção e o Custeamento por Processo.

Estoque:

Para as finalidades de determinação do montante da energia dispendida, a Contabilidade Energética poderá calcular os custos dos diversos estoques, da mesma forma que a contabilidade de custos tradicional, substituindo o valor monetário pelo seu valor em energia.

Entre estes estoques, podemos destacar aqueles que se referem às grandes áreas da fábrica: o almoxarifado de matérias-primas, a linha de produção e o armazém de produtos acabados. estes estoques são: o Estoque de Materiais, o Estoque de Produtos em Processo e o Estoque de Produtos Acabados.

Componentes da Empresa:

Para atender às finalidades de controle, normalmente a empresa se divide em vários setores, encarregando uma pessoa responsável para dirigir cada um deles. Tradicionalmente na contabilidade de custos monetária, a essa pessoa é delegada autoridade bastante para administrar o seu componente, e responsabilidade pelas despesas e desempenho do componente. Desta mesma forma, tal pessoa seria a responsável pela produção em valores de energia dispendida.

Serviços:

Além da venda de produtos, as empresas também podem vender serviços. Para saber quanto deve cobrar dos clientes pelos serviços, a empresa se utiliza de tal função da contabilidade de custos convencional, em termos monetários, a fim de conhecer os custos relacionados. Da mesma forma, para os fins da Contabilidade Energética, a empresa poderá conhecer o montante de energia utilizada na prestação de seus serviços.

Planos de Operações:

Na administração dos seus negócios, a empresa está constantemente tomando decisões e fazendo planos. Esses planos são como alternativas. A escolha das alternativas mais úteis à empresa é baseada, em grande parte, no custo monetário de cada uma delas. As decisões normalmente são tomadas em detrimento da alternativa que oferecer a melhor relação entre o custo monetário a ser despendido e o lucro a ser obtido. Em termos energéticos, a decisão poderá ser tomada em prol do menor consumo energético.

Atividade de Distribuição:

As atividades de distribuição constituem também objeto da Contabilidade de Custos. Há necessidade de se calcular os custos de cada uma destas atividades, não só para que se tomem decisões quanto à melhor maneira de comercializar os produtos, como, ainda, para fazer incidir corretamente sobre cada um dos produtos ou linha de produtos estes custos que também se denominam custos de não-

fabricação. Assim como os demais acima demonstrados, os custos energéticos das atividades de produção também poderão ter a sua parcela de peso nas tomadas de decisões.

4.1.2. Classificação dos Custos Energéticos

Tradicionalmente, os custos se classificam de acordo com a sua finalidade específica. Com base nesse conceito fundamental, podemos classificar os tipos de custos convencionais da seguinte forma:

- a) custos para determinação da rentabilidade e avaliação do patrimônio;
- b) custos para controle de operações;
- c) custos para tomada de decisões e planejamento.

Este último, ou seja, os custos para tomada de decisões e planejamento, em termos energéticos, são os que se adequam aos fins deste trabalho, a contabilidade dos custos energéticos para a tomada de decisões e planejamento.

4.1.3. Custos Energéticos Para Fins Comparativos

Como exemplo simplificado, em uma empresa que presta serviços, assim se apresentaria a sua composição de custos energéticos:

EMPRESA PRESTADORA DE SERVIÇO DE TRANSPORTE X				Em Joules
Demonstração de Custos Energéticos do serviço findo em 30/11				
Custos energéticos:				
<i>Descrição</i>	<i>Qtd.</i>	<i>Qtd. unitária de Joules</i>	<i>Qtd. total de Joules</i>	<i>Total</i>
Homem-hora	48	2.000.000	2.000.000	
Diesel	30	66.000	19.800.000	
Total:				21.800.000

Tabela 3: Demonstração de Custos Energéticos do Estoque em 31/12 – Prestadora de Serviços

Numa empresa comercial que compra e vende mercadorias, a demonstração dos custos energéticos poderá ser feita por meio dos estoques, acrescidos de outros custos energéticos, assim como na contabilidade de custos convencional:

EMPRESA DE COMÉRCIO DE LATICÍNIOS Y				Em Joule
Demonstração de Custos Energéticos do Estoque em 31/12				
<i>Descrição da Mercadoria: Manteiga</i>	<i>Qtd.</i>	<i>Qtd. unitária em Joules</i>	<i>Qtd. total em Joules</i>	<i>Total</i>
Estoque Inicial	150	1.300.000	195.000.000	
Compras	400	1.300.000	520.000.000	
Estoque Disponível	550	1.300.000	715.000.000	
<i>Custos energéticos de vendas:</i>				
Embalagens (plástico)	550	66.000	36.300.000	
Diesel	300	66.000	19.800.000	
Trabalho Humano:				
simples	04	400.000	1.600.000	
operador	02	1.200.000	2.400.000	
técnico	02	2.000.000	4.000.000	
superior	02	4.000.000	8.000.000	
Total:				787.000.000

Tabela 4: Demonstração de Custos Energéticos do Estoque em 31/12 – Empresa Comercial

Numa empresa industrial, que transforma o material em produto acabado e vende esse produto acabado, os custos energéticos dispendidos seriam determinados através do cálculo do custo de produção, utilizando valores energéticos no lugar de valores monetários:

EMPRESA INDUSTRIAL DE LATICÍNIOS Y				Em Joule
Demonstração de Custos Energéticos do Estoque em 31/12				
<i>Descrição do Produto:</i>	<i>Qtd.</i>	<i>Qtd. unitária em Joules</i>	<i>Qtd. Total em Joules</i>	<i>Total</i>
Manteiga				
Estoque Inicial	150	1.300.000	195.000.000	
Compras	400	1.300.000	520.000.000	
Estoque Disponível	550	1.300.000	715.000.000	
<i>Custos energéticos de vendas:</i>				
Embalagens (plástico)	550	66.000	36.300.000	
Diesel	300	66.000	19.800.000	
<i>Trabalho Humano:</i>				
simples	04	400.000	1.600.000	
operador	02	1.200.000	2.400.000	
técnico	02	2.000.000	4.000.000	
superior	02	4.000.000	8.000.000	
Total:				787.000.000

Tabela 5: Demonstração de Custos Energéticos do Estoque em 31/12 – Empresa Industrial

O Custo Energético de Produção poderá ser calculado levando-se em consideração as diversas fases por que passa a matéria-prima até ser entregue ao cliente como produto acabado.

Convencionalmente, a Contabilidade de Custos acompanha o fluxo dos materiais, segundo as contas de estoques, que representam as principais áreas da Fábrica:

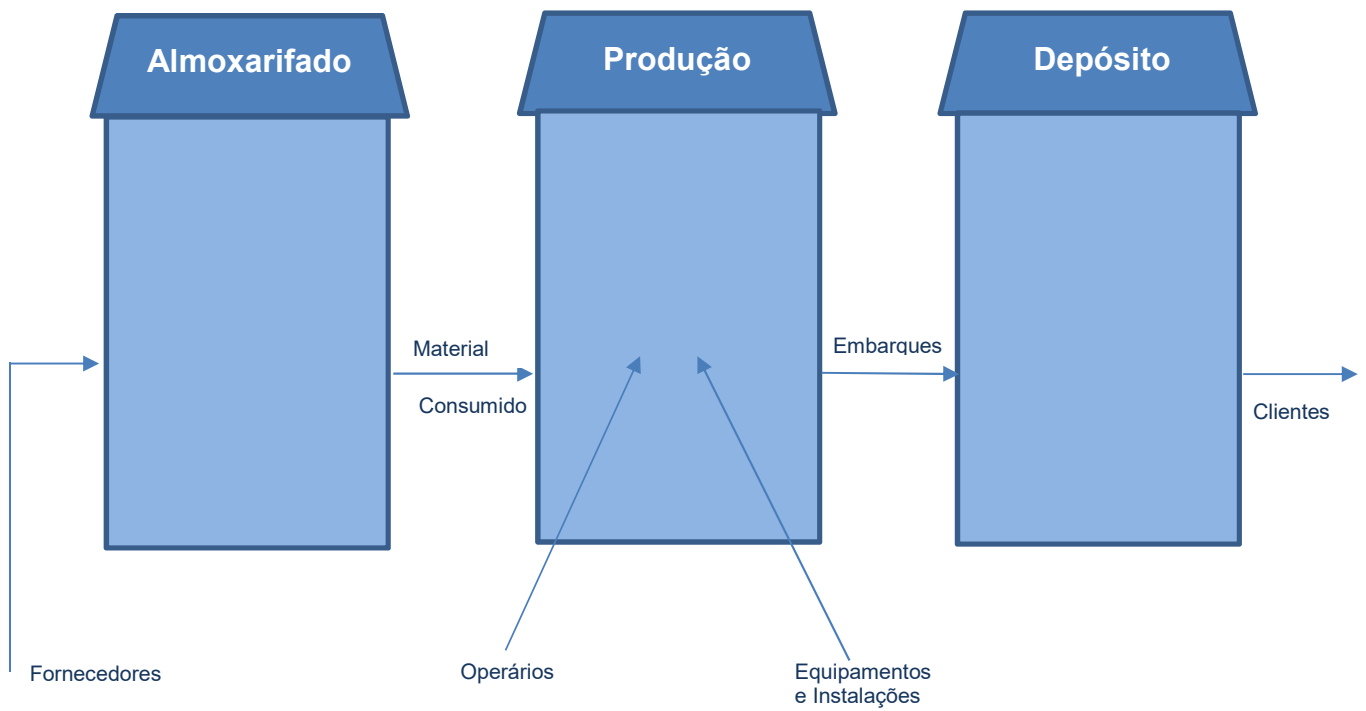
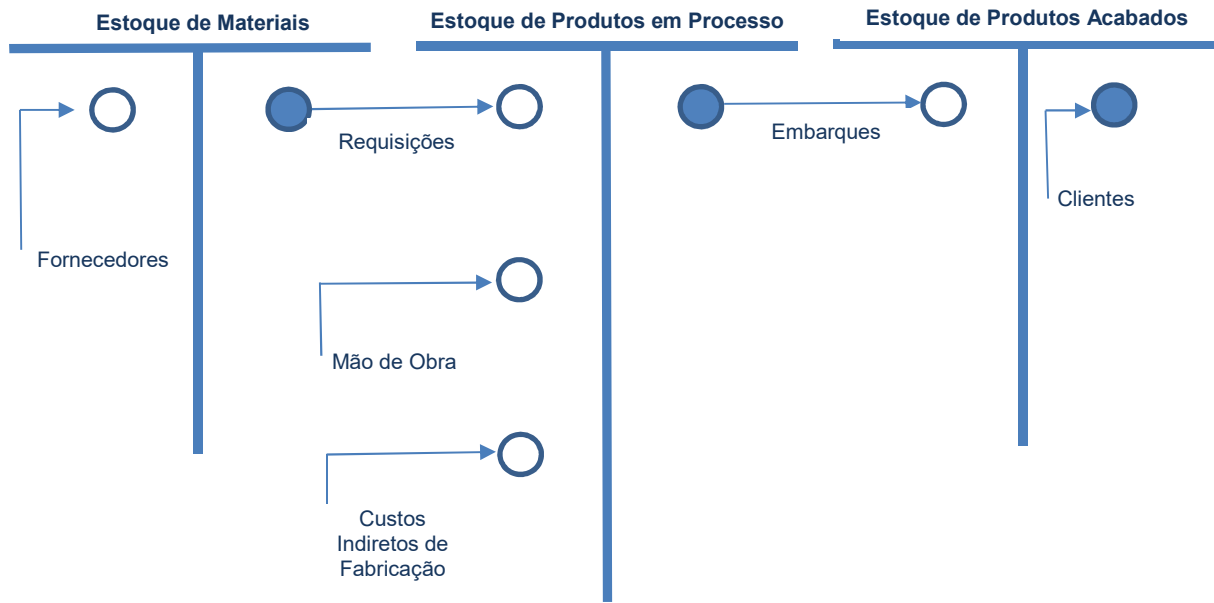


Figura 12: Fluxo dos Materiais na Contabilidade de Custos

Os custos energéticos nas diversas fases são calculados do seguinte modo:

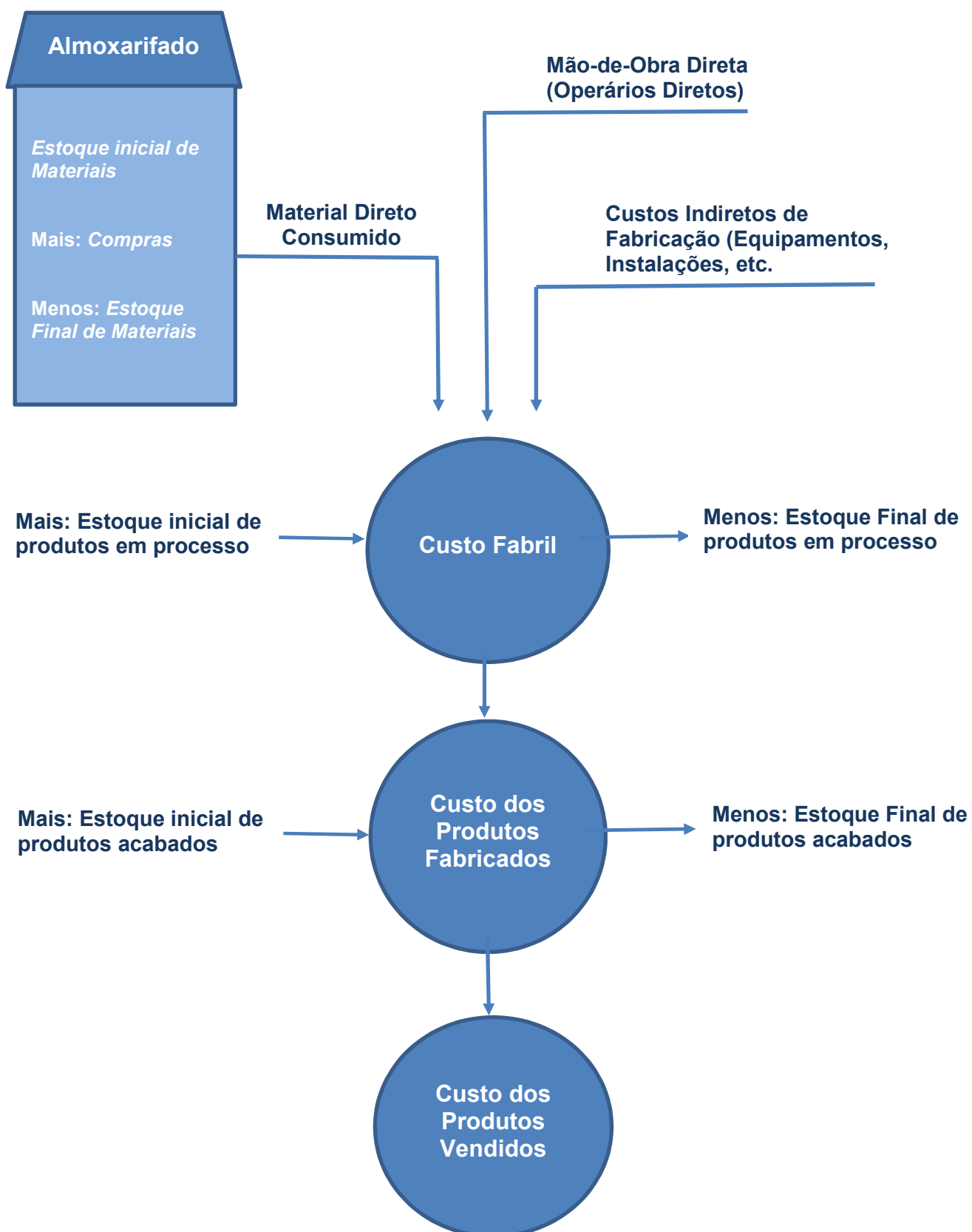


Figura 13: Fases dos Custos Energéticos

O custo energético primário ou custo energético direto, poderá ser apurado na forma da contabilidade de custos convencional, utilizando-se de unidade de energia no lugar dos seus valores monetários:

- a) Material Energético Direto (MED) — Todo o material, medido em unidade de energia, que pode ser identificado como uma unidade do produto: I) que está sendo fabricado; e II) que sai da fábrica incorporado ao produto ou utilizado como embalagem;
- b) Mão-de-Obra Direta (MOD) — Toda a mão-de-obra mensurada em joules, referente aos operários que trabalham diretamente no produto, cujo tempo pode ser identificado com a unidade que está sendo produzida;
- c) Custos Energéticos Indiretos de Fabricação (CEIF) — Todos os custos relacionados com a fabricação, medidos em unidade de energia, e que não podem ser economicamente identificados com as unidades que estão sendo produzidas. Exemplos: Uso Predial da Fábrica (como um aluguel, se em termos monetários), Materiais Indiretos, Mão-de-Obra Indireta, Depreciação etc;
- d) Custo Energético Primário ou Custo Energético Direto — É a soma do MED com a MOD;
- e) Custo Energético de Transformação ou de Conversão (CET) — Representa o esforço da empresa, expresso em unidade de energia, para transformar o material adquirido do fornecedor em produto acabado. É a soma da MOD mais as CEIF;
- f) Custo Energético Fabril (CEF) — É a soma dos três elementos do Custo. Representa a carga (ou débito que se faz à Produção) durante um determinado período, expresso em unidade de energia;
- g) Custo Energético dos Produtos (CEP) — Representa o crédito (ou descarga) feito durante um período, em unidade de energia, à conta de Produção;
- h) Custo Energético das Mercadorias Vendidas (CEMV) — Representa o custo energéticos dos produtos que foram vendidos aos clientes durante o período.

4.2. Princípios Contábeis Aplicados à Contabilidade de Custos Energéticos

Na Física e na Química, encontramos um conjunto de leis básicas, que constituem as relações constantes e necessárias entre os fenômenos.

Todavia, devemos entender o fato de que os princípios contábeis derivam da criação humana, ao contrário das leis naturais, as quais já existem e são reveladas e generalizadas pela ciência.

Os princípios contábeis, para maior compreensão, são tratados como convenções e padrões. Estão eles em constante evolução e dependem diretamente das alterações sofridas nas áreas que influenciam o objeto da ciência contábil. Por exemplo, mudanças nas práticas comerciais, modificações nos regulamentos e legislação governamentais, novas necessidades dos que se utilizam dos sumários contábeis, e ideias, que resultam do estudo e da pesquisa dos contadores, influenciam diretamente os princípios contábeis.

