

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

ANTONIO DE OLIVEIRA MARQUES

**INFRAESTRUTURA ENERGÉTICA E DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL: SITUAÇÃO ATUAL E ALTERNATIVAS PARA O
ESTADO DE RORAIMA**

Porto Alegre
2009

ANTONIO DE OLIVEIRA MARQUES

**INFRAESTRUTURA ENERGÉTICA E DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL: SITUAÇÃO ATUAL E ALTERNATIVAS PARA O
ESTADO DE RORAIMA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Faculdade de Ciências Econômicas da UFRGS, como quesito parcial para obtenção do grau de Mestre em Economia, modalidade Profissionalizante, do curso de Mestrado Interinstitucional UFRGS/Universidade Federal de Roraima, com ênfase em Desenvolvimento e Integração Econômica.

Orientador: Prof. Dr. Ronald Otto Hilbrecht

Co-orientadora: Prof^a Dr^a Sandra Maria Franco Buenafuente

Porto Alegre

2009

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)

Responsável: Biblioteca Gládis W. do Amaral, Faculdade de Ciências Econômicas
da UFRGS

M357i

Marques, Antonio de Oliveira

Infraestrutura energética e desenvolvimento sustentável : situação atual e alternativas para o estado de Roraima / Antonio de Oliveira Marques. – Porto Alegre, 2009.

084 f. : il.

Orientador: Ronald Otto Hillbrecht ; co-orientadora: Sandra Maria Franco Buenafuente.

Ênfase em Desenvolvimento e Integração Econômica.

Dissertação (Mestrado profissional interinstitucional em Economia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Ciências Econômicas, Programa de Pós-Graduação em Economia, Porto Alegre; Universidade Federal de Roraima, 2009.

1. Energia : Roraima. 2. Desenvolvimento sustentável : Roraima. 3. Infraestrutura energética : Roraima. I. Hillbrecht, Ronald Otto. II. Buenafuente, Sandra Maria Franco. III. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Ciências Econômicas. Programa de Pós-Graduação em Economia. IV. Universidade Federal de Roraima. V. Título.

CDU 620.9
504.06

ANTONIO DE OLIVEIRA MARQUES

**INFRAESTRUTURA ENERGÉTICA E DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL: SITUAÇÃO ATUAL E ALTERNATIVAS PARA O
ESTADO DE RORAIMA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Faculdade de Ciências Econômicas da UFRGS, como quesito parcial para obtenção do grau de Mestre em Economia, modalidade Profissionalizante, do curso de Mestrado Interinstitucional UFRGS/Universidade Federal de Roraima, com ênfase em Desenvolvimento e Integração Econômica.

Aprovado em: 20/07/2009

AVALIAÇÃO

Prof. Dr. Ronald Otto Hilbrecht - Orientador
UFRGS/PPGE

Prof. Dr. Alberto Martin Martinez Castaneda
UFRR

Prof. Dr. Dirceu Medeiros de Moraes
UFRR

Prof. Dr. Stefano Florissi
UFRGS/PPGE

Porto Alegre

2009

Dedico este trabalho ao meu filho Igor, minha esposa Rozinete e minha mãe Edna.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a meu orientador, Professor Dr. Ronald Otto Hilbrecht, pela disponibilidade e conhecimentos transmitidos.

Aos demais professores do curso, em especial ao Prof. Dr. Stefano Florissi e à Prof^a Dr^a Sandra Buenafuente, minha co-orientadora, bem como ao Prof. Msc. Haroldo Amoras, eterno mestre.

Aos colegas de mestrado pela troca de experiências, em especial: Luciana, Ingrid, Rosangela, Francisco Lima, Furlan, Pedro Cirino e Romanul.

Aos colegas da Boa Vista Energia S/A, Tribunal de Contas do Estado de Roraima e Faculdade Atual da Amazônia.

Aos amigos e familiares pelo incentivo nos momentos de desânimo, principalmente Gylbenson, Larissa, Vânia e Renato.

Em especial, à minha esposa Rozinete, pelo apoio e incentivo constantes para vencer mais este desafio em nossas vidas.

