

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA  
E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL  
CAMPUS BENTO GONÇALVES**

**UM OLHAR PARA A TEMÁTICA ENERGIA AO LONGO DA HISTÓRIA À LUZ DA  
PERSPECTIVA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE**

**RAFAEL DE SOUZA**

**Bento Gonçalves, novembro de 2016**

**RAFAEL DE SOUZA**

**UM OLHAR PARA A TEMÁTICA ENERGIA AO LONGO DA HISTÓRIA À LUZ DA  
PERSPECTIVA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado junto ao curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Campus Bento Gonçalves como requisito parcial à obtenção do título de Licenciatura em Física.

Orientador (a): Prof. Me. Camila Riegel Debom

**Bento Gonçalves, novembro de 2016**

“Vivemos numa sociedade intensamente dependente da ciência e da tecnologia, em que quase ninguém sabe algo sobre ciência e tecnologia.”

(Carl Sagan).

## RESUMO

O presente trabalho relata uma pesquisa que objetivou descrever as diversas transformações da humanidade no domínio das fontes de energia, bem como suas influências na vida do homem e no meio ambiente, mediante a perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS). Com uma abordagem histórica, relacionou-se o desenvolvimento científico-tecnológico com a utilização e exploração das fontes de energia no mundo e no Brasil. Acredita-se que o diferencial da abordagem histórica auxilia na elaboração de propostas de ensino mediante perspectiva CTS. Para tanto, utilizou-se como método, para coleta de dados, a pesquisa bibliográfica, por meio de estudo teórico das formas de energia utilizadas pelo homem por meio da história. A partir da coleta dos dados, fundamenta-se a importância da abordagem histórica como auxílio às aulas cujo tema de estudo seja energia. Por meio de todo o estudo realizado e apresentado, acredita-se na potencialidade deste trabalho para o desenvolvimento de propostas nas aulas de Física e das demais ciências naturais, motivando salientar a importância da energia, a partir da relação de seu contexto histórico com a perspectiva CTS.

**Palavras-Chave:** Física. Energia. CTS. Ensino de Ciências.

## **ABSTRACT**

This work reports a study that aimed to analyze the result of humanity's achievements in the field of energy sources and their influence on human life and the environment, through the Science-Technology-Society Perspective (STS). With a historical approach, related to the scientific and technological development resulting from the use and exploitation of energy sources in the world and in Brazil. It is believed that the innovative approach can assist in the development of educational proposals within the STS perspective. Thus, it was used as a method for data collection from literature, through theoretical study of the forms of energy used by humans throughout history. The data support the importance of the historical approach as an aid to classes whose subject of study is energy. Through the entire study as it's presented, stays evident the potential of this work to develop proposals within the classes of Physics and other sciences, motivating to rescue the importance of energy, relating its historical context with the STS perspective.

**Keywords:** Physics. Energy. STS. Science Teaching.

## LISTA DE SIGLAS

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica  
ANP – Agência Nacional de Petróleo  
A.E.C – Antes da era comum  
BID - Banco Interamericano de Desenvolvimento  
BM – Banco Mundial  
CNE – Conselho Nacional de Educação  
CCMA - Conselho Consultivo de Meio Ambiente  
CEMIG - Centrais Elétricas de Minas Gerais  
CEPAL - Comissão Econômica para a América Latina  
CHESF - Companhia Hidroelétrica do São Francisco  
CHEVAP - Companhia Hidroelétrica do Vale do Paraíba  
CO<sub>2</sub> – Dióxido de Carbono  
CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente  
COPEL - Companhia Paranaense de Energia Elétrica  
DNPM - Departamento Nacional da Produção Mineral  
E.C – Era comum  
EIA - Estudo de Impacto Ambiental  
ELETROBRÁS – Centrais Elétricas Brasileiras S/A  
ELETRONORTE - Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A  
EPE - Empresa de Pesquisa Energética  
EUA – Estados Unidos  
FHC – Fernando Henrique Cardoso  
FMI - Fundo Monetário Internacional  
FURNAS - Centrais Elétricas de Furnas  
IEE - Indústria de Energia Elétrica  
MAE - Mercado Atacadista de Energia  
MCD - Modelo de Coalizão de Defesa  
MME - Ministério de Minas e Energia  
MRE - Mecanismo de Realocação de Energia  
ONS - Operador Nacional do Sistema  
ONU – Organização das Nações Unidas  
PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais  
PNE – Plano Nacional de Energia  
RIMA - Relatório de Impacto Ambiental  
TEP - Toneladas Equivalentes de Petróleo  
USAID - Agência Internacional para o Desenvolvimento

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - População Mundial 1950-2050 .....	37
Figura 2 - Taxa de Crescimento da População Mundial 1.950-2050.....	37
Figura 3 - Consumo global de energia por país: 1998. ....	39
Figura 4 - Consumo de energia por fonte para o mundo e para os Estados Unidos: 1998.....	40
Figura 5 - Projeções preliminares do consumo final de eletricidade.....	58

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2. METODOLOGIA</b> .....	<b>4</b>
<b>3. CONCEITUANDO A CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE (CTS)</b> .....	<b>8</b>
3.1 A VISÃO CLÁSSICA DE CIÊNCIA .....	14
3.2 A TECNOLOGIA.....	18
<b>4. A ENERGIA SOB UM CONTEXTO HISTÓRICO</b> .....	<b>21</b>
4.1 EVOLUÇÃO DO USO DE ENERGIAS DISPONÍVEIS NA NATUREZA .....	22
4.1.1 Comida.....	23
4.1.2 Fogo .....	25
4.1.3 Agricultura .....	26
4.1.4 Combustíveis fósseis .....	31
4.1.5 Eletricidade.....	33
4.2 EVOLUÇÃO DO SETOR DE ENERGIA NO BRASIL .....	40
4.2.1 Agricultura .....	41
4.2.2 Eletricidade.....	42
4.2.3 Petróleo.....	43
4.2.4 Etanol.....	44
<b>5. POLÍTICA ENERGÉTICA: AS HIDRELÉTRICAS NO CONTEXTO DA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA</b> .....	<b>50</b>
5.1 A EVOLUÇÃO DA INDÚSTRIA DE ENERGIA ELÉTRICA.....	52
5.2 A ATUAL FASE DA MATRIZ DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL .....	55
<b>6 A POLÍTICA ENERGÉTICA E A QUESTÃO AMBIENTAL</b> .....	<b>60</b>
<b>7. RECURSOS EM ESGOTAMENTO E A NECESSIDADE DE INVESTIMENTOS EM ENERGIA RENOVÁVEL</b> .....	<b>65</b>
7.1 FONTES ENERGÉTICAS RENOVÁVEIS .....	68
7.1.1 Biomassa .....	68
7.1.2 Etanol.....	70
7.1.3 Biodiesel .....	71
7.1.4 Biogás .....	73
7.1.5 Energia Eólica e Solar.....	74
7.2 BENEFÍCIOS SOCIAIS E ECONÔMICOS DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS.....	76
<b>8. SÍNTESE DA PROPOSTA</b> .....	<b>78</b>
8.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	82
<b>9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>85</b>



# 1. INTRODUÇÃO

A história do ser humano foi marcada pela contínua busca por energia. Grandes inovações tecnológicas estão associadas às formas de consumo e ao aumento da exploração dos recursos energéticos. A sobrevivência, a evolução e o aumento da população humana na Terra estão ligados aos inúmeros fatores, dentre eles, o domínio das diversas formas de energia utilizadas, bem como o aumento da qualidade e da expectativa de vida. Porém, sua utilização no limite da capacidade de produção, como se fosse a única forma de desenvolvimento é extremamente degradante ao meio ambiente e traz consequências desagradáveis à vida no planeta. As sociedades preocupadas com o seu desenvolvimento são dependentes de recursos energéticos, geralmente esgotáveis e poluentes, e buscam soluções para esse dilema. Entretanto, não diminuindo seu consumo.

Este trabalho se propõe a descrever, por meio da perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), a temática “energia, sua exploração e a relação com o desenvolvimento das sociedades”, propondo uma discussão da utilização de fontes de energia diversas (por exemplo, alimentos, lenha, força das águas, dos ventos e dos animais), e procura-se compreender as relações entre o desenvolvimento tecnológico, o progresso social e a degradação ambiental, a partir de uma linha histórica, tendo como pano de fundo a perspectiva CTS.

O hábito de ter alimentos na geladeira, acender a chama do fogão para cozinhar um alimento ou apertar o interruptor para ligar a lâmpada é algo corriqueiro para a sociedade moderna. Para nossos antepassados, ter alimentos, acender uma fogueira para a iluminação ou aquecimento, era o diferencial entre sobreviver ou não. Eles estavam em constante busca por alimentos e não possuíam fósforos ou lâmpadas. O domínio sobre as fontes de energia acabou sendo fundamental para a perpetuação e para a preservação da espécie humana.

Assim, pretende-se com este trabalho, explorar de forma investigativa, a constante busca do ser humano por energia e assim, respaldar questões sobre as influências na vida do homem e no meio ambiente. Nesse percurso, destacam-se questões de cunho social e econômico, relativas à importância da renovação energética no processo de desenvolvimento das sociedades.

O que impulsionou a realização deste trabalho são a importância do tema energia, suas transformações e sua influência no desenvolvimento humano. Os avanços tecnológicos, decorrentes da exploração e uso das diversas formas de energia têm dimensão sem precedentes em todos os ramos da atividade humana, seja para sobreviver ou para aumentar o conforto das pessoas. Seu uso é condição básica para a existência humana, mas também está vinculado ao progresso socioeconômico e subsistência, mas também às inúmeras alterações ambientais. A ascensão do ser humano na Terra está associada às mudanças das fontes de energia, seja ela o fogo, a agricultura ou o uso dos combustíveis fósseis.

A degradação ambiental, o aumento do consumo, bem como o esgotamento dos combustíveis fósseis, exigirá do homem, novamente, uma mudança das fontes e das formas de seu consumo. Portanto, analisar e investigar os aspectos históricos da energia, seja ela a necessidade de mudança de fontes, o aumento da demanda, a exploração e destruição dos recursos naturais é extremamente importante para que seja usada de forma eficiente e não seja o único vetor de desenvolvimento socioeconômico.

A metodologia de pesquisa utilizada para realização desse trabalho consiste basicamente em pesquisa bibliográfica em livros, artigos científicos, *sites* de internet, monografias e teses voltadas ao ensino de Física. Da mesma forma, a compreensão da perspectiva CTS baseou-se em obras de vários autores conceituados na área, como Campos (2010), von Linsingen (2003) e Auler (2007). Assim, seu objetivo foi integrar os materiais analisados, ante as perspectivas CTS e fornecer uma base histórica para o estudo do tema energia.

Este trabalho de conclusão de curso possui 8 capítulos que apresentam o tema proposto, sendo o capítulo 1 a introdução com as principais peculiaridades do trabalho. No capítulo 2, apresenta-se a metodologia utilizada. Na seção 3, conceitua-

se o enfoque CTS e expõem-se algumas definições com base em vários autores. No quarto capítulo, é abordada a importância da energia para o homem, suas várias formas, utilização e os avanços científico-tecnológicos tanto na exploração quanto na busca para melhorar a eficiência no consumo, isso por meio de uma contextualização histórica. Nesse mesmo capítulo, é abordada a Evolução do Setor de Energia no Brasil, também por meio de contexto histórico. No quinto capítulo, explora-se a questão das hidrelétricas no contexto energético brasileiro. O sexto capítulo apresentará questões ambientais relacionadas à geração de energia, no caso das hidrelétricas. No sétimo capítulo, discutem-se os recursos em esgotamento e a busca por novas fontes renováveis. No oitavo, apresenta-se a síntese da proposta e as considerações finais do tema.

## 2. METODOLOGIA

A conceituação de pesquisa segundo Lakatos e Marconi (2011) é um mecanismo formal de pensamento, reflexivo e metodológico, requerendo tratamento científico e constituindo um caminho para conhecer a realidade ou para descobrir verdades parciais.

Köche (2011, p. 122) também contribui com termo apontando que pesquisa "significa identificar uma dúvida que necessita ser esclarecida e construir e executar o processo que apresenta a sua solução, quando não há teorias que a expliquem, ou quando as teorias que existem não estejam aptas para fazê-lo".

Gil (2002, p. 41) destaca que a pesquisa exploratória:

[...]têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses. Pode-se dizer que estas pesquisas têm como objetivo principal o aprimoramento de idéias ou a descoberta de intuições. Seu planejamento é, portanto, bastante flexível, de modo que possibilite a consideração dos mais variados aspectos relativos ao fato estudado. Na maioria dos casos, essas pesquisas envolvem: (a) levantamento bibliográfico.

Doxsey e Riz (2007, p. 41) descrevem que: "as pesquisas exploratórias buscam uma aproximação com o fenômeno, pelo levantamento de informações que poderão levar o pesquisador a conhecer mais a seu respeito".

Inicialmente, para a elaboração deste trabalho, optou-se pela pesquisa exploratória, dadas suas características capazes de fornecer uma maior aproximação com o problema e, assim, torná-lo mais compreensível tanto para o pesquisador quanto para o leitor. Dessa forma, mediante o seu caráter exploratório, possibilita o exame detalhado, aprofundando o conhecimento sobre o assunto. Consequentemente, o procedimento adotado para levantamento de dados foi a pesquisa bibliográfica.

Köche (2011, p. 122), afirma que "a pesquisa bibliográfica é a que se desenvolve tentando explicar um problema, utilizando o conhecimento disponível a partir das teorias publicadas em livros ou obras congêneres".

Para coleta dos dados, a pesquisa bibliográfica é a que melhor dispõe das informações necessárias para a produção desta obra, detalhando e aprofundando com maior eficiência, a temática energética.

O método de coleta de dados, baseado na pesquisa bibliográfica, segundo Doxey e Riz (2007, p. 54), é aquele que "utiliza, exclusivamente, a coleta de informações, conceitos e dados em livros, revistas científicas, publicações eletrônicas e outros documentos escritos (publicados ou não)".

Esse método, ainda, é esclarecido por Lakatos e Marconi (2003 p.158), na qual a pesquisa bibliográfica "é um apanhado geral sobre os principais trabalhos já realizados, revestidos de importância, por serem capazes de fornecer dados atuais e relevantes relacionados com o tema".

Um dos objetivos gerais desta pesquisa bibliográfica foi reunir os fatos mais impactantes do uso da energia pelo homem e, por meio dela, investigar como a evolução do homem está intimamente ligado às formas de uso da energia, concebendo a análise das principais inovações tecnológicas e sociais que capacitaram o ser humano a prosperar de um simples habitante das cavernas até a exploração do espaço. A pesquisa bibliográfica pode incorporar os aspectos da evolução histórica das formas de energia às conjecturas críticas do CTS.

Quanto à classificação, as fontes para coleta de dados foram primárias e secundárias. Assim, recorreu-se a fontes primárias e bibliografias secundárias que mostram registros, relatos e resultados das pesquisas efetuadas, pautadas no assunto objeto deste estudo.

Dessa forma Lakatos e Marconi (2002, p.159) delineiam os principais tipos de documentos em:

- a) Fontes Primárias - dados históricos, bibliográficos e estatísticos; informações, pesquisas e material cartográfico; arquivos oficiais e particulares; registros em geral; documentação pessoal (diários, memórias, autobiografias); correspondência pública ou privada etc.

b) Fontes Secundárias - imprensa em geral e obras literárias.

Portanto, nesta pesquisa as fontes manifestaram-se em teses e documentos governamentais, livros, artigos, revistas, sites.

Entretanto cabe salientar que a maior dificuldade para a realização desta pesquisa, foi a insuficiência em adquirir material, que de alguma forma contextualizasse a temática energética por intermédio de seu contexto histórico. A busca baseou-se em bibliotecas locais, sites de pesquisa, a SCIELO, Revista Brasileira de Ensino de Física etc. Dentre as fontes de pesquisa que tratam essa temática, apenas 5 trabalhos (em português) foram encontrados. Quatro deles tratam o tema proposto mundialmente, e um da história da energia elétrica brasileira. A partir dessa dificuldade, buscou-se outras fontes (internacionais), que tratam esse tema.

O presente estudo foi composto por através de uma pesquisa sobre a literatura pertinente ao tema energia e apresentado em 4 seções distintas.

A primeira seção refere-se ao capítulo 3, cujo tema é Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) ou somente ciência ou tecnologia ou sociedade. Foi optado por base de dados nacional dentre elas a SCIELO, Revista Brasileira de Ensino de Física.

A segunda seção, ou o capítulo 4, refere-se às fontes de energia consumidas mundialmente. As bases de dados em português não dispunham de material dessa ordem, remetendo a fontes internacionais dentre elas *Encyclopedia of Energy Engineering and Technology*. Na mesma seção, apresenta-se o contexto histórico das fontes energéticas brasileiras, sendo a principal base de dados a SCIELO<sup>1</sup>, empresas governamentais, livros.

Como instrumento para coleta de dados, foi realizada pesquisa bibliográfica, com a finalidade de abranger a maior quantidade de informações possível sobre o tema energia. O instrumento escolhido para coletar os dados necessários à pesquisa

---

<sup>1</sup> A Scientific Electronic Library Online – SCIELO, biblioteca eletrônica de periódicos científicos brasileiros.

foi a própria pesquisa bibliográfica, em que Köche (2011, p. 122) apresenta a sua finalidade.

Na pesquisa bibliográfica o investigador irá levantar o conhecimento disponível na área, identificando as teorias produzidas, analisando-as e avaliando sua contribuição para auxiliar a compreender ou explicar o problema objeto da investigação. O objetivo da pesquisa bibliográfica, portanto, é o de conhecer e analisar as principais contribuições teóricas existentes sobre um determinado tema ou problema, tornando-se um instrumento indispensável para qualquer tipo de pesquisa.

Nesse sentido, como mostrado pelo autor acima, a bibliografia como coleta de dados permite embasar o trabalho adicionando confiabilidade. Isso permite que os conceitos e hipóteses já elaboradas, contribuam para explicar e compreender a temática energética por meio de outra perspectiva.

### 3. CONCEITUANDO A CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE (CTS)

As origens do Movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade, ao contrário do que se pensa, surgiram de circunstâncias diferentes às relacionadas ao ensino tecnocientífico. O progresso científico e tecnológico engaja múltiplos efeitos sobre a sociedade. Esses efeitos não se limitam, somente, a melhorias, mas também à forma de funcionamento da sociedade. Conforme o progresso científico-tecnológico avança, novas indagações surgem sobre seu papel para com a sociedade.

É bem verdade que a Ciência e a Tecnologia (CT) proporcionam melhor qualidade de vida para algumas pessoas. Entretanto, alguns efeitos podem ser desagradáveis. Com o progresso da CT auxiliando os processos de fabricação, aumentando a capacidade de produção, diminuindo o preço dos produtos resulta em uma sociedade igualmente consumidora. Esse consumo exagerado exige grandes quantidades de recursos bem como aumentam os resíduos produzidos. Por sua vez, os recursos naturais não são infinitos, não sendo capaz de se regenerar na mesma ordem. A consequência é a degradação dos recursos naturais e do meio ambiente.

Da mesma forma que facilita os processos de fabricação industriais, a CT é usada para o domínio bélico. Os impasses geopolíticos geram disputas entre as nações e, muitos, esgotam seus argumentos e partem para o "*ultima ratio regum*", (do latim, o último argumento dos reis), ou seja, a guerra. Com grandes conflitos em todo o mundo, emergem críticas, no qual a CT estaria desenvolvendo armas e, assim, contribuindo com os conflitos. Desse modo, o movimento CTS é originado das pressões sociais em relação aos resultados da atividade humana influenciados pela CT.

A partir da Segunda Guerra Mundial, com o lançamento das bombas atômicas e, posteriormente, com o emprego de armas químicas, nas Guerras da Correia e do



Vietnã (em meio a Guerra Fria<sup>2</sup>), surgem críticas de que o desenvolvimento científico e tecnológico não levariam, diretamente, ao desenvolvimento do bem-estar social, suposta proposta esta da CT (AULER, 2007). Dentre as principais críticas a estes questionamentos juntamente com a degradação ambiental, remete a sociedade ao desencadeamento de uma série de questionamentos, no qual a CT estaria desenvolvendo a guerra e a destruição do meio ambiente. Pode, assim, afirmar que o movimento CTS surge das preocupações da degradação do meio ambiente e de tecnologias, desenvolvidas para fins bélicos.

Campos (2002) menciona que esses questionamentos remetem a sociedade às críticas de que a concepção clássica das relações entre a CT com a sociedade é uma concepção essencialista e triunfalista, o determinismo tecnológico, que pode resumir-se em uma simples equação, o chamado “modelo linear de desenvolvimento”: + ciência = + tecnologia = + riqueza = + bem-estar social”, e que os assuntos relativos às questões ambientais, aquecimento global, chuva ácida, destruição da camada de ozônio, destruição de florestas, eram característica da atividade humana devido ao progresso da CT.

Diante dessas análises, a crítica principal é a visão clássica de Ciências que, conforme Oliveira (2008), está associada à promoção isenta do bem-estar social. A tese da neutralidade científica defende que a ciência estaria distante de interesses, opiniões ou valores sociais, portanto neutra. Somente após a sua “construção”, quando está acabada, a sociedade decide o que fazer com seus resultados e se colocará em prática. Essa visão linear de construção de ciência impõe ao cientista a isenção de responsabilidade, e livre de questionamentos, posto que sua utilização fica a cargo da sociedade. Dentre muitos aspectos, este é motivo de incertezas que estimulam uma série de questionamentos relacionados a Ciência e sua "neutralidade" e as utilidades tecnológicas para com a sociedade.

---

<sup>2</sup> Ambos os países envolvidos investiam nas pesquisas científicas-tecnológicas no desenvolvimento de armas.

Com sua origem derivadas das pressões sociais, decorrentes da influência no meio ambiente, o campo CTS atraiu olhares na esfera educacional. Palacios et al. (2003, p. 125) exprimem a sua natureza:

Os estudos CTS buscam compreender a dimensão social da ciência e da tecnologia, tanto desde o ponto de vista dos seus antecedentes sociais como de suas conseqüências sociais e ambientais, ou seja, tanto no que diz respeito aos fatores de natureza social, política ou econômica que modulam a mudança científico-tecnológica, como pelo que concerne às repercussões éticas, ambientais ou culturais dessa mudança.

O autor se refere ao estudo CTS como uma forma bastante abrangente do domínio tecnocientífico<sup>3</sup>. Sendo um campo interdisciplinar, a diversificação dessa abordagem, no caso do tema energia, é inovadora, pois examina a CT, bem como seu contexto histórico, para além da compreensão do mundo moderno. Os estudos do contexto histórico da energia, conforme os olhares CTS, é uma construção audaciosa, que objetiva compreender a CT como construção social. Da mesma forma, essa construção assimila questões sociais voltadas à evolução tecnocientífica e como seu desenvolvimento pode ser aproveitado para diversos valores. A perspectiva CTS tem seu âmago na crítica à CT. Tal como foi visto, o objetivo dos estudos CTS não é desprezar ou desacreditar a CT, mas sim obter uma interpretação mais apurada acerca do desenvolvimento científico-tecnológico.

O enfoque CTS atinge inúmeras maneiras de interpretar, criticar e analisar a CT. Importantes referências estão relacionadas à alfabetização tecnocientífica descrita a seguir.

A alfabetização tecnocientífica, segundo Campos (2010), proporciona um entendimento dos fenômenos típicos do mundo em que vivenciamos. As razões disso estão ligadas ao senso prático, mas devemos considerar o conforto intelectual obtido ao se compreender a natureza e o universo em que habitamos. Finalmente, a alfabetização tecnocientífica ajuda na prevenção contra os malefícios da pseudociência. No contexto de uma aprendizagem orientada à autonomia crítica, além

---

<sup>3</sup> Com a intensificação do processo de tecnologiação, CT são tão intimamente ligados que são difíceis de distinguir na prática e impossível separá-las (OLIVEIRA<sup>2</sup>, 2008).

da alfabetização científica, cujo aprendizado é voltado aos conteúdos e a linguagem científica, se prescreve o letramento científico, que se refere ao uso do conhecimento científico e tecnológico nos mais diversos tipos de situação. As argumentações de Campos (2010) reforçam a argumentação:

[...] defendemos a busca de um letramento não apenas científico, mas também tecnológico, no sentido de que são indissociáveis, como também a partir da ideia de que se pode estar alfabetizado cientificamente e não tecnologicamente e vice-versa. Por exemplo, uma pessoa pode dominar os conhecimentos científicos (alfabetizado cientificamente) e não saber utilizar o computador (analfabeto tecnológico). Assim como pode haver quem saiba manusear computadores e equipamentos eletrônicos (alfabetizado tecnologicamente), mas não compreende as leis da natureza (analfabeto científico) (CAMPOS, 2010, p.73).