É condição essencial, para se elevar uma prática contábil à posição de Princípio Contábil, haver uma concordância geral sobre sua adoção, isto é, a maioria dos usuários passa a adotá-la e diminui, consideravelmente, a área de discussões em torno de sua utilidade.

Procuraremos, agora, apresentar alguns dos princípios contábeis, aplicados à Contabilidade de Custos e, por analogia, adequamos sua aplicação à Contabilidade de Custos Energéticos.

4.2.1 Princípio Contábil da Transferência de Valores

A contabilidade de custos se aproveita do princípio contábil de que um registro a débito de uma determinada conta pode ser desdobrado em diversas subcontas, ao mesmo tempo que se pode transferir metodicamente de uma conta para outra. (FLORENTINO, 1960, p. 169)

Neste sentido, decorre o fluxo dos custos através das contas de Estoques. Onde podemos observar que:

- 1) contabilmente, os materiais são transferidos de uma conta contábil “Contas a Pagar” (que representa, monetariamente, a obrigação da empresa perante os fornecedores) para a conta contábil “Almoxarifado” (que representa, em valores monetários, o material na área da fábrica responsável pela sua guarda e gestão);
- 2) os materiais são transferidos da conta “Almoxarifado” para a conta Produtos em Processo (que representa a linha de produção) através de requisições. Nesse ponto, os materiais são incorporados à produção;
- 3) as horas gastas pelos operários na produção, expressas monetariamente, são transferidas da conta “Folha de Pagamentos” para a conta “Produtos em Processo”. Nesse momento, os custos de mão-de-obra, expressos em unidade monetária, são incorporados ao custo dos produtos;
- 4) os Custos Indiretos de Fabricação (que representam a utilização das instalações fabris em unidade monetária) são transferidas para a conta Produtos em Processo;
- 5) quando os produtos são completados, todos os custos relacionados que estavam registrados na conta “Produtos em Processo” são transferidos para a conta “Produtos Acabados” (que representa o depósito responsável pela gestão dos produtos acabados);
- 6) quando os produtos são vendidos, o custo relacionado, registrado na conta “Produtos Acabados” é transferido para a conta “Custo de Vendas” (que representa o custo dos produtos que foram vendidos).

Quando a fábrica é dividida em centros de custos, passando os produtos por todos ou por alguns deles, podemos constatar que o princípio da transferência de valores também é aplicável:

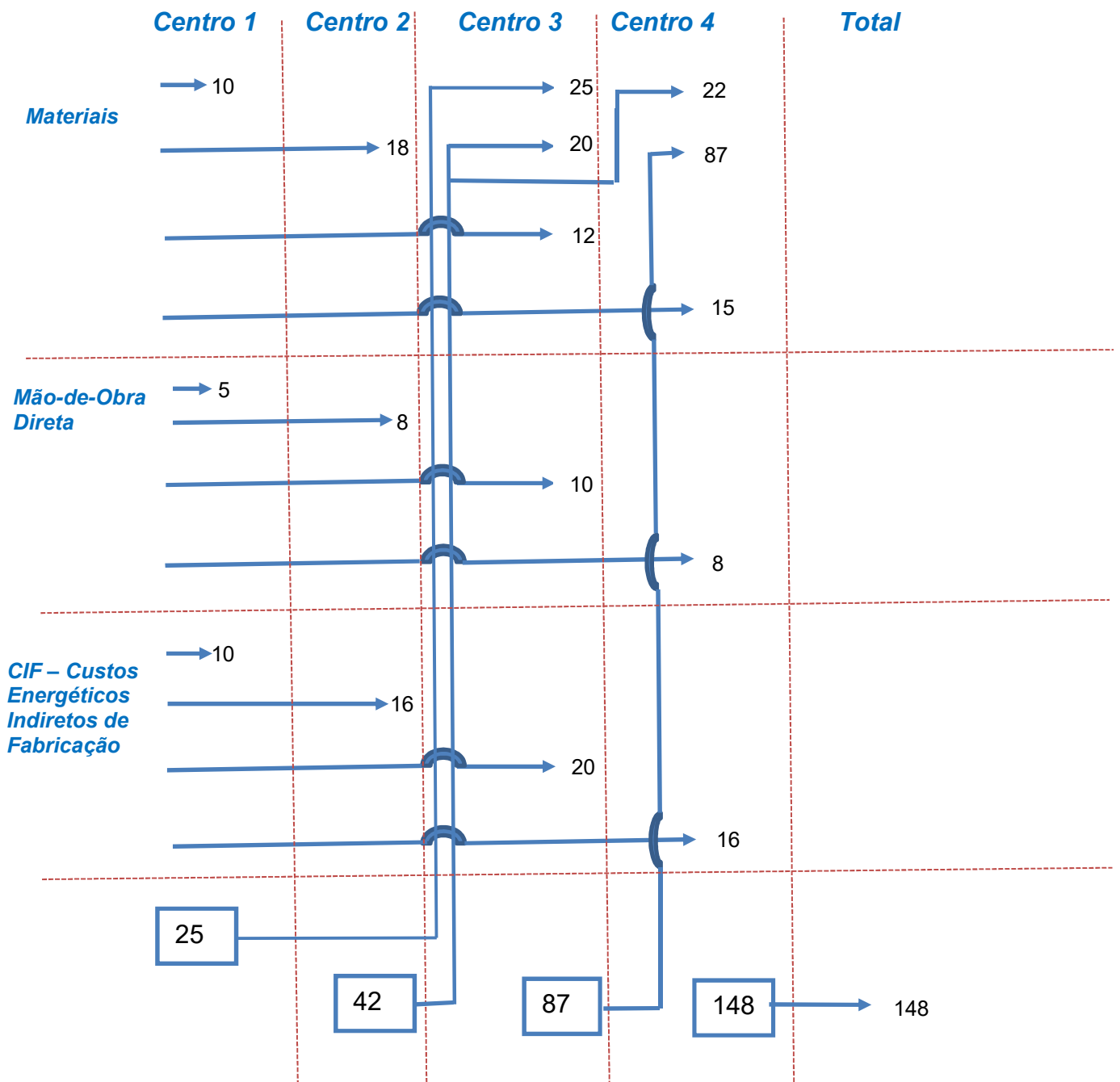


Figura 14: Transferência de valores por centro de custo

Os custos ocorridos em cada um dos centros de custos são transferidos gradativamente para outros, à medida que o processo de fabricação se desenvolve. No final, o custo energético total de 148 *Joules* será a soma do conteúdo energético de todas as parcelas originais representativas dos três elementos básicos do custo. Senão, vejamos:

<i>Materiais:</i>	$10 + 18 + 12 + 15 = 55 J$
<i>Mão-de-Obra Direta:</i>	$5 + 8 + 10 + 8 = 31 J$
<i>Custos Energéticos Indiretos:</i>	$10 + 16 + 20 + 16 = 62 J$
<i>TOTAL:</i>	$148 J$

Assim, por estes preceitos, a contabilidade de custos representada em valores monetários, ou seja, na sua forma convencional, pode ser definida como um sistema contábil de processos de transferências sistemáticas de valores para uma conta única. Essa conta é representativa do valor final da produção, de modo que nessas transferências se obtenham também resultados parciais. Tais resultados são representativos dos valores das subfases ou subunidades, componentes do processo produtivo. (FLORENTINO, 1960, p. 171)

Da mesma forma, aplicando-se a analogia, definimos a Contabilidade de Custo Energético de acordo com os preceitos acima, substituindo, porém, sua unidade representativa monetária por uma unidade de medida de energia, no caso, o Joule, conforme tratado no item 2.7.3 desta tese.

4.2.2 Princípio Contábil da Uniformidade de Critérios

Consiste na manutenção dos mesmos critérios contábeis em diversos períodos. Para que os resultados apresentados nos diversos períodos contábeis sejam comparáveis entre si, é necessário a adoção dos mesmos critérios. A alteração, por exemplo, do sistema de avaliação dos estoques finais poderá levar ao usuário da

informação a falsas conclusões, acreditando ter havido melhora nos resultados, quando, na realidade, o aumento teria decorrido da alteração no método utilizado para custear o estoque de um dos períodos. “As alterações nos lucros líquidos apresentadas em sumários sucessivos devem estar relacionadas às modificações nas condições da empresa ou à eficácia da administração e, não, às mudanças nos métodos contábeis.” (FINNEY e MILLER, 1963, p. 240)

Poderíamos elencar vários exemplos que ferem este princípio. Por exemplo, pela mudança dos métodos de depreciação, o resultado líquido poderia ser alterado substancialmente.

Independentemente de qualquer relação análoga, este princípio, originariamente apresentado para a contabilidade convencional, se aplica também à contabilidade energética.

4.2.4 Princípio Contábil da Relevância

Devemos responder a seguinte pergunta: Determinado valor poderá influenciar de forma razoável os resultados a serem obtidos ou apurados? Ao fazer esse julgamento, estaremos adotando o princípio da relevância. Por exemplo, um bem do ativo permanente é considerado como um ativo, e os gastos a ele referentes são diferidos, porque a utilização desse bem servirá a um grande número de períodos sucessivos, isto é, o consumo desse bem, pelas operações, se dará em vários processos produtivos. É lógico que o custo realizado para aquisição e instalação desse bem — de natureza mais ou menos duradoura e utilizado para atingir os objetivos da empresa e não destinado à comercialização — não deve ser atribuído apenas a um período produtivo. Isso ocorre porque os produtos fabricados com o auxílio do uso desse bem, em determinado ano, teriam seus custos demasiado altos (caso fosse considerado o seu valor integral) em relação aos produtos do ano seguinte.

Entretanto, poderíamos ter o seguinte caso: uma ferramenta de **baixo custo**, mas de vida útil bastante longa deveria ser também considerada como um ativo permanente e seu custo diferido por vários exercícios contábeis? Para responder essa pergunta, voltemos para aquela primeira “Determinado valor poderá influenciar de forma razoável os resultados a serem obtidos ou apurados?” A resposta estaria

fundamentada no princípio da relevância. O custo dessa ferramenta, mesmo que fosse atribuído a um só período, não teria grande significação em relação aos resultados obtidos.

No cálculo do custo de produção, deve ser adotado esse princípio. Quando determinamos o custo dos materiais que entram na produção de um artigo, devemos saber a quantidade e o preço certo dos materiais que compõem a quase totalidade do custo. Materiais de pequeno valor, como parafusos, cola e outros dessa natureza, por exemplo, serão incorporados ao custo total do produto como uma percentagem sobre o montante total dos materiais de alto valor.

Adotando o princípio da relevância, caso ocorra algum erro ao se estimar a importância de se considerar ou não o seu valor, esse não terá grande influência em relação ao custo total dos produtos.

Assim como afirmamos no caso anterior, o do Princípio Contábil da Uniformidade de Critérios, este princípio, originariamente apresentado para a contabilidade convencional, se aplica também à contabilidade energética, independentemente da aplicação de qualquer relação análoga.

4.2.5 Princípio Contábil da Competência de Exercícios

Durante a vida das empresas, seus resultados são apurados em “períodos contábeis”. Muitas vezes, rendas e despesas, apesar de relacionadas a um determinado período, não ocorrem, de fato, neste mesmo período. Algumas despesas ocorrem no exercício seguinte, assim como muitas receitas são obtidas num exercício, sendo que as despesas correspondentes somente serão pagas em exercícios seguintes.

As despesas e as receitas relacionadas devem estar registradas num mesmo exercício que lhes compete. A fim de adequá-las ao período que de fato as originou, alguns ajustes serão necessários. Tais ajustes, além de casar as despesas e as receitas resultantes, têm, ainda, os seguintes objetivos:

- 1) Apresentar uma situação financeira e patrimonial correta;
- 2) Apresentar um resultado mais realístico.

Esses fatos são de grande importância para a apuração dos custos. Por exemplo, se os operários são pagos aos sábados, e o dia 31 de dezembro, dia do fechamento para a apuração das operações do mês de dezembro, cai numa quarta-feira, as despesas de salários, já realizadas pela fábrica, desde o último sábado até o dia 31, não estariam ainda registradas. Se não levarmos em consideração essas despesas, o custo de produção do mês de dezembro não estaria refletindo o custo real incorrido.

Se a empresa adquirir, no mês de julho deste ano, uma apólice de seguro para cobertura de equipamento industrial, durante três anos, o custo da apólice deve ser distribuído entre os vários exercícios, cabendo ao primeiro exercício apenas a sua sexta parte. Se não agirmos desse modo, preferindo considerar como despesa do primeiro exercício todo o custo da apólice, podemos estar aumentando, demasiadamente, o custo de produção deste primeiro exercício, e impedindo que as produções dos exercícios seguintes recebam a parcela de custo que lhes competirá, já que se beneficiarão, também, daquela apólice.

Usamos a analogia e podemos aplicar este princípio também à contabilidade energética substituindo os valores expressos monetariamente por unidades de medida de energia.

4.3. Custos Energéticos Fixos e Custos Energéticos Variáveis

Os administradores precisam saber como os custos se comportam, para tomar decisões informadas a respeito dos produtos, para planejar e para avaliar desempenho. Fundamentalmente, eles precisam saber o comportamento de quatro categorias básicas de custos: fixos, variáveis, semivariáveis e em degraus. (MAHER, 1999, p. 75).

Como os custos semivariáveis e em degraus representam a ocorrência conjunta dos custos fixos e variáveis, deixamos de abordá-los mais detalhadamente por não guardarem relação direta com o que se propõe este trabalho. Passamos então a tratar mais especificamente dos custos energéticos fixos e dos custos energéticos variáveis.

4.3.1 Custos Energéticos Fixos

Custos energéticos fixos são aqueles que, expressos em unidade de energia, e dentro de determinada faixa (nível de atividade), não variam com o volume da produção. Exemplos de custos energéticos fixos: trabalho humano da administração, trabalho dos supervisores, uso de instalações (como aluguéis). Os custos energéticos fixos são variáveis por unidade. Isso porque, sendo fixos dentro de uma faixa de volume de atividade, quanto mais alta a produção, menores serão os custos energéticos fixos por unidade. O gráfico a seguir demonstra essa afirmativa.

Custos Fixos por Unidade



Figura 15: Custos Fixos por Unidade

4.3.2 Custos Energéticos Variáveis

São custos energéticos variáveis os que variam proporcionalmente com as unidades produzidas ou com o volume de atividade desenvolvido pela empresa. São exemplos de custos energéticos variáveis, sempre expressos em unidade de energia: Material Direto, Mão-de-Obra Direta, Energia Elétrica, Combustíveis. Os custos energéticos variáveis são fixos por unidade de produção, sendo variáveis de acordo

com a produção. Quando a produção aumenta, produz um aumento proporcional nos custos energéticos variáveis unitários. O gráfico abaixo demonstra essa assertiva:

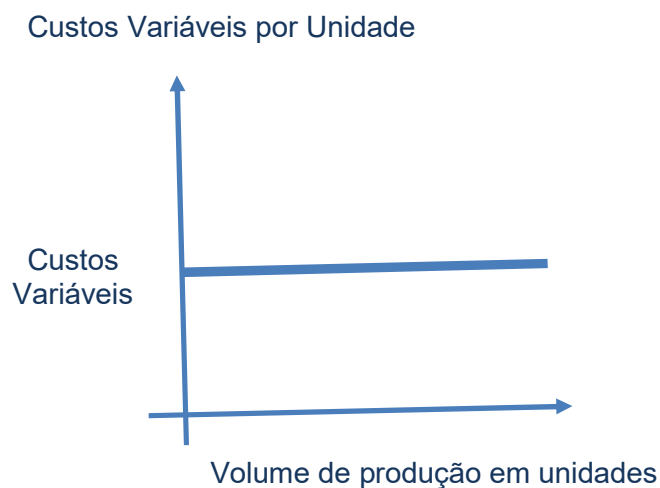


Figura 16: Custos Variáveis por Unidade

4.4. Materiais Diretos

O gráfico a seguir pretende situar, nas operações normais de uma empresa industrial, o objetivo de nosso trabalho, sempre expresso em unidade de energia.

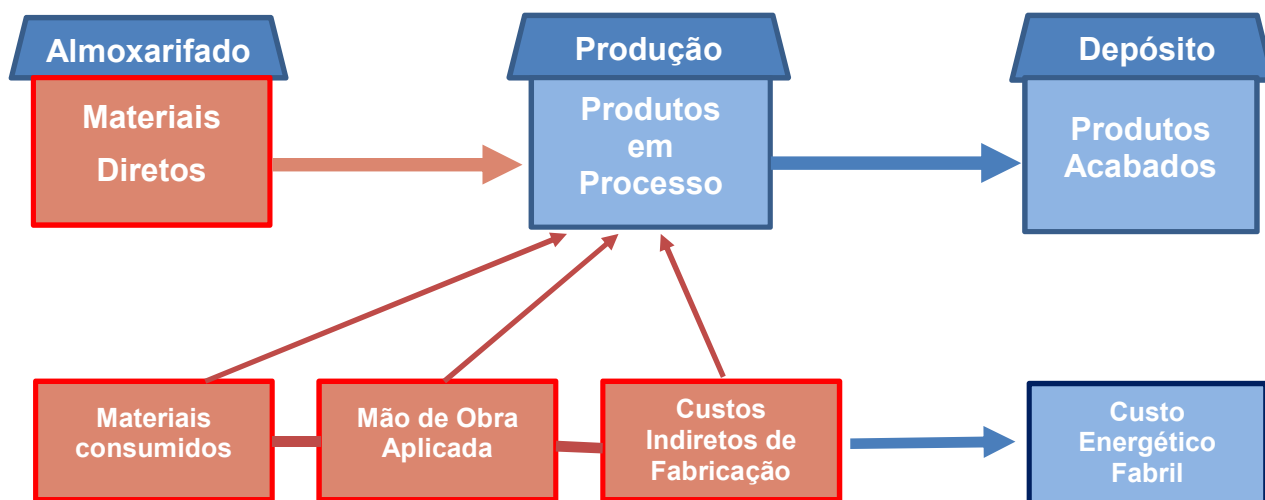


Figura 17: Custo Energético Fabril

A soma das parcelas dos fatores de produção, que são debitados à Conta de Produção, expressa em unidade de energia, será igual ao Custo Energético Fabril.

Os custos energéticos das diversas fases podem ser determinados pelas fórmulas que se utilizam dos valores, expressos em unidade de energia, dos estoques inicial e final. Esse processo é chamado método do inventário periódico e o utilizamos para os objetivos desta tese.