RESUMO

Este trabalho objetiva analisar a situação atual da estrutura energética disponível do Estado de Roraima, bem como as alternativas viáveis para ampliar a base dessa estrutura e minimizar o impacto ao meio ambiente, fornecendo assim o suporte necessário ao desenvolvimento sustentável do Estado. No referencial teórico, procurou-se apresentar as principais relações entre os recursos naturais, economia e meio ambiente, bem como entre infraestrutura e desenvolvimento econômico, em que está inserida a infraestrutura energética. Foi analisada a capacidade de geração de energia elétrica em Roraima e as limitações existentes da atual estrutura disponível. Verificaram-se as opções de produção de energia a partir de fonte renovável no Estado, analisando suas potencialidades e viabilidades. Foram propostas ainda estratégias para um planejamento energético com o objetivo de fornecer o alicerce fundamental para o desenvolvimento sustentável de Roraima. Como resultado da pesquisa é destacado que a fonte de energia com maior potencial no Estado é a hidráulica. A biomassa e a energia solar podem ser alternativas para atender comunidades isoladas. O estudo verificou também que a atual estrutura energética de Roraima não fornece o suporte necessário e confiável para um processo de desenvolvimento sustentável.

Palavras-Chave: Economia. Energia. Desenvolvimento Sustentável. Infraestrutura.

ABSTRACT

This study aims to analyze the current situation of energy structure available of Roraima state, as well as viable alternatives to enlarge the base of the structure and minimize the impact to the environment, thus providing the support necessary for sustainable development of the state. In the theoretical framework, sought to present the main links between natural resources, economy and environment, and between infrastructure and economic development, where it is present energy infrastructure. Examined the capacity of generating electricity in Roraima and the existent limitations of the current structure available. Verifying the available options for energy production from renewable source in the state, analyzing their potential and viability. Were also proposed for energy planning strategies with the goal of providing the essential foundation for the sustainable development of Roraima. As a result of the search is highlighted the source of energy with the greatest potential in the state is water. The biomass and solar energy can be alternatives to attend isolated communities. The study also found that the current structure of energy Roraima does not provide the support necessary for a reliable and sustainable development.

Keywords: Economics. Energy. Sustainable Development. Infrastructure.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Relação entre os recursos naturais e a natureza.....	18
Figura 2: Relações entre o sistema econômico e o meio ambiente	19
Figura 3: Sistema completo de energia.....	29
Figura 4: Elementos do desenvolvimento sustentável e suas interconexões.....	32
Figura 5: Sistema de transmissão nacional – 2007	49
Figura 6: Balanço de energia do Estado de Roraima – 2008.....	50
Figura 7: Mapa geoenergético do Estado de Roraima	51
Figura 8: Sistema de geração fotovoltaica de energia elétrica.....	58
Figura 9: Sistema fotovoltaico domiciliar - Projeto Ribeirinhas.....	60
Figura 10: Variação da radiação solar no Brasil.....	61
Figura 11: Desenho esquemático de uma turbina eólica.....	65
Figura 12: Potencial eólico brasileiro.....	67
Figura 13: Perfil esquemático de usina hidrelétrica.....	69
Figura 14: Potencial hidrelétrico por bacia hidrográfica - 2008.....	71
Figura 15: Esquema básico para o planejamento energético de Roraima	75

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Utilização da energia e renda per capita.....	36
Gráfico 2: Oferta interna brasileira de energia - 2007 (%)	42
Gráfico 3: Oferta interna mundial de energia – 2006 (%)	43
Gráfico 4: Matriz brasileira da oferta de energia elétrica – 2007 (%).....	44
Gráfico 5: Matriz mundial da oferta de eletricidade (%).....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Propriedades físicas dos recursos comuns de energia e <i>commodities</i>	28
Tabela 2: Resumo da oferta interna de energia - Brasil	41
Tabela 3: Oferta interna de energia – Brasil e Mundo (% e tep)	42
Tabela 4: Matriz brasileira da oferta de energia elétrica (GWh e %)	43
Tabela 5: Composição setorial do consumo de eletricidade - Brasil	45
Tabela 6: Consumo residencial de eletricidade – Brasil (GWh)	46
Tabela 7: Geração elétrica – Região Norte (GWh)	47
Tabela 8: Capacidade instalada de geração elétrica na Região Norte (MW)	47
Tabela 9: Consumo residencial de eletricidade na Região Norte (GWh)	48
Tabela 10: Carga do Sistema Boa Vista – 2008 (MW)	52
Tabela 11: Geração de energia elétrica em Roraima – 2008	53