Esse conhecimento, no entanto, pode ser entendido como o desenvolvimento de habilidade interpretativa ampla, que reúna a compreensão e a elaboração de textos, tabelas, diagramas, projetos e outras redações características do meio científico. Nesse caso, a intenção é integrar a capacidade de analisar criticamente textos de circulação social ou científica, como instrumento para o desenvolvimento da autonomia crítica, independência intelectual e do pensamento.

É nessa ênfase que o desenvolvimento científico-tecnológico, bem como a sua generalização, pode causar desigualdade àqueles que estão despreparados perante os progressos desse desenvolvimento. Dessa forma, pode fazer a diferença entre ter ou não o conhecimento mínimo de CT. Os conceitos científicos e tecnológicos estão presentes em praticamente todos os processos e produtos, portanto, há necessidade da aprendizagem desses conceitos. Com a íntima ligação entre a Sociedade, CT, ter a instrução mínima de forma que as pessoas possam pensar de forma crítica e avaliativa entre suas relações, possuindo a formação básica que podemos chamar de alfabetização tecnocientífica.

Por conseguinte, a base de estudos CTS está orientada na tentativa em compreender o mundo natural e os resultados do desenvolvimento da CT na Sociedade. Partindo para a prática docente, Palacios et al. (2003) afirmam que um dos pontos cruciais para se desenvolver a educação CTS é entender que o objetivo geral do professor é a promoção de uma atitude criativa, fazendo com que, mediante

descobertas científicas e tecnológicas, se associem a outras produções sociais dentre elas a política, o progresso social, moral, e no meio ambiente.

Por intermédio dessas articulações, Palacios et al. (ibid) afirmam que, entre o conhecimento, argumentos e contra-argumentos no espaço de aprendizagem, essa construção coletiva é capaz de permitir aos alunos uma maior participação das aulas, tornando-os parte integrante do processo de ensino aprendizagem. O professor tem a função de mediador e o aluno o centro do processo de ensino aprendizagem. O professor deve intervir, quando os conhecimentos prévios (senso comum) se confrontam com os científicos.

Importantes contribuições às críticas CTS remontam às indagações de Paulo Freire (1987), que rejeitava a transmissão de conteúdo. Suas análises apontavam a educação como sendo uma “narrativa”, na qual o “narrador” (professor), transmitia o conhecimento ao “ouvinte” (aluno), este recebendo o conteúdo de forma passiva. Assim, o objetivo do educador era “encher” os educandos de conhecimento como se fossem vasilhas vazias. Esse conhecimento era recebido de forma desconectada do seu significado, perdendo a sua dimensão concreta. A típica educação baseada na memorização mecânica de conceitos, que Freire (1987) combatia, toma sentido como segue:

Em lugar de comunicar-se, o educador faz “comunicados” e depósitos que os educandos, meras incidências, recebem pacientemente, memorizam e repetem. Eis aí a concepção “**bancária**” da educação, em que a única margem de ação que se oferece aos educandos é a de receberem os depósitos, guardá-los e arquivá-los. Margem para serem colecionadores ou fichadores das coisas que arquivam. No fundo, porém, os grandes arquivados são os homens, nesta (na melhor das hipóteses) equivocada concepção “bancária” da educação (FREIRE, 1987, p. 33, grifo nosso).

Os fundamentos de Paulo Freire condizem com os pressupostos CTS, cuja educação não deve ser apoiada por mera transmissão de conteúdo. Assim, no sentido de regular as novas demandas educacionais, o ensino CTS sugere que o ensino de ciências tenha como base as demandas sociais e que a ciência não tem resposta para tudo, concomitante com sua intrínseca ligação entre Ciência e Sociedade.

Outra importante contribuição é de Campos (2010), que sugere a Educação CTS, no sentido de desenvolver afinidades entre o conhecimento científico e os

viveres dos educandos, agregando abordagens para o letramento científico e tecnológico, rompendo, assim, a educação focada na memorização, repetição e transmissão de conhecimentos. Visto dessa forma, os saberes dos alunos são levados em conta e, a partir deles, haverá a ruptura desses conhecimentos (senso comum), para com os saberes científicos.

A CTS, também, tem suas origens na perspectiva do físico e historiador Thomas Kuhn, em seu livro “A Estrutura das Revoluções Científicas”, de 1962, desenvolve várias análises do estudo CTS, em que produtos e artefatos científicos começam a ser vistos como uma construção social e não uma interpretação prática do mundo natural. As indagações do físico partem de uma avaliação crítica da ciência, posto que a sociedade que condiciona as pesquisas e dela saem seus produtos.

A obra “Primavera Silenciosa”, de Rachel Carlsons (1962) também questiona a influência da ciência perante o meio ambiente (AULER 2001). O movimento CTS é uma ponderação à linearidade ciência-tecnologia igual ao desenvolvimento social. Esses argumentos tomam forma no meio pedagógico, como forma de instigar os educandos aos benefícios e malefícios que estes podem desencadear.

O que se tentou demonstrar com a contribuição desses autores é que o desenvolvimento científico-tecnológico, bem como a sua generalização, pode causar desigualdade àqueles que estão despreparados, perante os progressos desse desenvolvimento. Dessa forma, ter ou não o conhecimento mínimo de CT pode ser um diferencial àqueles que não os possuem. Os conceitos científicos e tecnológicos estão presentes em praticamente todos os processos e produtos, portanto há necessidade da aprendizagem desses conceitos. Com a íntima ligação entre a Sociedade e a CT, as pessoas devem estar instruídas de forma crítica e avaliativa entre as suas relações, possuindo a formação básica que podemos chamar de alfabetização tecnocientífica.

Com base em todos os pressupostos vistos, para que haja a educação científico-tecnológica, dentro dos moldes que pressupõe a CTS, o objetivo será reunir essas hipóteses e interagir com a temática Energia.

Um das dimensões, contidas no ensino CTS, como propõem Auler (2007), é a interdisciplinaridade. Nesse caso discute-se a fragmentação das disciplinas como

acontece no ensino tradicional. Auler (ibid) apontou uma série de trabalhos presentes em Anais cujo foco era a interdisciplinaridade, conforme segue:

Na análise de 52 trabalhos presentes nos Anais, em torno de 51% apresentam, em sua estruturação e desenvolvimento, o comparecimento de apenas uma disciplina, 20% com duas disciplinas envolvidas, 7% com três ou mais disciplinas e em torno de 21% dos trabalhos não há a explicitação das disciplinas envolvidas. Cabe destacar que, em 100% dos trabalhos, as disciplinas envolvidas estão restritas ao campo das assim chamadas ciências naturais: Biologia, Física, Química, Geologia e Matemática. Ou seja, persiste a histórica separação entre as denominadas ciências naturais e ciências humanas (AULER, 2007, s.p)

O autor expõe as subdivisões das disciplinas, características do ensino tradicional. As propostas do ensino CTS é ir além, integralizando as disciplinas em suas áreas de atuação. A proposta de trabalho interdisciplinar é a abordagem mútua das áreas de ensino, cruzando os limites das ciências.

Conforme descrito, os estudos CTS visam à busca da autonomia crítica do estudante, diante das modificações sociais influenciadas pela CT. Entretanto, este trabalho procura salientar alguns pontos básicos da CT e suas várias interpretações. Nos próximos subcapítulos busca-se apresentar algumas formas de interpretação da CT.

### 3.1 A VISÃO CLÁSSICA DE CIÊNCIA

Dentro do ensino CTS, uma das propostas é obter uma visão mais clara do que é Ciência. Contudo seu objetivo não é desacreditá-la, mas sim atingir uma nova perspectiva do que realmente é, quem faz e o que faz a Ciência.

Mora (1978 p.37) expõe que “etimologicamente, ciência equivale a “o saber”. Contudo, não é recomendável ater-se a esta equivalência. Há saberes que não pertencem à ciência. Por exemplo, o saber que por vezes se qualifica de comum, ordinário ou vulgar”. Com essa descrição, é necessária uma síntese das visões atribuídas a ciência.

A origem da Ciência, remonta à filosofia natural da antiga Grécia, conferida aos atos de Aristóteles de Estagira (384 A.E.C<sup>4</sup>. 322 A.E.C.). Embora a ciência aristotélica tentasse explicar o funcionamento do mundo, ela não era tida, tal qual é entendida nos moldes modernos. A ciência moderna, cuja origem remonta ao século XIII E.C, com o filósofo Roger Bacon, que defende a experimentação como forma para a obtenção e a construção do conhecimento, que é a base do empirismo. Esse método tornou-se eficaz na compreensão dos mistérios da natureza, utilizado posteriormente por Galileu. Assim, Galileu fundamentou suas pesquisas na observação e medição precisa dos fenômenos observados e na elaboração de hipóteses, seguidas de testes experimentais, cuja finalidade era validar ou rejeitar essas hipóteses. A sua ciência era baseada na experimentação e no empirismo, com isso demonstrando a ineficiência do uso dos sentidos e do senso comum para explicações das observações (OLIVEIRA, 2010).

Partindo do pressuposto anterior, parece haver um método científico seguro, embasado em receitas a serem seguidas, tais como, observar, coletar dados, formular as hipóteses, teste da hipótese e sua reprodução. Entretanto, com os apontamentos do filósofo Alan Chalmers (1993), um dos fatores que sustenta a credibilidade científica é sua associação equivocada que os conhecimentos são produzidos, seguindo-se passos dessa metodologia de forma sistemática e mecânica. Ele, também, expõe avanços importantes como os de Albert Einstein e inclusive Galileu, que não foram executados pelo método exposto como científico, ou seja, contradiz que Galileu utilizou esse método. Gaston Bachelard (1934) afirmou que o avanço científico não se dá pelo simples acúmulo do conhecimento, em conformidade com o método científico mais rígido, mas por rupturas com conceitos anteriores e reconstruções de ideias e concepções. Portanto, a declaração de que a ciência é uma forma sistemática de obtenção de conhecimento não condiz com a ciência moderna.

Outro olhar, comumente associado, como assegura Palacios et al. (2003), é a sua compreensão de fazer ciência, que muitas vezes fica deslocada da realidade. A popularização da ciência, dita às vezes nos diferentes meios de comunicação, não é

---

<sup>4</sup>

Antes da Era Comum, contado anteriormente ao ano zero do calendário gregoriano.

suficiente para compreender como tal conhecimento foi criado. O estudante de ciências tem como base aquilo que é ensinado tradicionalmente, que tem pouco ou às vezes nada em comum com a forma como ela é realmente praticada, portanto, não condizente com a elaboração da ciência. O método de divulgação de ciências, a exemplo da expressão “cientificamente comprovado”, é sinônimo de credibilidade, algo impecável, infalível. Aos que efetivamente fazem e usam ciência, isso soa como algo duvidoso. Certamente, o conhecimento científico não se baseia no senso comum e nem subjetivo, entretanto, declarar como inquestionável é algo contraproducente. Qualquer discurso que intitula uma concepção geral e universal da ciência como se fosse um preceito a ser seguido está fora de questão.

Outra concepção popular de ciência, geralmente associada ao senso comum é sua ligação de um mundo separado, distinto do público comum. A percepção geral da sociedade, ainda, é permeada pela imagem do cientista solitário em seu laboratório, confiantemente trabalhando em coisas que vão além do entendimento geral ou coisas de um gênio representado pelo icônico cidadão de jaleco branco e cabelos brancos, tal como Albert Einstein.

No que tange ao absolutismo científico, em relação às análises de ciência aceitas, a verdade sobre os fatos ou a realidade é transitória (CARTONI, 2009). Visto dessa forma, por séculos, a Terra era o centro do universo com o Sol girando a sua volta. Isso era visto como acabado, uma verdade absoluta e inquestionável, portanto, uma visão dogmática. A indagação, dúvida e questionamento levam ao rompimento de tais leis ou fatos.

Entretanto, para Bourdieu (1983), a ciência não passa de um campo qualquer, ou seja, está permeada de interesses e em constante luta, entre seus agentes, sejam eles os indivíduos ou instituições que definem o que pode ou não fazer, ou será publicado e, também, pesquisado. Dentro do campo científico, há concorrência pelo seu monopólio, sendo ele a autoridade científica e o acúmulo de capital científico, enfatizando que a ideia de ciência neutra é uma fantasia.

Para Campos (2010), o conhecimento científico funciona como lentes e pode ser utilizado para explicações de fenômenos como a origem da Terra – Big Bang, diferentemente de explicações religiosas – criação divina. Sendo assim, o objetivo da



ciência é estabelecer um caráter universal da realidade. No entanto, muitas vezes os cientistas são concorrentes em seus campos de atuação, instigados pela expectativa de recompensa, credibilidade e status em meio à sociedade científica, obtendo prestígio aos grupos nos quais os cientistas estão inseridos. Por conseguinte, os objetivos científicos são impostos de fora, seja pela sociedade na qual o cientista está contido ou pela política instituída. Dessa forma, as contribuições científicas podem ser entendidas como uma construção social.

Para Cartoni (2009), o conhecimento científico atual tem como objetivo, buscar, constantemente, explicações e soluções, mediante a demonstração e a experimentação, evitando verdades imutáveis apesar da sua falibilidade e limites.

Com as contribuições filosóficas de Francis Bacon, ele julga que a ciência não é conhecimento especulativo, nem uma opinião a ser sustentada, mas um trabalho a ser feito a serviço da utilidade humana. (JAPIASSU e MARCONDES, 2001).

Dentre as utilidades humanas, pode-se citar a guerra como sua construção. No início do século XX, o uso da CT para fins bélicos aumentou drasticamente com a eclosão da Grande Guerra, principalmente na área da Química. Em 1914, o cientista alemão Fritz Haber fez do uso da química para criar uma nuvem de gás tóxico para incapacitar um grande número de inimigos sem ter que recorrer à utilização de explosivos ou vastas extensões de terreno (COLASSO e AZEVEDO, 2011). A utilização do campo científico ganha grandes proporções no campo bélico.

Dessa forma, a ciência não é saber absoluto, livre de erros, mas sim mutável, adaptável e em constante evolução. O saber científico considerado válido hoje pode não ser amanhã. Como exposto, a expectativa de recompensa que a ciência pode oferecer é o próprio domínio científico, ou seja, é autoridade aquele que possui o acúmulo de capital científico. Isto leva os cientistas a concorrência entre si desse capital, no qual surge como recompensa e prestígio na sociedade científica. Se a ciência é uma construção social, ela pode ser voltada para o campo bélico, desenvolvendo armas. É a partir dessas características que o movimento CTS surge, no sentido de expor as várias facetas atribuídas à ciência.

Como vimos, a ciência é o recurso pelo qual a humanidade tem adquirido e organizado conhecimento sobre o mundo natural. Assim, a primeira realização

material da ciência é o próprio conhecimento. Esse, por sua vez, pode auxiliar o desenvolvimento da própria ciência ou ser usado para desenvolver e criar tecnologias. A tecnologia, de seu lado, ajuda a fornecer ferramentas para que os cientistas façam mais ciência, ou pode se voltar à sociedade, suprimindo necessidades de convivência ou profissionais ou recreativas.

### 3.2 A TECNOLOGIA

O termo tecnologia é extenso e cada um tem sua própria maneira de vê-lo. Por isso, há uma ampla discussão do seu real significado. Tecnologia, na visão popular, geralmente é associada a ciência, e ambas possuem igual significado. Para Campos (2010), frequentemente, usamos a palavra tecnologia como sinônimo de técnicas desenvolvidas recentemente, (clonagem, radares e smartphones). Entretanto, o termo tecnologia pode ser definido como os produtos, ferramentas e os processos para serem realizados nas funções diárias dos humanos. Isso engloba uma ampla gama de funções, melhorando, assim, o desempenho e eficiência destas. No entanto (ibid. p.19), “é possível compreender todos os artefatos produzidos e/ou utilizados pelo ser humano como tecnologia – por exemplo, o fogo e seus diversos usos na história da humanidade”. Isso será observado nos próximos capítulos, as diversas inovações tecnológicas atribuídas à energia.

Dessa forma, esse aspecto, frequentemente, inserido à tecnologia, parece somente de coisas atuais, diferentemente das usadas no passado. Para Palacios et al. (2003 p.37), os domínios da técnica antevêm a ciência:

O fato de um macaco arborícola se deslocar para terrenos abertos e se converter em um temível predador não teria sido possível se suas mãos não tivessem empunhado habilmente pedras para lançar em suas presas ou paus e ossos para matá-las. Assim, esses instrumentos rudimentares, convertidos em tochas, lanças e punhais, foram as primeiras **ferramentas técnicas** que substituíram as garras de outros predadores mais bem-dotados anatomicamente (PALACIOS et al. 2003, p.37 grifo nosso).

Partindo desse ponto de vista, todos os artefatos desenvolvidos pelo homem são tecnologias, embora podem parecer sem importância hoje, mudaram, significativamente, o rumo dos acontecimentos.

Abbagnano (1998) contribui na definição, expondo que a tecnologia domina a técnica com objetivo de encontrar condições para obter o rendimento máximo com o mínimo esforço em todos os domínios da atividade humana, sendo o mesmo que técnica ou tecnocracia.

Outra visão popular é a caracterização da tecnologia como sendo, simplesmente, a aplicação da ciência para solucionar problemas. O objetivo nesta seção não é impor quem veio antes, se é a ciência ou tecnologia, mas sim questionar as veiculações midiáticas impostas acerca do assunto. Ciência e tecnologia trabalham lado a lado, mas cabe saber que são conceitos diferentes.

Como foi visto, o ponto de vista popular exprime a linearidade ciência-tecnologia em sua ordem cronológica. Entretanto, um exemplo claro desse episódio é expresso por Germano (2011).

É, por exemplo, a partir do aperfeiçoamento da máquina a vapor – uma aplicação mais clara de princípios técnicocientíficos – que a Revolução Industrial vai ganhar um novo impulso, acelerando bastante o processo de industrialização. Até aqui ciência e **técnica** desenvolveram-se separadamente. Técnicas, mas sem conhecimento formal, técnicas, mas sem tecnologia (GERMANO 2011, p. 48 - grifo nosso).

A apresentação do autor afirma que a ideia linear, na qual a tecnologia é produto da ciência, é precipitada. É verdade que a tecnologia se apropria dos conhecimentos científicos para ser produzida, entretanto, não se deve todos os créditos somente a ela. A CT são instrumentos capazes de realizar uma tarefa específica ou resolver um problema particular. Usamos a tecnologia em nossos computadores, segurança bancária, comunicação, aprendizagem, criar outros artefatos capazes de melhorar nossas vidas. Vista dessa forma, se for bem utilizada, a tecnologia pode trazer benefícios ao meio social. Entretanto, se for mal utilizada, pode causar danos aos seres humanos.

A proposta de Seris (1994 p.24 *apud* Santos, 1994) "será objeto técnico todo objeto susceptível de funcionar, como meio ou como resultado, entre os requisitos de uma atividade técnica". Partindo dessa alegação, qualquer artefato utilizado pelo ser humano pode ser considerado técnica.

Visto dessa forma, Ortega e Gasset (1939, pp. 62 *apud* Santos, 1994) apresenta três momentos evolutivos caracterizando a técnica do acaso, a técnica do artesão e a técnica do técnico ou do engenheiro. A descrição dessas três fases mostra uma ideia do surgimento da técnica. Sendo assim, a primeira fase é aquela cujas ferramentas surgiram da evolução e da necessidade do homem. Nessa fase, não havia um método específico para a difusão das técnicas. Na segunda fase, a técnica era, sistematicamente difundida, geralmente por grupos familiares, assim transmitida de geração para geração. Mitcham (1989, pp 62 *apud* Santos 1994) expõe que a última fase ou a técnica do engenheiro ou tecnólogo “se instala o estudo consciente da tecnologia com o desenvolvimento do modo analítico de pensar vinculado à ciência moderna”. Portanto, o autor elucida que somente na última fase há um método consciente de transmissão da técnica como nos moldes da ciência.

Este capítulo foi apresentado de forma resumida, portanto, não explorando todas as explicações da CT. Seu objetivo é explicar algumas visões comumente associadas à construção social. Sendo um dos objetivos dentro da perspectiva CTS, esta é a obtenção do olhar crítico e avaliativo, em que a CT pode ser utilizada para aumentar a qualidade de vida, mas também para a destruição da vida.

## 4. A ENERGIA SOB UM CONTEXTO HISTÓRICO

A energia se apresenta na natureza sob diferentes formas, mecânica, elétrica, luminosa, química, térmica, entre outras, sendo característica fundamental da matéria. Essas formas de energia podem ser convertidas ou transferidas, de um tipo para outro, portanto, quando uma termina, transforma-se em outra. Desse modo surge o conceito fundamental da conservação da energia.

Com isso, a energia, em seu sentido amplo, estará disposta neste trabalho, como sendo, unicamente, os recursos energéticos capazes de executar trabalho útil ao ser humano, isto é, a energia química dos alimentos ingeridos pelo ser humano ou pelos animais, a energia potencial das águas ou dos ventos, ou o movimento realizado pela queima da gasolina nos motores a combustão.

Para entender a energia, é preciso entender os recursos energéticos, suas limitações e seus usos. Deve-se ter alguma ideia do tamanho que cada recurso energético tem e quanto ele irá durar. Ambas as questões são difíceis de responder porque terão que ser feitas pressuposições a respeito das tecnologias futuras de extração destes recursos, dos preços futuros dos combustíveis e da taxa de crescimento do consumo (HINRICHS e KLEINBACH, 2000, p. 11).

O autor elucida a importância em entender a energia, sob o ponto de vista material e, dessa forma, a dependência desses recursos pela sociedade.

A abordagem histórica do uso da energia é capaz de demonstrar as perspectivas e dificuldades encontradas pelo homem, na sua busca pela sobrevivência, desde o seu aparecimento no planeta até as crises energéticas da era moderna. Do mesmo modo, será analisado as principais inovações tecnológicas, em todos os ramos da atividade humana e ambiental. A caracterização dessa abordagem é importante, pois uma tecnologia que é essencial hoje pode se tornar obsoleta amanhã. As mudanças nas formas de utilização da energia (ou a necessidade de encontrar novas fontes) estão presentes em diversas sociedades humanas a exemplo da substituição da lenha pelo carvão.

Existem várias formas de energia disponíveis na natureza, àquelas capazes de auxiliar nas atividades humanas. No início, na pré-história, a única forma de energia do ser humano era a própria força muscular. O uso do fogo assegurou ao homem uma fonte de energia extra-somática<sup>5</sup>, capacitando-o a realizar outras atividades. Com a agricultura, as civilizações humanas prosperaram e daí muitos adventos tecnológicos. Com a expansão humana, a necessidade em energia fez o homem a procurar novas fontes, dentre elas a eletricidade e os combustíveis fósseis. Nos últimos anos, com o aumento da população humana, a elevada demanda por energia provoca, novamente, o homem a buscar novas fontes. Entretanto, o surgimento de novas fontes não é a solução definitiva. Os impactos ambientais gerados por esse consumo aumentam os gases do efeito estufa, destroem o meio ambiente pondo em risco a vida no planeta.

#### 4.1 EVOLUÇÃO DO USO DE ENERGIAS DISPONÍVEIS NA NATUREZA

A própria história humana, suas transformações, o desenvolvimento das civilizações, as conquistas tecnológicas, muitas vezes se mesclam com a conquista do domínio da energia. Quando o homem dominou a energia em sua forma mais básica, na busca pela sobrevivência, em um mundo hostil, convivendo com muitos predadores mais resistentes e adaptados fisicamente ao meio, o domínio da energia surge como um dos fatores-chave para a perpetuação da espécie. Assim, a série de conquistas humanas se baseia, principalmente, no domínio dos diversos tipos e quantidade de energia consumida.

Nessa perspectiva, há uma série de eventos impactantes tanto na evolução humana quanto a modificação do ambiente. Dessa forma este trabalho será dividido em seus diversos períodos históricos, isto é, em duas Eras: de 10 milhões de anos atrás, com o aparecimento dos primeiros hominídeos<sup>6</sup> até o início da era moderna que

---

<sup>5</sup> Energia somática: do corpo humano; Energia extra-somática: exterior ao corpo, ligada à tecnologia ou dela advinda (PRICE 1995).

<sup>6</sup> Os arqueólogos diferenciam os hominídeos de outros primatas pela capacidade de fabricar ferramentas e a capacidade de comunicação.

se deu há cerca de 500 anos; e a Era Moderna contando os últimos 500 anos, caracterizados pela rápida expansão do consumo de energia (MALANIMA, 2010). Na primeira e longa Era, as principais fontes de energia eram a comida para os humanos, a lenha e o pasto para os animais e, nos primeiros períodos e, nos primeiros períodos, a pouca influência da energia hídrica e eólica. O desenvolvimento tecnológico possibilitou ao ser humano utilizar outras formas de energia.