4.4.1 Inventário Periódico

O método do inventário periódico não requer a manutenção de um registro contínuo dos estoques. Em lugar desse registro corrente, os custos são registrados em contas específicas e em unidades de energia, segundo a natureza da transação: Compras, Fretes de Compras, Devolução de Compras. Os custos energéticos dos materiais consumidos são calculados no final do período contábil, quando se levantam os estoques físicos expressos em unidade de energia. As fórmulas básicas para determinação do custo estão demonstradas a seguir, onde:

$$\text{Estoque Inicial de Materiais} + \text{Compras de Materiais} - \text{Estoque Final de Materiais} = \text{Materiais Consumidos}$$

$$\text{Estoque Inicial de Produtos em Processo} + \text{Custo Energético Fabril} - \text{Estoque Final de Produtos em Processo} = \text{Custo Energético das Mercadorias Fabricadas}$$

E ainda

Estoque Inicial de Produtos Acabados + Custo Energéticos dos Produtos – Estoque de Produtos Acabados = Custo Energético das Produtos Vendidos

Denomina-se esse método de *periódico*, porque é necessário o levantamento físico dos estoques, no final de cada período contábil e expressos em unidade de energia, quando se deseja determinar o custo energético do período.

No método do inventário periódico são geralmente utilizadas as contas *Compras*, *Vendas* e *Estoque de Produtos Acabados*.

Adotando-se este procedimento, todas as compras são debitadas à conta *Compras*, expressas em unidades de energia da aquisição; todas as vendas são registradas a crédito da conta *Vendas*, expressos em unidade de energia no momento da venda. O valor registrado a débito da conta *Estoque de Produtos Acabados* é o valor do estoque inicial do período em estudo, expresso em unidade de energia. Esse valor será ajustado no fim do período, por meio de um lançamento contra a conta *Resultado do Período*.

4.5. Custos Energéticos de Transformação

Conceituamos o Custo Energético de Transformação como a soma, em unidade de medida de energia, da mão-de-obra (direta e indireta) com os gastos gerais de fabricação medidos em energia (diretos e indiretos), aplicados na transformação dos materiais em produtos.

4.5.1. Mão-de-obra

A mão-de-obra, em sua forma convencional, expressa monetariamente pelos valores dos salários e outros encargos do pessoal, constitui um dos custos mais importantes para determinadas empresas, exigindo controle apurado e análise constante. Ela envolve apenas a força de trabalho que, direta ou indiretamente, ajuda a produção de uma mercadoria ou de um serviço. O pessoal que não está relacionado com as operações não é considerado como mão-de-obra.

Na contabilidade energética, os gastos com mão de obra não terão os mesmos impactos como aqueles causados nos resultados apurados pela contabilidade financeira. Isso decorre da pouca relevância em se atribuir como custo

energético a quantidade de calorias necessárias para o consumo humano, em relação à produção industrial, por exemplo.

Na contabilidade financeira, quando o tempo de trabalho do operário pode ser identificado com o produto, lote de produtos, processo fabril ou centro de custos, o salário correspondente é considerado como mão-de-obra direta. Para efeitos práticos, então, considera-se como mão-de-obra direta ou simplesmente MOD, o salário do operário cuja ocupação estiver diretamente relacionada ao produto que está sendo fabricado.

Nesse contexto, para fins de apuração do custo energético, utilizaremos de forma semelhante ao acima exposto, considerando a unidade homem-hora para estabelecer a quantidade de calorias consumidas, de forma padrão, para compor o valor energético da Mão de obra, que será integrada ao custo energético dos produtos.

A Mão-de-obra indireta, ou seja, aquela onde são considerados os demais operários e os empregados do departamento fabril, que embora imprescindíveis à tarefa de produzir, não se encontram diretamente identificados com um determinado produto ou centro de custos, também poderão integrar o custo energético dos produtos utilizando-se dos mesmos procedimentos da contabilidade de custos convencional. Classificam-se como MOI o que for dispendido, em unidades de homem-hora, relativas aos supervisores da fábrica, dos mestres, do pessoal de manutenção, de limpeza e o pessoal que controla os estoques de materiais, por exemplo.

A mão-de-obra direta é teoricamente considerada como um custo variável. Todavia, isso somente se verifica quando os operários recebem por unidade produzida. Uma vez que a força de trabalho é difícil de ser reduzida ou aumentada como decorrência de reduções ou aumentos ligeiros na produção, o custo de mão-de-obra direta permanece sempre o mesmo, salvo quando houver alterações drásticas ou prolongadas no ritmo de funcionamento da atividade fabril. Mesmo assim, o custo será considerado fixo, embora variando por degraus.

O documento básico de controle da mão-de-obra direta é o cartão de ponto ou o registro de tempo. Quando a fábrica está departamentalizada em centros de custos, os operários e empregados lotados em cada um dos centros recebem uma

identificação que permite à contabilidade fazer o registro pormenorizado dos custos de mão-de-obra.

A administração está interessada, normalmente, na proporção entre o custo da mão-de-obra direta e o custo de fabricação e nas variações dessa proporção no tempo e no espaço.

A gerência procura sempre analisar a mão-de-obra direta por departamento, por linha de produto, por serviço ou por processo.

Os dados quantitativos de mão-de-obra direta constituem um dos elementos básicos para a análise e apropriação dos custos indiretos de fabricação. As horas de mão-de-obra direta formam a base de volume selecionada para atender àquelas finalidades.

Para fins de exemplificação e aplicação no nosso teste exemplificado do Método Desenvolvido, apresentamos a seguir uma tabela básica demonstrando o número de calorias consumidas no trabalho humano em diversas profissões. Tais valores, originalmente apresentados em unidades de Calorias²⁶, estão convertidos para a unidade Joules, utilizando das unidades já apresentadas no item 2.7. Tal conversão tem como objetivo a adoção da mesma unidade de mensuração utilizada para a mensuração do valor energético dos demais insumos que serão apresentados.

²⁶ 1 Caloria = 4,18 Joules

Tabela de Profissões e Calorias por Hora

Profissões	Homem		Mulher	
	em Calorias	em Joules	em Calorias	em Joules
Ator de teatro ou trab. de bastidores	273	1.141	227	949
Bombeiro	819	3.423	682	2.851
Cabeleireiro	185	773	160	669
Camionista	210	878	180	752
Canalizador	273	1.141	227	949
Cobertura de telhados	549	2.295	454	1.898
Colocador de telhas e pisos	346	1.446	288	1.204
Construtor civil	364	1.522	303	1.267
Costureiro, costura à mão	185	773	160	669
Cuidador de idosos incapacitados	364	1.522	303	1.267
Encadernador de livros	240	1.003	205	857
Engenharia mecânica ou elétrica	185	773	160	669
Entregador de correio a pé	240	1.003	205	857
Fazendeiro, arrumação e limp.de celeiro	710	2.968	591	2.470
Fazendeiro, limpeza de estábulos	210	878	180	752
Gerente de propriedades	185	773	160	669
Hospedeiro aéreo	273	1.141	227	949
Impressão, indústria do papel	210	878	180	752
Jardineiro, cortador de relva	364	1.522	303	1.267
Limpador de sanitas e lavatórios	240	1.003	205	857
Massagista	364	1.522	303	1.267
Mergulhador livre	1092	4.565	909	3.800
Mineiro de carvão, escavação	573	2.395	477	1.994
Operador de empilhadora ou guindaste	195	815	225	941
Padeiro	210	878	180	752
Pescador comercial	318	1.329	265	1.108
Pescador de caranguejo	404	1.689	341	1.425
Pintor de casas e móveis	300	1.254	249	1.041
Polícia, patrulha automóvel	135	564	115	481
Recolhedor de lixo	364	1.522	303	1.267
Sapateiro, reparação de sapatos	210	878	180	752
Serralheiro, chaveiro	273	1.141	227	949
Siderurgia, metalurgia do aço	755	3.156	629	2.629
Silvicultura, corte de árvores	728	3.043	606	2.533
Trabalho de escritório, tarefas sentadas	155	648	135	564

Tabela 6: Tabela de Profissões e Calorias por Hora. Fonte: adaptado de (ECONOMIAS, 2016)

Escapa aos objetivos desta tese fazer a análise exaustiva dos aspectos relacionados a mão-de-obra. Tratamos esse fator de produção apenas nas suas relações com a determinação do custo de produção por meio de uma classificação adequada, da sua distribuição e do seu apontamento.

4.5.2. Custos Indiretos de Fabricação (Energia Incorporada)

Para atender ao que propomos nesta tese, iremos nos dedicar a abordagem dos custos indiretos relacionados com uma empresa industrial, onde o problema, além de mais típico, costuma ser mais complexo.

Uma empresa industrial padrão tem as seguintes funções básicas: Engenharia, Fabricação, Comercial, Financeira e Relações Industriais.

Consideraremos custos indiretos apenas os custos identificados com a função de Fabricação. Esses custos serão incorporados aos produtos até o nível do custo dos produtos fabricados, que se refere ao custo dos produtos saídos, durante um certo período, da linha de produção e que são entregues ao depósito ou armazém de produtos acabados.

Além do trabalho do operário, a empresa necessita de organização e instalações fabris, para a transformação dos materiais em produto acabado. A organização, as diversas instalações, representando a capacidade fabril, que são convencionalmente expressas em unidades monetárias pelos Custos Indiretos de Fabricação, seguirão este mesmo princípio para a apuração do custo energético.

O gráfico a seguir explica melhor o conceito da função de fabricação.

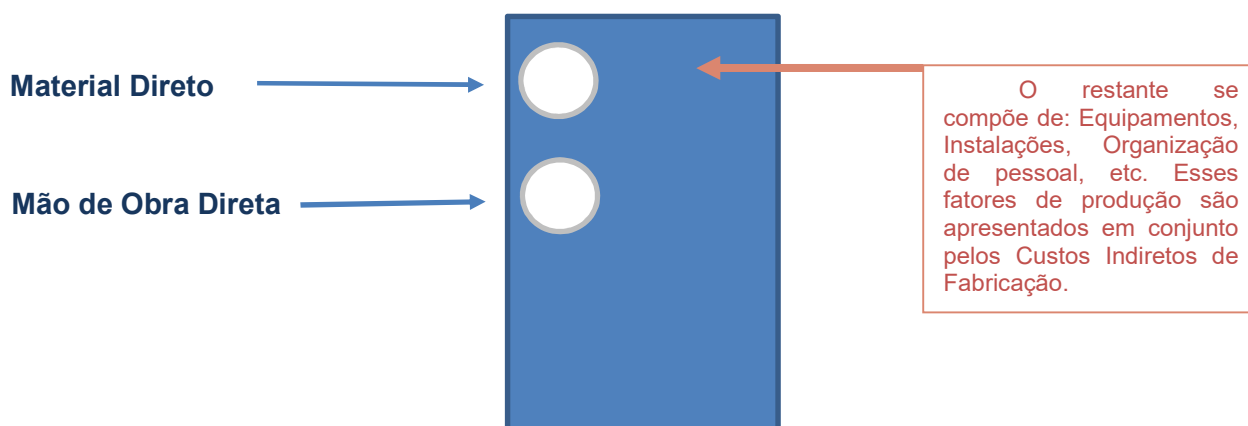


Figura 18: Função de fabricação

Desconsiderando então os *Materiais Diretos* e a *Mão-de-Obra Direta*, os *Custos Indiretos de Fabricação* compreendem todos os custos relacionados com a capacidade fabril e que não podem ser economicamente aplicados diretamente a cada produto ou centro de custos.

Numa empresa que produz um único artigo, esses custos serão definidos como diretos porque podem ser aplicados diretamente à produção. Para diferenciá-los do *Material Direto* e da *Mão-de-Obra Direta*, é comum que sejam denominados de *Gastos Gerais* ou *Despesas Gerais*.

Desde que a empresa comece a produzir mais de um artigo, então esses *Gastos Gerais* passarão a ser considerados custos indiretos, porque não mais poderão ser facilmente identificados com qualquer um dos produtos.

Na contabilidade de custos convencional, expressa em valores monetários, o controle dos custos indiretos de fabricação é o maior desafio para o administrador. Em primeiro lugar, porque com o desenvolvimento tecnológico, o valor dos gastos indiretos contribui consideravelmente para o total do custo dos produtos fabricados. Além disso, os itens que integram esses custos não se comportam igualmente em relação à atividade fabril. Os gastos são tão numerosos e diversos que o controle de sua execução é exercido por várias pessoas na organização.

Podemos observar que não estão considerados os custos das outras funções na empresa no custo dos produtos. Tais custos também são indiretos. São tão necessárias à empresa no cumprimento de seus objetivos quanto os custos da função fabril. Até a fase de determinação dos custos dos produtos fabricados, apenas consideramos os custos relacionados com a fabricação porque os demais se referem a outras atividades. Entretanto, é normalmente reconhecido que, para a determinação do custo total, todos eles deveriam ser considerados. A apropriação dos custos dessas outras funções é bastante complexa, sendo até objeto de obras e estudos específicos. Esses custos compõem o que é denominado de custos não-fabris.

Existem alguns processos que auxiliam na apropriação mais exata dos custos indiretos de fabricação aos produtos. Um deles é a departamentalização das operações; outro é a separação dos custos indiretos de acordo com o seu comportamento em relação ao volume de produção.

Os Custos Indiretos de Fabricação integram uma variedade enorme de itens. Os conceitos de extensão e compreensão das contas, neste ponto, têm relevância. A Contabilidade de Custos acumula, numa conta Geral denominada *Custos Indiretos de Fabricação*, todos os custos indiretos. Nesse caso, embora a extensão seja grande, a compreensão é pequena. Quanto maior a extensão da conta, menor a sua compreensão. Por isso, para as finalidades de maior controle, os custos indiretos de fabricação admitem subdivisões acentuadas. Essas subdivisões formam o Razão Analítico ou Subsidiário da conta geral de CIF. A relação a seguir, não contém todos os itens dos custos indiretos de fabricação, mas é uma tentativa de apresentar os mais frequentes e importantes.

<i>Seguros</i>	<i>Materiais Indiretos</i>
<i>Férias</i>	<i>Mão-de-Obra Indireta</i>
<i>Energia</i>	<i>Percentagem do serviço extra</i>
<i>Taxas</i>	<i>Tempo improdutivo</i>
<i>Despesas da Seção de Compras</i>	<i>Manutenção</i>
<i>Despesas do Almoxarifado</i>	<i>Reparos</i>
<i>Estragos e Perdas</i>	<i>Depreciação</i>
<i>Aluguel</i>	<i>Impostos</i>

Os conceitos de extensão e compreensão têm relação com os títulos das contas e seus desdobramentos. Se um título de uma conta for muito genérico, por exemplo, *Produtos em Elaboração*, dar-se-á o caso de um grau muito grande quanto à extensão, mas a compreensão da conta ficará muito reduzida. Será necessária uma análise maior dos registros para se conhecer que transações foram realizadas. Ao passo que se usarmos, por exemplo, as seguintes contas: *Produtos em Elaboração — Materiais*, *Produtos em Processo — Mão-de-Obra* e *Produtos em Processo — Custos Indiretos de Fabricação*, estaremos reduzindo a extensão das contas, mas ao mesmo tempo aumentando o grau de compreensão em cada uma delas.

4.6. Departamentalização dos Custos Energéticos

Dividindo a fábrica em departamentos, a administração pode atingir dois objetivos:

a) Obter uma apropriação mais exata dos custos indiretos à produção. A departamentalização vai diminuir o montante dos custos indiretos, tornando diretos certos custos em relação aos departamentos.

b) Obter maior controle sobre os custos e sobre as operações. Pela identificação dos custos a cada departamento, pode o administrador responsabilizar seu gerente pelas despesas que esse realizar.

4.6.1 Custos Energéticos Diretos

São custos diretos, aqueles que podem ser identificados com o departamento ou com o produto. A departamentalização, como visto acima, diminui o montante dos custos indiretos. O gráfico adiante mostra a mesma fábrica em dois momentos.

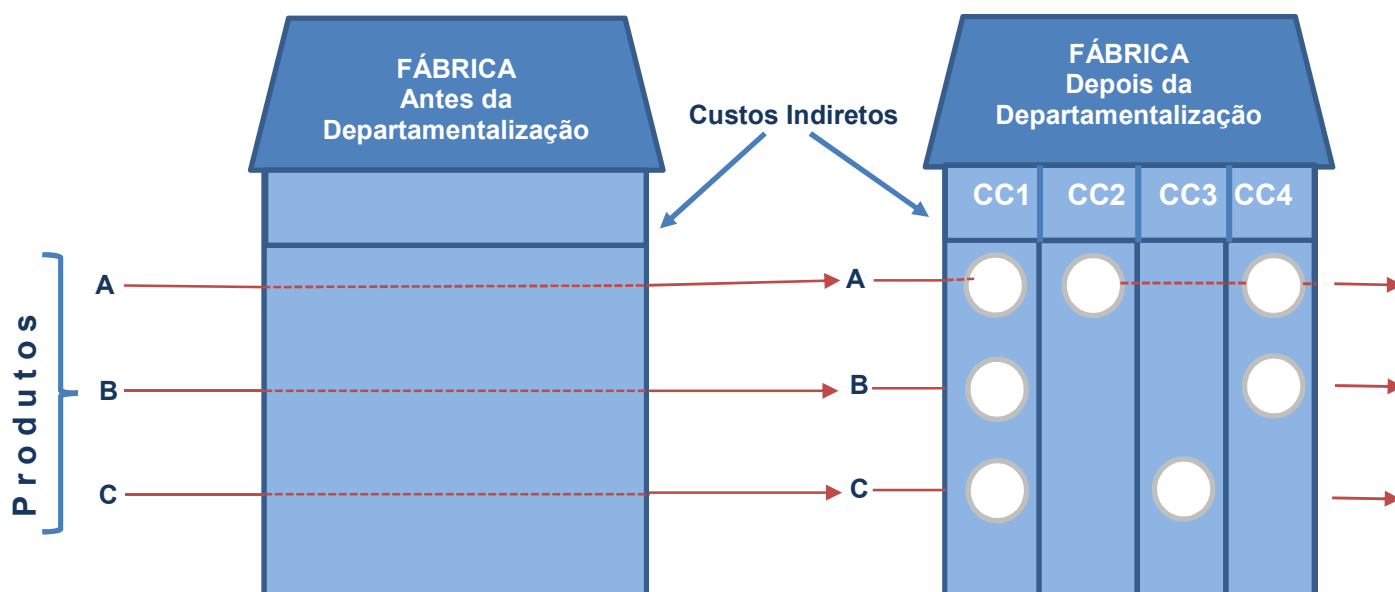


Figura 19: Fábrica antes e depois da departamentalização

A análise da figura evidencia que, antes da departamentalização, todos os custos eram indiretos. Por meio da departamentalização em Centros de Custos (CC), os custos, antes indiretos, passaram a ser diretos em relação a essas unidades operacionais. No Centro de Custos nº 1 (CC1) tais custos ainda continuam a ser indiretos em relação aos produtos que passam por esse centro no processo de fabricação. Entretanto, no Centro de Custos nº 2 (CC2), os custos agora serão diretos também para o único produto (A) que é nele processado. Como se vê, a departamentalização, além de conferir oportunidade para maior controle dos custos, diminui consideravelmente o montante dos custos indiretos.