LISTA DE SIGLAS E UNIDADES DE MEDIDAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica.
BEN	Balanço Energético Nacional.
BV Energia	Boa Vista Energia S/A.
CER	Centrais Elétricas de Roraima.
CGH	Centrais Geradoras Hidrelétricas.
Eletrobrás	Centrais Elétricas Brasileiras S/A.
Eletronorte	Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A.
EPE	Empresa de Pesquisa Energética.
Gigawatt (GW)	Unidade de medida de potência igual a 1 bilhão de watts.
GWh	Gigawatt por hora (energia).
Joule (J)	Unidade de trabalho, de energia e de quantidade de calor.
Megawatt (MW)	Unidade de medida de potência igual a 1 milhão de watts.
MWh	Megawatt por hora (energia).
PCH	Pequena Central Hidrelétrica.
Tep	Tonelada equivalente de petróleo. Unidade comum de conversão para as diferentes formas de energia.
Terawatt (TW)	Unidade de medida de potência igual a 1 trilhão de watts.
TWh	Terawatt por hora (energia).
UHE	Usina Hidrelétrica de Energia.
Watt (W)	Unidade básica de potência de um sistema energético.
Watt-hora (Wh)	Energia transferida uniformemente durante uma hora. $1 \text{ Wh} = 1 \times 3600 \text{ s} \times \text{J/s}$.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	ENERGIA, ECONOMIA E RECURSOS NATURAIS	16
2.1	ECONOMIA DOS RECURSOS NATURAIS	16
2.1.1	Meio ambiente e externalidades	21
2.1.2	Classificação dos recursos naturais	23
2.2	ENERGIA E ECONOMIA	24
2.3	DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	30
2.4	INFRAESTRUTURA ENERGÉTICA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	34
2.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
3	INFRAESTRUTURA ENERGÉTICA DISPONÍVEL	40
3.1	SITUAÇÃO NACIONAL	40
3.2	MATRIZ DE ENERGIA ELÉTRICA DA REGIÃO NORTE	46
3.3	INFRAESTRUTURA DA ENERGIA ELÉTRICA DE RORAIMA	49
3.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
4	ALTERNATIVAS SUSTENTÁVEIS DE PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO ESTADO DE RORAIMA	56
4.1	ENERGIA SOLAR	57
4.2	BIOMASSA	62
4.3	ENERGIA EÓLICA	65
4.4	ENERGIA HIDRÁULICA	67
4.5	PLANEJAMENTO ENERGÉTICO PARA O ESTADO DE RORAIMA	73
4.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
5	CONCLUSÃO	77
	REFERÊNCIAS	81

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico, social e ambiental de uma região, embora dependa de outros fatores, necessita fundamentalmente da presença de uma infraestrutura física que possa dar suporte necessário às atividades produtivas que nesta região ocorram. Essa infraestrutura traduz-se em energia, telecomunicações, transporte, água e saneamento básico.

Investimentos em infraestrutura exercem grande impacto no desempenho econômico de uma região, pois têm forte impacto sobre a produtividade e o bem-estar da sociedade, e como consequência sobre o desenvolvimento econômico e social. A energia é um dos componentes básicos de infraestrutura necessária ao desenvolvimento econômico e social, seja sobre o ponto de vista de um país, região ou mesmo de uma pequena comunidade.

Utilizar a energia de forma eficiente possibilita que ocorra o aumento da produtividade. Assegura o crescimento econômico, com a melhora na distribuição da renda e redução da pobreza sem ampliar a pressão sobre o meio ambiente, garantindo uma infraestrutura energética para desenvolvimento da atual e das futuras gerações.

Roraima possui uma estrutura energética altamente dependente da energia elétrica de fonte hidráulica oriunda da Venezuela. Atualmente ela responde por mais de 80% da energia elétrica disponível no Estado. Não se tem conhecimento da participação de outras fontes renováveis de energia na estrutura energética de Roraima, tais como biomassa, eólica e solar.

Estrutura energética baseada predominantemente em energia elétrica de fonte hidráulica de outro país, pertencer a um sistema isolado e o baixo investimento em fontes alternativas, compromete a ampliação da oferta de energia no Estado. Ao considerar que a energia é componente fundamental da infraestrutura necessária ao desenvolvimento econômico de uma região, Roraima pode ficar numa situação desfavorável.

A dependência energética com a Venezuela se torna um fator de risco, principalmente pela instabilidade política que o país vizinho tem passado nos últimos anos, o que gera temores quanto à manutenção do contrato atualmente vigente.