Já na segunda Era, houve substituições das antigas fontes de energia por combustíveis fósseis. Enquanto na primeira era havia dificuldade na extração e na aquisição de recursos energéticos, a segunda era caracterizou-se pelo preço baixo e pela facilidade de extração de certos combustíveis, influenciando o consumo e, conseqüentemente, a degradação do meio ambiente. Este, portanto, tornou-se uma das principais fontes econômicas para muitas sociedades.

#### **4.1.1 Comida**

No período paleolítico ou da pedra lascada, houve o surgimento das primeiras espécies humanas<sup>7</sup>, em torno de 10 milhões a 18 mil anos atrás, na qual a principal fonte de energia era a comida. A única transformação capaz de gerar trabalho ou calor foi o próprio metabolismo humano. Com poucos vestígios deixados do consumo de energia daquela época, pode-se levar em conta, dado a estatura física dos primeiros hominídeos, em torno de 1,5 a 2 Kcal consumidos diariamente. Entretanto, apenas 20 por cento da energia consumida é, efetivamente, transformada em energia mecânica pelo corpo humano (OKUNO, 1982). Nesse período, houve pouca interação desses humanos com o ambiente, fazendo com que sua existência passe quase que despercebida. Uma das principais características do período paleolítico foi a fabricação de ferramentas rudimentares (machados, lanças e facas), que foram utilizados, principalmente, para a caça. Nesse período os humanos eram, basicamente, coletores e caçadores de pequenos animais, embora muitas vezes fossem a caça de outros predadores. Eram, também, nômades, ou seja, deslocavam-se, constantemente, em busca de alimentos e água.

---

<sup>7</sup> Termo usado pelos arqueólogos referindo-se a todos os seres humanos e os seus antepassados próximos, incluindo *Homo erectus*, *ergaster*, *neanderthalis* e o *sapiens*. Também inclui todos os *Australopithecines*, *Paranthropus*, *Boisei* e *Ardipithecus*.

Conforme Harari (2015); Barroso e Cunha (2009), no período Paleolítico, a Terra era habitada por várias espécies humanas ao mesmo tempo, incluindo o homem moderno (*sapiens*). Entre suas várias diferenças, uma característica especial define os humanos de outras espécies é seu cérebro. Os humanos têm um cérebro enorme, que varia entre 600 centímetros cúbicos dos primeiros hominídeos e 1400 centímetros cúbicos dos *sapiens*. Comparado a outros mamíferos com mesmo porte dos humanos, o cérebro médio destes é de 200 centímetros cúbicos. Entretanto, não é somente o tamanho do cérebro que deve ser levado em consideração.

Houzel et al. (2015) explicam que, enquanto o consumo do cérebro de outros mamíferos varia entre dois a dez por cento do custo energético basal<sup>8</sup>, nos seres humanos, o consumo chega a vinte por cento dessa energia, apesar de o órgão representar, apenas, dois por cento da massa corporal.

Assim, com um cérebro consumindo essa quantidade de energia, segundo a conservação da energia, esse excedente precisa partir de outras partes do corpo. Mediante um humor aguçado, Harari (2015) explica esse consumo excessivo:

Os humanos arcaicos pagaram por seu cérebro grande de duas maneiras. Em primeiro lugar, passaram mais tempo em busca de comida. Em segundo lugar, seus músculos atrofiaram. Como um governo desviando dinheiro da defesa para a educação, os humanos desviaram energia do bíceps para os neurônios. Dificilmente pensaríamos que essa é uma boa estratégia para a sobrevivência na savana. Um chimpanzé não pode ganhar uma discussão com um *Homo sapiens*, mas pode parti-lo ao meio como uma boneca de pano (HARARI, 2015, p. 13).

A transformação biológica humana caracterizou-se por possuir um cérebro grande, que, conseqüentemente, contribui para que sua estatura diminuísse. Além disso, fez com que, cada vez mais, necessitasse de energia para sobreviver, aumentando a procura por fontes de energia. Se algo não contribuir para o ser humano, sua existência estará fadada ao fracasso.

---

<sup>8</sup> Metabolismo Basal refere-se à quantidade mínima de energia necessária para manter as funções vitais do organismo em repouso (OKUNO, 1982).



#### 4.1.2 Fogo

Entretanto, há aproximadamente 2,5 milhões a 500 mil anos, (o período exato é alvo de discussão entre os arqueólogos), ocorreu uma das conquistas tecnológicas e evolutivas mais importante, a utilização do fogo (BERETTA, 2007; KOSTIC, 2007; SMIL, 2004; MALANILA, 2010). Embora seja controverso quanto ao seu surgimento (de um trovão ou de lava de vulcões), o fogo propiciou aos humanos cozinhar alimentos, proteção e calor. O fogo permitiu que os alimentos antes intoleráveis aos seres humanos tornassem-se palatáveis, liberando mais nutrientes, diminuindo o tempo de digestão e, assim, aumentavam a absorção de energia enquanto cozidos. Ao passo que o tempo de digestão diminuiu com os alimentos cozidos, o sistema digestório também diminuiu em tamanho. Anteriormente, a prática da caça ou a coleta de alimentos era intensa, neste período entretanto os humanos possuem tempo ocioso aumentando, assim, as atividades intelectuais e sociais (SHIMELMITZ et al. 2014). Adler (2013) descreve que os seres humanos evoluíram para comer alimentos cozidos. Constatou, também, que é possível morrer de fome, mesmo enchendo o estômago com alimentos crus, ratificando a importância do fogo para a humanidade.

Com o uso do fogo, ao incendiar florestas, segundo Shimelmitz et al. (2014), o homem começou a limpar o terreno, aumentando seu campo de visão, protegendo-se de predadores e propiciando, também, a procura por mais alimento antes velado pela mata. Mesmo assim, os seres humanos interferiam pouco, ou quase nada, quanto a relação ao meio ambiente, igualmente aos outros animais.

Enquanto, no período anterior, o uso do fogo era esporádico, a sua domesticação e controle ocorreram entre 350 a 320 mil anos atrás, no período Mesolítico. Com o aumento da temperatura global, aumentou, também, o trânsito dos seres humanos, difundindo, assim, a técnica do fogo com outras sociedades (SHIMELMITZ et al. 2014).

A lenha passou a ser a principal fonte de energia por vários milênios. Comparado a seus antepassados, no qual os alimentos eram a principal fonte de energia para os homens, o fogo propiciou calor, luz e, também, proteção. O consumo de lenha aumentava, significativamente, para os locais mais frio (MALANILA, 2010; KOSTIC, 2007; SMIL, 2004).

### 4.1.3 Agricultura

Com a utilização habitual do fogo, o homem possuía mais tempo ocioso, pois não necessitava a busca constante por alimento. Isso aumentou suas interações sociais e, também, iniciou o plantio de vegetais. Durante o período Neolítico, iniciando há cerca de 10 mil anos, com o fim da glaciação, a temperatura da terra aumentou, permitindo aos humanos à intensificação do cultivo de vegetais iniciando outra importante fase do desenvolvimento da humanidade, a agricultura (MALANIMA, 2010). Nesse período, deu-se a primeira grande revolução energética, no começo do período Neolítico, no qual o homem passou do uso da energia primária fornecida pela natureza para uma energia final derivada de vários tipos de conversores, com a produção agrícola e a pecuária. Com a utilização da tração animal, tem-se a potência disponível elevada em no mínimo quatro vezes mais (TESSMER, 2002).

A expansão da agricultura foi acompanhada pela sedentarização dos homens e o aumento das atividades técnicas como o cultivo de culturas, domesticação de animais, (bois, burros e cavalos). Durante esse período, houve uma série de inovações permitindo a utilização mais eficiente da energia como a roda, arado e a vela. O combustível principal era a palha e a lenha, em que estes impulsionaram os processos de fabricação da cerâmica e fundição dos primeiros metais (MALANIMA, 2010). Carvalho (2008), também relata como técnica inovadora as culturas irrigadas surgidas na Mesopotâmia há 6 mil anos.

Com o aumento do cultivo de vegetais em particular os cereais, de acordo com Bithas e Kalimeris (2016), a disponibilidade de energia sob forma de alimentos aumentou, notavelmente, bem como a população. A agricultura<sup>9</sup>, como técnica humana, difundiu-se lentamente, em comparação com as tecnologias advindas, como por exemplo a pólvora, que, rapidamente se espalhou pelo mundo.

Malanila (2010) descreve que, apesar de esses períodos possuírem diferenças, este é o mais significativo quanto à relação homem e o meio ambiente. A agricultura pode fornecer uma grande quantidade de energia em forma de alimentos. Os vegetais,

---

<sup>9</sup> A agricultura, assim como outras técnicas humanas, se desenvolveram ao mesmo momento em todos os lugares.

por sua vez, que se reproduzem pela radiação solar, podem ser considerados uma forma inesgotável de energia. Contudo, a exploração dos vegetais implica vastas extensões de terra, tendo assim, que desmatar bosques e florestas inteiras para o cultivo agrícola. Isso quer dizer, mais plantações, menos florestas. As plantações estão sujeitas às variações climáticas e às mudanças de temperatura, por isso, há períodos escassos de alimentos. A partir dessa época, intensificou-se o estudo pelo clima, os períodos de chuva, melhorando as técnicas de plantio e aumentando a produção.

Com tal característica, o aumento dos campos, o manejo do cultivo não poderia ser, apenas por capina. A intensificação da agricultura foi acompanhada pelo aumento do uso da energia dos animais para arar e cultivar os solos (SMIL, 2004).

Em outras partes do mundo, há relatos de aproveitamentos de conversores energéticos desenvolvidos por agrupamentos humanos desde meados do IV milênio antes da era comum. Isto emerge em um conjunto de focos civilizatórios de grande influência posteriormente. Esses focos surgiram nos grandes vales ao redor de alguns rios como o Indo, Tigre, Eufrates, Nilo e fazem uso cultura irrigada de cereais. Têm como características principais o começo da ordenação inteligente da natureza e a produção calculada de bens destinados ao consumo. Surgem, então, os primeiros Estados com construções arquitetônicas, ainda, incipientes (TESSMER, 2002).

A necessidade em suprir a crescente população fez com que o homem busque novas soluções para o aumento da produção. Essa necessidade inicia um novo período, caracterizado pelo aumento do estudo tanto dos solos, quanto aos melhores períodos de plantio. Ao esgotar os solos, em vez de migrar para solos mais férteis, a adubação mantém o homem fixado em determinados locais.

Em várias partes do mundo, a civilização utilizou como conversores energéticos várias formas de energia, como a água, a madeira, a força humana, os ventos etc. Tessmer (2002, p. 1) relata que “[...] por um longo período, incluindo as civilizações grega e romana a energia motriz mais eficiente e solicitada é a do homem. Em Atenas, na Grécia, a mão de obra escrava correspondia a 80% da população [...]”. Smil (2004) alega que nesse período, na Europa, havia moinhos com roda d’água com alta eficiência, entretanto, seu custo era extremamente alto, devido aos processos de

fundição serem rudimentares. O uso do trabalho escravo limitava o uso dessas máquinas devido ao valor inferior.

Alves (2010), referindo-se à relação homem-técnica e evolução, relata que o ser humano, no período Paleolítico (também conhecido como idade da pedra lascada) ou no Neolítico (idade da pedra polida), fazia uso de ferramentas e armas confeccionadas com pedra e era dependente de sua própria força física para subsistir. No entanto, não foi por escassez de pedras que se chegou ao advento da metalurgia, à confecção de ferramentas mais elaboradas e o uso da tração animal (para mover moinhos, arar a terra ou transportar mercadoria). Dentre os vários fatores, esses avanços tecnológicos viabilizaram a perpetuação da espécie e o controle da natureza pelo homem. Nesse caso, a Tecnologia veio antes da Ciência (enquanto corpo organizado de conhecimentos), evidenciando que não se pode generalizar e simplificar a Tecnologia como Ciência aplicada.

Malanima (2010) expõe que, apesar de toda a energia ser oriunda, diretamente, da natureza, as variações climáticas influenciaram, drasticamente, em sua disponibilidade em alguns períodos. Os períodos das glaciações causaram um declínio no fornecimento de energia. Com o fim das deglaciações, a atividade humana aumentou, pois os períodos quentes proporcionaram o cultivo de cereais e, assim, a população aumentou. Nesse mesmo período, inovações proporcionaram que o homem pudesse utilizar a energia com maior eficiência. A utilização dos ventos foi o primeiro relato da utilização de uma fonte não biológica de energia. A vela, embora usada nos períodos anteriores, embora em proporção baixa, tem seu uso intensificado durante épocas revolucionárias.

No período entre 900 a 1300, a temperatura na terra elevou-se extremamente. Esse período ficou conhecido como Quente Medieval e atingiu principalmente a Europa. Com o clima quente, este foi um dos elementos que possibilitou o aumento no cultivo de vegetais assegurando a população o fornecimento de alimentos. Entretanto, após esse período, entre 1300 a 1800 ocorreu o contrário, no qual o clima da terra se alterou, diminuindo a temperatura excessivamente. Esse período ficou conhecido como Pequena Idade do Gelo, marcado por dificuldades econômicas e

decréscimo da população na Europa, afetando a agricultura e diminuindo a oferta de alimentos (MALANIMA, 2010).

No século IX, vieram as Cruzadas que impulsionaram, sensivelmente, o comércio. Assim, começaram a ressurgir as cidades, que eram pequenas e ocupavam pouca mão de obra com a atividade principal, que era o comércio. Nesse período, o uso de energia tinha como base os bioconversores (lenha e tração animal) e fontes renováveis, como os ventos. A agricultura, base da economia, usava a energia de animais como bois e cavalos, que eram, também, utilizados como meio de transporte. A lenha e o carvão vegetal eram, amplamente, empregados para cozinhar alimentos, aquecimento, olarias, forjas e manufatura de vidros. A madeira passou a ser utilizada na marcenaria, construção civil e estaleiros. T tamanha era a devastação das florestas em razão desses usos e para a expansão das áreas agrícolas que a Europa passou por sérias dificuldades no que tange ao suprimento de madeira e lenha (TESSMER, 2002).

Nos séculos iniciais do segundo milênio, constata-se uma mudança básica nos sistemas econômicos, com maior uso da navegação marítima, para o transporte de cargas na região mediterrânea e no Mar do Norte, que reduziram os custos dos transportes terrestres entre a Itália e o Mar do Norte, proporcionando riquezas aos comerciantes (TESSMER, 2002).

Para movimentar as pequenas cidades e o comércio cada vez mais florescente da Idade Média na Europa, merecem destaque os moinhos hidráulicos, os quais foram muito usados numa primeira fase. A seguir, os moinhos movidos a vento representaram a descentralização de poder no controle de engenhos pelos senhores feudais e clero. Estes eram, amplamente, empregados no trato de cereais, na fabricação de óleos usados para acionar foles em forjas, marteletes para preparar o couro e tecidos, malhar peças confeccionadas em ferro, preparar tanino para curtumes, levantes de água etc. Também sinalizaram, para uma protoindustrialização<sup>10</sup>, um caminho irreversível na busca por recursos técnicos

---

<sup>10</sup> Atividade de fabricação rural, doméstica e sazonal, para mercados exteriores à região de produção, que precedeu na Europa a revolução industrial (TESSMER, 2002).

capazes de gerar maior rendimento produtivo ao homem. Esses fatos constituem-se marcos para o começo dos empreendimentos capitalistas energéticos (TESSMER, 2002).

Smil (2004) menciona que o aperfeiçoamento da metalurgia, devido a novas técnicas como os foles, por exemplo, melhorou a eficiência energética significativamente. Os artesãos, trabalhando simultaneamente com o apoio da energia hidráulica ou de animais, aumentaram a produção do aço, difundindo máquinas, rapidamente, pela Europa. Em um curto período, o homem iniciou uma fase tecnológica importante, fazendo o uso intensivo de máquinas, melhorando os processos de fabricação de produtos, no qual a agricultura deixou de ser o centro econômico de vários países.

O desenvolvimento da atividade metalúrgica e a sua expansão nesse período agravaram o fornecimento em energia, ocorrendo a necessidade de outras formas capazes de suprir o aumento da demanda. Logo, a segunda Era caracterizou-se pelo ápice do consumo e a capacidade do ser humano em aproveitar outras formas de energia disponíveis.

Embora tenha sido utilizado anteriormente, Smil (2004) mostra que, somente no século XIV, a energia eólica foi utilizada de forma eficaz, com as grandes navegações marítimas da Europa, que utilizavam a vela para impulsionar suas embarcações. Estas, também, obtiveram vantagens utilizando novas armas, cuja energia deriva de uma potente fonte, a pólvora. Utilizada anteriormente na China, no século XI, a pólvora possibilitou o avanço no desenvolvimento e projetos de armas, assim como técnicas de mineração e fundição de metais. Com as grandes navegações, surgem outras inovações tecnológicas, como as velas ajustáveis e a bússola magnética, esta última, também, de origem chinesa.

A soma desses fatores colaborou para a mudança rumo a um novo sistema energético. Outros fatores que ensejaram as mudanças na sociedade medieval foram as grandes navegações, chegada dos europeus às Américas, os grandes descobrimentos, a Reforma e o Renascimento. Vários conhecimentos técnicos e científicos deram sustentação às transformações nos sistemas produtivos do futuro. Cita-se como exemplos, a introdução nas fundições de fornos operando a uma

temperatura de 1150°C na combinação de ferro-carbono na primeira metade do século XIV e as caravelas com leme de popa utilizadas para o transporte marítimo (TESSMER, 2002).

#### **4.1.4 Combustíveis fósseis**

O resultado do aumento da atividade metalúrgica, principalmente na Europa, requisitava altas demandas de energia. No início do século XVII, os fornos, para a fundição de ferro, operavam, essencialmente, com carvão vegetal, lenha e restos da agricultura, como a palha. O crescimento dessa atividade exauriu as florestas, aumentando o preço dos combustíveis que movimentavam as indústrias. Desse modo, após milhares de anos dependendo de fontes energéticas de origem animal ou vegetal, estes, gradualmente, foram sendo substituído pelos combustíveis fósseis. Malanima (2010) descreve que, se sabia da existência do carvão mineral desde a Roma Antiga. Entretanto, seu emprego era limitado devido à dificuldade em retirá-lo das minas.

Assim, grandes transformações ocorreram na Europa, principalmente com a Revolução Industrial, entre 1760 e 1840. Nesse período a Inglaterra assumiu o poder do mundo moderno, sob profundas mudanças nesse contexto. Com a ampla utilização do conhecimento científico, foi possível ter início, numa primeira fase, à fabricação dos bens de produção e de consumo em alta velocidade. Bynum (2012) menciona a utilização do motor a vapor, aperfeiçoado por James Watt, utilizado na mineração, transporte e manufatura industrial. Dentre os fatores condicionantes, o domínio de grandes quantidades de energia aliadas ao conhecimento científico possibilitou à Inglaterra ser o primeiro país a se industrializar. Durante essa época, a relação entre cientistas, tecnólogos e empresários resultou no progresso científico e tecnológico e, também, proveitos à sociedade (RAUEN, 2006). O modelo de motor a vapor de Watt beneficiou a Inglaterra a se industrializar, mas também levou outros cientistas ao seu aperfeiçoamento, ajudando em inovações científicas, dentre elas a descoberta de que o calor não era uma substância (BYNUM, 2012).

Rauem (2006) explica que, nesse período, com a necessidade de aumentar a atividade industrial, os empresários, almejando lucros, empreenderam o uso de novas tecnologias nas indústrias com o auxílio de tecnólogos e cientistas. Essa relação

proporcionou o desenvolvimento de novos produtos e o aumento na produção de bens. Kostic (2007) menciona o desenvolvimento intenso da atividade científica, ocupada com as leis fundamentais da natureza, e os cientistas, investigando exaustivamente, assim, a termodinâmica.

Tessmer (2002) refere que, nesse mesmo período, iniciou-se, também, a especialização da atividade econômica para a produção de bens, o que não ocorria anteriormente, pois os trabalhadores eram remanejados das atividades metalúrgicas para a agricultura e vice-versa sazonalmente. Como resultado, houve um grande surto de urbanização com o deslocamento de mão de obra do setor primário para o setor secundário, ou seja, de bens manufaturados e em menor escala, para o terciário ou de serviços.

Nesse contexto, o aumento na extração de carvão mineral obteve grandes reflexos na indústria siderúrgica da Inglaterra. No começo do século XVII, a Inglaterra dependia da importação de madeira de outros países e se viu na necessidade de reciclar-se, passando a fazer uso do carvão mineral em detrimento do carvão vegetal. Desde o início, o setor metalúrgico foi fundado em moldes empresariais, extremamente capitalizado e ensejou outras evoluções relevantes, como com o uso da caldeira a vapor no transporte ferroviário e na indústria, beneficiando a empresa privada para assegurar o crescimento econômico (TESSMER, 2002). O uso do carvão, segundo Malanima (2010), começou a substituir a lenha nas residências europeias. A sua utilização ocorreu após o quase esgotamento das florestas. Em comparação com outras partes do mundo, o consumo de energia na Europa era muito maior devido, principalmente, às baixas temperaturas.

A partir do início do século XVII, com o desenvolvimento do primeiro motor a vapor - em 1706 pelo francês Papin - tornado operacional em 1768 por Watt na Inglaterra, foram empregados investimentos em meios de transporte de massa, como trens e navios e nos processos industriais para a geração de energia mecânica. Inicialmente, queimava-se lenha e, para melhorar seu rendimento, o motor a vapor original foi adaptado para o uso do carvão mineral, tornando-se, assim, possível ampliar seus benefícios para a sociedade (OLINTO, 2006).



Um das causas principais para o aumento do consumo de energia deve-se ao fato de inovações que possibilitaram que recursos, anteriormente, sem grande aplicação, fossem utilizados. Smil (2004) cita que a transição para a era moderna é marcada pelo aumento do consumo dos combustíveis e, também, da eficiência na sua utilização. Essa transição energética é sustentada pela grande capacidade de produção. Em várias partes do mundo e principalmente Inglaterra e o norte da Europa, o carvão era facilmente extraído e com o aperfeiçoamento das máquinas a vapor para drenagem, aumentou a profundidade das minas. Devido ao baixo preço, o carvão começou a substituir a lenha para fornecimento de energia térmica. Bynum (2012) menciona que, no século XIX, com o aperfeiçoamento dos motores a vapor, o carvão mineral operava as fábricas, navios, trens.

Malanima (2010) descreve que, em 1800, cerca de 95 por cento do consumo de energia era baseado em fontes tradicionais, despencando para 45 por cento em 1900 e apenas 15 por cento em 2000. O consumo de lenha em 1900 era desprezível, enquanto o carvão atingia 80 por cento. No ocidente o consumo de petróleo só ultrapassou o carvão na década de 1960.

A grande utilização do carvão mineral deu-se à facilidade em extraí-lo das minas e com o aperfeiçoamento da máquina a vapor, possibilitou que a água que inundava o interior das minas, fosse retirada com o auxílio destas máquinas. Também deve a grande quantidade de energia que o carvão mineral possui se comparado a outras fontes disponíveis, como a lenha por exemplo.

#### **4.1.5 Eletricidade**

No que concerne ao aumento da atividade científica, inovações tecnológicas facilitaram o desenvolvimento máquinas cada vez mais capazes de realizar trabalho. O principal aspecto quanto à mudança das fontes energéticas foi o desenvolvimento de técnicas, capazes de utilizar de formas diferentes os combustíveis. Nos períodos anteriores, a utilização predominante dos combustíveis era para aquecer, iluminar e fundir metais enquanto, para realizar movimento, além da força hidráulica ou eólica, era fornecido pelo próprio homem ou por animais.

Com o início da segunda fase da industrialização, tem como base a energia elétrica, pois, a partir da descoberta de Ørsted em 1819, a evolução dos geradores e

o desenvolvimento da lâmpada elétrica, em 1879, por Thomas Edison, deram início a uma nova fase da industrialização (OLINTO, 2006).

Prosseguindo Olinto (ibid.) relata que, no século XIX, com a construção do motor de combustão interna de quatro tempos, foi possível o desenvolvimento do automóvel, do avião, estimulando, grandemente, a demanda por um novo tipo de combustível fóssil, o petróleo. O petróleo tornou-se o mais versátil dos combustíveis e, a partir de meados do século XX, passou a ser usado em larga escala. Posteriormente o desenvolvimento das turbinas contribuiu ao acréscimo da demanda energética, cujos princípios já haviam sido enunciados na Idade Média, por Leonardo da Vinci. A turbina proporcionou a base para o desenvolvimento do motor a jato. Por volta de 1930 e 1938, desenvolve-se a energia nuclear na Alemanha, sendo o primeiro reator atômico construído em 1942 em Chicago, no contexto da Segunda Guerra Mundial.