4.6.2 Custos Energéticos Indiretos

São custos indiretos, aqueles que não podem ser, em última análise, identificados com uma unidade produtiva ou com o produto que está sendo fabricado.

Quanto maior for o número de custos diretamente atribuíveis ao objeto custeado (departamentos, serviços, atividades, produtos ou planos), tanto mais

válidos serão os esforços para se fornecer informações precisas e úteis à administração.

Os custos que continuam a ser indiretos deverão, para efeitos de determinação do resultado, ser apropriados aos objetivos por meio de taxas ou critérios de rateio.

Os custos dos materiais e da mão-de-obra podem ser facilmente identificados com o produto que está sendo fabricado. O valor dos Custos Indiretos de Fabricação (para os casos em que a departamentalização não conseguiu identificá-los diretamente) é de difícil apropriação. Além disso, o total dos Custos Indiretos de Fabricação só será conhecido após o encerramento do período contábil. Para as finalidades de determinação do custo das mercadorias fabricadas será necessário, portanto, usar estimativas para a apropriação dos CIF.

Inicialmente deverá ser decidido se a empresa vai adotar uma taxa única de rateio para todos os departamentos, Centros de Custos ou processos, ou se utilizará diferentes taxas, segundo as características do produto, da operação e do componente administrativo.

Se a fábrica é pequena, com poucos departamentos, nos quais o trabalho realizado é quase o mesmo e os produtos passam por todos eles, poderia ser aconselhável o emprego de uma taxa única. Em caso contrário, é prudente usar taxas diferentes.

Sendo o problema de apropriação dos CIF bastante complexo (envolvendo noções de contabilização, de orçamentos, de organização departamental, de unidades físicas de mensuração, de distribuição dos custos dos departamentos de serviço e uma exata ideia do que sejam as condições normais de operação), é aconselhável utilizar um exemplo numérico para a sua solução.

Como exemplo, para maior clareza, vamos considerar um único Centro de Custos produzindo um só artigo. Esse Centro de Custos prevê uma produção de 40.000 unidades num determinado mês, O supervisor do Centro de Custo faz a estimativa de suas CIF: 800 *MegaJoules*. Dividindo o valor estimado dos CIF pelo valor previsto de produção, é determinada a taxa de absorção do Centro de Custo.

$$\text{Taxa de absorção} = \frac{\text{CIF estim.} = 800 \text{ MegaJoules}}{\text{Produção prevista} = 40 \text{ un}} = 20 \text{ MegaJoules / unidade}$$

Essa taxa indica que cada unidade a ser produzida vai absorver 20 *MegaJoules* dos CIF estimadas.

Se a fábrica, durante o período, produzir apenas 38 unidades, o valor estimado dos CIF aplicados à produção será igual a 38 X 20 *MegaJoules*, ou seja, 760 *MegaJoules*. Esse valor, que será debitado ao Centro de Custos para a formação do custo energético de fabricação, é denominado de CIF Aplicado.

Ao mesmo tempo em que a produção vai sendo realizada e os dias vão transcorrendo, os custos energéticos também vão se acumulando e formarão a conta geral *CIF Energéticos*.

4.7 Custeamento Energético

Para a finalidade de determinação do custo, a Contabilidade convencional utiliza dois sistemas básicos de custeamento de produtos ou serviços: o custeamento por ordem de produção e o custeamento por processo. A adoção de um dos sistemas depende do tipo de produto, do processo de fabricação e da conveniência da empresa. Outros sistemas de custeamento existem, mas procuram atingir outras finalidades.

Para as finalidades desta tese, elegemos o *custeamento por processo* para o desenvolvimento do *teste exemplificado do método desenvolvido*, que tratamos no item 4.8. Essa forma de custeamento se caracteriza por acumular os custos energéticos de uma empresa em que a fabricação se caracteriza por produtos padronizados, produção contínua e demanda constante.

Determina-se o custo energético unitário dividindo o total de custos energéticos acumulados num processo, durante certo período de tempo, pelas unidades produzidas no mesmo período, nesse mesmo processo.

O custeamento por processo é normalmente adotado quando os produtos não podem ser identificados no processo produtivo. Este sistema é aplicado pela contabilidade de custos convencional com bons resultados em indústrias de petróleo, de lâmpadas, de produtos farmacêuticos, de tecidos, bem como moinhos, produtores de cimento etc. A produção é realizada em diversos centros de custos, separadamente, e o custo unitário é determinado por centro de custo, sendo cada um deles identificado como um processo específico.

4.7.1 Acumulação de Custos Energéticos

A acumulação no sistema de custeamento por processo segue os seguintes pontos.

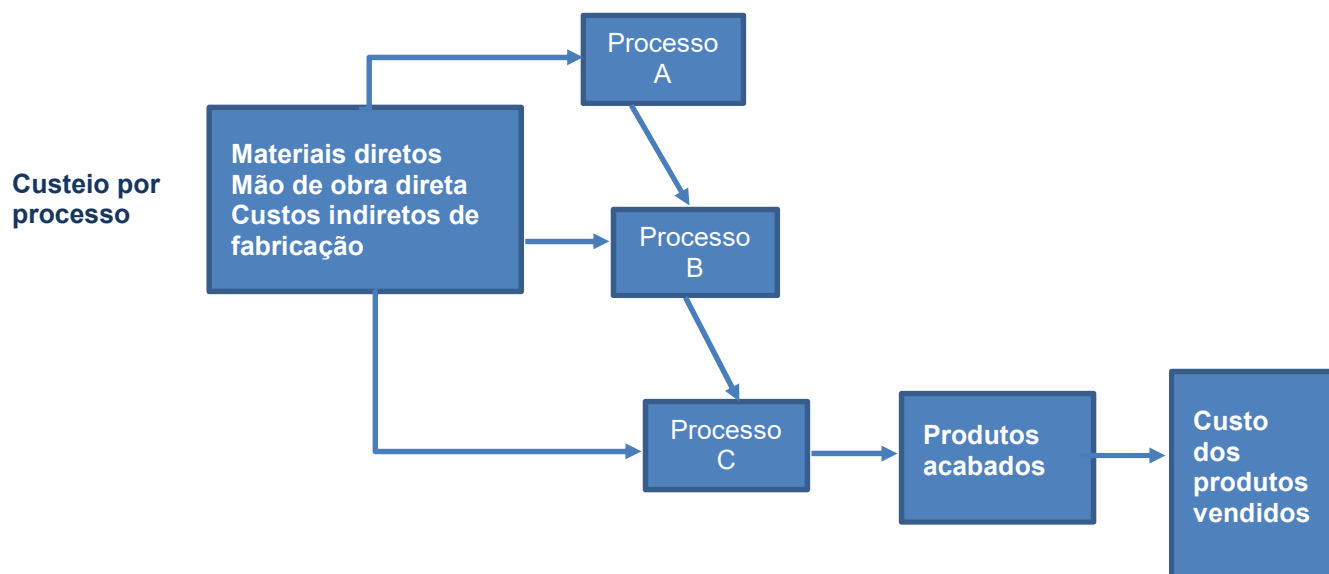
1) A Contabilidade prepara um relatório periódico de Produção e de Custos para cada fase de fabricação.

2) Os custos são acumulados contabilmente na Conta Geral *Produtos em Processo*, constituindo o Razão Analítico as diversas fases de fabricação denominadas Processos, Departamentos, Seções ou Centros de Custos.

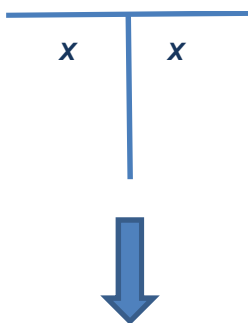
3) O custo total, acumulado nas diversas fases de fabricação, é dividido pelo número de unidades produzidas nessas fases para a obtenção do Custo Unitário.

4) O custo das unidades prontas num processo se destina a compor o lançamento contábil de transferência para o processo subsequente.

Para melhor assimilação dos conceitos apresentados, mostramos, a seguir, o fluxo de custos num sistema de custeamento por processo.

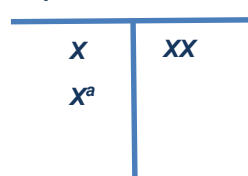


Produtos em Fabricação
Departamento A

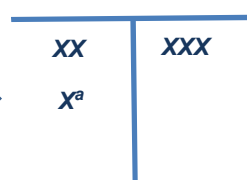


Custo dos Produtos
Vendidos

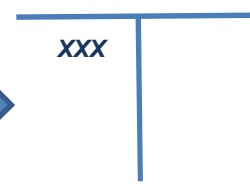
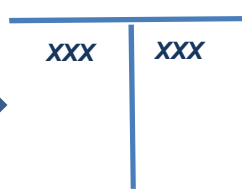
Produtos em Fabricação
Departamento B



Produtos em Fabricação
Departamento C



Produtos
Acabados



^a Materiais diretos, Mão-de-obra e Custos indiretos de fabricação adicionados à produção no departamento.

Figura 20: Custeio por processo. Fonte: adaptado de (MAHER, 1999)

4.8 Teste Exemplificado do Método Desenvolvido

Para exemplificar a aplicabilidade da Contabilidade Energética visando a apuração dos custos energéticos dos produtos, elaboramos um teste exemplificativo simulado, para maior compreensão.

Serão utilizadas duas empresas hipotéticas. Ambas fabricantes de peças componentes de motores de automóveis

4.8.1 Aplicação

Como já verificamos, a Contabilidade Energética poderá ser aplicada na mensuração dos custos energéticos em diversos segmentos, como por exemplo:

- Na indústria:

a) o custo dos produtos vendidos;

b) o estoque de produtos em elaboração;

c) o estoque de produtos acabados; e

d) o estoque de insumos (matérias-primas, materiais de embalagem, almoxarifado, etc.).

- No comércio:

a) o custo das mercadorias vendidas;

b) o estoque de mercadorias;

c) o estoque de bens não destinados à revenda (como materiais de consumo, etc.).

- Nas prestadoras de serviços:

a) o custo dos serviços vendidos;

b) o estoque de serviços em andamento;

c) o custo de materiais adquiridos e não incorporados a serviços em andamento (custos de serviços).

A aplicação da Contabilidade Energética poderá se dar também em situações de comparação entre produtos que inicialmente possam ser aparentemente de melhor escolha em questão de sustentabilidade, mas que ao se avaliar o seu custo energético de produção, possam não estar exatamente nesta condição.

Poderia ser utilizada para a verificação dos custos energéticos de produção, por exemplo, dos carros híbridos que apresentam melhores condições em economia de combustível. O primeiro carro híbrido da história foi desenvolvido em 1896, o sistema híbrido foi criado pela *Armstrong Company* de *Connecticut* sob encomenda para a *Roger Mechanical Carriage Company*, ainda no início dos anos da indústria automobilística, onde os motores a combustão interna não tinham tantos comandos como se tem hoje. O motor a combustão era equipado com pequenas caldeiras a vapor e também com motores elétricos, mas infelizmente naquela época o principal problema dos carros elétricos era sua autonomia, e então surgiu a ideia de instalar um motor a gasolina 6.5 de dois cilindros, que tinha a função de recarregar as baterias e ajudar a estimular a máquina, devido à necessidade de diversas tecnologias provenientes do futuro, não foi possível continuar com a fabricação em série do modelo que tanto inovou na época. (COSTA, SILVA, *et al.*, 2018)

Em 1997 a *Toyota* lançou oficialmente o primeiro carro híbrido compacto, onde o funcionamento dos motores é semelhante ao modelo de 1896 criado pela fabricante *Amstrong*. O modelo híbrido se tornou ícone em economia de combustível e carros verdes em geral, de acordo com a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA), o Prius do ano de 2010 se tornou o carro com a maior economia de combustível dos Estados Unidos. (COSTA, SILVA, *et al.*, 2018)

Com uma verificação dos custos energéticos incorridos na produção de produtos como o Prius, poderia se ter a informação, em termos de sustentabilidade, se este automóvel é realmente mais adequado que outros carros convencionais.

4.8.2 Breve Desenvolvimento Prático

Primeiro Exemplo:

Inicialmente apresentamos uma breve simulação para mera e rápida compreensão:

Uma empresa industrial qualquer, hipoteticamente, registrava em janeiro de 2017 a seguinte posição de custos energéticos:

Uso do Espaço da Fábrica	20.000 MJ
Compra de Matéria-prima	60.000 MJ
Consumo de Matéria-prima	50.000 MJ
Custos Diversos	30.000 MJ
Mão-de-obra da Fábrica	40.000 MJ
Total de Custos Energéticos	200.000 MJ

Tabela 7: Posição de Custos Energéticos

No mês foram fabricadas 200 unidades produzidas. Para encontrarmos o custo energético unitário dos produtos no período, temos o seguinte:

Total de Custos Energéticos / Quantidade Fabricada = Custo Energético Unitário

$$200.000 \text{ MJ} / 200 = 1.000 \text{ MJ}$$

No teste exemplificativo, de forma abrangente, serão utilizadas duas empresas hipotéticas. Ambas fabricantes de peças componentes de motores de automóveis, com produtos de idêntica aplicação e supridoras das mesmas necessidades de seus clientes.

A primeira empresa hipotética, denominamos de *Cia A*. Tal empresa tem como uma de suas premissas a produção com menor impacto ambiental.

A segunda empresa hipotética analisada, denominamos de *Cia B*. Essa empresa não tem qualquer preocupação com impactos ambientais de sua produção. Sua principal premissa é a remuneração do capital de seus acionistas independentemente de fatores prejudiciais à sociedade ou ao meio ambiente.

As duas empresas têm a sua forma de rateio de seus custos energéticos indiretos de fabricação de forma idêntica, cujos resultados hipotéticos, para fins de mais clara explicação, são exatamente os mesmos, não influenciando, nestes casos, como fatores que possam causar alguma diferença em suas interpretações.

Primeiramente, a seguir, vamos apurar os Custos Energéticos Indiretos de Fabricação, que serão idênticos às duas hipotéticas empresas.

4.8.3 Custos Energéticos Indiretos de Fabricação

Para o desenvolvimento desta etapa, vamos utilizar o critério de departamentalização visto no item 4.6.2, para a realização do rateio dos Custos Energéticos Indiretos de Fabricação.

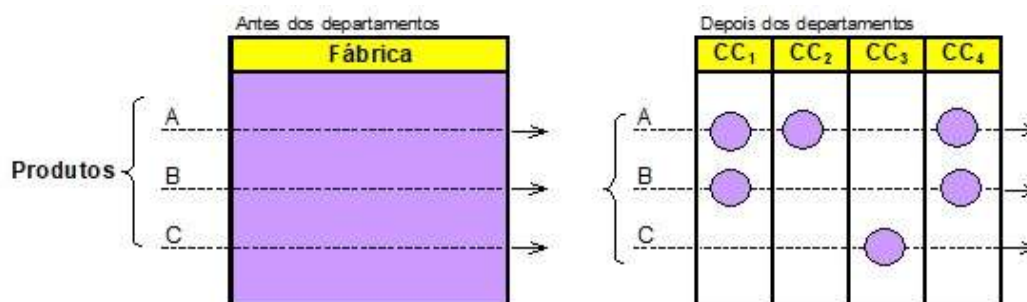


Figura 21: Departamentalização

No caso das empresas exemplo, ambas trabalham com a fabricação de dois tipos de peças componentes para motores de automóveis: Produto X e Produto Y.

São conhecidas as seguintes informações:

	MONTAGEM	ACABAMENTO	ALMOXARIFADO	ADM. GERAL	TOTAL
Área Ocupada	25,5 m ²	45 m ²	30 m ²	49,5 m ²	150 m ²

Energia Elétrica Consumida	800 kw	525 kw	775 kw	400 Kw	2.500 kw
----------------------------	--------	--------	--------	--------	----------

Tabela 8: Bases para Rateio dos Custos Indiretos

Ambas as empresas se dividem em Departamentos de Produção (ou produtivos), que são os departamentos que atuam diretamente sobre o produto. Como exemplos: Usinagem, Montagem e Pintura; e também em Departamentos Auxiliares (ou de serviços), que são departamentos que se prestam basicamente para a execução de serviços e não atuam diretamente sobre o produto. Como exemplos: Almojarifado e Controle de Qualidade.

A figura a seguir ilustra a sequência da departamentalização até a produção:

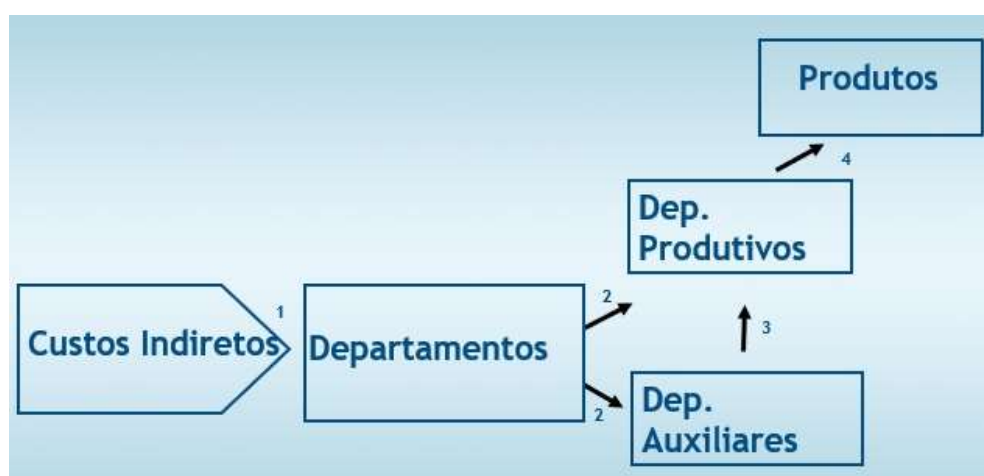


Figura 22: Sequência da Departamentalização

No caso das empresas de nosso exemplo, os departamentos envolvidos são: MONTAGEM, ACABAMENTO, ALMOXARIFADO E ADMINISTRAÇÃO GERAL.