Caso ocorra uma quebra do contrato, seria necessária a ativação de usinas termelétricas a diesel, com forte impacto negativo no meio ambiente e sem garantias de atender toda a demanda.

Com a efetivação da área de livre comércio (ALC) de Boa Vista e a possibilidade da implantação de uma zona de processamento de exportação (ZPE), também na capital do Estado, vislumbra-se ainda um incremento considerável na demanda por energia, principalmente no comércio e na indústria.

Diante do exposto, um questionamento se torna imprescindível: a atual infraestrutura energética do Estado de Roraima dará o suporte necessário e confiável para um processo de desenvolvimento sustentável? A resposta desse questionamento é fundamental para a efetivação de uma política energética para o Estado, no que tange aos aspectos econômicos, técnicos, legais, sociais e ambientais.

Além da relevância do tema, tanto no âmbito das instituições públicas e privadas envolvidas no processo de desenvolvimento, esta pesquisa justifica-se também pela carência de estudos acadêmicos na área de infraestrutura energética que levem em consideração as especificidades de Roraima. É necessário avaliar a infraestrutura atual e as alternativas de produção de energia limpa, utilizando os recursos disponíveis na região.

Integrar o desenvolvimento sustentável com a infraestrutura energética, objetiva traçar um planejamento para a exploração racional dos recursos naturais em prol do desenvolvimento econômico e social, buscando maximizar o uso da estrutura energética atual do Estado de Roraima de forma produtiva e com menor impacto ao meio-ambiente.

No âmbito mais prático, a pesquisa pode nortear e contribuir na adoção de um processo produtivo baseado na racionalização dos recursos naturais em equilíbrio com as especificidades locais, regionais, nacional e mundial. As ações do Estado na geração de políticas públicas que permitam um melhor aproveitamento e aumento da produção de energia, atendendo aos critérios econômico, social e ambiental, podem ser consideradas dentro deste processo.

Destaca-se ainda, a relevância política e estratégica da pesquisa como fomentador de um fórum permanente para discussão sobre políticas públicas para o desenvolvimento sustentável de Roraima, considerando as especificidades de nossa infraestrutura energética. Será também um instrumento de significativa importância

para auxiliar o governo estadual, na elaboração de políticas públicas que visem criar condições estruturais para um processo de desenvolvimento sustentável.

O objetivo do trabalho é avaliar a atual situação da estrutura energética disponível no Estado de Roraima, bem como as alternativas viáveis para ampliar a base dessa estrutura e minimizar o impacto ao meio ambiente, fornecendo assim o suporte necessário ao desenvolvimento sustentável.

O trabalho está organizado em cinco capítulos, incluindo a introdução e a conclusão. O segundo capítulo analisa a fundamentação teórica, enfocando a relação entre economia, energia e meio ambiente. Apresenta ainda a relação existente entre infraestrutura e desenvolvimento econômico e entre a estrutura energética e o desenvolvimento sustentável.

O terceiro capítulo reproduz uma análise da atual infraestrutura energética do Brasil e da matriz de energia elétrica da Região Norte e do Estado de Roraima. É demonstrado a capacidade de geração de energia elétrica, as principais fontes utilizadas, os atores envolvidos no processo e as limitações existentes da atual estrutura disponível.

O quarto capítulo avalia as opções de produção de energia no Estado de Roraima, considerando sua localização, os recursos naturais e estrutura física disponível. Nesse capítulo, são apresentadas ainda as estratégias para um planejamento energético que concilie questões econômicas e ambientais, levando em consideração as limitações geográficas, econômicas, técnicas e legais.

Por último, no quinto capítulo, são apresentadas as conclusões e recomendações do trabalho que podem subsidiar estudos e políticas públicas para o setor de geração de energia elétrica, buscando integrar Roraima no contexto da região Amazônica no âmbito nacional e mundial, permitindo assim, sedimentar as bases mínimas de segurança energética para o Estado de Roraima.

2 ENERGIA, ECONOMIA E RECURSOS NATURAIS

Nas últimas décadas, o interesse pelas questões que norteiam o meio ambiente aumentou consideravelmente. Isto decorre, principalmente, pelo avanço da devastação ambiental que passou a afetar toda a população mundial. Conciliar a expansão econômica e a preservação ambiental representa um dos grandes desafios econômicos do mundo atual.