A Revolução industrial foi liderada pela Inglaterra e, em seguida, disseminou-se pela Europa e pelos Estados Unidos. A tecnologia foi evoluindo depressa, passando da utilização das fontes energéticas primárias, como lenha e carvão mineral, para a energia elétrica, o petróleo e, posteriormente, a nuclear, eólica, etc.

Segundo Furtado (1985), com as economias mundiais globalizadas, principalmente as industriais, crises têm sido, historicamente, frequentes dentro do sistema capitalista. Entretanto, essa formação econômica industrial, extremamente dependente de fontes energéticas, sobretudo do petróleo, estão mais susceptíveis às crises. A descoberta de grandes jazidas, principalmente no Oriente Médio, previa uma redução no preço e aumento do fornecimento. Entretanto, em 1973, por razões geopolíticas, os países produtores de petróleo, do Oriente Médio, que detêm a maior parte das jazidas mundiais, com aval da OPEP (Organização dos Países Exportadores de Petróleo), deliberadamente, aumentaram o preço do petróleo e diminuíram sua produção. O petróleo foi usado como ferramenta para pressão política. Assim, as consequências foram significativas para o mundo todo.

Por outro lado, a dependência do petróleo e sua eventual falta de abastecimento criam expectativas para o uso e desenvolvimento de novas fontes energéticas, como é o caso do Brasil, pioneiro na geração de combustíveis

alternativos. Surge nesse momento, a exemplo do que se viu nos períodos das grandes guerras, a urgência em substituir a frota de veículos que consomem grandes quantidades de combustível, por aqueles mais econômicos e eficientes e desperta-se o interesse em desenvolver tecnologias capazes de aumentar a eficiência e diminuir o consumo.

Olinto (2006), ainda, relata que, recentemente, os aparelhos domésticos e a difusão dos meios de comunicação em massa, que aumentam o conforto na vida das pessoas, vêm contribuindo para uma maior e incessante demanda energética. Também, convém ressaltar que, em muitos locais, a utilização dos fertilizantes sintéticos, permitiram o aumento na produção primária e os avanços na área da medicina, com novas vacinas e antibióticos, favoreceram o aumento nas taxas de crescimento populacional, conseqüentemente aumentando, também, o consumo de energia e alimentos<sup>11</sup>.

Segundo Olinto (2006, p. 3),

Se essas invenções permitiram a melhoria da qualidade de vida do homem, pelo aumento da produtividade, redução do esforço físico, aumento do conforto em seus lares e ambientes de trabalho, redução das distâncias pela facilidade de transporte e comunicação, favoreceram, também, o crescimento da demanda de energia de forma exponencial no começo do século passado.

A partir do que foi exposto, procurou-se apresentar, de forma geral e sintética, a importância da evolução do consumo energético, desde as primeiras necessidades do homem, utilizando as fontes naturais e seu próprio corpo como aspectos importantes da evolução energética através dos tempos.

Convém ressaltar a observação de Goldemberg (2008, p. 113) a respeito do fato de que “[...] um quinto da população mundial, que vive nos países da Europa Ocidental, nos EUA e no Japão, tem um nível de vida elevado e consome quatro quintos dos recursos naturais disponíveis no mundo”.

---

<sup>11</sup> Essa característica ocorre em determinados locais e períodos distintos. Muitos locais avançados, tecnologicamente, têm ocorrido o contrário.

Essa demanda compreende, também, a energia e, dessa forma, energia barata e abundante é fundamental para o desenvolvimento de um território. Nos países em desenvolvimento, há grande pressão para melhorar o padrão de vida de sua população e, conseqüentemente, desencadeia-se a competição pelo acesso aos recursos energéticos, levando, assim, a aumento nos preços ou a conflitos localizados em várias partes do mundo.

De acordo com Heinrich e Kleinbach (2009, p. 7),

A demanda global por energia triplicou nos últimos 50 anos e pode triplicar novamente nos próximos 30 anos. A maioria desta demanda aumentada no passado ocorreu nos países industrializados, e 90% dela foi satisfeita por combustíveis fósseis. Contudo nos anos vindouros, a maior parte da demanda aumentada por energia virá dos países em desenvolvimento, já que esses buscam atingir objetivos e metas de desenvolvimento e têm experimentado aumentos populacionais muito maiores que os observados nos países industrializados.

Durante os séculos XIX e XX, O consumo energético cresce juntamente ao crescimento populacional. Porém, os padrões atuais de produção e consumo de energia estão fundamentados nas fontes fósseis, o que gera emissões de poluentes, gases de efeito estufa e colocam em risco o suprimento do planeta em longo prazo (GOLDEMBERG e LUCON, 2007).

Os autores citados acima, referindo-se às projeções do consumo de energia, alertam sobre a importância da participação governamental. Também, dependendo dos órgãos do governo, o tipo de desenvolvimento e crescimento econômico está relacionado criticamente às projeções e às políticas adotadas. Portanto, segundo os autores, os resultados dependerão muito das visões de longo prazo dos governantes dos países.

Vislumbrando a ligação intrínseca do crescimento populacional e o crescente aumento do consumo de energia, a seguir é apresentada uma breve análise do crescimento da população mundial (Figura 1) e sobre a taxa de crescimento da população mundial (Figura 2).

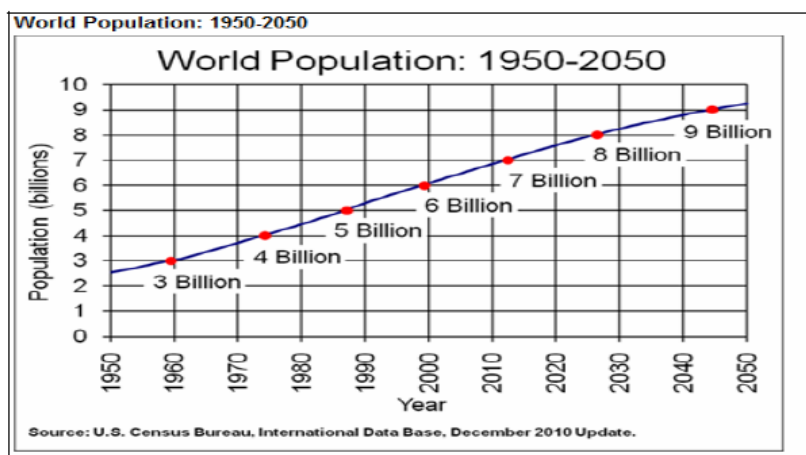


Figura 1 - População Mundial 1950-2050

Fonte: U.S. CENSUS BUREAU (2010)

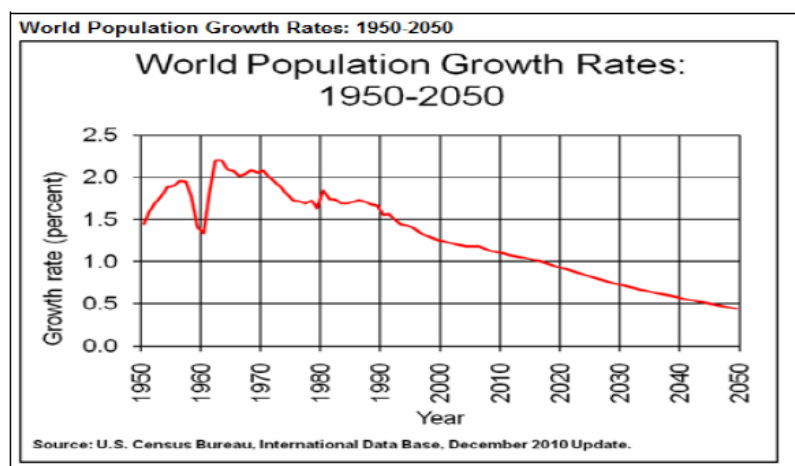


Figura 2 Taxa de Crescimento da População Mundial 1950-2050

Fonte: U.S. CENSUS BUREAU (2010).

Segundo os dados apurados, a população mundial cresceu de 3 bilhões em 1959 para 6 bilhões em 1.999, isto é, duplicando em quarenta anos. O último censo projetou crescimento um pouco mais lento para o século XXI. A população projetada para 2044 crescerá para aproximadamente 9 bilhões, um crescimento percentual de 50% em aproximadamente 45 anos.

É possível observar, também, que a população mundial cresceu a uma taxa de 1,5% a.a de 1950 a 1951 para um pico de mais de 2% a.a nos anos de 1960, devido ao aumento da natalidade nesse período. A partir daí, a média de crescimento começou a declinar em razão da idade mais avançada dos casamentos e também do

uso de métodos contraceptivos. Esse declínio, que começou nos anos 1970 e perdura até hoje, se acentuou a partir dos anos de 1990, conforme demonstra a Figura 3.

A estimativa da população mundial é de dez bilhões de pessoas para meados do próximo século e juntamente crescerá a demanda por energia e, também, por alimentos. Todavia, vários autores enfatizam que o crescimento populacional é responsável por, apenas, metade do aumento do consumo de energia; o restante é responsabilidade dos padrões de consumo dos países mais ricos, como uso de automóvel nas grandes cidades. Essas considerações acentuam a gravidade dos problemas a serem enfrentados de forma urgente pela sociedade (GOLDEMBERG e LUCON, 2007). O aumento da população bem como o desenvolvimento econômico, conseqüentemente, aumentam a demanda de mais energia.

Podemos imaginar que, com o aumento da população, aumenta-se a demanda por energia, água e alimentos. O desenvolvimento socioeconômico melhora o padrão de vida das pessoas e influenciadas pela globalização torna-as cada vez mais consumidoras. O desenvolvimento científico-tecnológico torna bens de consumo mais acessíveis às pessoas, entretanto essa linearidade acarreta problemas intrínsecos entre si, no qual mais: pessoas, mais aparelhos, mais água, mais alimentos, mais indústrias, mais energia, mais hidrelétricas/combustíveis, menos terras, menos água menos comida. A soma desses fatores implicam grandes problemas sociais, principalmente nos grandes centros urbanos, e nos países mais pobres.

Dessa forma, o crescente número de pessoas consumidoras exige, cada vez mais, energia, no qual a solução seria construir mais usinas elétricas ou produzir mais combustíveis. Mas não há geração de energia que não cause problemas socioambientais.

Em todos os períodos vistos anteriormente, pouco ou nada foi visto em relação aos impactos causados ao meio ambiente. O entendimento mundial é que o meio ambiente constitui fonte inesgotável de recursos. Contudo, houve preocupação com o fato de a ação humana causar a degradação dos meios naturais, (alterações climáticas, dizimação de espécies), conduzindo a Organização das Nações Unidas (ONU), a convocar uma Conferência sobre o meio ambiente. Esta foi a primeira atitude mundial cujo objetivo seria frear a destruição da natureza. Então em 1972, em

Estocolmo, a conferência que leva o nome dessa cidade apelou às ameaças que “O desenvolvimento a qualquer custo” estava causando, o risco da própria sobrevivência humana. A conferência foi marcada pelo intenso debate, em que os países desenvolvidos preconizavam medidas imediatas para a prevenção de um grande desastre. Em contrapartida, os países em desenvolvimento, usando como argumento a miséria e os graves problemas sociais enfrentados pela sua população, indagaram que os países desenvolvidos lograram outrora, a supremacia industrial, degradando, incessantemente, os meios naturais. Com base nas exigências que seriam impostas, haveria oneração na implementação das medidas e o retardamento da industrialização nos países menos favorecidos. Apesar das discussões, países como Estado Unidos, resolveram investir para reduzir a poluição, implementando e desenvolvendo tecnologias para tentar conter a degradação.

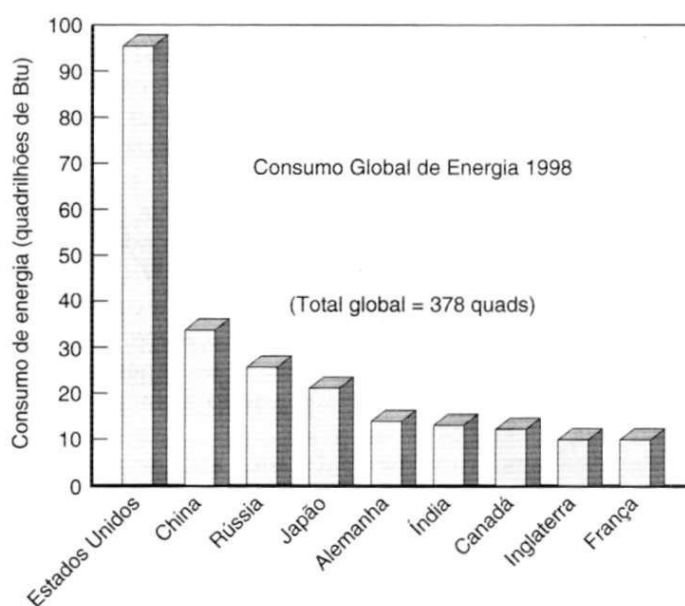


Figura 3 - Consumo global de energia por país: 1998.

Fonte: (United States Energy Information Administration, Useia *apud* Hinrichs e Kleinbach (2000)).

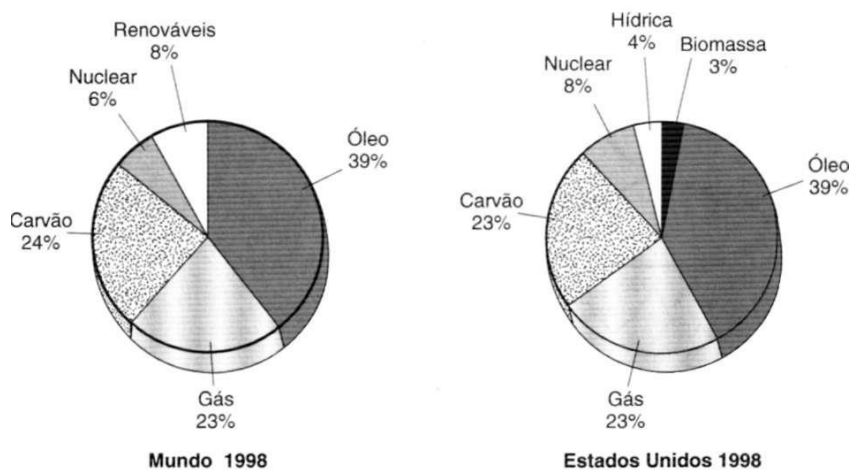


Figura 4 - Consumo de energia por fonte para o mundo e para os Estados Unidos: 1998.

Fonte: (UNITED STATES ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION, USEIA *apud* Hinrichs e Kleinbach (2000)).

Os gráficos acima expõem a liderança no consumo mundial de energia dos EUA. Nos últimos anos, este consumindo cerca de três vezes mais que o segundo colocado. Além do consumo evidente, a matriz energética estadunidense está entre as mais poluentes do mundo.

Fica evidente, diante deste quadro, que as principais inovações tecnológicas e científicas têm suas origens na busca constante em dominar a energia. Diante do que foi exposto, o homem manteve uma relação agradável com a natureza durante muito tempo. Entretanto, durante um curto período de tempo, devido ao grande consumo dos recursos naturais, surgiram enormes problemas. O consumo acentuado dos recursos naturais, a degradação do meio ambiente, o aquecimento global entre outros, e que, em pouco tempo, encaminha-se para incertezas relacionadas a estes aspectos.

## 4.2 EVOLUÇÃO DO SETOR DE ENERGIA NO BRASIL

A matriz energética brasileira é bastante diversificada, sendo, inicialmente, avançada, ocorreu, paralelamente, às inovações tecnológicas mundiais. No entanto, sua difusão ocorreu lentamente, gerando atraso no país em muitos setores. Mas, na década de 1950 em diante, ocorre a modernização do país, com investimentos na



indústria, transporte e sobretudo em energia.

Desse modo, serão apresentados os principais acontecimentos na evolução do setor energético brasileiro

#### **4.2.1 Agricultura**

Com a chegada dos europeus às Américas, novas civilizações foram encontradas, contrastando com a cultura europeia. A fase do Brasil Colônia inicia com a chegada dos europeus e finda na sua independência política do Brasil em 1822.

De acordo com por Fausto (1995), o ano de 1500 foi marcado pela chegada dos portugueses a uma nova terra que viria a ser o Brasil. Encontrando uma população indígena de hábitos e cultura bastante peculiares, esses nativos mantinham uma base de subsistência, cuja principal fonte eram a caça, a pesca e a agricultura<sup>12</sup>. Para a prática da agricultura, os índios derrubavam árvores e realizavam queimadas para o plantio, técnicas que, também, eram utilizadas pelos colonizadores. O plantio consistia, basicamente, em tubérculos e alguns cereais. Nas sociedades indígenas, o escambo era utilizado para troca de alimentos, bens de consumo, mulheres, e pedras para a confecção do botoque<sup>13</sup> por exemplo.

Após a fase inicial, os portugueses asseguram o Brasil como sua colônia, iniciando a fase de exploração dos recursos naturais. Fausto (ibid.) descreve a principal fonte de mão de obra nesse período o africano escravizado. Sua principal utilização era na exploração do pau-brasil, nas plantações de cana-de-açúcar e nos engenhos de açúcar. A atividade principal no período colonial eram a agricultura, especialmente a monocultura de cana-de-açúcar e a mineração. A exportação de açúcar era a base econômica, com isso a indústria era precária e os principais produtos manufaturados eram importados da Inglaterra, através de Portugal devido ao Pacto Colonial.

Então, a partir desse contexto, o Brasil ficou em “desvantagem fabril”, ficando

---

<sup>12</sup> A agricultura, assim como outras técnicas humanas, não se desenvolvera ao mesmo momento em todos os lugares.

<sup>13</sup> Consiste de um disco usado para alargar o lábio inferior.

a mercê de produtos industrializados ingleses. Como a colônia exportava produtos agrícolas a preços baixos, a importação de produtos manufaturados de alto valor, o deficit na balança comercial endividava cada vez mais essa colônia.

#### **4.2.2 Eletricidade**

Somente a partir da sua independência política do país, sobretudo no Segundo Reinado, ocorreu o início de uma política de investimentos em vários setores, sendo um deles a implementação de novas tecnologias energéticas, com destaque para a Era Maua. Ao passo que as tecnologias elétricas eram implantadas na Europa e Estados Unidos, ao contrário do que se pensa, o Brasil não ficou atrás. O Brasil começou a investir na sua eletrificação, como expõe Landi (2006), no qual sua construção inicia em 1876, em que Dom Pedro II, em uma visita à exposição da Filadélfia, convida Thomas Edison a introduzir no Brasil, equipamentos e procedimentos para o uso da eletricidade na iluminação pública. Com isso, em 1879, inaugurou-se a iluminação elétrica interna na Estação Central da Estrada de Ferro Dom Pedro II, atualmente chamada de Central do Brasil, no Rio de Janeiro. Com a necessidade de fontes geradoras de energia elétrica, Hansen (2012) relata a inauguração de usinas hidrelétricas em 1883, dentre elas a de Ribeirão do Inferno, em Diamantina Minas Gerais.

Com a implantação da energia elétrica no Brasil, o setor permaneceu pouco regulamentado, como nos assegura Lima (1984) e, somente em 1930, com o fim da República Velha, houve atuação do estado na normatização da indústria de energia elétrica.

A primeira utilização da eletricidade como força motriz aconteceu em 1883, no município de Niterói, no Estado do Rio de Janeiro, em que se instalou a primeira linha brasileira de bondes elétricos (TOLMASQUIN, 2011). A eletricidade no Brasil estava se difundindo rapidamente, aumentando a procura por energia. As diversidades de fontes geradoras de eletricidade, também, marcaram a época, como indica Tolmasquin (ibid.). E, no ano de 1883, foi implantado o primeiro serviço de iluminação pública do Brasil e da América do Sul em Campos de Goytacazes, com a instalação de 39 lâmpadas abastecidas pela primeira central elétrica, que tinha 52KW de potência gerados por uma termelétrica a vapor produzido em caldeira à lenha.

No ano de 1887, Porto Alegre tornou-se a primeira capital do Brasil a implantar um serviço constante de fornecimento de energia elétrica, porém circunscrito a consumidores particulares, com energia da termelétrica de 160 KW da *Fiat Lux*. Segundo Bicca (2010), o fornecimento dessa empresa proporcionava algumas características: além da energia, existia o fornecimento de todo o equipamento imprescindível à iluminação, até mesmo as lâmpadas.

#### **4.2.3 Petróleo**

Assim como a eletrificação, com a modernização e o surgimento de técnicas capazes de facilitar e aumentar a produção, houve uma popularização dos automóveis movidos a gasolina no mundo, especialmente com a criação do Ford modelo T. Seguindo a tendência mundial, no Brasil, não foi diferente. Em 1919, foi instalada, na cidade de São Paulo, a Ford do Brasil, inicialmente importando veículos dos Estados Unidos. E, posteriormente, iniciou-se a linha de montagem de veículos e caminhões no país (FORD 2016). Com o aumento no consumo de petróleo, Tundisi (1991) mostra que o Brasil não possuía fontes desse combustível e que sua totalidade era importado da Argentina e refinado na cidade de Rio Grande, Rio Grande do Sul.

Como nos conta Bueno (2008), o primeiro brasileiro que cogitou a possibilidade de haver petróleo no Brasil foi o icônico cidadão Monteiro Lobato. Com aspirações estadunidenses, Lobato vislumbrava que o sucesso daquele país era fruto do investimento em áreas da indústria, transportes, ferro, e petróleo, julgando necessário o investimento nestes setores no Brasil. Com isso, Lobato, em 1931, funda 5 empresas para explorar o petróleo no Brasil e, em 1936, confirma a existência de jazidas na Bahia. Entretanto, no ano seguinte, durante o Estado Novo, o governo Vargas cria o Conselho Nacional do Petróleo, sendo a primeira iniciativa de regular o setor e instituindo patrimônio da união todas as jazidas em solo nacional, inclusive as não encontradas (MBP, 2014). Com milhares de veículos vendidos, o Brasil ainda não possuía petróleo suficiente para atender a demanda interna.

Dessa forma, Tundisi (1991) informa que, somente em 1939, na cidade de Lobato, pertencente ao estado da Bahia, petróleo é extraído no Brasil. O primeiro campo com capacidade comercial foi fundado em 1941 na cidade de Candeias Bahia. A deficiência em estudos de exploração atrasou o setor petrolífero brasileiro. Apenas

na década de 1950, com descobertas de várias jazidas, principalmente na Bahia, desenvolveu-se o setor, começando investimentos com a construção de refinarias e a aquisição de um petroleiro.

A industrialização do petróleo avançou lentamente com a criação da Petrobras em 1951, responsável pela extração, comercialização, importação, ou seja, exercendo monopólio nas atividades petrolíferas brasileiras (TUNDISI, 1991). Devido à incapacidade da produção em petróleo, em 1968 a Petrobras lançou as explorações marítimas, dobrando as reservas brasileiras. Grandes investimentos em pesquisa e tecnologia para extração de petróleo em alto-mar, mas, com o aumento da demanda brasileira em petróleo, o país não é autossuficiente. Grande parte do petróleo consumido no Brasil é importado, principalmente do Oriente Médio. Em 1973 o Brasil foi, seriamente, afetado com o desabastecimento decorrente da Crise, emergindo a necessidade em fontes para suprir a demanda interna. A carência em combustíveis fez o Brasil recorrer a uma antiga atividade produtiva que a muito tempo fora utilizada no país.

#### **4.2.4 Etanol**

A solução encontrada para amenizar o impacto da falta dos combustíveis no Brasil foi aproveitar os recursos já estabelecidos no país.