Os custos indiretos são distribuídos da seguinte forma:

- a) o custo energético referente ao uso da edificação da fábrica será distribuído aos Departamentos de acordo com a área ocupada;
- b) a mão-de-obra indireta e a energia são apropriadas aos Departamentos em função da Energia Elétrica Consumida;
- c) a Depreciação dos Veículos e os Outros Custos Indiretos são alocados aos Departamentos da seguinte forma: Montagem 20%, Acabamento 40 %, Almoxarifado 15% e Administração Geral 25%;
- d) a Administração Geral distribui igualmente seus gastos para os Departamentos de Montagem, Acabamento e Almoxarifado, ou seja, 1/3 para cada Departamento;
- e) o Departamento de Montagem absorve 40% dos gastos do Departamento Almoxarifado; e
- f) os custos energéticos indiretos são rateados aos produtos por eles trabalhados conforme as horas apontadas.

Para transferirmos os custos energéticos indiretos para os departamentos, verificamos que, as empresas, durante o trimestre, apresentaram os seguintes custos energéticos indiretos:

CONTAS	MEGA JOULES
Uso da Edificação da Fábrica	8.000
Mão-de-obra Indireta	20.000
Energia Elétrica	2.500
Depreciação dos Veículos	15.000
Outros Custos Indiretos	3.000

Tabela 9: Custos Indiretos

Aos Custos Energéticos Indiretos de *Uso da Edificação da Fábrica* são, então, atribuídos à base de rateio igual as áreas ocupadas pelos departamentos e transferidos para estes, conforme a tabela a seguir:

	MONTAGEM	ACABAM.	ALMOXARIF	ADM. GERAL	TOTAL
Área Ocupada	25,5 m ²	45 m ²	30 m ²	49,5 m ²	150 m ²
	17%	30%	20%	33%	100%
Rateio Uso da Edificação da Fábrica	1.360 MJ	2.400 MJ	1.600 MJ	2.640 MJ	8.000 MJ

Tabela 10: Custos Energéticos Indiretos aos Departamentos – Rateio por Área Ocupada

Do mesmo modo, aos Custos Energéticos Indiretos de *Energia Elétrica Consumida* e de *Mão-de-obra Indireta (MOI)* são, então, atribuídos à base de rateio igual aos consumos de energia elétrica registrados pelos medidores dos departamentos e transferidos para estes, conforme a tabela a seguir:

	MONTAGEM	ACABAM.	ALMOXARIF	ADM. GERAL	TOTAL
Energia Elétrica Consumida	800 MJ	525 MJ	775 MJ	400 MJ	2.500 MJ
	32%	21%	31%	16%	100%
Rateio MOI e Energia Elétrica	7.200 MJ	4.725 MJ	6.975 MJ	3.600 MJ	22.500 MJ

Tabela 11: Custos Energéticos Indiretos aos Departamentos – Rateio por Energia Elétrica Consumida

Ainda, com os critérios estabelecidos, aos Custos Energéticos Indiretos de *Depreciação* e os *Outros Custos Indiretos*, são atribuídos à base de rateio da seguinte forma: Montagem 20%, Acabamento 40 %, Almojarifado 15% e Administração Geral 25%; sendo dessa forma transferidos para estes, conforme a tabela a seguir:

	MONTAGEM	ACABAM.	ALMOXARIF	ADM. GERAL	TOTAL
--	-----------------	----------------	------------------	-------------------	--------------

Percentuais de Rateio Estabelecidos	20%	40%	15%	25%	100%
Rateio Depreciação e Outros Custos Indiretos	7.200 MJ	4.725 MJ	6.975 MJ	3.600 MJ	22.500 MJ

Tabela 12: Custos Energéticos Indiretos aos Departamentos – Rateio por Percentuais Estabelecidos

Desse modo, os totais dos custos energéticos indiretos de fabricação foram rateados e atribuídos aos departamentos conforme apresentado na tabela a seguir:

	MONTAGEM	ACABAM.	ALMOXARIF	ADM. GERAL	TOTAL
TOTAL RATEADO E ATRIBUÍDO	12.160 MJ	14.325 MJ	11.275 MJ	10.740 MJ	48.500 MJ

Tabela 13: Total dos Custos Energéticos Indiretos Atribuídos aos Departamentos

Conhecendo então os custos energéticos indiretos de fabricação atribuídos a cada departamento, cabe ainda um outro rateio, o dos custos que foram atribuídos aos departamentos auxiliares (Almoxarifado e Administração Geral), não produtivos, que devem ser destinados aos departamentos produtivos (Montagem e Acabamento).

É sabido que, por determinação, a Administração Geral distribui igualmente seus custos para os Departamentos de Montagem, Acabamento e Almoxarifado, ou seja, 1/3 para cada Departamento.

É também já conhecido que o Departamento de Montagem deve absorver 40% dos custos do Departamento Almojarifado, sendo destinados os outros 60% ao Departamento de Acabamento:

	MONTAGEM	ACABAM.	ALMOXARIF	ADM. GERAL	TOTAL
TOTAL ATRIBUÍDO AOS DEPTOS PRODUTIVOS	12.160 MJ	14.325 MJ	11.275 MJ	10.740 MJ	48.500 MJ
RATEIO DA ADM. GERAL	3.580 MJ	3.580 MJ	3.580 MJ	0	
RATEIO DO ALMOXARIF.	5.942 MJ	8.913 MJ	0	0	
TOTAL DOS DEPART. PRODUTIVOS	21.682 MJ	26.818 MJ	-----	-----	48.500 MJ

Tabela 14: Atribuição dos Custos dos Departamentos Auxiliares aos Departamentos Produtivos

Conhecendo agora os custos energéticos indiretos de fabricação, atribuídos aos departamentos produtivos, podemos transferi-los para os produtos.

Conforme determinação, os custos energéticos indiretos são rateados aos produtos por eles trabalhados por meio das horas apontadas. Nesse mês os tempos unitários foram:

PRODUTOS	MONTAGEM	ACABAMENTO
Produto X	5 horas	10 horas

Produto Y	-	15 horas
Total de horas	5 horas	25 horas

Tabela 15: Tempos Unitários de Produção

Rateando então os custos indiretos aos produtos, temos o seguinte:

PRODUTOS	MONTAGEM	ACABAMENTO	TOTAL EM MJ
Produto X	<i>5 horas</i>	<i>10 horas</i>	
	21.682 MJ	10.727 MJ	32.409 MJ
Produto Y	-----	<i>15 horas</i>	
		16.091 MJ	16.091 MJ
Total de horas	5 horas	25 horas	
Total de Custos Indiretos por Departamento Produtivo	21.682 MJ	26.818 MJ	48.500 MJ

Tabela 16: Tempos Unitários de Produção

4.8.4. Apuração dos Custos - Primeira Empresa

A primeira empresa hipotética, denominamos de *Cia A*. Tal empresa tem como uma de suas premissas a produção com menor impacto ambiental.

Como já vimos, a *Cia A* produz peças componentes para motores de automóveis, assim como a sua concorrente que iremos analisar mais adiante no item 4.8.5.

Os produtos de ambas as empresas necessitam da matéria prima “Borracha” essencialmente para a produção de suas peças.

A *Cia A* procurou no mercado e verificou que possuía duas alternativas para adquirir para o seu processo de produção: Borracha Natural e Borracha Sintética.

Inicialmente, a área de compras da *Cia*. Informou a alta administração que os preços da Borracha Sintética eram muito mais baratos que a Borracha Natural e, assim, a sua aquisição iria proporcionar mais lucros para a empresa.

A alta administração da *Cia*. se reuniu e, com o objetivo de causar menos danos ao meio ambiente e à sociedade, verificou qual seria a intensidade energética contida em cada uma dessas alternativas e, recorrendo à tabela adaptada de Hanon, Herendeen e Blazeck, apresentada por Spreng (1988), que adaptamos conforme consta no item 2.7.3, obteve a seguinte informação:

Intensidade Energética da Borracha natural 56.201 MJ

Intensidade Energética da Borracha sintética 151.341 MJ

Apesar de os preços da borracha sintética estarem muito abaixo da outra alternativa, a alta administração optou em reduzir os seus lucros proporcionando causar menos danos ao meio ambiente, e comprou toda a sua matéria prima em Borracha Natural.

Para o desenvolvimento do teste exemplificativo começamos a trabalhar com os dados obtidos referentes ao PRIMEIRO MÊS:

Verificamos, hipoteticamente, com os responsáveis pela contabilidade energética da empresa, os seguintes dados:

Dados do PRIMEIRO MÊS:

Produtos em estoque no início do período:	Zero
Custos energéticos incorridos no mês Produto X:	200.000 MJ

Custos energéticos incorridos no mês Produto Y:	100.000 MJ
Unidades produzidas Produto X:	15 peças
Unidades produzidas Produto Y:	25 peças
Unidades vendidas Produto X:	10 peças
Unidades vendidas Produto X:	20 peças

Com estes dados obtidos, vamos trabalhar para a obtenção das seguintes informações:

- O custo energético da produção do período para cada produto;
- Custo energético unitário de fabricação;
- O custo energético da produção acabada;
- O custo energético unitário dos produtos vendidos; e
- A quantidade de energia nos produtos em estoque no final do período.

Desenvolvimento dos dados obtidos relativos ao PRIMEIRO MÊS:

- Custo energético da produção do período:

Produto X:

200.000 MJ

Produto Y:

300.000 MJ

- Custo energético unitário de fabricação:

Produto X:

$$200.000 \text{ MJ} / 15 = 13.333 \text{ MJ}$$

Produto Y:

$$100.000 \text{ MJ} / 25 = 4.000 \text{ MJ}$$

c) Custo energético da produção acabada:

Produto X:

$$200.000 \text{ MJ}$$

Produto Y:

$$100.000 \text{ MJ}$$

d) Custo energético unitário e total dos produtos vendidos:

Produto X:

$$10 \times 13.333 \text{ MJ} = 133.330 \text{ MJ}$$

Produto Y:

$$20 \times 4.000 \text{ MJ} = 80.000 \text{ MJ}$$

e) Quantidade de energia nos produtos em estoque no final do período²⁷:

Produto X:

$$5 \times 13.333 \text{ MJ} = 66.665 \text{ MJ}$$

Produto Y:

$$5 \times 4.000 \text{ MJ} = 20.000 \text{ MJ}$$

Continuando o desenvolvimento do teste exemplificativo, trabalhamos agora com os dados obtidos referentes ao SEGUNDO e TERCEIRO MÊS:

²⁷ Estoque do final do período = estoque inicial do próximo período

Os responsáveis pela contabilidade energética, hipoteticamente, nos dão os seguintes dados:

Dados do SEGUNDO MÊS:

Produtos em estoque no início do período ²⁸ (<i>segundo mês</i>): 5 peças de Produto X, ao custo unitário de 13.333 MJ:	66.665 MJ
Produtos em estoque no início do período (<i>segundo mês</i>): 5 peças de Produto Y, ao custo unitário de 4.000 MJ:	12.000 MJ
Custos energéticos incorridos no mês Produto X:	230.000 MJ
Custos energéticos incorridos no mês Produto Y:	100.000 MJ
Unidades produzidas (<i>considerando que uma peça ainda está em processamento</i>) do Produto X:	18,25 peças
Unidades produzidas (<i>considerando que uma peça ainda está em processamento</i>) do Produto Y:	20,50 peças
Unidades Acabadas Produto X:	18 peças
Unidades Acabadas Produto Y:	20 peças
Unidades em Elaboração Produto X:	0,25 peça
Unidades em Elaboração Produto Y:	0,50 peça
Unidades vendidas Produto X:	17 peças
Unidades vendidas Produto Y:	16 peças

Com estes dados referentes ao segundo mês obtidos, vamos continuar a trabalhar para a obtenção das seguintes informações:

²⁸ Estoque do início do período = estoque do final do período anterior

- a) O custo energético da produção do período para cada produto;
- b) Custo energético unitário de fabricação;
- c) O custo energético da produção acabada;
- d) O custo energético unitário dos produtos vendidos; e
- e) A quantidade de energia nos produtos em estoque no final do período.

Desenvolvimento dos dados obtidos relativos ao SEGUNDO MÊS:

- a) Custo energético da produção do período:

Produto X:

230.000 MJ

Produto Y:

100.000 MJ

- b) Custo energético unitário de fabricação:

Produto X:

$230.000 \text{ MJ} / 18,25 = 12.603 \text{ MJ}$

Produto Y:

$100.000 \text{ MJ} / 20,50 = 4.878 \text{ MJ}$

- c) Custo energético da produção acabada:

Produto X:

$18 \times 12.603 \text{ MJ} = 226.854 \text{ MJ}$

Produto Y:

$20 \times 4.878 \text{ MJ} = 97.560 \text{ MJ}$

- d) Custo energético unitário e total dos produtos vendidos:

Produto X:

$$17 \times 12.603 \text{ MJ} = 214.251 \text{ MJ}$$

Produto Y:

$$16 \times 4.878 \text{ MJ} = 78.048 \text{ MJ}$$

e) Quantidade de energia nos produtos em estoque:

Produto X:

Estoque Inicial + Entradas – Saídas

5 peças + 18 peças – 17 peças

6 peças X 12.603 MJ

Energia nos produtos em estoque Produto X = 75.618 MJ

Produto Y:

Estoque Inicial + Entradas – Saídas

5 peças + 20 peças – 16 peças

9 peças X 4.878 MJ

Energia nos produtos em estoque Produto Y = 43.902 MJ

Dados do TERCEIRO MÊS:

Produtos em estoque no início do período²⁹ (*terceiro mês*): 6 peças de Produto X ao custo unitário de 12.603 MJ cada, temos em estoque: 75.618 MJ

Produtos em estoque no início do período (*terceiro mês*): 9 peças de Produto Y ao custo unitário de 4.878 MJ cada, temos em estoque: 43.902 MJ

²⁹ Estoque do início do período = estoque do final do período anterior

Produtos em elaboração no início do período ³⁰ de Produto X, equivalente a 0,25 peça de custo unitário de 12.603 MJ:	3.151 MJ
Produtos em elaboração no início do período de Produto Y, equivalente a 0,50 peça de custo unitário de 4.878 MJ:	2.439 MJ
Produtos em elaboração terminados neste período, equivalente a 0,75 peça de Produto X ao custo unitário de 12.603 MJ:	9.452 MJ
Produtos em elaboração terminados neste período, equivalente a 0,50 peça de Produto Y ao custo unitário de 4.878 MJ:	2.439 MJ
Custos energéticos incorridos no mês Produto X:	225.000 MJ
Custos energéticos incorridos no mês Produto Y:	105.000 MJ
Unidades produzidas (<i>considerando que uma peça ainda está em processamento</i>) do Produto X:	20,50 peças
Unidades produzidas (<i>considerando que uma peça ainda está em processamento</i>) do Produto Y:	22,50 peças
Unidades Acabadas Produto X:	20 peças
Unidades Acabadas Produto Y:	22 peças
Unidades em Elaboração Produto X:	0,50 peça
Unidades em Elaboração Produto Y:	0,50 peça
Unidades vendidas Produto X:	18 peças
Unidades vendidas Produto X:	25 peças

Com estes dados referentes ao terceiro mês obtidos, damos sequência à obtenção das seguintes informações que necessitamos:

a) O custo energético da produção do período para cada produto;

³⁰ Idem para os produtos em elaboração

- b) Custo energético unitário de fabricação;
- c) O custo energético da produção acabada;
- d) O custo energético unitário e total dos produtos vendidos; e
- e) A quantidade de energia nos produtos em estoque no final do período.

Desenvolvimento dos dados obtidos relativos ao TERCEIRO MÊS:

a) Custo energético da produção do período:

Produto X:

225.000 MJ

Produto Y:

105.000 MJ

b) Custo energético unitário de fabricação:

Produto X:

$225.000 \text{ MJ} / 20,50 = 10.975 \text{ MJ}$

Produto Y:

$105.000 \text{ MJ} / 22,50 = 4.666 \text{ MJ}$

c) Custo energético da produção acabada:

Produto X:

$20 \times 10.975 \text{ MJ} = 219.500 \text{ MJ}$

Produto Y:

$22 \times 4.666 \text{ MJ} = 102.652 \text{ MJ}$

d) Custo energético unitário e total dos produtos vendidos:

Produto X:

$$18 \times 10.975 \text{ MJ} = 197.550 \text{ MJ}$$

Produto Y:

$$25 \times 4.666 \text{ MJ} = 116.650 \text{ MJ}$$

e) Quantidade de energia nos produtos em estoque:

Produto X:

Estoque Inicial + Entradas – Saídas

$$6 \text{ peças} + 22 \text{ peças} - 18 \text{ peças}$$

$$10 \text{ peças} \times 10.975 \text{ MJ}$$

Energia nos produtos em estoque = 109.750 MJ

Produto Y:

Estoque Inicial + Entradas – Saídas

$$9 \text{ peças} + 22 \text{ peças} - 25 \text{ peças}$$

$$6 \text{ peças} \times 4.666 \text{ MJ}$$

Energia nos produtos em estoque = 27.996 MJ

4.8.5. Apuração dos Custos - Segunda Empresa

A segunda empresa hipotética, denominamos de *Cia B*. Essa empresa não tem qualquer preocupação com impactos ambientais de sua produção. Sua principal premissa é a remuneração do capital de seus acionistas independentemente de fatores prejudiciais a sociedade ou ao meio ambiente.

Como já vimos, a *Cia B* produz peças componentes para motores de automóveis, assim como a sua concorrente que analisamos anteriormente no item 4.8.4.

Os produtos de ambas as empresas necessitam da matéria prima “Borracha” essencialmente para a produção de suas peças.

A *Cia B* procurou no mercado e verificou que possuía duas alternativas para adquirir para o seu processo de produção: Borracha Natural e Borracha Sintética.

A área de compras da Cia. Informou a alta administração que os preços da Borracha Sintética eram muito mais baratos que a Borracha Natural e, assim, a sua aquisição iria proporcionar mais lucros para a empresa.

A alta administração da Cia. Se reuniu e, com o objetivo de obter o máximo de lucro financeiro aos seus acionistas, apesar de causar mais danos ao meio ambiente e à sociedade, decidiu por comprar toda a sua matéria prima em Borracha Sintética.