A energia representa um dos vetores mais importantes do processo de desenvolvimento da sociedade moderna. Sua utilização tornou-se essencial na vida cotidiana da humanidade, estando presente em todas as cadeias produtivas, atendendo as necessidades básicas, bem como o conforto e conveniência das pessoas.

Embora o montante de consumo de energia serve como indicador do nível de vida e do grau de industrialização de uma sociedade, sua utilização excessiva tem gerado impactos negativos sobre o ambiente em que vivemos, resultando na deterioração dos recursos naturais disponíveis.

Pela importância que a energia exerce na vida das pessoas, é fundamental entender suas definições e suas relações com a economia e com os recursos naturais. Portanto, neste capítulo será abordado o referencial teórico sobre o tema, enfatizando os aspectos essenciais da interação entre infraestrutura energética e desenvolvimento sustentável.

2.1 ECONOMIA DOS RECURSOS NATURAIS

O conceito de recursos naturais tem sido objeto de várias tentativas de definição, segundo os objetivos do estudo ou da ótica da disciplina específica com que se enfrenta o problema. Segundo as Nações Unidas, os recursos naturais são todos aqueles que o homem encontra em seu ambiente natural e que pode, de alguma forma, ser utilizado em benefício próprio (BIFANI, 1999).

Por várias gerações, a humanidade utilizou-se dos recursos ambientais como matéria-prima para promover a expansão econômica, sem levar em conta a

possibilidade de os mesmos se exaurirem. Por isso, não havia preocupação em determinar o valor dos recursos ambientais, levando-se em conta apenas os custos envolvidos diretamente no processo produtivo.

O impacto causado ao meio ambiente não era considerado como custo na produção de bens e serviços. Verificava-se uma situação, onde mesmo que a utilização dos recursos ambientais provocasse uma externalidade negativa ao meio ambiente e a sociedade, o seu custo não era computado no processo produtivo. Sendo assim, não se levava em conta os custos incorridos por terceiros, alheios ao processo, bem como a redução do estoque ambiental para as gerações futuras.

A incorporação do sistema natural ao sistema de mercado promove o desenvolvimento técnico-científico, ao descobrir novos elementos e novas características dos elementos existentes no sistema natural, bem como a invenção e a aceitação de novos processos para sua extração e processamento. Por outro lado, a incorporação de novos hábitos de consumo e necessidades sociais, determina novas demandas sobre os recursos naturais (FRANCO, 2002).

Como enfatiza Bifani (1999, p. 259):

El funcionamiento de la sociedad moderna se sustenta en la utilización masiva de los elementos naturales existentes em forma directa o a través de complejos procesos de transformación. Ello lleva a establecer una distinción entre lo que puede considerarse como recursos intrínsecamente naturales y aquellos que, siguiendo la terminología utilizada em el comercio internacional, se agrupan como productos básicos. Este último grupo incluye elementos que son esencialmente materiais primas y aquellos outros que incorporan um proceso de transformación más o menos complejo y que pueden clasificarse como materias procesadas.

As matérias-primas e os materiais processados têm como característica comum, além de serem obtidos na natureza, satisfazer as necessidades do homem e que os mesmos, de certa forma, são produtos da inteligência e da capacidade humana de obter e transformar os recursos provenientes da natureza. Na Figura 1, são destacadas as relações entre os recursos naturais e a natureza, bem como os produtos básicos provenientes desses recursos, dividida em matérias-primas e materiais processados.