Com a primeira crise do petróleo de 1973, instituiu-se a emergência do Brasil em obter um combustível que substituísse o petróleo. Essa preocupação voltou olhares a uma fonte econômica muito antiga, a cana-de-açúcar, cujo subproduto deriva o álcool/etanol<sup>14</sup>. A experiência do Brasil no setor, aliada à crise do petróleo, obrigou o governo à criação de projetos, com a pretensão de reduzir as influências da falta de combustíveis. Entre os vários programas, surge o Projeto do Álcool (Proálcool) que, inicialmente, utilizava o etanol como complemento à gasolina. Não foi no Proálcool a primeira experiência com o etanol em motores dos veículos. Uma condição

---

<sup>14</sup> Em novembro de 2012, o termo álcool foi substituído por etanol, seguindo um alinhamento com o resto do mundo e também como objetivo de evitar confusão dos álcoois brasileiros usando este termo (UNICA 2012).

importante do etanol da cana-de-açúcar é seu custo-benefício, comparado ao etanol do milho fabricado nos Estados Unidos por exemplo. Com os impactos da segunda crise do petróleo em 1979, o governo brasileiro se viu obrigado novamente a intensificar o Proálcool, sendo uma das alternativas a substituição total da gasolina pelo etanol. Com a estabilização do preço do petróleo ao final da década de 1980, os subsídios foram, gradativamente, cortados até a extinção do Proálcool em 1990. No início dos anos 2000, o preço do petróleo volta a subir aumentando novamente a procura por etanol. Embora o programa Proálcool tenha sido extinto, várias usinas sucroalcooleiras mantiveram sua produção, entretanto, alternando entre etanol e açúcar. Nesse mesmo período, surge uma inovação que impulsionou, ainda mais, a procura pelo produto, os motores *flex Fuel*. Várias características importantes mantiveram a produção de etanol e uma delas é o fato de ser um combustível renovável, que substitui, facilmente, a gasolina. Apesar de o etanol emitir gases do efeito estufa, a quantidade é muito inferior aos derivados do petróleo, consistindo uma alternativa no caso ambiental.

A pesquisa e a experiência na produção de etanol no Brasil derivam de longa data. Vargas (2001) relata que, ao final da década de 1920, já se pronunciava sobre “O álcool como combustível industrial do Brasil”. O autor expõe, ainda, que, já no início de 1920, notícias sobre a utilização do etanol como combustível em motores de explosão no nordeste brasileiro, mas sem confirmação oficial, o que ocorre no final de 1930, em uma monografia do Instituto Nacional de Tecnologia (INT), intitulado “Álcool-motor e motores a explosão”.

Michellon, Santos e Rodrigues (2008) reforçam a ideia e apontam que o Brasil importava cerca de 80 por cento do petróleo consumido, deteriorando a balança comercial e aumentando a inflação. Com isso, se viu obrigado a buscar novas fontes de energia. Dessa forma, vários programas foram criados com a finalidade de propor alternativas ao petróleo, sendo o mais promissor o Programa Nacional do Álcool – Proálcool, lançado em 1975. Esse programa tinha por finalidade a produção do álcool anidro, extraído da cana-de-açúcar em destilarias anexas as usinas, para ser adicionado à gasolina como complemento. O desenvolvimento surge com incentivos públicos por meio da Petrobras, esta, encarregada de toda a logística assim como do preço do produto final. Inicialmente, o etanol era, simplesmente, coadjuvante à

gasolina, complementando o combustível. Coelho e Goldemberg (2004) comentam que o álcool anidro como aditivo substituiu o uso do chumbo à gasolina. Landrigan (2002) explica que o chumbo tetraetila foi adicionado à gasolina desde 1922, com objetivo de melhorar o desempenho dos motores. Entretanto, seu uso causa sérios riscos à saúde e ao meio ambiente:

O uso de chumbo como um aditivo de gasolina foi uma catástrofe para a saúde pública. A gasolina com chumbo causou mais exposição ao chumbo do que qualquer outra fonte no mundo todo. Por poluir o ar, poeira, solo, água potável e culturas alimentares, tem causado negativamente os níveis de chumbo no sangue humano elevado em todo o mundo, especialmente em crianças (LANDRIGAN, 2002, p. 768).

O autor expõe o que se refere à toxicidade do metal e que sua contaminação é extremamente prejudicial nos seres humanos em períodos críticos de vulnerabilidade, o que ocorre, principalmente, em crianças.

Coelho e Goldemberg (2004) apresentam dados, que a adição de etanol foi proporcionalmente incorporada a gasolina, até que em 1991 o chumbo foi completamente eliminado dos combustíveis brasileiros. O autor salienta a atenuação de concentrações de enxofre e monóxido de carbono para as grandes cidades, e o aumento do padrão de qualidade do ar.

No auge da crise de 1975, Nitsch (1991) complementa que, em todo o mundo, houve procura por fontes alternativas de combustíveis, mas que, somente o Brasil obteve um programa bem-sucedido. Esse sucesso foi caracterizado pelo aumento do petróleo decorrente da primeira crise e a queda no preço do açúcar exportado. Uma série de fatores embalou o Proálcool brasileiro. Com o choque da segunda crise do petróleo e, coincidentemente, uma nova queda no preço do açúcar em 1980/1981, aumentaram-se os subsídios ao programa. Com várias pesquisas na área, um importante avanço tecnológico impulsionou o Proálcool, o veículo movido integralmente a etanol. Esse veículo, com motor desenvolvido pelo Centro Tecnológico da Aeronáutica, era movido a etanol hidratado com pureza em torno de 94 por cento (em comparação ao álcool anidro cuja pureza atinge cerca de 99 por cento). Sendo uma inovação, havia receio na aquisição deste carro, contudo

incentivos fiscais e o baixo preço do etanol nos postos aumentou, consideravelmente, sua procura.

Porém muitas críticas surgiram com a implantação do Proálcool. Andrade (2009), noticia que uma delas baseava-se no fato do cultivo da cana-de-açúcar ter aumentado, mas o cultivo de alimentos manteve-se inalterado. Isso poderia acarretar no aumento do preço dos alimentos. Kohlhepp (2010, p. 228) também enfatiza que no auge do Proálcool, "deu-se início à produção de etanol, extraído da mandioca, base da alimentação da população pobre do interior do país". Embora a produção do etanol da mandioca fosse menor, fez o preço do produto subir, atingindo a parte mais pobre da população. A sua utilização deu-se pelo fato da mandioca ser mais robusta e disponível o ano todo.

Mas, com a estabilização do preço do petróleo na metade da década de 1980, houve uma desaceleração do Proálcool. Com a fabricação do etanol não sendo economicamente viável em comparação ao petróleo, havia necessidade de subsídios que perduraram até o final do Regime Militar em 1984 e, aos poucos, o governo diminuiu seu papel no setor. Em 1990, o governo Collor extinguiu os subsídios do Proálcool, devido ao grande endividamento das contas públicas. A produção de etanol entrou em queda e muitas usinas sucroalcooleira fecharam (LEITE e CORTEZ, 2007). Apesar de o programa ter sido postergado, as usinas remanescentes mantiveram a produção, alternando entre etanol ou açúcar. Com o fim dos incentivos fiscais na aquisição de veículos e dos subsídios à produção de etanol, havendo que seu preço aumentasse, não sendo mais viável.

O Proálcool ficou esquecido por muitos anos, mesmo que as usinas sucroalcooleiras mantivessem a produção, apesar de menor quantidade, o programa foi, novamente, encorajado. Michellon, Santos e Rodrigues (2008) alegam que, no início dos anos 2000, houve, novamente, aumento do preço do petróleo internacional e com o surgimento dos veículos *flex. fuel* ou bicomcombustível, isto é, veículos equipados com motores capazes de utilizar somente gasolina ou etanol, ou a mistura dos dois ao mesmo tempo, aumentou novamente a procura do etanol. Outra tendência mundial é o cumprimento do tratado de Kyoto que almeja reduzir as emissões de gases do efeito estufa, decorrente da queima dos combustíveis.

O etanol extraído da cana-de-açúcar obtém vantagem se comparado com aqueles extraídos dos grãos por exemplo. Hinrichs e Kleinbach (2000) mostram que o etanol extraído dos grãos, o milho, é o mais utilizado. O que torna inviável a sua produção, pois é investido desde o plantio, fertilização e colheita, ao contrário da cana-de-açúcar que exige cuidados menores. Para a fabricação do etanol, também se exige energia. Assim, o uso desse combustível melhora o desempenho dos veículos, produzindo menos GEE, mas, quando o etanol é produzido, a partir do milho, a energia necessária equivale à energia produzida pelo combustível. Nesse caso, o etanol extraído do milho não reduz a emissão dos gases. Da mesma forma, ocorre a discussão quanto ao emprego de grãos para os combustíveis, devido à fome que assola o mundo. Nesse sentido, é exposto que os grãos devam suprir a demanda de alimentos e não para os combustíveis.

Hinrichs e Kleinbach (2000) expõem que o Brasil é o terceiro país que mais consome energia do hemisfério ocidental e que, atualmente, 41 por cento da demanda de combustíveis é etanol. Por possuir uma queima mais limpa, o etanol emite menos poluentes. No Brasil, segundo a UNICA (2007), a cana-de-açúcar não ameaça a produção de alimentos, pois corresponde a uma área de plantio de 0,6 por cento do território nacional e que 0,3 por cento é destinado ao etanol e o restante para açúcar. O mesmo documento expõe que 7 por cento do território nacional é destinado ao cultivo de alimentos, da mesma forma os grãos produzidos no Brasil não são destinados a produção de combustíveis.

O Programa Nacional do Álcool - Proálcool foi criado com o objetivo de solucionar a falta do petróleo decorrente das crises internacionais, fazendo uso de um combustível que o Brasil possuía experiência. O sucesso desse programa em particular deve-se em partes aos esforços do governo para contornar a crise, bem como às inovações tecnológicas decorrentes, fazendo do Brasil referência quanto a utilização de combustíveis alternativos. Para o futuro, a possibilidade do esgotamento dos combustíveis fósseis bem como sua emissão dos GEEs fazem do uso do etanol próspero.

Pode-se dizer que o programa foi bem-sucedido em seus objetivos: de 1975 a 2000, foram produzidos cerca de 5,6 milhões de veículos a álcool hidratado e, em adição, o programa logrou deslocar um volume expressivo da demanda por gasolina, pela adição de uma fração de álcool anidro (entre 1,1% a 25%



em volume) a esse combustível, que movia uma frota superior a 10 milhões de veículos. Assim, no período, foram evitadas emissões de gás carbônico da ordem de 110 milhões de toneladas de carbono (contido no CO<sub>2</sub>) e a importação de aproximadamente 550 milhões de barris de petróleo, o que proporcionou uma economia de divisas estimada em US\$ 11,5 bilhões (EPE, 2007, p. 135)

O PNE deixa claro que o Proálcool auxiliou, tanto economicamente como na redução da emissão dos GEEs. Nas últimas décadas, com os motores *flex. fuel*, houve a procura por etanol, diminuindo o consumo de gasolina. Nessa perspectiva, as possibilidades de uso com mais intensidade no futuro são promissoras, o que, provavelmente, fará com que o petróleo não seja a única alternativa em combustíveis.

Por todas essas razões, fica evidente a importância em possuir reservas energéticas estratégicas, capazes de suprir a demanda do país em caso de emergência. A dependência de fontes importadas lida com fatores adversos, sendo o corte no fornecimento o mais preocupador. O PNE 2030 reconhece que o desenvolvimento em biocombustíveis, especialmente o etanol, está pautado na sustentabilidade aplicando políticas e adequando o manejo das culturas. Dessa forma, reduzem-se os impactos adversos, sejam eles socioeconômicos ou ambiental e, inclusive, evita-se a interferência na produção de alimentos. Os benefícios ambientais relativos ao etanol são extremamente importantes. Com o aquecimento global, existe relativa preocupação com a emissão dos GEEs, fazendo com que o Brasil possua uma das matrizes energéticas mais limpas do mundo.

## **5. POLÍTICA ENERGÉTICA: AS HIDRELÉTRICAS NO CONTEXTO DA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA**

A matriz energética mundial tem como base o carvão, o petróleo, o gás natural, a energia nuclear e a hidroeletricidade. Mais do que suprir as necessidades domésticas, a energia gerada por essas fontes é condição absoluta para as indústrias, essencialmente aquelas eletro-intensivas. Especificamente, pós-revolução industrial, são as matrizes energéticas que fomentam o desenvolvimento das nações e as aspirações dos seus povos por crescimento e riquezas. Entre essas fontes, a hidroeletricidade é considerada renovável, ainda que limitações geográficas condicionem poucos países a explorá-la. Cada nação tende a explorar seus recursos de forma otimizada, face às características estruturais socioeconômicas que a matriz energética fomenta. Com a ascensão do ambientalismo, principalmente do desenvolvimento sustentável, parece lógico considerar que “os países que melhor se posicionam quanto ao acesso a recursos energéticos, de baixo custo e de baixo impacto ambiental, obtêm importantes vantagens comparativas” (TOLMASQUIM et al. 2007, p. 63) destacando assim, o papel da distribuição básica de recursos naturais como parâmetro relativamente estável de um sistema político evidenciado no Modelo de Coalizão de Defesa.

Goldemberg e Moreira (2005) observam que a matriz energética brasileira conta com boa disponibilidade de recursos, as reservas utilizáveis, porém, são relativamente modestas. Considerando que a energia renovável representa uma boa vantagem ao país quando se refere ao desenvolvimento energético sustentável, um conjunto de políticas públicas é necessário para administrar a produção que se encontra, em grande parte, nas mãos da iniciativa privada. Tão importante quanto a disponibilidade interna é o seu modo de exploração. Aspectos econômicos ou a facilidade de utilização de uma fonte energética primária podem determinar o interesse do mercado consumidor, fato importante considerando que o país possui um relevante parque de indústrias eletro-intensivo com expressividade econômica.

Embora a disponibilidade de locais para geração de hidroeletricidade no Brasil seja boa, e por ser um recurso renovável, há outros fatores determinantes para a instalação de usinas geradoras. Há impacto direto ao ambiente e a população das áreas próximas as usinas. Muitas espécies da flora são encobertas pela água, gerando outros problemas. Espécies da fauna perdem seu habitat, migrando para outros locais, ou até mesmo morrendo. Perde-se áreas cultiváveis, fonte econômica para a população ribeirinha, que muitas vezes são conduzidas para outros locais. Por esses fatores, o estudo é indispensável para sanar ou atenuar os impactos gerados.

A análise da futura demanda por energia tem como base, o crescimento populacional, industrial e comercial do país. Com o progresso econômico, ocorre o aumento na demanda de energia, dado o poder aquisitivo da população, o aumento da atividade industrial e comercial. A importância de um planejamento visa a redução do risco de um possível apagão tal qual de 2001.

Uma das medidas tomadas foi a adoção do cenário de prospecção do potencial energético, apresentado pelo governo nos planos de investimento no setor. Após a instituição da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) em 2004, órgão vinculada ao Ministério de Minas e Energia (MME), fica a cargo dessa instituição o último planejamento intitulado Plano Nacional de Energia 2030<sup>15</sup>(PNE 2030) (BRASIL, 2007). O PNE 2030 faz uma projeção de crescimento da demanda por energia considerando variáveis como o crescimento demográfico, o crescimento industrial e comercial. Como trabalha em cima de uma matriz energética, além da energia elétrica, também são consideradas a dinâmica da exploração de petróleo, carvão, biodiesel, diesel e gás natural.

Fica evidente, diante desse quadro o conjunto energia, ambiente e desenvolvimento social. A partir destes parâmetros, será mostrado o desenvolvimento do setor elétrico brasileiro.

---

<sup>15</sup> PNE 2030 (sigla para Plano Nacional de Energia 2030) faz referência ao nome do documento e não a referência bibliográfica.

## 5.1 A EVOLUÇÃO DA INDÚSTRIA DE ENERGIA ELÉTRICA

Acompanhando as pesquisas e desenvolvimentos tecnológicos em eletricidade a exemplo da lâmpada e motores elétricos, tanto no Estados Unidos como na Europa, o Brasil implantou rapidamente esses novos conceitos como demonstrado na seção 3.2. Com o emprego de vários equipamentos elétricos, o Brasil foi obrigado a introduzir cada vez mais fontes geradoras de eletricidade. Geograficamente privilegiado à geração de hidroeletricidade, a história da Indústria da Energia Elétrica (IEE) no Brasil começa a ser desenhada no início do século XX quando foi inserida, monopolizada e até mesmo regulamentada por empresas internacionais (SOUZA, 2002). Com isso, é relevante analisar a evolução histórica do setor elétrico brasileiro.

Santos (2005), comenta para o descaso em desenvolver tecnologia em energia elétrica desde o início do século XX, causa essa a um perfil agrário-exportadora brasileira. Mesmo com a formação de escolas técnicas e de engenharia, o avanço tecnológico seguiu lentamente, bem como a formação de mão de obra especializada. A inserção brasileira à eletricidade ocorreu ao mesmo tempo dos países desenvolvidos, porém a eletrificação seguiu mais lentamente. O autor supracitado, traça o perfil de países como Estados Unidos e Alemanha, cuja eletrificação ocorreu rapidamente, decorrência da sua industrialização, diferentemente do Brasil. A regulação do setor elétrico brasileiro ocorre décadas após a sua implantação.

Assim, Souza (2002) salienta as quatro fases que caracterizam esta indústria no país, iniciada com as mudanças ocorridas após a Revolução de 1930, e as crises internacionais, período em que o Estado interveio no modelo liberal criando condições de infraestrutura para o desenvolvimento do país. A preferência majoritária por solução de usinas hidrelétricas com pequena complementação térmica é justificada pela tecnologia mais simples disponível no país, da abundância do insumo básico (rios) e da independência em relação a combustíveis fósseis importados e sujeitos as crises cambiais no período.

Neste período, Vargas (2001) aponta para o desenvolvimento científico e tecnológico nacional, com a criação do Instituto Nacional de Tecnologia (INT), sendo este, evolução da Estação Experimental de Combustíveis e Minérios em 1933. Como

em outras partes do mundo, o desenvolvimento científico tecnológico acompanhou o progresso e o aumento na demanda em energia, havendo necessidade de pesquisas na área.

Em relação à década de 1950, Vargas (2001, p. 110), mostra que no Brasil, "restabeleceu-se uma política nacionalista de crescimento, não só econômico, mas também científico e tecnológico, privilegiando os setores de energia, eletricidade, petróleo e nuclear, os quais deveriam ser desenvolvidos pela intervenção do Estado". Embora esse crescimento científico e tecnológico chegasse tardiamente, o período foi marcado pela criação de universidades e escolas nas mais diversas áreas.

Adentrando a segunda fase a partir de 1954, com o fim da era Vargas, é observada a forte atuação direta do Estado na economia. A ELETROBRÁS se consolida e expande sua atuação (PESSALI e SERRA, 2000). Segundo Vargas (2001), a estatal ELETROBRÁS tinha característica semelhante à Petrobrás, entretanto a burocracia atuou, e por 7 anos ficou em discussão até sua aprovação em 1961, quando iniciou a construção hidrelétrica no Brasil. A implantação da matriz hidrelétrica para o setor manteve-se pouco regularizada.

O modelo brasileiro adotado foi considerado (internacionalmente) ótimo até o início da década de 1980. A IEE tinha um padrão internacional de qualidade e uma inovadora estrutura setorial descentralizada da execução dos serviços possibilitada pela transferência de empresas nacionalizadas para as concessionárias estaduais (SOUZA, 2002). A questão de um modelo, assentado aos padrões internacionais, é importante no sentido de investimentos externos. Uma das referências exigidas para se investir, é a matriz energética, sobretudo a elétrica, que deve estar sistematicamente organizada com intuito de evitar a interrupção do fornecimento. Assim é arriscado investir em países quando a interrupção no fornecimento é constantemente incapaz de suprir o setor industrial. Com isso, a matriz elétrica nacional estabeleceu padrões no seu fornecimento.

A implantação da energia elétrica no Brasil foi rápida, contudo não ocorreu o mesmo com sua difusão. Falta de mão de obra especializada, descredito com a tecnologia nacional e a falta de industrialização impuseram ao Brasil atraso no desenvolvimento elétrico. Décadas mais tarde a primeira fase de industrialização, com

o início da industrialização, houve a adequação aos padrões internacionais e a disseminação da eletricidade. O marco inicial em pesquisas energéticas no país, ocorre com a necessidade de tecnologias capazes de oferecer mais eficiência em diversos campos da indústria, assim irrompe as atividades científico-tecnológicas no país.

Com a crise do petróleo em 1973 e em 1979, o governo militar insiste na estratégia desenvolvimentista, bem como na ideia de segurança nacional, e efetiva um sacrifício financeiro investindo em grandes projetos no setor energético como as Usinas de Itaipu e Tucuruí, no Programa do Álcool e no Programa Nuclear. As altas taxas de juros internacionais e a falta de apoio interno aos investimentos, devido à fragilidade do aparelho de fomento nacional, deterioram a situação econômico-financeira das principais concessionárias iniciando uma crise estatal (SOUZA, 2002). Neste período, iniciou uma busca por alternativas ao petróleo. A construção de grandes usinas geradoras de eletricidade foi iniciada, a exemplo de Itaipu, permanecendo como a maior usina hidrelétrica do mundo por várias décadas.

A terceira fase ocorre entre 1980 a 1995. O conflito entre equilíbrio econômico-financeiro das concessionárias é agravado em virtude das falhas no sistema de remuneração tarifária e pela consideração que estatais faziam parte da administração direta do governo e de um esquema de transferências e subsídios componentes de uma estratégia macroeconômica e social (SOUZA, 2002). No início da década de 1980, o investimento em usinas hidrelétricas começou a decrescer.

O crescimento econômico, populacional, industrial e comercial do país exigem uma alta demanda por energia. A falta de planejamento aumenta riscos tanto ambientais quanto sociais.

[...] a somatória de diversos fatores, com destaque para o climático e o político-econômico, levaram o país a essa situação. A inexistência de um sistema alternativo também contribuiu para o colapso. O governo não percebeu que, para o investidor privado, a construção de usinas termelétricas, cuja operação só ocorreria em anos de baixa produção de energia hidrelétrica, não era um investimento atraente. As usinas termelétricas deveriam, portanto, necessariamente ser estatais, uma vez que serviriam apenas como um backup do sistema, e não operariam continuamente (HINRICHS e KLEINBACH, 2000, p. 491 e 492).

O autor deixa claro que as somas de fatores influenciaram diretamente o colapso dentre eles climático e falta de investimentos em setores alternativos. A geração de hidroeletricidade é dependente de fatores climáticos. Em épocas de estiagem a geração de energia fica comprometida necessitando complemento. A falta de responsabilidade com o setor energético brasileiro gerou racionamento e risco de apagão em 2001.

Em todas as fases anteriores, não havia nenhuma preocupação com o meio ambiente. Vargas (2001), salienta que somente na década de 1980, com a ascensão da democratização, surgem movimentos preocupados com a degradação ambiental gerados pelas usinas hidrelétricas. Pressionado pela sociedade e a população atingida, fazem o poder público adotar ações que garantam a proteção ambiental. Em 1986 é criado o Conselho Consultivo do Meio Ambiente (CCMA), engajado à Eletrobrás. No mesmo ano, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), emitiu resoluções que obrigam as futuras instalações hidrelétricas o Estudo de Impacto Ambiental (Rima).

As propostas governamentais estavam diretamente relacionadas ao desenvolvimento econômico-social e energético do país. Não havia uma política ambiental para analisar os impactos causados pelas grandes usinas hidrelétricas. Apenas nas últimas décadas emerge políticas relacionadas a degradação ambiental.

A política hidrelétrica nacional tem suas raízes com a iniciativa privada. A atuação do estado pouco influenciou no projeto e desenvolvimento na inicialização da eletrificação do país. Na década de 1930 iniciou propostas para industrialização e modernização nacional. Ao longo de toda a história da construção do sistema hidrelétrico nacional, nenhuma proposta ambiental foi instituída.

## 5.2 A ATUAL FASE DA MATRIZ DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

As características marcantes da IEE brasileira observadas (grande potencial hidráulico energético, ineficiência, vícios de atitude em razão do monopólio, interferência política, e uso do setor com finalidades diversas) favoreceu um novo

modelo regulado pelo mercado, no qual o capital privado promoveria a expansão do setor. Surgem novas formas institucionais caracterizada pela desagregação vertical das concessionárias e da transmissão e da geração, desagregação da distribuição e comercialização, a criação do Mercado Atacadista de Energia (MAE), do Operador Nacional do Sistema (ONS) e da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) como agência reguladora (SOUZA, 2002).

Antes de ser privatizada, a maioria das distribuidoras e geradoras foram divididas. A cadeia de produção foi partilhada em geração, transmissão, distribuição e comercialização. A geração e a comercialização foram desregulamentadas. Os privilégios foram eliminados e novos atores introduzidos. A transmissão e a distribuição foram mantidas como um monopólio (estatal) para permitir a uma equidade no transporte e possibilitar a competição na IEE. As empresas geradoras passam a atuar em um mercado concorrencial, sendo livre a negociação de novos contratos com distribuidoras, comercializadoras e grandes consumidores. Os eventuais déficits ou superávits contratuais são negociados no Mercado Atacadista de Energia (MAE), no qual o Mecanismo de Realocação de Energia (MRE) tem um papel importante na gestão financeira dos riscos hidrológicos do parque gerador. Para manter a competição, uma empresa geradora tem um limite de participação na capacidade total do sistema em que atua. Agentes com superávit de energia como a COPEL procuraram instituir empresas comercializadoras para dar mais agilidade às transações (SOUZA, 2002).