Ninguém na empresa se interessou em conhecer qual seria a intensidade energética contida em cada uma das alternativas. Se verificassem na tabela adaptada de Hanon, Herendeen e Blazeck, apresentada por Spreng (1988), que adaptamos conforme consta no item 2.7.3, obteriam a seguinte informação:

Intensidade Energética da Borracha natural 56.201 MJ

Intensidade Energética da Borracha sintética 151.341 MJ

Para o desenvolvimento do teste exemplificativo começamos a trabalhar com os dados obtidos referentes ao PRIMEIRO MÊS:

Verificamos, hipoteticamente, com os responsáveis pela contabilidade energética da empresa, os seguintes dados:

Dados do PRIMEIRO MÊS:

Produtos em estoque no início do período:	Zero
Custos energéticos incorridos no mês Produto X:	600.000 MJ
Custos energéticos incorridos no mês Produto Y:	300.000 MJ
Unidades produzidas Produto X:	15 peças
Unidades produzidas Produto Y:	25 peças
Unidades vendidas Produto X:	10 peças
Unidades vendidas Produto Y:	20 peças

Com estes dados obtidos, vamos trabalhar para a obtenção das seguintes informações:

- O custo energético da produção do período para cada produto;
- Custo energético unitário de fabricação;
- O custo energético da produção acabada;
- O custo energético unitário dos produtos vendidos; e
- A quantidade de energia nos produtos em estoque no final do período.

Desenvolvimento dos dados obtidos relativos ao PRIMEIRO MÊS:

- Custo energético da produção do período:

Produto X:

600.000 MJ

Produto Y:

300.000 MJ

- Custo energético unitário de fabricação:

Produto X:

600.000 MJ / 15 = 40.000 MJ

Produto Y:

$$300.000 \text{ MJ} / 25 = 12.000 \text{ MJ}$$

c) Custo energético da produção acabada:

Produto X:

$$600.000 \text{ MJ}$$

Produto Y:

$$300.000 \text{ MJ}$$

d) Custo energético unitário e total dos produtos vendidos:

Produto X:

$$10 \times 40.000 \text{ MJ} = 400.000 \text{ MJ}$$

Produto Y:

$$20 \times 12.000 \text{ MJ} = 240.000 \text{ MJ}$$

e) Quantidade de energia nos produtos em estoque no final do período³¹:

Produto X:

$$5 \times 40.000 \text{ MJ} = 200.000 \text{ MJ}$$

Produto Y:

$$5 \times 12.000 \text{ MJ} = 60.000 \text{ MJ}$$

Continuando o desenvolvimento do teste exemplificativo, trabalhamos agora com os dados obtidos referentes ao SEGUNDO e TERCEIRO MÊS:

³¹ Estoque do final do período = estoque inicial do próximo período

Os responsáveis pela contabilidade energética, hipoteticamente, nos dão os seguintes dados:

Dados do SEGUNDO MÊS:

Produtos em estoque no início do período ³² (<i>segundo mês</i>): 5 peças de Produto X, ao custo unitário de 40.000 MJ:	200.000 MJ
Produtos em estoque no início do período (<i>segundo mês</i>): 5 peças de Produto Y, ao custo unitário de 12.000 MJ:	60.000 MJ
Custos energéticos incorridos no mês Produto X:	700.000 MJ
Custos energéticos incorridos no mês Produto Y:	300.000 MJ
Unidades produzidas (<i>considerando que uma peça ainda está em processamento</i>) do Produto X:	18,25 peças
Unidades produzidas (<i>considerando que uma peça ainda está em processamento</i>) do Produto Y:	20,50 peças
Unidades Acabadas Produto X:	18 peças
Unidades Acabadas Produto Y:	20 peças
Unidades em Elaboração Produto X:	0,25 peça
Unidades em Elaboração Produto Y:	0,50 peça
Unidades vendidas Produto X:	17 peças
Unidades vendidas Produto Y:	16 peças

Com estes dados referentes ao segundo mês obtidos, vamos continuar a trabalhar para a obtenção das seguintes informações:

³² Estoque do início do período = estoque do final do período anterior

- a) O custo energético da produção do período para cada produto;
- b) Custo energético unitário de fabricação;
- c) O custo energético da produção acabada;
- d) O custo energético unitário dos produtos vendidos; e
- e) A quantidade de energia nos produtos em estoque no final do período.

Desenvolvimento dos dados obtidos relativos ao SEGUNDO MÊS:

- a) Custo energético da produção do período:

Produto X:

700.000 MJ

Produto Y:

300.000 MJ

- b) Custo energético unitário de fabricação:

Produto X:

700.000 MJ / 18,25 = 38.356 MJ

Produto Y:

300.000 MJ / 20,50 = 14.634 MJ

- c) Custo energético da produção acabada:

Produto X:

18 X 38.356 MJ = 690.408 MJ

Produto Y:

20 X 14.634 MJ = 292.680 MJ

d) Custo energético unitário e total dos produtos vendidos:

Produto X:

$$17 \times 38.356 \text{ MJ} = 652.052 \text{ MJ}$$

Produto Y:

$$16 \times 14.634 \text{ MJ} = 234.144 \text{ MJ}$$

e) Quantidade de energia nos produtos em estoque:

Produto X:

Estoque Inicial + Entradas – Saídas

5 peças + 18 peças – 17 peças

6 peças X 38.356 MJ

Energia nos produtos em estoque Produto X = 230.136 MJ

Produto Y:

Estoque Inicial + Entradas – Saídas

5 peças + 20 peças – 16 peças

9 peças X 14.634 MJ

Energia nos produtos em estoque Produto Y = 131.706 MJ

Dados do TERCEIRO MÊS:

Produtos em estoque no início do período ³³ (<i>terceiro mês</i>): 6 peças de Produto X ao custo unitário de 38.356 MJ cada, temos em estoque:	230.136 MJ
Produtos em estoque no início do período (<i>terceiro mês</i>): 9 peças de Produto Y ao custo unitário de 14.635 MJ cada, temos em estoque:	131.706 MJ
Produtos em elaboração no início do período ³⁴ de Produto X, equivalente a 0,25 peça de custo unitário de 38.356 MJ:	9.589 MJ
Produtos em elaboração no início do período de Produto Y, equivalente a 0,50 peça de custo unitário de 14.635 MJ:	7.318 MJ
Produtos em elaboração terminados neste período, equivalente a 0,75 peça de Produto X ao custo unitário de 38.356 MJ:	28.767 MJ
Produtos em elaboração terminados neste período, equivalente a 0,50 peça de Produto Y ao custo unitário de 14.635 MJ:	7.318 MJ
Custos energéticos incorridos no mês Produto X:	680.000 MJ
Custos energéticos incorridos no mês Produto Y:	310.000 MJ
Unidades produzidas (<i>considerando que uma peça ainda está em processamento</i>) do Produto X:	20,50 peças
Unidades produzidas (<i>considerando que uma peça ainda está em processamento</i>) do Produto Y:	22,50 peças
Unidades Acabadas Produto X:	20 peças
Unidades Acabadas Produto Y:	22 peças
Unidades em Elaboração Produto X:	0,50 peça
Unidades em Elaboração Produto Y:	0,50 peça
Unidades vendidas Produto X:	18 peças
Unidades vendidas Produto X:	25 peças

³³ Estoque do início do período = estoque do final do período anterior

³⁴ Idem para os produtos em elaboração

Com estes dados referentes ao terceiro mês obtidos, damos sequência à obtenção das seguintes informações que necessitamos:

- a) O custo energético da produção do período para cada produto;
- b) Custo energético unitário de fabricação;
- c) O custo energético da produção acabada;
- d) O custo energético unitário e total dos produtos vendidos; e
- e) A quantidade de energia nos produtos em estoque no final do período.

Desenvolvimento dos dados obtidos relativos ao TERCEIRO MÊS:

a) Custo energético da produção do período:

Produto X:

680.000 MJ

Produto Y:

310.000 MJ

b) Custo energético unitário de fabricação:

Produto X:

680.000 MJ / 20,50 = 33.171 MJ

Produto Y:

310.0 MJ / 22,50 = 13.778 MJ

c) Custo energético da produção acabada:

Produto X:

$$20 \times 33.171 \text{ MJ} = 663.420 \text{ MJ}$$

Produto Y:

$$22 \times 13.778 \text{ MJ} = 303.116 \text{ MJ}$$

d) Custo energético unitário e total dos produtos vendidos:

Produto X:

$$18 \times 33.171 \text{ MJ} = 597.078 \text{ MJ}$$

Produto Y:

$$25 \times 13.778 \text{ MJ} = 344.450 \text{ MJ}$$

e) Quantidade de energia nos produtos em estoque:

Produto X:

Estoque Inicial + Entradas – Saídas

$$6 \text{ peças} + 22 \text{ peças} - 18 \text{ peças}$$

$$10 \text{ peças} \times 33.171 \text{ MJ}$$

$$\text{Energia nos produtos em estoque} = 331.710 \text{ MJ}$$

Produto Y:

Estoque Inicial + Entradas – Saídas

$$9 \text{ peças} + 22 \text{ peças} - 25 \text{ peças}$$

$$6 \text{ peças} \times 13.778 \text{ MJ}$$

$$\text{Energia nos produtos em estoque} = 82.668 \text{ MJ}$$

Com os dados obtidos para essas duas empresas exemplo, a seguir temos a seguinte conclusão:

4.8.6 Comparação entre os custos energéticos

Verificando as apurações dos custos das empresas hipotéticas *Cia A* e a *Cia B*, podemos comparar os seus resultados.

A *Cia A*, preocupada com o meio ambiente, optou pela matéria prima: **Borracha natural, com Intensidade Energética de 56.201 MJ.**

A *Cia B*, considerando apenas a maximização de seus lucros financeiros, optou pela matéria prima: **Borracha sintética, com Intensidade Energética de 151.341 MJ**, ou seja, quase três vezes maior que a Borracha Natural.

Com os resultados obtidos no *teste exemplificado do método desenvolvido*, podemos observar:

- Na *Cia A*:

- a) o custo energético unitário do Produto X é de 10.975 MJ; e
- b) o custo energético de seu Produto Y é de 4.666 MJ.

- Na *Cia B*:

- a) o custo energético unitário do Produto X é de 33.171 MJ; e
- b) o custo energético de seu Produto Y é de 13.778 MJ.

Verifica-se no exemplo que a decisão tomada pela matéria prima das empresas pode levar a uma incidência enérgica cerca de três vezes maior.

Concluimos, portanto, ser a mensuração energética diferente daquela decorrente da ação do mercado, onde o valor dos produtos e serviços depende dos preços do sistema econômico e das condições de oferta e procura. Neste caso não é computado o valor da contribuição dos ecossistemas naturais e sim sua escassez ou abundância pontual. Dessa forma os preços não cumprem o papel de informar corretamente a situação de sustentabilidade no longo prazo das ações econômicas. Dado que o valor do recurso em unidade de energia, qualquer que seja ela, deveria considerar a contribuição da natureza na sua formação. Caso esta informação fosse incorporada dentro do sistema de custos, sinalizaria às empresas e aos consumidores para escolhas futuras em direção à sustentabilidade ambiental da sociedade.

À medida em que aumenta o crescimento do sistema econômico e seu impacto no meio ambiente, torna-se evidente ser infrutífero tentar mensurar esses impactos em moeda. Há que se olhar o sistema que alimenta a vida, que é o sistema natural, ou seja: Se hoje os seres humanos avaliam seus produtos e serviços com valores de mercado, provavelmente no futuro usarão outra unidade equivalente de medida, o que exigirá o entendimento da lógica de funcionamento do sistema global. Se isso for possível poderão organizar suas ideias e ações para atuar em sintonia com os ecossistemas e a Biosfera e não contra eles.

As políticas públicas podem e devem promover o ajuste entre a economia e o ambiente. Propor políticas públicas significa estabelecer critérios para escolher uma entre várias alternativas de desenvolvimento. Por exemplo, quando ao escolher opções de produção de energia de biomassa para determinar se um empreendimento energético gera uma contribuição líquida à economia, deve-se colocar tudo em unidades de energia, só assim, será possível comparar o rendimento energético do sistema. A partir dessas informações, escolhas quanto a alternativas podem ser melhor embasadas (ORTEGA, MILLER e ANAMI, 2001) e, quando necessário, taxas ambientais poderiam ser cobradas visando reacomodar o sistema de preços em direção ao reconhecimento do trabalho dos ecossistemas naturais.

As políticas públicas devem levar em conta a variação dos recursos disponíveis com o tempo, as limitações estruturais do sistema e a correta retribuição a todos os elementos que dele participam. O trabalho dos ecossistemas naturais deve ser reconhecido, valorizado corretamente e incluído na contabilidade. O dinheiro das taxas ambientais deveria ser empregado na reposição do que foi extraído, na manutenção da fertilidade para se alcançar a sustentabilidade. Enfim, todos os componentes do sistema devem ser beneficiados, especialmente a parte que sustenta a produção e, não somente como ocorre atualmente, em que se dá especial atenção ao processamento e consumo. (ORTEGA, MILLER e ANAMI, 2001)

Com a implementação de políticas públicas que visem a eficiência energética, a certificação seria um instrumento de qualificação do processo de produção da empresa que utilizou-se de materiais e serviços de menor intensidade energética, o que abriria novas condições para outras formas de controle, como a etiquetagem.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1. Implementação de Políticas Públicas com Base na Contabilidade Energética

Cada vez mais, as questões ambientais vêm influenciando as tomadas de decisões nas políticas de desenvolvimento. Isso se dá não somente por força de mecanismos legais, econômicos e normativos, mas também pela imposição do próprio meio ambiente, que o sinaliza por meio de exaustão dos recursos, aumento dos custos ambientais, danos à saúde, desastres ambientais, entre outros, em resposta às intervenções que direta ou indiretamente contribuem para a sua deterioração. Face às repercussões econômicas, que elevam os custos das políticas implementadas, o meio ambiente acaba por ter influência nas tomadas de decisão.

Nesse sentido, como afirma Bursztyn (1993), um importante vetor de apoio ao desenvolvimento sustentável é o estabelecimento de políticas públicas indutoras de comportamentos coerentes com o imperativo da qualidade ambiental. Para isso, o Estado deve atuar, ainda que indiretamente, por meio de instrumentos econômicos (sistema tributário e de crédito, condicionados a critérios ambientais) e normativos/legais. E deve, também, se valer de mecanismos contratuais, onde a função pública é de mediação, mas assegurando a validade de pactos, como é o caso dos sistemas de certificação legitimados pela credibilidade. E é o caso também da instituição de um pacto ético, onde a produção de conhecimentos e de tecnologias deixe de se orientar principalmente pela razão instrumental e pela lógica do mercado, para se preocupar, acima de tudo, com o bem-estar e a perenidade da vida (princípio da precaução).

Assim, um Estado atuante deverá ter por papel regular e regulamentar as ações que, de alguma forma interfiram no meio ambiente e/ou na vida da sociedade. “A regulação quando não se dá pela mão invisível do mercado – o que nem sempre ocorre, principalmente onde o mercado é imperfeito – deve ser exercida pelo poder público, que atua como mão visível”. (BURSZTYN, 1993)

O Estado deve concentrar-se na regulamentação, na gestão de contratos sociais, na promoção de instrumentos e políticas indutoras de estratégias planejadas, na garantia da proteção social. O Estado tem enorme responsabilidade no

desenvolvimento econômico e social de um país e sobre a sustentabilidade do desenvolvimento. O potencial do Estado de alavancar, promover e de mediar mudanças na busca de fins coletivos não tem limites. (BIRD, 1997, p. 157)

Sobre o assunto, May e Vinha (2012) preconizam sobre a transversalidade das políticas públicas nos diversos setores, que necessitam de ações coordenadas de planejamento, integrando as políticas já existentes com os instrumentos especificamente voltados às mudanças climáticas.

É consenso entre os estudiosos que as medidas de adaptação devem atacar as vulnerabilidades numa perspectiva sistêmica, na qual as dimensões ecológica, geofísica e socioeconômica têm igual importância, tendo em vista sua natureza multicausal e não linear. Consequentemente, as políticas públicas devem contemplar ações coordenadas de planejamento, procurando atuar nos limites da transversalidade existentes nos diferentes setores (agrícola, energia, transporte, florestal etc.), e procurar integrar as políticas e instrumentos de gestão territorial já existentes com os especificamente voltados às mudanças climáticas.

(MAY e VINHA, 2012, p. 232)

5.1.1. Certificação Para a Adoção de Relatórios Com Base no Custo Energético

A certificação é um instrumento que visa garantir determinadas características de produtos ou processos produtivos. Pode ser compreendida como uma mera ferramenta de mercado. Entretanto pode-se utilizá-la para contribuir com as mudanças socioambientais, transformando-se também num mecanismo de governança. (PINTO, 2008)

Em algumas áreas do conhecimento, como por exemplo na agropecuária, algumas formas de certificação com a finalidade socioambiental já foram desenvolvidas e se assemelham aos objetivos desta tese.

Além da escolha pessoal, poderão ser desenvolvidas políticas públicas visando o monitoramento dos processos de produção e seus impactos à sustentabilidade e qualidade de vida:

(...) consumidores optam por produtos oriundos de processos comprometidos com o desenvolvimento sustentável, influenciando sua forma de produção. Além dos consumidores no ato da compra, a sociedade civil pode passar a ter maneiras de influenciar e monitorar

processos produtivos e empreendimentos que interferem na sua qualidade de vida. (PINTO, 2008, p. 22)

Importante destacar que além dos consumidores no ato da compra, com a possibilidade do uso da ferramenta objeto desta tese, a sociedade civil poderá utilizar-se da mesma para influenciar nos processos produtivos e nos empreendimentos que interferem na sua qualidade de vida.