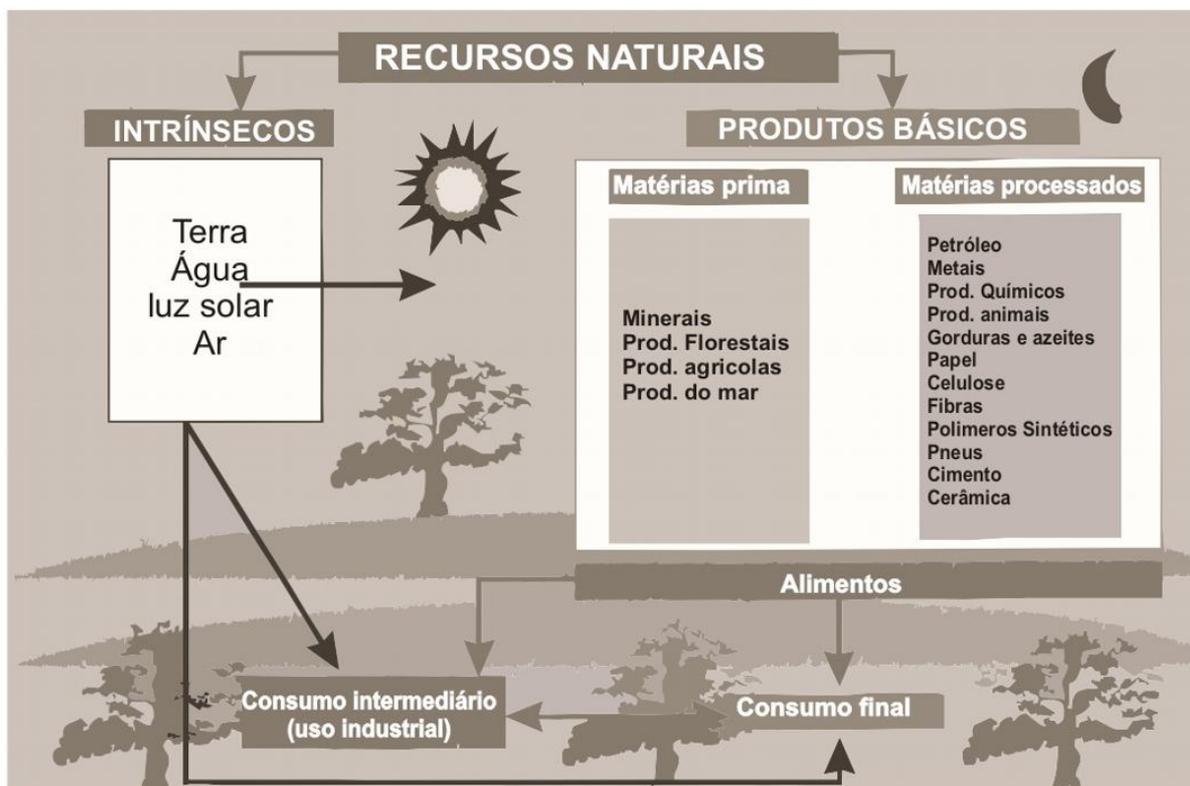


Figura 1: Relação entre os Recursos Naturais e a Natureza

Fonte: Bifani (1999)

O sistema produtivo da economia tem suas características determinadas pela natureza dos produtos e serviços que a sociedade demanda, pelas tecnologias disponíveis, pela estrutura empresarial, por fatores sociais e históricos e pela pressão internacional (MUELLER, 2007). Além disso, é importante destacar que o sistema econômico não atua isoladamente, ele interage com o meio ambiente onde obtém recursos naturais essenciais ao seu funcionamento e despeja os resíduos e dejetos oriundos da produção e do consumo. Essa relação pode ser observada na Figura 2.

O desenvolvimento de novos produtos, a partir dos recursos naturais intrínsecos, está condicionado a sua aceitação social e ao desenvolvimento de novas tecnologias. Como os recursos naturais são considerados recursos econômicos, ao estabelecer sua relação com a sociedade em determinado momento histórico, define-se o marco econômico, uma tecnologia e uma forma institucional de organização que permita sua exploração, distribuição e consumo.