Dessa forma a IEE configurou a energia elétrica como commodities (VAINER, 2007). A maior parte da energia deverá ser comercializada por meio de contratos bilaterais negociados livremente entre distribuidores, grandes consumidores, geradores e comercializadores e o restante será negociado mediante o MAE e será pago de acordo com o custo marginal de operação calculado pelo Operador Nacional do Sistema (ONS) conforme as condições do sistema.

Uma crítica importante nesse modelo é que os fluxos financeiros não seguem os fluxos físicos, as tarifas não guardam relação com os custos específicos e os custos de transmissão não são confiáveis. O ONS estipula os preços dentro do MAE por meio de um modelo computacional complexo com pouca transparência para os agentes.



Ademais, ela falha na manutenção da qualidade dos serviços porque não conta com incentivos econômicos para alcançar melhorias e centraliza essas operações. Tanto a ONS, como o MAE são entidades de direito privado e necessitam de adesão voluntária de seus participantes. Também pesa o fato dos serviços prestados não se classificarem como “públicos”, assim, a prestação de serviço obrigatório não é compulsória. Teoricamente nesse cenário o papel da ANEEL e da ONS seria crucial para o funcionamento do sistema devendo evitar comportamentos oportunistas em prejuízo da concorrência e dos consumidores cativos, únicos inertes diante dessas mudanças. Na prática, a falta de transparência no setor descaracteriza esse pressuposto (SOUZA, 2002) apesar de o discurso governamental sugerir desenvolvimento institucional no setor.

Para corrigir algumas falhas, em 2004 o Governo Lula implantou um novo modelo no mercado da IEE. Buscou-se uma convivência entre empresas estatais e privadas no qual, atores como COPEL E CEMIG, mediante uma série de operações, colocaram parte de suas ações na bolsa de valores, ou seja, ficaram suscetíveis ao capital privado. Mesmo justificando que essa iniciativa presta aos valores da boa administração, a empresa pública deixa de existir. Em última instância, serve novamente as estratégias de Governo para objetivos diversos pouco voltados às denominadas políticas públicas. Com relação a leilões e licitações pela menor tarifa, o que não significa inexistência de jogos de empresas para aquisição de empreendimentos conforme sugere o leilão da UHE de Mauá que será discorrido à frente (TOMALSQUIN, GUERREIRO e GORINI, 2007).

Talvez uma significativa mudança tenha ocorrido com a instituição da Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Dado a sua atribuição de pesquisa, a argumentação do discurso do Governo é fomentada pelas informações desse órgão. A EPE trabalha com cenários de demanda energética, impondo uma visão hegemônica segundo a qual o país se encontra diante do desafio de suprir o desenvolvimento econômico e social de forma segura e sustentável, bem como de uma oportunidade por dispor de condições especiais de recursos energéticos renováveis e de tecnologia necessária para transformar as riquezas naturais em energia primária. Não raro, os estudos da EPE têm por base dos seus cenários um notório crescimento da demanda de energia elétrica. Argumenta, por exemplo, o expressivo crescimento a partir da década de

1970 quando o consumo, inferior a 70 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (TEP) para cerca de 93 milhões de habitantes, saltou para 190 milhões de TEP para 170 milhões de habitantes no ano 2000 (TOLMASQUIM et al. 2007).

Houve oscilação de crescimento econômico, contudo a demanda se manteve em curva ascendente (TOLMASQUIM et al. 2007), argumento muito utilizado no discurso governamental. O PNE 2030 e a Matriz Energética Brasileira-2030, publicadas respectivamente em 2006 e 2007, utilizam como metodologia explicativa alguns cenários temáticos (BRASIL, 2007). Mesmo no pior deles, o crescimento econômico infere a necessidade de investimentos pesados no setor elétrico. Com um crescimento de 53 milhões de habitantes entre 2000 e 2030, o atual consumo estipulado em 200 milhões de TEP, poderá ser de 475,4 milhões no melhor cenário de crescimento e de 404,7 em um cenário intermediário (EPE, 2013) conforme demonstrado na figura 3. São nesses parâmetros que supostamente justificam os investimentos e a política energética.

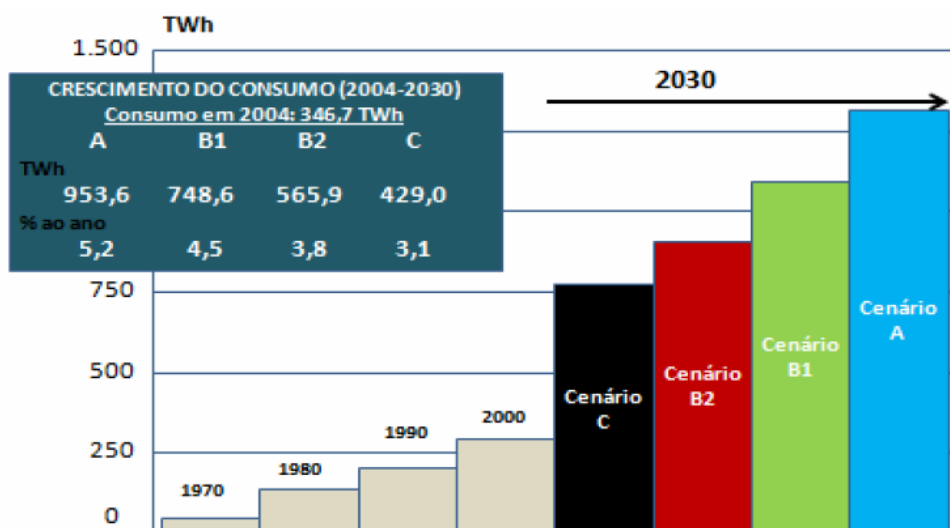


Figura 5 - Projeções preliminares do consumo final de eletricidade

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2013)

A projeção de crescimento da demanda de energia para 2030 demonstra que o setor elétrico precisa praticamente triplicar a produção em 25 anos em um cenário

ótimo. Em um cenário pessimista, dobrar a produção. A consequência dessa demanda é uma política energética agressiva que pode interferir claramente na política ambiental simplesmente porque a matriz energética brasileira, baseada principalmente nas hidrelétricas, necessita de áreas naturais ligadas direta ou indiretamente ao bem-estar das comunidades que circundam as bacias hidrográficas de rios.

É relevante observar que a IEE reconhece a aplicação da regulação ou proteção ambiental como desafios a serem superados para suprir os cenários propostos para 2030. Com cerca de 60% do potencial passivo de aproveitamento localizado na região amazônica, a variável ambiental pela EPE é descrita nos planos energéticos como fonte de vantagem comparativa em relação a outros países (TOMALSQUIN et al. 2007).

A fatídica dependência do desenvolvimento desses investimentos deixa temerária uma inclinação contrária, até nas últimas instâncias judiciais, às manifestações sobre a preservação dos recursos naturais que abrangem a política energética. Esse fato fica evidenciado com a crise energética no final da década de 90 e início da década de 2000. Considerado um erro de planejamento do Governo de Fernando Henrique Cardoso (FHC), o “apagão” causou uma série de constrangimentos, perda de empregos e transferência de renda para muitas categorias de especuladores.

Essas características técnicas da IEE passam a orientar a posição do governo com relação à produção de energia. O histórico da IEE, principalmente o conturbado contexto vivido nas décadas de 80 e 90, a crise do apagão em meados de 2001 e a lembrança contínua de uma política de infraestrutura, justificam a crença de demanda crescente de energia e portando da necessidade de mais hidrelétricas. Toda essa orientação é sustentada pela IEE e, como afirma Zen (2007), as coalizões dominantes das EPE e da ANEEL são representações dessa própria indústria. Trata-se uma posição proporcionada por uma política blindada (GARZON, 2011) cujas características são descritas a seguir.

## 6 A POLÍTICA ENERGÉTICA E A QUESTÃO AMBIENTAL

A matriz energética brasileira é multidiversificada e considerada uma das mais limpas do mundo. Geograficamente destacado, com bacias hidrográficas propícias a geração de eletricidade, faz com que o Brasil possua na maioria hidroeletricidade. A hidroeletricidade pode ser considerada limpa, mas geralmente não se leva em conta os atributos anteriores a construção das usinas hidrelétricas. Neste panorama, se faz necessário uma avaliação dos impactos ambientais e sociais gerados por grandes usinas hidrelétricas brasileiras. Assim será foco de análise três usinas nacionais: duas construídas na década de 1970, Itaipu e Tucuruí e uma em 1990, a usina de Manso.

A década de 1970 foi marcada por crises no fornecimento de petróleo, o que impulsionou a construção de grandes usinas geradoras de eletricidade, para suprir outros ramos de consumo. Apesar da geração de hidroeletricidade não produzir emissões, como as associadas aos combustíveis fósseis, as hidrelétricas afetam o meio ambiente, pois o represamento de água inunda a vegetação, criando sedimentos e efeitos indesejáveis. Nesta perspectiva, para análise dos impactos ambientais, geralmente usa-se a área alagada pela potência gerada na usina, sendo um referencial de eficiência. Quanto menor é o fator ( $\text{Km}^2/\text{MW}$ ), maior é sua eficiência relativa a área alagada.

Muller (1995), apresenta os dados referentes a usina de Itaipu, cuja construção iniciada em 1974 no rio Paraná, possui potência de 14 mil MW, e área alagada de  $1350 \text{ Km}^2$ , dando-lhe um fator de  $0,09 \text{ Km}^2/\text{MW}$ . Já a usina de Tucuruí, tem sua fase de construção iniciada em também em 1974 e inaugurada dez anos depois. Com uma área alagada total de  $3014 \text{ km}^2$ , possui 8370 Megawatts de potência, possuindo um fator de  $0,36 \text{ Km}^2/\text{MW}$ .

Tanto na construção, quanto na inauguração, não havia preocupação com os impactos ambientais que iriam gerar com a construção dessas usinas. Como visto anteriormente, a inserção ambiental inicia-se no final da década de 1980.

Portanto a usina de Manso, cuja construção iniciou em 1988, teve as obras paralisadas um ano após. Uma década depois, as obras são retomadas, e no ano de 2000 é inaugurada (VALENTI, 2011). Apesar de ser bem menor que as usinas vistas anteriormente, a usina de Manso possui 427 Km<sup>2</sup> e 212 megawatts de potência, tendo um fator de 2 Km<sup>2</sup>/MW (SILVA, 2014).

Na década de 1970, a emergência em fontes de energia devido às crises, influenciaram a construção de várias usinas hidrelétricas no país, muitas em regime de urgência. Na época, pouco ou nenhum estudo ambiental era exigido. Os movimentos democráticos, desencadeados pela Constituição Federal de 1988, bem como a sua disseminação para as constituições estaduais e a Rio 92 culminaram em novo marco ambiental entre as décadas de 80 e 90. Vainer (2007) observa que a sociedade fortaleceu a ascensão do movimento ambientalista. O fenômeno atinge o setor energético. Pressionado pela sociedade civil, pela resistência das populações atingidas principalmente nos casos de barragens e pela compulsoriedade do licenciamento ambiental além de pressões internacional de instituição com Banco Mundial, progressivamente o setor incorporou questões socioambientais em sua gestão. Um dos resultados foi a criação do Conselho Consultivo do Meio Ambiente da ELETROBRÁS (CCMA) em 1986, na mesma época da Resolução 01/86 e 06/87 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) instituindo a realização de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) no processo de licenciamento.

Dentro desta nova perspectiva, ocorre a construção da usina de Manso, e os estudo de impacto ambiental são exigidos, mas a área alagada não condiz com a potência instalada.

A área atingida pela barragem de Itaipu era de terras agricultáveis, e a soja como principal produto da região. Além da agricultura, florestas foram alagadas e a cachoeira de Sete Quedas desapareceu. Esforços conjuntos realizaram o salvamento de 4500 animais silvestres, que foram levados para áreas fora das inundações (CEPA, 1999).

Silva (2014) informa que a falta de estudos, possibilitou uma sucessão de erros. A exemplo da usina de Tucuruí, onde a floresta submersa ao deteriorar-se, passou a

liberar substâncias tóxicas, aumentando a acidez da água, corroendo as turbinas além de liberar grandes quantidades de metano e gás carbônico no ambiente. Com vários componentes químicos na água, gerou condições para ocorrência da metalização do mercúrio, metal pesado e altamente tóxico. Com a deterioração e formação de lagos, propiciou a proliferação de mosquitos como o *Anopheles*, vetor principal da malária, e também a espécie *Mansonia*, inseto bastante resistente, capaz de picar 600 vezes por hora, transmissor da elefantíase. Com essas características, a vida na região tornou-se intolerável.

Siqueira e Henkes (2014) apresentam vários problemas relacionados à usina de Manso. Houve o deslocamento de cerca de 500 famílias para outros locais. Com sua baixa geração de energia, 50 mil hectares de vegetação nativa foram inundados. Muitas espécies da fauna foram mortas e muitos animais que foram resgatados não conseguiram se adaptar aos novos habitats.

Como menciona Muller (1995), não há geração de energia sem haver impactos ambientais, entretanto a energia elétrica, após ser gerada não gera resíduos e pode ser considerada limpa. A menção acima, aponta a energia elétrica como limpa após sua geração, mas não menciona os impactos gerados desde sua implantação. A exemplo das usinas citadas anteriormente, erros sucessivos provocaram enormes quantidades de poluentes e danos permanentes à população próxima as usinas. É certo que a energia elétrica produz muito menos poluentes que as fontes fósseis, entretanto, nomeá-la como limpa pode ser precipitado. A decomposição das florestas inundadas libera GEE, e dependendo da área alagada a emissão pode durar muitos anos. Daí a importância dos estudos de impacto, cujo objetivo é minimizar a agressão ao meio ambiente e a sociedade local.

Ora em tese, o objetivo aqui não é a desqualificação ou o desmerecimento da hidroeletricidade, mas sim caracterizá-la como uma geradora potencial de poluentes. É notório que as usinas hidrelétricas obtêm muitas vantagens sobre as outras fontes, mas convém analisar que também há impactos adversos nas suas barragens. Não há outra forma para diminuir os impactos ambientais, senão a poupança em energia, e assim evitar novas construções de usinas. Essa poupança depende como se utiliza a energia, ou seja, utilizá-la com maior eficiência e sem desperdício.

É por isso que as perspectivas futuras são analisadas pelo PNE, que leva em conta parâmetros como crescimento do PIB e aumento da população para até 2030. Desta forma, pode-se prever o consumo de energia elétrica, e que passará dos atuais 375 mil MW para quase um milhão de MW ou seja, irá triplicar a demanda por energia elétrica. As concessões ambientais outorgaram 30% do potencial hidráulico brasileiro (120 mil MW), pois 70% do potencial localiza-se na bacia amazônica. A não autorização das licenças ambientais estão influenciadas por estarem situadas na floresta amazônica. Isso indica a incapacidade de suprir a demanda energética, mostrando claramente o esgotamento a longo prazo.

É emblemático também que os prazos para obtenção das licenças ambientais tornam-se cada vez mais longos. Em parte, isso pode ser atribuído à qualidade questionável de vários estudos ambientais. Mas, é também verdade que a acuidade e a profundidade desses estudos não são garantia de processo mais célere, ainda que as demandas e os condicionantes derivados do processo ambiental possam estar atendidos (EPE 2007, p146).

O PNE acima mencionado, redigido pela Empresa de Pesquisa Energética, expondo que mesmo atualmente, com uma política ambiental mais criteriosa, não é sinônimo que os impactos ambientais serão sanados, pois remetem questionamentos sobre a qualidade dos projetos. Os estudos de impacto ambiental deveriam evitar os erros passados, como citado anteriormente na usina de Manso.

Esses dados revelam que, ao contrário do que se demonstra, como é o caso do slogan do portal da usina de Itaipu, “Hidreletricidade significa energia limpa e barata para hoje e amanhã” (ITAIPU 2010), que declara que a hidroeletricidade é simplesmente limpa. Como mencionado anteriormente, a energia elétrica que provém das hidrelétricas, se comparadas as fontes fósseis são claramente menos poluidoras. Mas com o crescimento populacional, ocorrerá o conseqüente aumento na demanda, e assim percebe-se que uma das alternativas capazes de diminuir os impactos ambientais é a redução na construção de novas usinas geradoras. Essa redução está diretamente ligada as formas de consumo da população.

Essa é uma matéria de grande complexidade, que envolve não só a discussão de aspectos técnicos, mas também de preferências, padrões de conforto desejados pela sociedade e custos de energia. Existe urgentemente a necessidade de questionar os principais condicionantes da crescente demanda de energia: nosso sistema de urbanização, as atividades econômicas e estilos de vida. Somente mudanças nessas áreas possibilitarão

maior utilização de tecnologias mais limpas e eficientes, fontes renováveis e descentralizadas (JANNUZZI, 2001, p. on-line).

O autor deixa claro a premência da utilização em energia para todos os ramos de atividade. Fatores como qualidade e modo de vida geralmente são adotados como padrão o estadunidense ou europeu, sendo referência, ou seja, altamente consumista. É importante frisar esse ponto, uma vez que a sociedade consumista exige mais produtos que consomem energia, advindos de uma indústria que também consome grande quantidade de energia. Nessa cadeia, o aumento na demanda em um setor acarreta no aumento de outro. Se a população adquirir mais aparelhos eletrodomésticos, a indústria demanda mais energia, podendo ocorrer o colapso, como visto no Brasil em 2001. O aumento na qualidade de vida da população exige outros hábitos, que igualmente influenciam no problema. Os hábitos de higiene por exemplo, aumentam o consumo de água, recurso indispensável para a indústria elétrica.

Neste entendimento, a questão principal é, qual a melhor forma para o desenvolvimento sustentável? A forma mais segura de evitar os danos ambientais e novos racionamentos, seria com a educação e conscientização da sociedade e assim a mudança de paradigmas e utilização eficiente, evitando o desperdício.



## **7. RECURSOS EM ESGOTAMENTO E A NECESSIDADE DE INVESTIMENTOS EM ENERGIA RENOVÁVEL**

A atual civilização até o presente momento se pautou no consumo dos recursos naturais, conforme especificados em itens anteriores, ou seja, em recursos finitos. Não houve até recentemente muita preocupação em conservar ou repor a energia utilizada.

Algumas fontes não renováveis, como o carvão, a madeira, o petróleo, com destaque para este último, está em fase crítica de esgotamento. O planejamento dos aspectos que propõe o desenvolvimento de combustíveis alternativos, em substituição ao petróleo, tem significativa importância, pois a maioria das reservas petrolíferas estão em zonas de constantes conflitos geopolíticos, ou seja, no Oriente Médio. Coelho e Goldemberg (2004) relatam que o consumo mundial dependerá por décadas dos combustíveis de origem fóssil. Isso é motivo de constante preocupação, pois deve-se a maioria das reservas estarem concentradas em regiões de constante instabilidade política e econômica.

Os autores afirmam que 80% da atividade econômica mundial está relacionada às atividades petrolíferas, e que muitos países dependem da importação do petróleo, fazendo parte de 63% do consumo. A maior preocupação é que projeções indicam que o aumento da demanda chegará a 76% em 2020 (EPE 2007).

O aumento constante do consumo dos recursos energéticos e a sua importância na sociedade moderna, impõe a muitos países a busca por soluções alternativas às fontes convencionais. Isto tem direcionado prospecções e pesquisas à procura de novas fontes energéticas para completar e substituir as já existentes.

Neste momento, é importante que se perceba a necessidade e importância da renovação energética nos vários setores de pesquisa, para que o colapso energético não venha a ser uma fatalidade a atingir a atual civilização. Há necessidade de se

estabelecer alguns conceitos que devem balizar as discussões iniciais sobre as energias renováveis.

Colocadas essas questões, a nova ordem mundial é a busca pela autossuficiência em geração de energia. Essa autossuficiência, na opinião de Pacheco (2006, p.4) deve ser “[...] aliada a uma diversificação da matriz energética, ou seja, a procura por diferentes fontes de energias alternativas que supram a demanda interna dos países, no caso de uma escassez de combustíveis fósseis.”. Na sua concepção,

É necessário que haja mais investimentos direcionados para área de produção de combustíveis e geração de energia, o que se configura como um problema, uma vez que o governo não teria recursos suficientes para a diversificação e ampliação da matriz energética. [...] caso a demanda por energia venha a crescer anualmente na ordem de 4,8%, o país precisará investir em torno de R\$ 125 bilhões para a ampliação de geração e transmissão de energia a fim de que haja fornecimento regular sem riscos de apagão (PACHECO, 2006, p.04).

A autora reforça a necessidade da renovação energética por meio de fontes limpas e renováveis, e a busca dos países pela autossuficiência em energia.

Nesta mesma linha de análise Jannuzzi (2003), afirma também que uma das questões muito discutidas sobre a matriz energética brasileira, é principalmente a maior diversificação de fontes, em particular para a geração de eletricidade. No entanto, esse debate é equivocado, porque não se trata de discutir de maneira isolada as fontes de energia e sim as tecnologias de conversão e uso final de energia. São elas que irão permitir que determinadas fontes se tornem mais competitivas que outras. Tem sido assim em toda a história do desenvolvimento energético, do engenho a vapor às turbinas a gás, plataformas marinhas para extração de petróleo, motores a combustão interna, geradores eólicos e outras tantas tecnologias. Por certo, tecnologias que foram capazes de converter energia primária em serviços necessários, de maneira mais eficiente, com menores custos, e entre outros fatores que possibilitaram a gradual substituição do carvão pelo petróleo e do petróleo pelo gás natural, por exemplo, havendo assim uma competição entre as tecnologias e não entre as fontes de energia.

O eixo principal deste debate deve estar voltado para pesquisa e desenvolvimento tecnológico, principalmente no caso do aproveitamento do potencial de algumas fontes de energia disponíveis no país, em particular a energia solar, eólica e de biomassa. Essas fontes somente aumentarão sua participação na matriz energética nacional, na medida em que as tecnologias de conversão e uso se tornarem disponíveis e forem comparativamente preferidas pelos provedores de serviços de energia e consumidores.

Castro e Dantas (2010, s.p) relatam que:

[...] o setor energético, maior responsável pelo aumento da concentração de gases do efeito estufa a nível mundial, possui uma diminuta participação no total das emissões brasileiras devido à relevante participação de fontes renováveis de energia na matriz energética brasileira, com destaque para a energia hidroelétrica e o consumo de etanol pelo setor automobilístico.

Porém, o desmatamento coloca o Brasil entre maiores emissores de gases de efeito estufa do mundo. Assim, em um cenário de resposta às transformações climáticas, o Brasil, em razão de sua crescente importância internacional e devido à extensão de suas emissões – precisa adotar um posicionamento proativo nas discussões referentes à mitigação do aquecimento global, e principalmente, tomar atitudes de adoção de estratégias que possam auxiliar na redução das emissões. Segundo os autores:

[...] embora o problema brasileiro relativo às emissões de gases do efeito estufa esteja relacionado às mudanças no uso da terra, o setor energético, especialmente o setor elétrico que tem aproximadamente 90% de sua geração a partir de fontes renováveis, não pode ser alijado da discussão e das medidas a serem adotadas (CASTRO; DANTAS, 2008, s.p).

Seguindo essa discussão, tem-se que Brasil, China e Índia possuem condições de reduzir suas emissões e atender às demandas por sustentabilidade de maneira distinta daquelas utilizadas por países mais pobres, como os africanos e insulares.

## 7.1 FONTES ENERGÉTICAS RENOVÁVEIS

O Brasil está em uma posição muito favorável relacionado à possibilidade de implantar uma economia verde. Isso é possível, tendo em vista que o Brasil já explora fontes energéticas renováveis em grande escala, e ainda possui um grande potencial a ser explorado em bases competitivas, como é o caso da energia eólica, hidroeletricidade e do etanol, empregado como insumo energético para veículos leves. Os combustíveis alternativos também incluem o biodiesel, o hidrogênio, gás natural, e energia solar.

Porém, as fontes de energia mais promissoras, e aquelas capazes de modificar minimamente o ambiente são a hídrica, eólica e solar, ou seja, não mudam a composição da matéria. Os efeitos ambientais decorrentes do uso de fontes que modificam a estrutura da matéria como a queima do carvão, eram praticamente desconhecidos nas antigas sociedades. Desde a Revolução Industrial, com o crescimento do consumo de energia, especialmente de origem fóssil, resultaram em altas concentrações de gases nocivos na atmosfera.

O aumento da temperatura global, a destruição de florestas, poluição de rios, aumentam a preocupação em mitigar esses problemas. A solução mais viável, é fontes de energia alternativas, capazes de equilibrar o desenvolvimento socioeconômico e o meio ambiente.