Os componentes de um sistema de certificação são os seguintes:

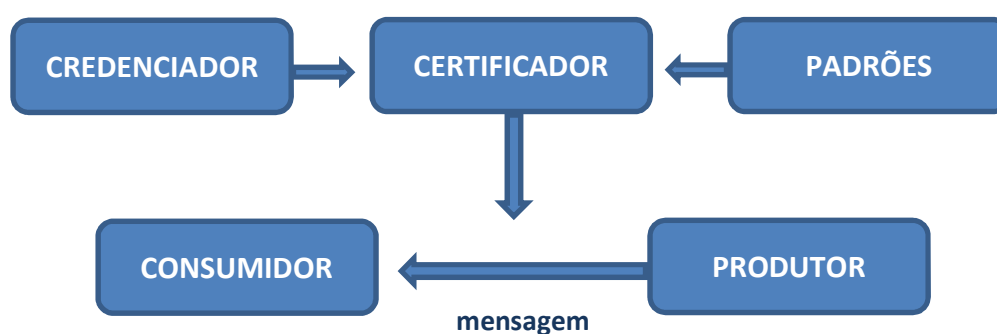


Figura 23: Sistema de certificação. Fonte: adaptado de Pinto (2008)

Como exemplo, transcrevemos abaixo os sistemas de certificação existentes na área agropecuária, onde destacam-se os seguintes (PINTO, 2008, p. 23):

- **Certificação orgânica:** avalia questões socioambientais, com ênfase na produção livre de agrotóxicos e insumos químicos, garantindo alimentos e matérias-primas saudáveis e um ambiente livre de contaminação por agrotóxicos e outras substâncias sintéticas.
- **Comércio justo:** a FLO (*Fair Trade Labelling Organization*) possui maior abrangência internacional. Beneficia pequenos produtores e lhes garantem relações comerciais diferenciadas e de longo prazo com os compradores. No Brasil está em desenvolvimento a proposta de Comércio Ético, Justo e Solidário, liderado pelo Instituto Faces.
- **Rede de Agricultura Sustentável (RAS):** criado por ONGs da América Latina para promover mudanças socioambientais na produção agrícola regional. Usa o selo *Rainforest Alliance Certified*. Hoje com atuação também em regiões tropicais da África e da Ásia. Avalia questões como a conservação da biodiversidade e relações trabalhistas na unidade de produção. Tem grande importância na certificação de commodities, como banana, cacau e café.

- GLOBALGAP: criado por redes de distribuição da Europa, com o fim de garantir a segurança sanitária dos produtos vegetais e animais que comercializam. Também considera questões trabalhistas e ambientais, mas de maneira superficial.
- Sistemas de certificação ou verificação participativa: sistema interno organizado por pequenos produtores para garantir a aplicação de normas desenvolvidas de maneira participativa. Diferencia determinadas características de produtos e processos produtivos. O de maior relevância no Brasil é o da Rede EcoVida, de produção orgânica.

5.1.2. Ações Reguladoras Governamentais Com Base no Custo Energético

Optando por consumir um produto de menor “custo energético”, as pessoas estariam contribuindo com a preservação do meio ambiente, haja vista a grande relevância do consumo de energia como fator preponderante na devastação do meio ambiente. Além da opção do consumidor, ações governamentais como mecanismos de regulação, por exemplo, poderiam ser tomadas a partir de informações do consumo energético dos produtos.

Neste contexto, TISDELL (1991), discorre sobre a racionalidade da intervenção governamental e aponta entre as razões para a intervenção, as melhorias na eficiência econômica e na distribuição de renda intra e inter-gerações, a existência de externalidades, as características de bens públicos associados à conservação da natureza, a falta de informações sobre possíveis consequências ambientais das ações humanas, problemas relacionados aos custos de transação, ao risco e à incerteza, entre outros.

Normalmente as empresas ainda procuram enfatizar seus ganhos financeiros em detrimento de benefícios sociais de longo prazo, sobre o assunto, May, Chang e Veiga (2005), asseveram:

A visão corporativa corrente tem enfatizado o ganho financeiro imediato em detrimento de benefícios sociais de longo prazo. As empresas privadas são freqüentemente malsucedidas na tarefa de prover de modo eficiente serviços sociais às comunidades (ibid, 1999a). Muitas são as razões: falta de experiência em desenvolvimento social; os serviços foram entendidos pelos participantes como despesa adicional sem garantia de retorno (isto é, eles não podem justificar as despesas sociais para seus acionistas); ou, ainda, os governos podem assim ocultar sua responsabilidade ante os problemas locais derivados da negligência resultante de

sabotagem, atraso e fracasso de projetos, responsabilizando as empresas. (MAY, CHANG e VEIGA, 2005, p. 12)

Mota, Bursztyn, *et al.* (2010), são do entendimento que o homem objetiva sua própria vantagem e que os seres humanos não têm conhecimentos adequados que possam fazer julgamento sobre a procedência das demais espécies e por isso tais valores não são revelados pelo mercado.

Isso ocorre porque “o homem tem apenas um objetivo: escolher para a sua própria vantagem; a natureza, pelo contrário, escolhe para a vantagem do próprio ser”. Assim, um ativo da biodiversidade somente tem valor quando a sua utilidade é imprescindível para a manutenção da vida na Terra. Os seres humanos não possuem conhecimentos adequados para fazer julgamento sobre a procedência da existência das demais espécies.⁷ Assim, estes valores geralmente não são revelados pelo mercado. Por seu turno, o preço significa que o recurso natural tem cotação no mercado, exibindo a conjugação de escassez e utilidade, assim como o contexto institucional para a realização de trocas. O valor não precificado nestes termos implica que o componente da natureza em questão é transcendente e metafísico, que existem outros princípios morais, éticos e espirituais que vão além do que as trocas econômicas entre seres humanos podem expressar nos mercados convencionais. (MOTA, BURSTZYN, *et al.*, 2010, p. 269)

5.1.3. Tributação Com Base no Custo Energético

MUNIZ (2014), por sua vez esclarece que é por meio da tributação que se torna viável o financiamento de direitos fundamentais e políticas públicas. Logo, a relação entre o Estado-Fiscal e o cidadão-contribuinte, pautada na supremacia do interesse público na concretização do bem-estar social, a partir da contribuição pecuniária destes àquele, mostra-se intrinsecamente vinculada. Da ideia exposta fica nítido o condão regulatório que se extrai da concepção de uma imposição tributária, cujo efeito extrapola a formação de receita (arrecadação). Os efeitos econômicos e sociais pretendidos pelo Estado quando de uso da medida extrafiscal, por materialidade, correspondem a um ato de regulação econômica ou social.

REFERÊNCIAS

- ABEL, T. Emergy, Socio cultural Hierarchy, and Cultural Evolution. *Proceedings of the 4th Biennial Emergy Research Conference*, Gainesville, 2007.
- ALIER, J. M. Decrescimento econômico socialmente sustentável, 2009. Disponível em: <<http://decrecimentobrasil.blogspot.com/2010/11/decrecimentoeconomico-socialmente.html>>. Acesso em: 23 abr. 2015.
- ALVAREZ, V. H.; ALVAREZ, G. A. M. Sistema Internacional de Unidades (SI). *Informações Agrônomicas*, Dezembro 2008. 19-22.
- ANDRADE, B. L. D.; ZYLBERSZTAJN, A.; FERRARI, N. As analogias e metáforas no ensino de ciências à luz da epistemologia de Gaston Bachelard. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 2, 2008. 231-245.
- ANP, ESTUDO TEMÁTICO. *O papel da eficiência energética no futuro mundial da energia*. [S.l.]. 2013. ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.
- ANTT. Agência Nacional de Transportes Terrestres. ANTT, 19 Fevereiro 2016. Disponível em: <http://www.antt.gov.br/index.php/content/view/4969/RNTRC_em_Numeros.html>.
- ASCIONE, M. et al. Environmental driving forces of urban growth and development An emergy-based assessment of the city of Rome, Italy. *Landscape and Urban Planning*, 24 July 2009. 238-249.
- AYRES, R. U. *Resources, environment, and economics: Applications of the materials/energy balance principle*. New York: John Wiley and Sons, 1978.
- AYRES, R. U.; KNEESE, A. V. Production, consumption and externalities. *American Economic Review*, 59, n. 3, 1969. 282-297.
- AYRES, R.; AYRES, E. *Crossing the Energy Divide. Moving from Fossil Fuel Dependence to a Clean-Energy Future*. Philadelphia: Wharton School Publishing, 2011.
- BACHELARD, G. *A formação do espírito científico*. Tradução de Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BAITELO, R. Energias renováveis: eólica e solar. In: MOREIRA, P. F.; MILLIKAN, B. *O setor elétrico e a sustentabilidade no século 21: oportunidades e desafios*. 2ª. ed. Brasília: International Rives Network, 2012. p. 71-79.
- BARNEY, J. B.; HESTERLY, W. S. *Administração estratégica e vantagem competitiva*. 3. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.
- BARTENSTEIN, E. Different costs for different purposes. *Management Accounting*, 60, 1978. 42-47.
- BASTIANONI, S. et al. Emergy as a function of exergy. *Energy*, 32, 2007. 1158-1162.
- BASTIANONI, S.; CAMPBELL, D.; RIDOLFI, R. The solar transformity of petroleum fuels. *Ecological Modelling*, 220, n. 1, 2009.

- BENATTI, L. et al. *Contabilidade introdutória*. 11. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- BENETTO, E.; DUJET, C.; ROUSSEAU, P. Integrating fuzzy multicriteria analysis and uncertainty evaluation in life cycle assessment. *Environmental Modelling & Software*, 23, 2008. 1461-1467.
- BEUREN, I. M. *Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática*. São Paulo: Atlas, 2004.
- BHATTACHARYYA, S. C. *Energy economics: concepts, issues, markets and governance*. London: Springer, 2011. p. 9, 10 p.
- BIRD. *Work development Report 1997*. The World Bank/Oxford University Press. Washington. 1997.
- BLOCHER, E. et al. *Cost management: a strategic emphasis*. 6. ed. New York: McGraw-Hill, 2010.
- BONAIUTI, M.; GEORGESCU-ROEGEN, N. *Bioeconomia*. [S.l.]: [s.n.], 2003.
- BOURDIEU, P.; CHAMBOREDON, J.-C.; PASSERON, J.-C. *A profissão de sociólogo. Preliminares epistemológicas*. Petrópolis: Vozes, 1999.
- BROWN, M. T.; ULGIATI, S. Emergy-based indices and ratios to evaluate sustainability: monitoring economies and technology toward environmentally sound innovation. *Ecological engineering*, 1997. 51-69.
- _____. S. Emergy evaluations and environmental loading of electricity production systems. *J. Cleaner Prod*, 10, 2002. 321-334.
- BUCHANAN, J. M. *Custo e escolha. Uma indagação em teoria econômica*. Rio de Janeiro: Instituto Liberal, 1993.
- BULLARD, C. W.; PENNER, P. S.; PILATI, D. A. Net energy analysis: Handbook for combining process and input-output analysis. *Resources and energy*, 1, n. 3, 1978. 267-313.
- BURSZTYN, M. *Estado e meio ambiente no Brasil*. São Paulo: Brasiliense, 1993.
- CAMPBELL, D. E.; GARMESTANI, A. S. An energy systems view of sustainability: emergy evaluation of the San Luis Basin, Colorado. *Journal of Environmental Management*, 95, n. 1, 2012.
- CATIECARTER. catiecarter. *Cartoon by Frank Miller*, 1974. Disponível em: <<http://blog.catiecarter.com/?p=1033>>. Acesso em: 05 March 2016.
- CHAPMAN, P. F. Energy analysis of nuclear power stations. *Energy Policy*, 3, n. 4, 1975. 285-298.
- CHAPMAN, P. F.; MORTIMER, N. D. Energy inputs and outputs for nuclear power stations, 1974.
- CHEN, H.; CHEN, G.; JI, X. Cosmic emergy based ecological systems modelling. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 15, n. 9, 2010. 2672-2700.
- CHENERY, H. B. The application of investment criteria. *The Quarterly Journal of Economics*, Oxford, 67, n. 1, Feb 1953. 76-96.

- CLEVELAND, C. J.; GHOSN, R. Bibliography on energy transitions. *eoearth*, 2011. Disponível em: <<http://www.eoearth.org/view/article/163285/>>. Acesso em: 5 March 2016.
- COMMONER, B. *The Closing Circle*. New York: Knopf, 1971.
- CONNOLLY, T. J.; SPRAUL, J. R. *Report of the NSF-Stanford workshop on net energy analysis*. Calif. 1975. Vol. 1.
- CONPET. Portal Conpet. *Conpet*, 21 Fevereiro 2016. Disponível em: <<http://www.conpet.gov.br>>.
- CONTENÇAS, P. *A eficácia da metáfora na produção da ciência*. Lisboa: Piaget, 2007.
- COSTA, L. L. et al. Economia e sustentabilidade: a geração de dois motores. *Pesquisa e Ação*, Mogi das Cruzes, maio 2018. 171-182.
- CPC. *Estrutura Conceitual para Elaboração e Divulgação de Relatório Contábil-Financeiro*. COMITÊ DE PRONUNCIAMENTOS CONTÁBEIS. Brasília. 2011. (CPC 00 (R1)). Correlação às Normas Internacionais de Contabilidade – The Conceptual Framework for Financial Reporting (IASB – BV 2011 Blue Book).
- CURCURÙ, G. et al. Epistemic uncertainty in fault tree analysis approached by the evidence theory. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 25, n. 4, 2012. 667-676.
- DALE, B. E. Thinking clearly about biofuels: ending the irrelevant ‘net energy’ debate and developing better performance metrics for alternative fuels. *Wiley InterScience*, 23 May 2007. 14-17.
- D'ÁURIA, F. *Primeiros princípios de contabilidade pura*. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1949.
- D'AVIGNON, A. Energia, inovação tecnológica e mudanças climáticas. In: MAY, P. H. *Economia do Meio Ambiente*. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. Cap. 10, p. 221-243.
- DUFFY, M. C. Technomorphology, innovation and energy analysis: I. concepts and perspective. *Journal of Mechanical Working Technology*, 7, n. 3, February 1983. 233-267.
- DUIT, R. On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science education*, 75, 1991. 649-672.
- DYER, C. H. et al. Enabling technologies for industrial energy demand management. *Energy Policy*, Bath, 12 December 2008. 4434-4443.
- EASTERLIN, R. A. Does Economic Growth Improve the Human Lot? Some Empirical Evidence. *Nations and Households in Economic Growth: Essays in Honor of Moses Abramovitz*, New York, 1974. 89-125.
- EASTERLIN, R. A. et al. The happiness–income paradox revisited. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107, n. 52, 1 October 2010. 22463-22468.
- ECONOMIAS. Os Trabalhos que Gastam Mais e Menos Calorias. *Economias*, 2016. Disponível em: <<https://www.economias.pt/os-trabalhos-que-gastam-mais-e-menos-calorias/>>. Acesso em: 28 Julho 2018.

- EHRlich, P. R.; HOLDREN, J. P. Impact of population growth. *Science*, 171, n. 3977, 26 March 1971. 1212-1217.
- _____. Review of the closing circle. *Environment*, 14, n. 3, 1972.
- EIA. *U.S. Energy Information Administration (EIA)*, 19 Julho 2011. Disponível em: <<http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=2270>>. Acesso em: 13 Abril 2015.
- EKINS, P. A four-capital model of wealth creation. *Real-life economics: understanding wealth creation*, London, 460, 1992. 147-155.
- EPE. Empresa de Pesquisa Energética, 2009. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br>>. Acesso em: 24 Fevereiro 2016.
- _____. NOTA TÉCNICA. *Análise da inserção da geração solar na matriz elétrica brasileira*. Rio de Janeiro. 2012.
- _____. NOTA TÉCNICA. *Plano Decenal de Expansão de Energia 2024*. Brasília. 2015.
- FINNEY, H. A.; MILLER, H. E. *Principles of Accounting Introductory*. 6. ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1963.
- FISCHER-KOWALSKI, M. Climate Change, Social Metabolism, and Human Well-being, 2008. Disponível em: <http://www.asanet.org/research/NSFClimatChangeWorkshop_120109.pdf>. Acesso em: 18 maio 2015. Workshop on Sociological Perspectives on Global Climate Change.
- FLORENTINO, A. M. *Teoria e Análise Contábil*. Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas, 1960.
- FRANCO, H. *Fundamento científico da contabilidade*. São Paulo: Gramatical, 1950.
- FRIEDRICH, C. D. Two Men Contemplating the Moon. *artnet*, 1830. Disponível em: <<http://www.artnet.com/Magazine/reviews/robinson/robinson9-10-3.asp>>. Acesso em: 5 March 2016.
- GENONI, G. P. Towards a conceptual synthesis in ecotoxicology. *Oikos*, Oxford, 80, 1997. 96-106.
- GEORGESCU-ROEGEN, N. *The entropy law and the economic problem. Valuing the Earth: Economics, ecology, ethics*. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, 1993. 75-88 p.
- GIEE. Gund Institute for Ecological Economics - University of Vermont. *uvm.edu*, 2016. Disponível em: <<http://www.uvm.edu>>. Acesso em: 9 March 2016.
- GLYNN, S. M. Teaching science with analogies: a resource for teachers and textbook authors. *Instructional Resource*, Athens, GA, 1994.
- GOELLER, H. E.; WEINBERG, A. M. The age of substitutability. *Science*, 191, 1976. 683-689.
- GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energias renováveis: um futuro sustentável. *Revista USP*, 72, dezembro/fevereiro 2007. 6-15.
- _____. *Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento*. 11. ed. São Paulo: Edusp, 2011. 400 p.

- GOLDEMBERG, J.; NASTARI, P. M.; LUCON, O. Ethanol learning curve – The Brazilian experience. *Biomass & Bioenergy*, 2004. 301-304.
- HAKES, J. 35 Years After the Arab Oil Embargo. *IAGS Journal of Energy Security*, Potomac, 6 October 2008. Disponível em: <http://www.ensec.org/index.php?option=com_content&view=article&id=155:35yearsafterthearaboilembargo&catid=83:middle-east&Itemid=324>.
- HANNON, B.; HENDEREEN, R. A.; BLAZECK, T. Energy and Labor Intensities for 1972. *Energy Research Group Document*, Urbana, April 1981. 307.
- HANSEN, D.; MOWEN, M.; GUAN, L. *Cost management: accounting and control*. 6. ed. Mason: Cengage Learning, 2009.
- HANSS, M.; TURRIN, S. A fuzzy-based approach to comprehensive modeling and analysis of systems with epistemic uncertainties. *Structural Safety*, 32, n. 6, 2010. 433-441.
- HÉMERY, D.; DEBIER, J.-C.; DELÉAGE, J.-P. *Uma história da energia*. Tradução de Sérgio Salvo BRITO. Brasília: UnB, 1993. 440 p.
- HENDRIKSEN, E. S.; VAN BREDA, M. F. *Teoria da Contabilidade*. Tradução de Antonio Zoratto Sanvicente. São Paulo: Atlas, 1999.
- HENRIQUES JR., M. F. Potencial de redução das emissões de gases de efeito estufa no setor industrial brasileiro. *Tese de Doutorado. Programa de Planejamento Energético, COPPE/UFRJ*, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em <http://ppe.ufrj.br>.
- HERENDEEN, R. A.; BULLARD, C. W. *Energy Cost of Goods and Services: 1963 and 1967*. University of Illinois. [S.I.]. 1974.
- HERENDEEN, R.; TANAKA, J. *CAC Document 171, April*. University of Illinois. [S.I.]. 1975.
- HERRING, H.; SORREL, S. *Energy efficiency and Sustainable Consumption: The Rebound Effect*. Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2009.
- HOUAISS, A.; VILLAR, M. D. S. *Dicionário Houaiss da língua portuguesa*. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001.
- HUETTNER, D. A. Energy analysis and ultimate limites. *Energy modeling and net energy analysis*, Colorado Springs, August 1978. 279-288.
- IBRACON. *Instituto dos Auditores Independentes do Brasil - Normas Internacionais de Contabilidade 2001*. São Paulo: IASB, 2002.
- IEA - International Energy Agency. Tracking Industrial Energy Efficiency and CO² Emissions. *International Energy Agency*, Paris, 2007. 321pp.
- _____. *Internacional Energy Outlook 2013*. International Energy Agency. Paris. 2013.
- _____. [iea.org](http://www.iea.org/aboutus/). *International Energy Agency*, 2016. Disponível em: <<http://www.iea.org/aboutus/>>. Acesso em: 7 March 2016.
- IFIAS 1974. *Energy Analysis Workshop on Methodology and Conventions*. International Federation of Institutes for Advanced Study. Guldsmeshyttan. 1974. (Workshop Report nº 6).