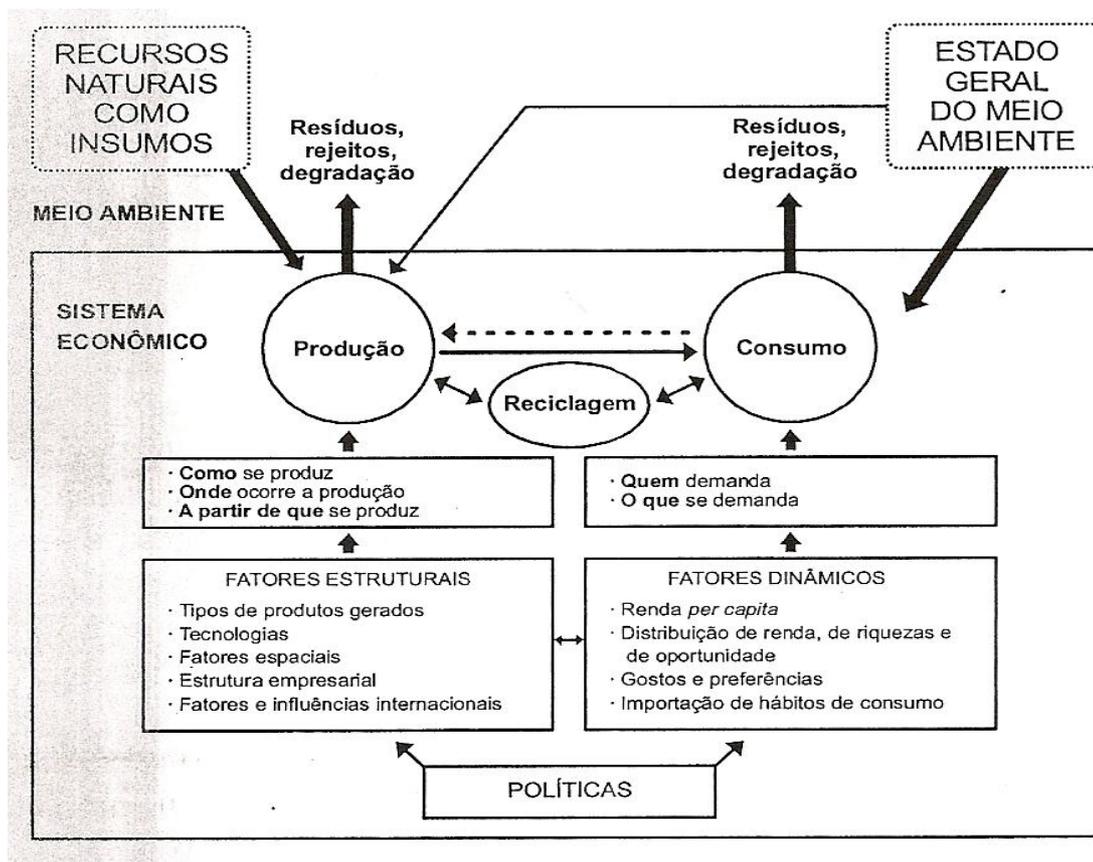


Figura 2: Relações entre o Sistema Econômico e o Meio Ambiente

Fonte: Mueller (2007)

O tempo é um componente importante na análise econômica dos recursos naturais, pois possibilita distinguir os diferentes tipos de recursos. Do ponto de vista da economia, um recurso renovável é um recurso natural que pode fornecer indefinidamente entradas num sistema econômico. Enquanto que um recurso natural não-renovável ou esgotável é um recurso com um estoque finito ou uma oferta finita (FAUCHEUX; NOËL, 1995).

Levando em conta o tempo na análise econômico dos recursos naturais, especificamente quanto aos recursos energéticos, Alonso (2002, p. 219) considera que:

También los recursos pueden variar en el tiempo, Idea que em demasiadas ocasiones no es tenida em cuenta, sobre todo em los trabajos de tipo catastrofista que tanto impactam em la opinión pública. Lo habitual es considerar que están agotando al utilizarse em forma de reservas, sin embargo, también se están incrementando de forma, mas o menos continua, al incorporarse nuevas formas de energía primaria o al realizar-se descubrimientos de yacimientos de energias ya conocidas. Así pues, es preciso tener una percepción dinàmica de los recursos e de las reservas.

A preocupação com a utilização dos recursos naturais nos processos produtivos e com seu esgotamento, passou a compor o rol do campo de estudo da economia, através da disciplina econômica que hoje chamamos de Economia dos Recursos Naturais, somente a partir de 1970, mas precisamente após a crise do petróleo de 1973 (ROMERO, 1997).

Embora o estudo da economia dos recursos naturais tenha ganhado importância a partir desse período, os ingredientes analíticos necessários para sua construção estão presentes na literatura econômica há muitos anos. Há mais de meio século, Pigou e Hotelling desenvolveram os conceitos necessários para a construção do campo de estudo referente à economia dos recursos naturais (ROMERO, 1997).

Verificando a evolução do pensamento econômico sobre meio ambiente, identificamos Thomas Robert Malthus como um dos primeiros economistas a preocupar-se com a utilização dos recursos naturais (ROMERO, 1997). Ele considerava que os recursos naturais eram limitados, portanto a capacidade de crescimento da produção de alimentos seria inferior ao crescimento populacional.