### 7.1.1 Biomassa

Desde o início da civilização, a biomassa vegetal sempre teve um papel dos mais importantes como fonte de energia, e para a maioria dos povos em desenvolvimento, é essencial para a preparação de alimentos. Também é utilizada como fonte de calor e iluminação ou até mesmo no desenvolvimento industrial, movimentando as primeiras máquinas a vapor. Nos dias atuais, muitos desses usos ainda prevalecem, realçando a importância de estudos sobre a biomassa (QUESADA, 2005).

No Plano Nacional de Energia 2030 da Empresa de Pesquisa Energética - EPE, expõe as perspectivas da matriz energética nacional até 2030 referente a todas as

fontes de energia disponíveis no Brasil, como citado anteriormente, sendo de fundamental importância no que refere ao direcionamento de investimentos em fontes e assim evitar o desabastecimento. Assim, dentre os recursos energéticos renováveis, a biomassa é a mais promissora em termos de geração de energia. O termo biomassa é caracterizado pela matéria vegetal (que contém energia química originada da fotossíntese), bem como os seus derivados, que podem ser transformadas por meio da combustão direta ou processos físico-químicos em outras formas de energia.

Em um panorama em que o mundo se encontra, diante de uma grave situação para o seu abastecimento sustentável de energia, poucas soluções foram encontradas para a redução desse problema, principalmente no que se refere ao uso dos combustíveis fósseis. No Brasil é que surge a ideia do uso da biomassa, que por ser renovável constitui a mais promissora fonte alternativa para uma situação de suprimento energético (COUTO et al.2004).

Nesse contexto a biomassa aqui apresentada, é apenas aquela advinda dos dejetos provenientes da fabricação de outros produtos. Leite e Cortez (2007, p. 6), quantifica seu uso descrevendo que: “isso ocorre porque a biomassa seca contém cerca de metade da quantidade de energia contida na mesma massa de petróleo”, e essa quantidade de energia que deriva dos rejeitos não deve ser subestimada. Os autores supracitados, referenciam que o bagaço da cana-de-açúcar é usado na fabricação do etanol, diretamente nas usinas de beneficiamento. Isso reduz ainda mais o uso de outros combustíveis fósseis para sua fabricação.

Dentre as formas de energia renovável, a oriunda da biomassa é uma das mais utilizadas no mundo. Estima-se que seu consumo atual esteja entre 10% e 14%, conforme afirma Rosilho-Calle et al. (2005). Segundo estes autores, o papel da energia da biomassa tem-se transformado rapidamente devido a vários aspectos, destacando-se os fatores ambientais, energéticos, climáticos e socioeconômicos. Por essas e outras razões, sua importância cresce significativamente em muitos países industrializados.

Embora ainda muito restrito, o uso de biomassa para a geração de eletricidade tem sido objeto de vários estudos e aplicações, tanto em países desenvolvidos como em países em desenvolvimento. Entre outras razões estão a busca de fontes mais

competitivas de geração e a necessidade de redução das emissões de dióxido de carbono (ANEEL, 2008).

Segundo Nogueira et al. (2005), os produtos oriundos da biomassa são processados por meio das conversões: física, que resultam em briquetes e pellets e óleo vegetal; biológica, que resulta no etanol e biogás e termoquímicos, que produzem calor e gases a altas temperaturas.

O resultado final desses processos, é a produção de combustíveis intermediários ou de energia. Dentro de uma perspectiva de longo prazo, a biomassa para fins energéticos, e como fonte para geração de energia elétrica está entre as fontes renováveis com maiores possibilidades (BRASIL, 2008).

### **7.1.2 Etanol**

Macedo (2007, p. 163) assinala os avanços da “tecnologia de produção de etanol de cana-de-açúcar no Brasil” desde 1970 e aponta para, nas duas décadas subsequentes, um “uso mais eficiente da biomassa da cana (e possivelmente de variedades modificadas geneticamente) ” por meio de novas tecnologias como a hidrólise e a gasificação de biomassa, com o objetivo de produzir energia elétrica ou combustíveis.

Bastante discutido, no Brasil, a temática da expansão da cultura de cana-de-açúcar com vistas à produção de etanol incide sobre a possível perda de terras aráveis para cultura de alimentos. No entendimento de Goldemberg e Guardabassi (2009), não há riscos sobre a produção de alimentos, pois há uma crescente ampliação de plantio em áreas de pastos. Os autores fazem uma análise positiva sobre o tema no que diz respeito à questão da viabilidade ambiental dos biocombustíveis, chegando a propor a produção de etanol em países que produzem cana-de-açúcar.

Apesar da preocupação com a oscilação do preço do etanol, o biocombustível continua sendo mais vantajoso que a gasolina para o consumidor final. Essas vantagens aumentam, devido ao sucesso dos veículos multicompostíveis, pois o consumidor escolhe o combustível mais acessível. Andrade, Carvalho e Souza (2009), ilustram que o Brasil é o segundo maior produtor de etanol, estando atrás somente dos EUA. Contudo, a relação custo-benefício do etanol brasileiro obtém vantagens,

na qual as máquinas das usinas sucroalcooleiras são movimentadas com o próprio bagaço da cana-de-açúcar. Condições climáticas ideais também favorecem o cultivo da cana-de-açúcar. Outro quesito importante, refere-se ao fato do etanol estadunidense ser extraído do milho, grão alimentício, com elevado valor comercial.

Os autores acima mencionados, relatam que os EUA, buscam no etanol como alternativa ao petróleo, mesmo com seu elevado valor, devido à instabilidade no Oriente Médio.

Mesmo não sendo uma opção viável economicamente, o etanol surge como uma das melhores alternativas para suprir a demanda de combustíveis para os veículos leves. A constante instabilidade nos países detentores das reservas petrolíferas no mundo, causam preocupações aqueles dependentes desse recurso.

### **7.1.3 Biodiesel**

Em 1900, quando Rudolf Diesel desenvolveu o seu motor, ele era alimentado utilizando óleo vegetal, extraído do amendoim. A utilização de um combustível derivado de vegetais, demonstra a versatilidade dos motores a diesel. Mas para motores convencionais, os óleos vegetais devem ser parcialmente transformados devido a sua alta viscosidade (COELHO e GOLDEMBERG, 2004).

Inicialmente desenvolvido para utilizar óleos vegetais, por motivos “desconhecidos”, os motores a diesel sofreram uma transformação para somente utilizar o combustível derivado do petróleo. Entretanto, após diversas pesquisas, foi desenvolvido o biodiesel, que derivado de vários produtos obteve aceitação nos motores convencionais, sem nenhum tipo de adaptação.

Assim, o biodiesel surge como um importante combustível renovável, produzido de uma ampla diversidade de matérias-primas e biodegradável, contribuindo para uma menor emissão de monóxido de carbono, particulados e outros poluentes (LÔBO et al. 2009). Assim, há redução das emissões de enxofre, gerando uma melhoria na qualidade do ar.

O biodiesel é utilizado em todo o Brasil, misturado ao diesel convencional nos postos de combustíveis. Um produto variante é o H-Bio36 que, ao contrário do biodiesel, é misturado no processo de refino do diesel convencional e não na

distribuição final do produto. Silva e Freitas (2008) explicam que o biodiesel, em condições favoráveis, pode apresentar as seguintes vantagens:

- Contribuir com a produção de energia elétrica diminuindo a necessidade de usar o gás natural e o óleo para queima nas termoelétricas, reduzindo a demanda de combustíveis fósseis, emissões de CO<sub>2</sub> e componentes cancerígenos na atmosfera;

- A queima do biodiesel puro pode emitir aproximadamente 48% menos monóxido de carbono, 47% menos material particulado (que adentra os pulmões) e 67% menos hidrocarbonetos;

- Diminuir a demanda de diesel convencional nas bombas de combustíveis. Produto cuja produção o país está longe de ter autossuficiência;

- Aproveitar materiais antes descartados como o óleo de cozinha residencial e comercial utilizado, assim como outros tipos de óleo e gordura animal. Antes, esses materiais despejados geravam grande passivo ambiental;

- O biodiesel produz menos 78% de emissões de CO<sub>2</sub> que o diesel convencional;

- O biodiesel é três vezes mais eficiente energeticamente que o diesel convencional e menos inflamável, facilitando seu armazenamento e transporte;

- É atóxico e biodegradável por ser principalmente de origem vegetal, o que diminui a toxicidade das emissões, quando misturado ao diesel convencional;

- É economicamente viável e pode-se até produzir biodiesel caseiro em pequenas quantidades seguindo as instruções de alguns *sites* na *web*;

- Gera empregos na agricultura, diminuindo o êxodo rural.

Alguns problemas com o uso do biodiesel já foram relatados pelos proprietários de postos de gasolina, motoristas de caminhão e da Fecombustíveis<sup>16</sup>, que alegam que o biodiesel aumenta a formação de borras nos reservatórios dos postos de

---

<sup>16</sup> Federação Nacional do Comércio de Combustíveis e de Lubrificantes.



gasolina e nos motores dos caminhões a diesel, que foram logo rebatidas pela ANP. O problema deve ser resolvido por vias judiciais (CANDEIA, 2008).

Outro problema associado ao uso do biodiesel em grande escala é a quantidade de glicerina que é gerada como subproduto na produção. O mercado não terá capacidade para absorver a quantidade excedente de glicerina, derrubando o preço de mercado e gerando um problema na indústria química. Uma produção de cerca de 2,5 milhões de toneladas de biodiesel gera até 300 mil toneladas de glicerina, quando a demanda interna do produto no ano de 2004 foi de 800 mil toneladas, quantidade plenamente abastecida pela indústria química. Além desse problema, e esse subproduto do biodiesel precisa ser purificado para ser utilizado nas indústrias químicas, como fábricas de cosméticos, alimentos e farmacêutica, por exemplo (CANDEIA, 2008). Em média, para cada cem unidades de biodiesel produzido, existem 11 unidades de glicerina.

Na Europa, o excedente de glicerina se transformou em um problema grave, por falta de local de estocagem, parte da produção de glicerina está sendo incinerada para geração elétrica com alto custo, pois não pode ser despejado sem a geração de um passivo ambiental. Mas o problema pode virar solução, pois a versatilidade da glicerina ainda não se esgotou. Se novos usos da glicerina em pesquisa forem desenvolvidos, pode aumentar a demanda do mercado, resolvendo o problema do excedente (LOBO et al. 2009).

Entre os prós e contras do biodiesel, seu principal benefício é a independência de combustíveis principalmente os advindos do Oriente Médio.

#### **7.1.4 Biogás**

As usinas de processamento instaladas em lixões a céu aberto para captura do Biogás podem trazer uma série de benefícios à sociedade, que produz cada vez mais lixo. Dentre os benefícios, segundo Roy et al. (2011), cita-se:

- Capturar o gás metano que em outras condições seriam lançados na atmosfera, gerando poluição e aumentando o efeito estufa;
- A tecnologia já existe e funciona no Brasil, que conta com unidades instaladas em lixões, mediante a sucção forçada e queima controlada do biogás, existente nos

aterros; da SASA, município de Gramacho, no Rio de Janeiro, do Metropolitano Centro em Goiânia, de Tremembé e de Bandeirantes em São Paulo. Esta última unidade possui uma mini usina termelétrica e chegou a comercializar créditos em bolsa de valores, sendo cadastrado e registrado conforme o protocolo de Kyoto;

- O processamento do lixo elimina ou diminui muitos vetores de doenças, como ratos, baratas, moscas e urubus, estes um perigo para a aviação, nas instalações e entorno do lixão. Assim como explosões acidentais do metano aprisionado no lixo e desabamentos da montanha de detritos;

- Gera emprego qualificado para a comunidade local, diminuindo a quantidade dos catadores de lixo que vivem em condições abaixo da linha de pobreza, aumentando a qualidade de vida da população.

Segundo Macedo (2009), as desvantagens das usinas instaladas nos lixões se resumem às instalações que precisam de um espaço amplo para a separação do material e do custo de implantação que muitas vezes precisam ser subsidiados pelo governo e/ou iniciativa privada. A Índia é exemplo positivo do uso do lixo, com participação de quase 30% na matriz energética.

### **7.1.5 Energia Eólica e Solar**

Uma das principais vantagens das fontes solar e eólica, é ser um recurso inesgotável, e que menos produz emissões de gases do efeito estufa. No caso da energia eólica, é a que mais obtém benefícios do que qualquer outra fonte. Para a energia solar o maior problema são os resíduos industriais gerados durante a fabricação dos equipamentos para captura da energia solar.

O maior problema dessas fontes de energia, estão ligados aos custos de implantação, além de exigir extensas áreas de captação. Também a dessas fontes de energia dependem essencialmente da região/país, visto que alguns dispõem de características geológicas distintas de outras. Ou seja, a incidência solar e dos ventos deve ser intensa para que seja viável.

A energia eólica ainda possui uma pequena contribuição na geração de energia no Brasil, e sua participação é ainda menor na oferta de energia. Porém, nos últimos anos, o setor que investe em energia eólica tem presenciado um substancial aumento

no crescimento no número de projetos contratados e a perspectiva é que a capacidade instalada de energia eólica aumente em mais de 450% em aproximadamente cinco anos. A indústria de aero geradores também está em crescimento desde 2012 e espera-se que a capacidade produtiva eleve significativamente nos próximos anos (CERNE, 2013).

## 7.2 BENEFÍCIOS SOCIAIS E ECONÔMICOS DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS

É sabido que o investimento em energias renováveis conduz à mitigação das emissões de gases de efeito estufa. Outros impactos ao meio ambiente, como emissões de poluentes na atmosfera e nos lençóis freáticos, impactos ambientais no ciclo de vida das tecnologias de geração de energia, transformações na forma de se fazer uso da terra, bem como impactos na biodiversidade têm sido amplamente discutidos. O impacto da adoção de tecnologias de energias renováveis na rede, assim como a segurança energética por intermédio da redução da importação de combustíveis também são questões recorrentes em estudos científicos, congressos, e pesquisas feitas no meio acadêmico e por instituições diversas. Porém, discussões aprofundadas sobre os impactos socioeconômicos trazidos por estas tecnologias ainda são escassas. Esta discussão se faz ainda mais relevante em tempos de reduzido crescimento econômico (FRANKHAUSER et al. 2008).

Dentre os principais benefícios sociais e econômicos trazidos pelas energias renováveis, cita-se: a inovação tecnológica, o *leapfrogging*<sup>17</sup> e o desenvolvimento do setor industrial; a geração distribuída e a universalização do acesso à energia; o crescimento e desenvolvimento a nível regional e local, incluindo zonas rurais; e a criação de empregos (TOURKOLIAS; MIRASGEDIS, 2011).

Frankhauser et al. (2008) explicam que a inovação tecnológica bem como a criação de novas oportunidades para crescimento econômico e investimentos ocorre em razão das políticas climáticas. As mudanças tecnológicas e inovação, a longo prazo, seriam capazes de aumentar a demanda por trabalho e qualificação profissional. Os autores ainda assinalam também a importância de políticas públicas eficazes direcionadas à inovação tecnológica. Neste cenário, os países pioneiros na

---

<sup>17</sup> Termo usado no contexto das teorias de crescimento econômico e estudos sobre organização industrial e inovação com um foco específico em competição entre as empresas.

pesquisa e desenvolvimento de tecnologias mais limpas possuem potencial para a liderança regional. Os autores exemplificam citando o caso da Alemanha, que atualmente é líder em exportação de tecnologias limpas.

As tecnologias aplicadas na geração de energia renovável são muito dispendiosas, e a maior parte do investimento é realizado no início do projeto – o custo dos equipamentos, por exemplo, pode chegar a 75% do investimento total no caso de um parque eólico. Dessa forma, a tendência da implementação de projetos de energias renováveis é oferecer oportunidade para que as indústrias de equipamentos destinados ao consumo interno ou às exportações se desenvolvam (TOURKOLIAS e MIRASGEDIS, 2011).

No entanto, apesar do potencial de trazer grande monta de benefícios para o desenvolvimento local e regional, o incentivo à pesquisa e implementação de fontes de energias renováveis não pode ser considerado uma política de desenvolvimento, mas sim uma política que quando utilizada juntamente com outras políticas sociais, poderá colaborar para o desenvolvimento de várias comunidades (RÍO e BURGUILLO, 2009).

## 8. SÍNTESE DA PROPOSTA

O desenvolvimento desta pesquisa possibilita que análises e discussões críticas sejam propostas, utilizando-se as formas e uso das diferentes fontes já usadas, conduzindo para conceitos mais abrangentes envolvendo energia. Essa justificativa se dá devido à complexidade que compreende a definição do termo energia. No entanto, os textos produzidos na pesquisa têm a finalidade paradidática, assumindo a forma intrínseca de dissertação do tema energia à luz das perspectivas CTS. Porém, essa característica não exclui a convicção que a sala de aula é de fundamental importância para a formação de um cidadão crítico, alfabetizado tecnocientífica e que compreenda a formação do mundo moderno, tendo o professor como articulador dessa mudança. Conseqüentemente, esta pesquisa contém os argumentos capazes de auxiliar nesse processo.

Com posse dessas características, este trabalho surge como um ponto de partida para a elaboração de propostas de ensino, capazes de servir como apoio teórico, justificado devido à notoriedade do tema e a característica interdisciplinar dos textos. A pouca aproximação acadêmica com as propostas CTS, muitas vezes, dificulta sua inserção no ensino. Para tentar suprir essa lacuna, o capítulo 3 fornece argumentos importantes para desenvolvimento de propostas a nível CTS. Os capítulos posteriores dão ênfase à evolução de algumas fontes de energia utilizadas pelo homem relacionando o desenvolvimento científico-tecnológico e sua dimensão social.

A proposta é que essas discussões, sob o ponto de vista CTS, busquem o senso crítico e analítico do sujeito, sendo a temática energética e sua perspectiva histórica, promotora dessa mudança. Assim, a discussão crítica desses textos é capaz de auxiliar as aulas de energia propriamente ditas, podendo surgir como subsídio motivador da importância que a energia representa. Indagações sobre a influência da energia na vida das pessoas e para a sociedade surgem como norteadoras para destacar a importância e desafiar o senso crítico do aluno.

Desse modo, dentre os motivos da sua abordagem diferenciada deste, procura-se desconsiderar que o tema energia surja de forma acabada e a-histórica, como apontado no capítulo 3. Esses pressupostos destacam a ideia de que pessoas não fizeram e nem fazem parte do processo histórico que envolve energia, bem como todos os processos científico-tecnológicos. É importante salientar a constante evolução e que o sujeito é modificador do processo histórico. A importância dessa discussão é frisada por Assis e Teixeira, (2003 p. 46):

Na prática educativa, ao desconsiderar o processo histórico evolutivo sobre o conceito de energia, partindo rapidamente à formalização matemática de cada tipo de energia, que constitui o produto final desse processo, corre-se o risco de o conhecimento ser transmitido de forma fragmentada, o que dificulta para o aluno a viabilidade de articular as várias formas de energia, e compreender sua conservação e transformação (ASSIS e TEIXEIRA, 2003, p. 46).

Dessa forma, o contexto histórico em torno da temática energia conduz à compreensão de outros processos que envolvem energia. Nesse caso, a introdução de qualquer conceito, muitas vezes, é dificultada, dado a abstração do fenômeno energia. Com base nisso, Assis e Teixeira (2003) apontam que a leitura de textos alternativos pode viabilizar a contextualização, e, também, atuar como articulador entre as disciplinas, promovendo a interdisciplinaridade. Os mesmos autores dão ênfase à importância da leitura desses textos, mencionando que dela surge margem para grandes discussões e que permitam ao aluno interpretar fenômenos físicos, evitando o ensino da Física, de forma fragmentada, e a redução dos conceitos físicos à simples matematização, como ocorre no ensino tradicional.

Por isso, seu objetivo foi aliar dados importantes em diversos aspectos dos recursos energéticos, bem como os impactos ambientais gerados (capítulo 6) e, também, o desenvolvimento científico tecnológico utilizado na transformação da energia. Assis e Teixeira (2003, p.47) argumentam que esses parâmetros são capazes de “aumentar os horizontes culturais, na medida em que, ao utilizarmos textos, por exemplo, com fundo histórico ou com trechos de fontes primárias”, apontando para uma alfabetização tecnocientífica. Assim, surge a proposta do trabalho, que parte do pressuposto do qual a discussão crítica dos textos, ou como introdução ao tema energia, oportunize a assimilação de conceitos físicos mais

específicos do tema energia. Esses parâmetros, utilizados, por exemplo, em sala de aula, podem auxiliar no processo de aprendizagem dos conceitos físicos envolvidos, dentre eles conservação, transformação e transferência de energia. A conscientização de que o consumo supérfluo pode evitar a degradação ambiental, possui significativo valor, tendo ênfase no decorrer dos capítulos.

Como descrito, ao trabalhar o conteúdo energia sob esses aspectos, observa-se a necessidade de objetos de ensino-aprendizagem que proporcionem essa abordagem. Os objetos para o estudo nessa perspectiva são escassos, possuindo pouca literatura especializada. Esse ponto surgiu como fator motivacional para a realização deste trabalho. Dessa forma, os textos valem-se de uma linguagem simples e não possuem pré-requisitos, sendo potencial fonte de pesquisa para professores, alunos ou demais interessados no assunto.

De uma forma geral, este trabalho almeja expor alguns dos principais dados sobre o consumo de energia pelo homem, sob uma perspectiva CTS, explorando as dificuldades encontradas em suprir uma demanda cada vez maior. É a partir dessa visão que os dilemas enfrentados no passado são percebidos novamente. Esses dilemas apresentam-se desde a escassez de recursos até a destruição do meio ambiente. As crises do petróleo da década de 1970 e os riscos de “apagão” corroboram para que investimentos sejam feitos nessa área. O aumento da temperatura global, chuva ácida, destruição de florestas e extinção de espécies animais apontam para a urgência em conter esse avanço.

Assim, procurou-se reconhecer que o estudo da energia desempenha um atributo essencial em relação à compreensão da origem e à evolução da civilização humana e que, também, está pondo em risco a própria sobrevivência. Nesse panorama, conhecendo a importância de seus recursos, tal como sua relação com a sociedade moderna e o meio ambiente, a energia é campo de estudo em múltiplas disciplinas.

Ao mesmo tempo que se reconhece tal importância, a maioria das abordagens do tema encontram-se de forma acabada, assim como seu tratamento puramente físico. Por isso, é fundamental interpretar o conteúdo, por meio da utilização das fontes de geração até chegar aos conceitos fundamentais da energia. Nessa visão, os



recursos, seu eventual esgotamento e os impactos criados, destacam a necessidade de mudança no sistema atual de energia que emprega principalmente os combustíveis fósseis.

Conforme Muller (1995), não há conhecimento, ainda, de uma fonte capaz de gerar energia, na quantidade exigida pelos atuais níveis de desenvolvimento, sem provocar efeitos socioambientais. Há como gerar uma energia limpa, mas somente após a construção de grandes usinas de geração, cujos processos de sua fabricação, ainda, geram emissões.

Pode-se observar que o domínio da energia pelo homem, dentre outros fatores, está relacionado à capacidade de seu uso influenciando a evolução e progresso da humanidade. Esse progresso, consumidor de altas taxas de energia, vem às custas das alterações ambientais, com consequências desagradáveis para os seres vivos incluindo o homem. Não há outra forma segura de desenvolvimento senão a sustentável, porém, ainda com altos custos, com os quais os países em desenvolvimento não estão preparados para arcar.

Vale destacar que a principal forma de reduzir os danos socioambientais é a redução no consumo, valendo-se de produtos mais eficientes e, também, da economia de energia. Essas medidas podem evitar que usinas sejam construídas, ou mais petróleo seja extraído.

Burian (2015) alega a inevitabilidade que move o desenvolvimento da sociedade brasileira (e mundial), a energia, sendo insumo principal para o crescimento socioeconômico, mas, por outro lado, aumenta o número de impactos ao meio ambiente, desde impactos locais até mundiais.

Tendo a energia como alavanca para o desenvolvimento, o consumo dos recursos naturais acarreta em problemas, sendo necessárias ações que visam a mudança no comportamento social. No decorrer da história da humanidade, não havia nenhuma preocupação senão o desenvolvimento, por exemplo, durante a Revolução Industrial, cujo carvão era a fonte principal de energia, que despejou no ambiente grandes quantidades de poluentes. As relações de consumismo, influenciado principalmente pelos meios de comunicação, impõem o ritmo de consumo. O slogan padrão desse consumo é relacionado com aqueles países, cujo consumo é sinônimo

de qualidade de vida, *status* e poder, servindo de modelo e aspiração a muitas nações. Entretanto, os recursos naturais estão disponíveis na quantidade para suprir essa demanda? A mudança nos paradigmas, em que a concepção consumista está arraigada à sociedade moderna, é questão de discussão.