- IFIAS 1975. *Energy analysis and economics 1975*. International Federation of Institutes for Advanced Study. Lidingö, p. 151-204. 1978. (Workshop Report nº 9).
- IFRS - SUMÁRIO TÉCNICO. *International Financial Reporting Standards - A Estrutura Conceitual para Demonstrações Financeiras 2013*. IFRS. [S.I.]. 2013.
- INEE - Instituto Nacional de Eficiência Energética. *A eficiência energética e o novo modelo do setor energético*. Instituto Nacional de Eficiência Energética. Rio de Janeiro, p. 74. 2001.
- _____. *Instituto Nacional de Eficiência Energética*, 2015. Disponível em: <<http://www.inee.org.br>>. Acesso em: 7 Março 2016.
- INGWERSEN, W. W. Uncertainty characterization for emergy values. *Ecological Modelling*, 2010. 445-452.
- IPCC. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- IUDICIBUS, S. D. *Teoria da Contabilidade*. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- JACKSON, T. *Prosperity without growth: Economics for a finite planet*. New York: Routledge, 2011.
- JANNUZZI, G. D. M. *Políticas públicas para eficiência energética e energia renovável no novo contexto de mercado: uma análise da experiência recente dos EUA e do Brasil*. Campinas: Autores Associados, 2000.
- JEVONS, W. S. *The coal question: An Inquiry concerning the Progress of the Nation, and the Probable Exhaustion of our Coal Mines*. (1906) 3. ed. New York: Kelley, 1865.
- JOCHEM, E.; GRUBER, E. Local learning-networks on energy efficiency in industry - Successful initiative in Germany. *Applied Energy*, 8 August 2007. 806-816.
- L'ABBATE, P. *Material Flow Management. Evolution of The Analysis os Input/Output in Physical Units*. The 20th International Input-Output Conference and the 2nd Edition of the International School of Input-Output Analysis. Bratislava: [s.n.]. 2012.
- LEACH, G. Net energy analysis - is it any use? *Energy Policy*, 3, 1975. 332-344.
- LLOYD, S. M.; RIES, R. Characterizing, propagating, and analyzing uncertainty in. Life-cycle assessment. A survey of quantitative approaches. *Journal of Industrial Ecology*, 11, n. 1, 2007. 161-179.
- LOTKA, A. J. Contribution to the energetics of evolution. In: LOTKA, A. J. *Biology*. Baltimore: Johns Hopkins University, v. 8, 1922. p. 147-151.
- MACHADO, A. C. *Pensando a energia*. Rio de Janeiro: Eletrobras, 1998.
- MAHER, M. *Contabilidade de Custos*. Tradução de Jose Evaristo SANTOS. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, E. M. *Metodologia científica*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2004.

- MARTINS, E.; ROCHA, W. *Métodos de custeio comparados*. São Paulo: Atlas, 2010.
- MASI, V. Francisco D'Auria ea Contabilidade Contemporânea. *Revista Paulista de Contabilidade*, São Paulo, 379, 1958. 8-9.
- MAY, P. H. Economia Ecológica e o Desenvolvimento Eqüitativo no Brasil. In: MAY, P. H. *Economia Ecológica. Aplicações no Brasil*. Rio de Janeiro: Campus, 1995. p. 1-20.
- MAY, P. H.; CHANG, M.; VEIGA, F. C. Incorporando o desenvolvimento sustentável aos projetos de carbono florestal no Brasil e na Bolívia. *Estudos Sociedade e Agricultura*, Rio de Janeiro, 13, 2005. 5-50.
- MAY, P. H.; VINHA, V. D. Adaptação às mudanças climáticas no Brasil: o papel do investimento privado. *Estudos Avançados*, São Paulo, 26, n. 74, jan 2012. 229-246. Disponível em: <<http://www.periodicos.usp.br/eav/article/view/10635/12377>>. Acesso em: 22 julho 2018.
- MIRANDA, J. R. Sustentabilidade Agrícola e Biodiversidade Faunística - O caso do cultivo orgânico de cana-de-açúcar, 19 Junho 2008. Disponível em: <>. Acesso em: 2 Fevereiro 2016.
- MOLINA, M.; MOLINA, L. T. Megacities and Atmospheric Pollution. *J. Air & Waste Management Association*, 54, 2004. 644-680.
- MOORE, W. J. *Físico-Química*. 4. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1976.
- MOREIRA, R. J. Críticas ambientalistas à revolução verde. *Estudos sociedade e agricultura*, 2013. 39-52.
- MOTA, J. A. et al. A valoração da biodiversidade: conceitos e concepções metodológicas. In: H., M. P. *Economia do Meio Ambiente*. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. Cap. 12, p. 265-288.
- MUNIZ, V. C. Tributação & Regulação: um diagnóstico sobre inter-relações possíveis. *Revista Brasileira de Políticas Públicas*, Brasília, 4, jan-jun 2014. 215-222.
- NASCIMENTO, J. A. A sistematologia do Prof. Francisco D'Áuria. *Revista Paulista de Contabilidade*, São Paulo, Stembro 1953. 15.
- NIEUWLAAR, E. *Developments in energy analysis (Doctoral dissertation)*. Amsterdam: Rijksuniversiteit TE Utrecht, 1988.
- NOREEN, E. W.; BREWER, P. C.; GARRISON, R. H. *Managerial accounting for managers*. 2. ed. New York: McGraw-Hill Irwin, 2011.
- NSF. National Science Foundation. *nsf.gov*, 2016. Disponível em: <<http://www.nsf.gov/about/>>. Acesso em: 9 March 2016.
- O GLOBO - ACERVO. *acervo.oglobo*. *Acervo O Globo*, 1973. Disponível em: <<http://acervo.oglobo.globo.com/fotogalerias/a-oep-a-crise-do-petroleo-9930439#ixzz42Kp9s1AX>>. Acesso em: 8 Março 2016.
- ODUM, E. P.; BARRET, G. W. *Fundamentals of ecology*. Philadelphia: Saunders, v. 3, 1971.
- ODUM, H. T. *Environment, power, and society*. New York: Wiley-Interscience, v. 130, 1971.

- _____. Energy, ecology, and economics. *Energy in Society: A Special Issue*, 2, 1973. 220-227.
- _____. *Environmental accounting, Energy and Decision Making*. New York: Wiley, 1996.
- _____. Handbook of emergy evaluation. *Center for environmental policy*, Gainesville, 2000.
- _____. An Energy Hierarchy Law for Biogeochemical Cycles. *Emergy Synthesis*, Gainesville, 2001a. 235-247. University of Florida.
- _____. Emery evaluation of salmon pen culture. *Microbehavior and Macroresults: Proceedings of the Tenth Biennial Conference of the International Institute of Fisheries Economics and Trade*, Corvallis, 2001b.
- _____. *Environment, Power, and Society for the Twenty-first Century: The Hierarchy of Energy*. New York: Columbia University Press, 2007.
- ODUM, H. T.; ODUM, E. C. *Declínio Próspero*. Tradução de Enrique Ortega. Petrópolis: Vozes, 2013.
- OLIVEIRA, M. J. D. *Termodinâmica*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005.
- ONS. Operador Nacional do Sistema Elétrico. ONS, 19 Fevereiro 2016. Disponível em: <<http://www.ons.org.br/>>.
- ORAU. ORAU History - 1974. *orau.org*, 2016. Disponível em: <<http://www.orau.org/about-orau/history/1974.aspx>>. Acesso em: 9 March 2016.
- ORTEGA, E. Contabilidade e diagnóstico de sistemas usando os valores dos recursos expressos em emergia, Campinas, 2002. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/fea/ortega/extensao/resumo.pdf>>. Acesso em: 06 maio 2015.
- _____. <http://www.unicamp.br/fea/ortega/ecologia/>. *http://www.unicamp.br/fea/ortega/homepage.htm*, 2004. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/fea/ortega/ecologia/desafio-14.htm>>. Acesso em: 19 jul. 2018.
- ORTEGA, E.; BACIC, M. J. Uso da metodologia emergética na análise dos sistemas de produção e consumo. *FEA. IE. Unicamp*, Campinas, 2009. 1-19.
- ORTEGA, E.; MILLER, M.; ANAMI, M. H. From emergy analysis to public policy: soybean in Brazil. *Proceedings of the Second Biennial Emery Research Conference, Center for Environmental Policy, University of Florida*, Gainesville, September 2001. 20-22. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/fea/ortega/soja/soja061101.pdf>>. Acesso em: 09 Agosto 2018.
- PBMC. Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas, 2011. Disponível em: <<http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/>>. Acesso em: 24 Fevereiro 2016.
- _____. *Mitigação das mudanças climáticas*. PBMC - Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Rio de Janeiro, p. 463. 2014.

- PEREIRA, M. M. Inclusão e universidade: análise de trajetórias acadêmicas na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul. *Dissertação de Mestrado*, Porto Alegre, 2007.
- PERELMAN, C. *Analogia e metáfora*. Lisboa: Imprensa Nacional/Casa da Moeda, v. 11, 1987.
- PERELMAN, C.; OLBRECHTS-TYTECA, L. *Tratado da argumentação. A nova retórica*. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2005.
- PERRY, A. M. et al. *Net energy analysis of five energy systems*. NASA STI. [S.l.], p. 10534. 1977. v.79.
- PINTO, L. F. G. Rumo à sustentabilidade. In: MENEZES, M. *AgroANALYSIS*. [S.l.]: [s.n.], v. 28, 2008. Cap. 2, p. 21-36.
- PROCEL. Procelinfo. *Procel*, 21 Fevereiro 2016. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br>>.
- PULSELLI, F. M.; COSCIEME, L.; BASTIANONI, S. Ecosystem services as a counterpart of energy flows to ecosystems. *Ecological Modelling*, 222, n. 16, 2011. 2924-2928.
- REN21. *Renewable 2014 Global Status Report*. REN21 Secretariat. Paris. 2014.
- REZA, B.; SADIQ, R.; HEWAGE, K. A fuzzy-based approach for characterization of uncertainties in energy synthesis: an example of paved road system. *Journal of Cleaner Production*, 59, 12 July 2013. 99-110.
- RIBEIRO, M. D. S.; MARTINS, E. A informação como instrumento de contribuição da contabilidade para a compatibilização no desenvolvimento econômico e a preservação do meio ambiente. *Caderno de Estudos - FIECAFI*, 1993.
- ROBERTS, F. The convention conventions: The IFIAS Stockholm Workshops, convened to establish the basic ground rules for energy analysis Proceedings are available from IFIAS, Nobel House, Sturegetan 14, Box 5344 5-102 46, Stockholm, Sweden. *Energy Policy*, December 1975. 345-347.
- RODRIGUES, L. P. *Introdução à sociologia do conhecimento da ciência e do conhecimento científico*. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2005.
- _____. Analogias, modelos e metáforas na produção do conhecimento em ciências sociais. *Pensamento Plural*, Pelotas, Julho 2007. 11-28.
- ROSNAY, J. D. Energy & Survival. *Future Positive*, Paris, 5 August 2003. 18.
- ROSS, T. J. *Fuzzy Logic with Engineering Applications*. Albuquerque: Wiley, 2004.
- SALVATORE, D. *Schaum's outline of theory and problems of microeconomic theory*. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 1992.
- SANTOS, A. M.; GALVÍNCIO, J. D.; MOURA, M. S. B. Mudanças climáticas e o escoamento superficial na bacia hidrográfica do rio Goiana - Pernambuco - Brasil. *Investigaciones Geográficas. Boletín Del Instituto de Geografía*, Tlalpujahuá, 2013. 51-65.
- SANTOS, C. T.; FAVARO, F.; PARENTE, V. Previsão de fabricação de carros bicompostíveis e de demanda de etanol no Brasil em 2014. *Future Studies Research Journal: Trends and Strategies*, São Paulo, jan/jun 2010. 85-98.

- SCHMIDT, H. W. ICMS - o crédito nas aquisições de materiais para Uso e Consumo. *Revista Brasileira de Contabilidade*, Brasília, n. 149, Agosto 2011. 30-43. Disponível em:<. >. Acesso em: 01 Agosto 2018.
- SCHMIDT, P. *História do pensamento contábil*. Porto Alegre: Bookman, 2000.
- SCHURR, S. H.; NETSCHERT, B. C. *Energy in the American economy, 1850-1975: an economic study of its history and prospects*. Baltimore: Johns Hopkins Press, 1960. 774 p.
- SCHUTTE, G. R. Energia e desenvolvimento sustentável no Brasil em comparação internacional. *Revista do Serviço Público*, Brasília, abr/jun 2015. 227-255.
- SCIENCEMAN, D. M. Energy and Emergy. *Environmental economics : the analysis of a major interface*, Geneva, 1987. 257-276.
- SEELKE, C. R.; YACOBUCCI, B. D. Ethanol and other biofuels: potential for US-Brazil energy cooperation. *Congressional Research Service*, September 2007.
- SHIM, J. K.; SIEGEL, J. G. *Modern cost management & analysis*. Hauppauge: Barons Educational Series, 2009.
- SLESSER, M. *Energy in the Economy*. New York: St. Martin's Press, 1978.
- SORRELL, S. Energy, Economic Growth and Environmental Sustainability: Five Propositions. *Sustainability*, 18 June 2010. 1784-1809.
- SPRENG, D. *Net Energy Analysis and the Energy Requirements of Energy Systems*. New York: Praeger, 1988.
- TAHERI, S. M.; ZAREI, R. Bayesian system reliability assessment under the vague environment. *Applied Soft Computing*, 11, n. 2, 2011. 1614-1622.
- TAYLOR, R. P. et al. *Financing Energy Efficiency: Lessons from Brazil, China, India, and Beyond*. Washington: The World Bank, 2008.
- TESFAMARIAM, S.; SADIQ, R. Risk-based environmental decision-making using fuzzy analytic hierarchy process (F-AHP). *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 2006. 35-50.
- TISDELL, C. A. *Economics of conserving natural areas: national parks and protected areas*. Queensland: Elsevier Science Publishers BV, 1991. 123-139 p.
- TOCQUEVILLE, A. D. *Democracy in America*. Tradução de C. B. Henry Reeve. Washington: Regnery Publishing, Inc, v. 10, 2002. This edition originally published, London, 1889, by Longmans, Green, and Co.
- TOLMASQUIM, M. T. *Integração das Fontes Renováveis Intermitentes na América Latina*. Lima: Corporación Andina de Fomento, 2017.
- TOLMASQUIM, M. T.; GUERREIRO, A.; GORINI, R. Visão Prospectiva da Matriz Energética Brasileira: Energizando o desenvolvimento sustentável do país. *Revista Brasileira de Energia*, 2007. 1-19.
- TORRES, D. F. et al. Modelo de avaliação da relação entre a reputação e o valor da marca: um estudo no setor automotivo. *GESTÃO. Org-Revista Eletrônica de Gestão Organizacional*, Recife, 9, Jan/Abr 2011. 57-85.

- U. S. DEPARTMENT OF ENERGY. A History of the Energy Research and Development Administration - written by Alice L. Buck. *Department of Energy*, Washington, D.C, March 1982. 22.
- ULGIATI, S.; BROWN, M. T. Monitoring patterns of sustainability in natural and man-made ecosystems. *Ecological Modeling*, 108, 1998. 23-36.
- UNEP - United Nations Environment Programme. Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth. A Report of the Working Group on Decoupling to the International Resource Panel. *unep.org*, 2011a. Disponível em: <http://www.unep.org/resourcepanel/decoupling/files/pdf/Decoupling_Report_English.pdf>. Acesso em: 18 maio 2015.
- _____. Green economy pathways to sustainable development and poverty eradication. United Nations Environment Programme. *unep.org*, 2011b. Disponível em: <http://www.unep.org/GreenEconomy/Portals/93/documents/Full_GER_screen.pdf>. Acesso em: 18 maio 2015.
- VEIGA, J. E. A insustentável utopia do desenvolvimento. In: LAVINAS, L.; CARLEIAL, L.; NABUCO, M. R. *Reestruturação do espaço urbano e regional no Brasil*. 2. ed. São Paulo: Hucitec, v. 19, 1993. p. 149-169.
- VICTOR, P. A. *Managing without growth: slower by design, not disaster*. Northampton: Edward Elgar Publishing, 2008.
- VON BERTALANFFY, L. *Organismic psychology and systems theory*. Worcester: Clark University Press, 1968.
- WEBB, M.; PEARCE, D. The economics of energy analysis. *Energy Policy*, 3, n. 4, 1975. 318-331.
- WEBSTER, T. J. *Managerial Economics: theory and practice*. San Diego: Academic Press, 2003.
- WEIL, R. L.; MAHER, M. W. *Handbook of cost management*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2005.
- WORRELL, E. et al. Industrial energy efficiency and climate change mitigation. *Energy Efficiency*, 2, 30 November 2009. 109-123.
- YOKELL, M. D. Physical efficiency and economic efficiency. *Energy and Resources Seminar*, Berkeley, 10 November 1976.
- YOUNG, C. E. F. Contabilidade ambiental nacional: fundamentos teóricos e aplicação empírica no Brasil. In: MAY, P. H. *Economia do meio ambiente*. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. Cap. 6, p. 133-159.
- ZHENG, C.; DANIEL, M. An innovation-focused road map for a sustainable global photovoltaic industry. *Energy Policy*, Amsterdam, 67, april 2014. 159-169.