A importância da energia, sua relação com a sociedade e os impactos gerados no ambiente criam uma complexa relação, em que não é possível gerar energia, sem criar esses impactos. Dessa forma. Então, qual seria a opção mais acertada. A proposta repousa no desafio em utilizar os recursos de maneira sustentável e desenvolver tecnologias capazes de aumentar a eficiência sobretudo para o consumidor final.

## 8.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a pesquisa bibliográfica realizada foi possível descrever as transformações sociais econômicas a partir das fontes de energia utilizadas pelo homem e também o desenvolvimento científico-tecnológico decorrente. A intervenção na sociedade moderna é pautada na forma e quantidade consumida além de suas consequências. Com a utilização de obras de diferentes áreas de estudo, buscou-se valorizar o caráter interdisciplinar foco dos estudos CTS e que oportuniza uma melhor aproximação com o tema. Da mesma forma, o contexto histórico do tema energia adquire importância quando aliado às atividades humanas e seu papel fundamental no processo de desenvolvimento. No decorrer do desenvolvimento da humanidade, caracteriza-se a busca pelo domínio das formas de energia e as quantidades necessárias para atender todos os ramos de atividade. No domínio das fontes de energia, os recursos naturais eram vistos como infinitos e o meio ambiente um fornecedor inesgotável de suprimento. Para tanto, a realidade é outra, tendo o esgotamento dos recursos uma preocupação que se avizinha, sendo assim, muitos países dependem dos recursos energéticos. As crises enfrentadas no passado são importantes referências para analisar o quão dependente a sociedade está dos recursos energéticos. Entretanto, as crises no fornecimento de energia podem ser vistas de maneira positiva, em que houve progresso no desenvolvimento para

obtenção de outras fontes. Mas com a generalização dos meios de energia, incorre problemas difíceis de superar.

A partir desses atributos, a temática energética se faz necessária bem como o desenvolvimento de novos projetos, tanto na área de pesquisa quanto na área de conscientização do seu consumo. O desenvolvimento de fontes de energia alternativas, assim como a eficiência na utilização dos recursos podem diminuir a degradação ambiental. Mas, mesmo em relação a fontes de energia alternativas, como é o caso do etanol e a hidroeletricidade, ocorrem problemas socioambientais. No caso do etanol, vastas áreas de terra são usadas para o cultivo de vegetais para a produção do combustível. Com mais áreas de terras usadas para a produção de combustíveis, pode haver influência em relação ao preço dos alimentos, em que a fome é um problema mundial. O desmatamento para o plantio dizima florestas e ecossistemas. Com as lavouras de cana-de-açúcar, usada em grande escala no Brasil, com o uso dos defensivos agrícolas, contaminam-se os solos e os lençóis d'água. O mesmo acontece com a construção de usinas hidrelétricas em que ocorre o problema de contaminação dos cursos d'água, destruição de ecossistemas e migração da população atingida. A partir desses pontos, a mudança educacional surge como uma forma para o uso racional dos recursos. A troca das lâmpadas incandescentes pelas mais eficientes, assim como o uso de veículos menos potentes cujo consumo de combustíveis é menor, pode trazer benefícios para a sociedade.

Nesse sentido, o trabalho proposto buscou descrever a utilização dos recursos energéticos através dos tempos, pretendendo, de alguma forma, contribuir para que a sociedade acadêmica, alunos, a relação da energia com o desenvolvimento social, científico-tecnológico.

Este estudo teve como propósito a discussão do tema energia com base nas fontes de geração, sob uma perspectiva CTS. A finalidade dessa abordagem foi obter uma visão mais abrangente sobre o tema, que, geralmente, não é estudado e, a partir daí, discutir a energia e sua ligação intrínseca à sociedade moderna. No decorrer dos capítulos, foi visto que não só a sociedade moderna se tornou dependente dos recursos energéticos, mas, desde os primeiros hominídeos, cuja evolução dependeu, diretamente, de quantidades cada vez maiores de energia. O humano moderno, cujo

cérebro consome altas taxas de energia, aumentou seu intelecto às custas de um corpo lânguido, entretanto aumentou suas interações sociais. Apesar disso, a possibilidade de confeccionar armas e ferramentas levou o ser humano ao topo da cadeia, transcorrendo de um animal franzino a dominação de todas as outras espécies. O domínio das fontes de energia é apoiado pelo desenvolvimento científico-tecnológico, transcorrendo até a idade moderna, e assim surgindo uma preocupação, capaz de ruir todo o processo de desenvolvimento alcançado. Esse desenvolvimento trouxe inúmeros benefícios à população humana, como o aumento da qualidade de vida, maior longevidade, transportes etc, aumentando expressivamente a população, bem como sua dependência em energia. Essa relação, estendeu a demanda por recursos, amplificando a emissão de poluentes, pois o consumo é predominantemente de origem fóssil, cuja queima resulta em emissões de poluentes em grande escala, aumentando os gases do efeito estufa, e outros componentes tóxicos no ar, prejudicando todas as formas de vida do planeta. O efeito estufa influencia o aumento da temperatura do planeta, tornando-se uma preocupação constante.

Aliado a isso, o desenvolvimento de guerras, expôs que o desenvolvimento tecnocientífico estava dizimando não apenas a população, mas também o meio ambiente. Nesse contexto surge o movimento CTS, cuja ação popular inicia uma crítica a essa forma de desenvolvimento. A perspectiva CTS desperta um novo olhar ao desenvolvimento científico-tecnológico e as responsabilidades dos atos acerca de cientistas e tecnólogos que, até então, encontravam-se isentos.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBAGNANO, N. **Dicionário de Filosofia**. Tradução de Alfredo Bosi. 1. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007

ADLER, J. **Why Fire Makes Us Human**. Smithsonian Magazine, junho 2013.

ALVES, J. E. D. **Energia renovável**: um salto na evolução? 2010. Disponível em: <[www.ecodebate.com.br/.../energia-renovavel-um-salto-na-evolucao-artigo-de-joseeustaquio-diniz-alves/](http://www.ecodebate.com.br/.../energia-renovavel-um-salto-na-evolucao-artigo-de-joseeustaquio-diniz-alves/)>. Acesso em: 12 julho 2016.

ANDRADE, E. T.; CARVALHO, S. R. G. D.; SOUZA, L. F. D. **Programa do Proálcool e o Etanol no Brasil**. Engevista, V.11, n. n.2, dezembro 2009. 127-136.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Brasília: ANEEL, 2008.

ARCHIBALD, S.; STAVER, C.; LEVIN, S. A. **Evolution of human-driven fire regimes in Africa**. [S.l.]: Natural Resources and the Environment, 2011. Disponível em: <[www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1118648109](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1118648109)>. Acesso em: 05 ago. 2016.

AULER, D. **Enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade: Pressupostos Para o Contexto Brasileiro**. Ciência e Ensino, vol. 1, Novembro 2007. Disponível em: <<http://prc.ifsp.edu.br/ojs/index.php/cienciaeensino/article/view/147/109>>. Acesso em: 25 agosto 2016.

BACHELARD, G. **Le Nouvel Esprit Scientifique**. O novo espírito científico, Rio de Janeiro, Tempo Brasileiro, 1985. ed. Paris: [s.n.], 1934.

BOUDIEU, P. **O campo científico**. São Paulo: Ática, v. Coleção Grandes Cientistas Sociais, 1983.

BERETTA, G. P. **World Energy Consumption and Resources**. Brescia: Int. J. of Environmental Technology and Management, v. 7, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1504/IJETM.2007.013239>>.

BICCA, M.F. **Dos lampiões à eletricidade: a iluminação pública em Porto Alegre**. Conselho em Revista, Porto Alegre, ano 7, n. 67, p.35, mar., 2010.

BITHAS, K.; KALIMERIS,. **A Brief History of Energy Use**. [S.I.]: Revisiting the Energy-Development Link, 2016.

BOSQUETTI, Marcos A.; DÓRIA, Ricardo J.; FERNANDES, Bruno H. **Ambiente e empresas do setor elétrico brasileiro: um estudo comparativo de casos múltiplos**. Alcance, Curitiba, v.12, n.1, p. 99-118 - jan./abr., 2005.

BRASIL. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio - Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Secretaria de Educação Básica. Brasília. 2006.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia: Conselho Nacional de Política Energética (CNPE). **Plano Nacional de Energia 2030**. Brasília, 2007.

BRASIL. **Programa de Aceleração do Crescimento**. 2008. Disponível em: <<http://www.pac.gov.br/sobre-o-pac>>. Acesso em: 12 julho 2016.

BRITO, M; VIANNA, M; BEZERRA, B; VEIGA, M; BARROSO, L. **Uma metodologia apara analisar o impacto das Usinas fio d'água na capacidade de regularização do sistema hidrotérmico brasileiro**, Grupo IX, XX SNPTEE, Recife, 2009.

BUENO, E. **Produto nacional: uma história da indústria no Brasil**. Brasília: CNI, 2008. 240 p. ISBN 978-85-88566-74-3.

BYNUM, W. **Uma breve história da ciência** : A Little History of Science. Tradução de Iuri Abreu. Porto Alegre: Sindicato Nacional dos Editores de Livros, 2012. ISBN 978.85.254.3107-3.

CAMPOS, F. R. G. **Ciência, tecnologia e sociedade**. Florianópolis: [s.n.], 2010.

CANDEIA, R.A. **Biodiesel de Soja: síntese, degradação e misturas binárias**. 2008. 132 f. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 2008.

CARVALHO, J. F. D. **Combustíveis Fósseis e Insustentabilidade**. Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. São Paulo. 2008.

CASTRO, N.J; DANTAS, G.A. **O planejamento do setor elétrico brasileiro e o contexto mundial de mudanças climáticas**. 2010. Disponível em: <[www.nuca.ie.ufrj.br/gesel/artigos/100525planejamentobrasil.pdf](http://www.nuca.ie.ufrj.br/gesel/artigos/100525planejamentobrasil.pdf)>. Acesso em: 12 julho 2016.

CERNE – Centro de Estratégias em Recursos Naturais e Energia. **A Indústria dos Ventos e o Rio Grande do Norte: Brasil - 2013**. [s.i.], 2013. 28 p. Disponível em: <<http://cerne.org.br/pdfs/CartilhaEolicaCERNE2014.pdf>>. Acesso em: 11 julho 2016

COLASSO, C. G.; AZEVEDO, F. A. D. **Riscos da utilização de Armas Químicas**. RevInter, São Paulo, v. 4, n. 2, Junho 2011. ISSN 1984-3577.

CORREA, Maria Letícia. **Contribuição para uma história da regulamentação do setor de energia elétrica no Brasil: o Código de Águas de 1934 e o Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica**. Política & Sociedade, v.4, n.6, abr., 2005.

COUTO, L.C; WATZLAWICK, L.F; CÂMARA, D. **Vias de Valorização Energética da Biomassa**. Biomassa & Energia, v.1, n.1, p 71-92, 2004.

CHALMERS, A. F. **O Que É Ciência Afinal?** Tradução de Raul Filker. [São Paulo.]: Editora Brasiliense, 1993.

CHASSOT, A. **Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social**. Revista Brasileira de Educação, n. 22, 2003.

COELHO, S. T.; GOLDEMBERG, J. **Alternative Transportation Fuels: Contemporary Case Studies**. São Paulo: Elsevier, 2004. 67 - 80 p.

DOXSEY, J. R.; RIZ, J. D. **Módulo de: Metodologia da Pesquisa Científica**. ESAB – Escola Superior Aberta do Brasil. Vila Velha, p. 130. 2007.

EPE. **Plano Nacional de Energia 2030**. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro, p. 408. 2007.

FAUSTO, B. **História do Brasil**. 2. ed. ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1995.

FRANKHAUSER, S; SEHLEIER, F; STERN, N. **Climate change, innovation and jobs**. Climate Policy, v. 8, n. 4, p. 421, ago 2008.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

FURTADO, A. **A Crise Energética Mundial e o Brasil**. Novos Estudos, São Paulo, Janeiro 1985. 17-29.

GARZON, Biviany R. **Belo Monte é o símbolo do fim das instituições ambientais no Brasil**. Instituto Humanitas Unisinos. São Leopoldo, 13 dez. 2011. Disponível em: <<http://www.ihu.unisinos.br/entrevistas/504830-belo-monte-e-o-simbolo-do-fim-das-instituicoes-ambientais-no-brasil-entrevista-especial-com-biviany-rojas-garzon>>. Acesso em: 11 julho 2016.

GERMANO, M. G. **Uma nova ciência para um novo senso comum**. Campina Grande: EDUEPB, 2011.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. ISBN 85-224-3169-8.

GOEKING, W. O **Setor Elétrico**. Portal o Setor Elétrico, 2010. Disponível em: <<http://www.osetoelettrico.com.br/web/component/content/article/58-artigos-e-materias-relacionadas/232-eletricidade-e-desenvolvimento.html>>. Acesso em: 01 setembro 2016.

GOLDBLATT, David. **Teoria social e ambiental**. Lisboa: Instituto Piaget, 1996.

GOLDEMBERG, José; MOREIRA, José R. **Política energética no Brasil**. Estudos Avançados, v.19, n. 55, p.215-228, out., 2005.

GOLDEMBERG, J; LUCON, O. **Energia e meio ambiente no Brasil**. Estudos Avançados, São Paulo, v. 21, n. 59, 2007.

GOLDEMBERG, J; NIGRO, F.B; COELHO, S.T. **Bioenergia no estado de São Paulo: situação atual, perspectivas, barreiras e propostas**. São Paulo: Imprensa Oficial, 2008.

GOMES, A.C.S; ABARCA, C.D.G; FARIA, E.A.S.T; FERNANDES, H.H.O. **BNDES 50 anos: histórias do setor elétrico**. Rio de Janeiro: BNDES, 2002.



HANSEN, C. R. S. D. O. **Eletricidade no Brasil da Primeira Republica**. [S.l.]: [s.n.], 2012.

HARARI, Y. N. **Sapiens – uma breve história da humanidade**. Tradução de Janaína Marcoantonio. Porto Alegre: L&PM, 2015.

HINRICHS, R.A; KLEINBACH, M. **Energia e meio ambiente**. 3. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

JAPIASSÚ, H.; MARCONDES, M. **Dicionário de Filosofia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 2001.

HOUZEL, S. H.- et al. **Mammalian Brains Are Made of These: A Dataset of the Numbers and Densities of Neuronal and Nonneuronal Cells in the Brain of Glires, Primates, Scandentia, Eulipotyphlans, Afrotherians and Artiodactyls, and Their Relationship with Body Mass**. *Brain, Behavior and Evolution*, Rio de Janeiro, V. 86, 2015.

JANNUZZI, G.M. **Uma avaliação das atividades recentes de P&D em energia renovável no Brasil e reflexões para o futuro**. In: *International Energy Initiative*, Campinas, v. 2, n.64, p. 1-13, jul. 2003.

JANNUZZI, G. D. M. **Energia Elétrica**. *Com Ciência, Revista Eletrônica de Jornalismo Científico. Com Ciência Unicamp*, 2001. ISSN 1519-7654. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/reportagens/energiaelettrica/energia12.htm>>. Acesso em: 10 outubro 2016.

KÖCHE, J. C. **Fundamentos de metodologia científica: teoria da ciência e iniciação à pesquisa**. Petrópolis: [s.n.], 2011.

KOHLHEPP, G. **Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil**. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 24, n. 68, p. 223 - 253, 2010. ISSN 0103-4014. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142010000100017](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142010000100017)>. Acesso em: 13 set. 2016.

KOSTIC, M. M. **Energy: Global and Historical Background**. Dekalb: Department of Mechanical Engineering, 2007.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. D. A. **Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas, v. 6. Ed, 2011.

LANDRIGAN, P. J. **The worldwide problem of lead in petrol**. Bulletin of the World Health Organization 2002, New York, 2002. Disponível em: <[http://www.who.int/bulletin/archives/80\(10\)768.pdf](http://www.who.int/bulletin/archives/80(10)768.pdf)>.

Landi, M. **Energia elétrica e políticas públicas: a experiência do setor elétrico brasileiro no período 1934 a 2005**. 2006. 219f. Tese (Doutorado em Energia), Programa Inter-unidades de Pós-Graduação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

LEITE, R. C.; CORTEZ, L. A. B. **O Etanol Combustível No Brasil**. Biocombustíveis no Brasil: Realidades e Perspectivas. Brasília: Arte Impressora LTDA. 2007. p. 60 - 75.

LIMA, J.L. **Estado e energia no Brasil**. O setor elétrico no Brasil: das origens à criação da Eletrobrás (1890-1962). São Paulo: IPE, USP, 1984.

LÔBO, I.P; FERREIRA, S.L.C; CRUZ, R.S. Biodiesel: Parâmetros de qualidade e métodos analíticos. Química Nova, v. 32, n. 6, p. 1596, jul. 2009.

MACEDO, L.V. **Manual para o Aproveitamento do Biogás**. São Paulo: ICLEI, 2009.

MALANIMA, P. **Energy in History**. Naples: Institute of Studies on Mediterranean Societies, 2010. Disponível em: <[http://www.paolomalanima.it/default\\_file/Articles/ENERGY%20IN%20HISTORY.pdf](http://www.paolomalanima.it/default_file/Articles/ENERGY%20IN%20HISTORY.pdf)>. Acesso em: 05 ago. 2016.

MBP, C. U. **História do Petróleo**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2014. Disponível em: <<http://www.petroleo.coppe.ufrj.br/historia-do-petroleo/>>. Acesso em: 02 set. 2016.

MICHELLON, E.; SANTOS, A. A. L.; RODRIGUES, J. R. A. **Breve descrição do proálcool e perspectivas futuras para o etanol produzido no Brasil**. SOBER, Marigna, 23 julho 2008.

MITCHAN, C. **¿Qué es la Filosofía de la Tecnología?** Barcelona: Anthopos, 1989. ISBN 84-7658-107-6.

MORA, J. F. **Dicionário de Filosofia**. Lisboa: Editora Martins, v. V1, 1978.

MÜLLER, A. C. **Hidrelétricas, meio ambiente e desenvolvimento**. São Paulo: Makron Books, 1995. 412 p. ISBN 85-346-0574-2.

NITSCH, M. **O programa de biocombustíveis Proalcool no contexto da estratégia brasileira**. Revista de Economia Política, Berlin, v. II, abril-junho 1991.

NOGUEIRA, L.A.H; ROCHA. C.R; NOGUEIRA, F.J.H. **Eficiência Energética no uso de vapor**. Rio de Janeiro: ELETROBRÁS, 2005.

OKUNO, E. **Física para ciências biológicas e biomédicas**. São Paulo: Harper & Row do Brasil, 1982.

OLINTO, C.R. **Energia: a fonte da vida**. Revista Eletrônica Polêmica, Rio de Janeiro, v. 16, abr./jun., 2006.

OLIVEIRA<sup>1</sup>, C. **História da Ciência**. IFRS BG. NOTAS DE AULA. 2010.

OLIVEIRA<sup>2</sup>, M. B. D. **Neutralidade da ciência, desencantamento do mundo e controle da natureza**. Scientiae Studia, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 97-116, 2008.

PACHECO, F. **Energias renováveis: breves conceitos**. Conjuntura e Planejamento, Salvador, n. 149, p. 4-11, out. 2006.

PALACIOS, E. M. G. et al. **Introdução aos Estudos CTS (Ciência, tecnologia e sociedade)**. [S.l.]: [s.n.], 2003.

PESSALI, Huáscar F; SERRA Maurício A. **A COPEL frente à reestruturação da indústria de energia elétrica: mudanças de estratégias e rearranjo organizacional**. Curitiba, 2000. Disponível em: <<http://www.empresas.ufpr.br/COPEL.pdf>>. Acesso em: 11 julho 2016.

PINHEIRO, M.F.B. **Problemas sociais e institucionais na implantação de Hidrelétricas**: seleção de casos recentes no Brasil e casos relevantes em outros países. Pós-Graduação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2007.

QUESADA, D.M. **Parâmetros quantitativos e qualitativos da biomassa de genótipos de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) com potencial para uso energético, na forma de carvão vegetal.** 2005.65 f. Tese (Doutorado em Agronomia Ciência do solo) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. 2005.

RIBEIRO, J.C. **Planeamento territorial:** o impacto das energias renováveis no crescimento da economia portuguesa. 2010. Disponível em: <<http://planeamentoterritorial.blogspot.com/2010/01/o-impacto-das-energias-renovaveisno.html>>. Acesso em: 11 jul. 2016.

RÍO, P. DEL; BURGUILLO, M. **An empirical analysis of the impact of renewable energy deployment on local sustainability.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 13, n. 6-7, p. 1314–1325, ago 2009.

ROSILLO-CALLE, F; BAJAY, S.V; ROTHMAN, H. **O uso da biomassa para a produção de energia na indústria brasileira.** Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2005.

ROYA, B; FREITAS, E; BARROS, E; ANDRADE, F; PRAGANA, M; SILVA, D.J.A. **Biogás – Uma energia limpa.** Revista Eletrônica Novo Enfoque, v. 13, n. 13, p. 142–149, 2011.

SANTOS, C. B. D. **Aos trancos e barrancos? A eletrificação no mundo contemporâneo: brasil, um retardatário?** Fundação Energia e Saneamento, São Paulo, 2005. Disponível em: <<http://www.energiaesaneamento.org.br/media/63135/05.pdf>>. Acesso em: 07 set. 2016.

SANTOS, M. **A Natureza do Espaço:** Técnica e Tempo, Razão e Emoção. 4. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006.

SERIS, J. P. **La technique.** Paris: PUF, 1994.

SHIMELMITZ, R. et al. **'Fire at will':** The emergence of habitual fire use 350,000 years ago. [S.l.]: Zinman Institute of Archaeology, School of Anthropology, 2013.

Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/267044343>>. Acesso em: 26 jul. 2016.

SILVA, P. J. D. **Usinas Hidrelétricas do século XXI: Empreendimentos com restrições à hidroeletricidade**. Revista Engenharia, março 2014.

SILVA, P.R.F; FREITAS, T.F.S. **Biodiesel: o ônus e o bônus de produzir combustível**. Ciência Rural, Santa Maria, v. 38, n. 3, p. 843-851, maio 2008.

SIQUEIRA, E. D.; HENKES, J. A. **Impactos Gerados Por Represas De Usinas Hidrelétricas: O Caso Da Usina Hidrelétrica De Manso**. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, p. 359 - 372, abr/set 2014.

SMIL, V. **World History and Energy**. Winnipeg: Elsevier, v. Volume 6, 2004.

SOUZA, Paulo R. Cavalcanti. **Evolução da indústria de energia elétrica brasileira sob mudanças no ambiente de negócios: um enfoque institucionalista**. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002.

TESSMER, H. **Uma síntese histórica da evolução do consumo de energia pelo homem**. Revista da Fundação Liberato, Novo Hamburgo, v. 3, n. 3, 2002.

TOMALSQUIM, Maurício; GUERREIRO, Almicar; GORINI, Ricardo. Matriz energética brasileira: uma perspectiva. **Novos estudos**, n. 79, p.47-69, Novembro, 2007.

TUNDISI, H. D. S. F. **Usos de energia**. São Paulo: Atual, 1991.

TOURKOLIAS, C; MIRASGEDIS, S. Quantification and monetization of employment benefits associated with renewable energy technologies in Greece. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 6, p. 2876–2886, ago 2011.

UNICA - UNIÃO DA INDÚSTRIA DA CANA-DE-AÇUCAR. **Produção e uso do etanol combustível no Brasil**. São Paulo: [s.n.], 2007.

U. S. CENSUS BUREAU. **Internations programs**. 2010. Disponível em: <<http://www.census.gov/ipc/www/popclockworld.html>> Acesso em: 11 julho 2016.

VAINER, Carlos B. **Recursos hidráulicos: questões sociais e ambientais**. Estudos avançados, São Paulo, v. 21, n. 59, p. 119-137, 2007.

VARGAS, M. **História da ciência e da tecnologia no Brasil: uma sùmula**. São Paulo: Humanitas/FFLCH/USP, 2001. ISBN 85-7506-041-4.

VICENTE, V.M.B; CALMON, P.C.P. **A análise de políticas públicas na perspectiva de coalizões de defesa**. In: ANPAD, 35., Rio de Janeiro. 4 a 7 set. 2011. **Anais...** Rio de Janeiro, 2011.

ZEN, Eduardo L. **Movimentos sociais e a questão de classe: um olhar sobre o movimento dos atingidos por barragens**. 2007. Dissertação (Mestrado em Sociologia) - Departamento de Sociologia Universidade de Brasília. Brasília, 2007.