David Ricardo e John Stuart Mill, também entendiam que a disponibilidade limitada dos recursos naturais imporia limites ao crescimento econômico. William Stanley Jevons foi outro pensador econômico que alertou para a influência da escassez dos recursos naturais sobre o desenvolvimento econômico. Mas, foi com Arthur Cecil Pigou, através do seu livro *The Economics of Welfare*, publicado em 1919, que a economia dos recursos naturais ganhou consistência, com a introdução do conceito de externalidade negativa, que serviu de base teórica para o conceito de poluição (ROMERO, 1997).

Outra contribuição para a economia dos recursos naturais veio de Hotelling. No artigo *The Economics of Exhaustible Resource*, publicado em 1931 no *Journal of Political Economy*, Harold Hotelling, “indica que, para seguir uma trajetória ótima, os preços dos recursos exauríveis¹ devem evoluir ao ritmo da taxa de desconto que é igual à taxa de juros de mercado” (SILVA, 2003). Dessa forma Hotelling desenvolveu um princípio básico que indica quanto se deve extrair um recurso renovável, demonstrando o ponto ótimo de extração.

¹ Recursos não-renováveis, esgotáveis ou não reprodutíveis.

Atualmente a economia do meio ambiente ou dos recursos naturais possui duas vertentes teóricas: a da economia ambiental neoclássica e a da economia ecológica. Segundo Mueller (2007, p. 12):

A economia ambiental neoclássica considera o meio ambiente essencialmente neutro, passivo, e volta as suas atenções aos efeitos de impactos ambientais causados pelo sistema econômico em termos de bem-estar dos indivíduos em sociedade. Não nega que, se muito acentuados, tais impactos podem causar consideráveis danos ao meio ambiente, mas considera que esses danos podem ser facilmente revertidos, desde que se adotem medidas de estímulo de mercado para a remoção dos fatores que os causaram. A economia ecológica, entretanto, rejeita essa postura; para essa corrente, não é ilimitada a capacidade do meio ambiente de absorver impactos antrópicos. Focando o sistema econômico como um organismo vivo, que intercambia energia e matéria com seu meio externo, considera que a sua escala atual e a natureza de seus impactos são tais que, se sua expansão continuar nos moldes recentes, a resiliência do meio ambiente poderá ser seriamente afetada, com conseqüências potencialmente desastrosas.

Percebe-se que, mesmo com a incorporação da questão ambiental no estudo do sistema econômico, existem duas vertentes teóricas bem definidas quanto à relação da economia com o ambiente natural. A primeira (economia ambiental neoclássica) considera o meio ambiente neutro e propõe a utilização de estímulos de mercado para reverter ou atenuar os danos causados à natureza. A segunda vertente (economia ecológica) acredita que a expansão econômica deve ser revista, pois se continuar no ritmo atual, o meio ambiente sofrerá conseqüências desastrosas e irreversíveis.

2.1.1 Meio ambiente e externalidades

As externalidades são atividades que envolvem a imposição involuntária de custos ou de benefícios sobre terceiros, sem que estes tenham oportunidade de impedir, sem que tenham a obrigação de pagar ou que tenham o direito de serem indenizados. Existe um custo externo implícito quando uma atividade de um agente provoca perda de bem-estar a outro agente e essa perda de bem-estar não é compensada (PEARCE; TURNER, 1995).

De forma geral, reconhece-se, dentro dos sistemas econômicos, a existência de efeitos externos, tanto positivos como negativos, produzidos como consequência das relações entre consumidores e unidades produtivas (BIFANI, 1999). Normalmente os preços dos bens econômicos não refletem o verdadeiro valor de

todos os recursos utilizados no processo produtivo, ou seja, não há uma alocação eficiente dos recursos, já que há uma divergência entre os custos assumidos (custos privados) e os custos não assumidos pela empresa (custos sociais). Para corrigir esta divergência, é necessário que as decisões de alocação de recursos levem em consideração os custos sociais e ambientais, internalizando os custos e benefícios aos seus respectivos responsáveis.

Pigou sugeriu, pela primeira vez, a criação de um imposto por unidade de medida de poluição, para corrigir as externalidades. Seria um tributo dirigido à promoção de mudança comportamental, recorrendo a um estímulo financeiro negativo que levasse os indivíduos a abandonar modelos insustentáveis de comportamento (BARBOSA, 2005). A tributação ambiental idealizada por Pigou, procura corrigir o custo adicionado à sociedade, impondo-se sua internalização. Assim, essas externalidades podem ser incorporadas (internalizadas) com a aplicação adequada de taxas ou impostos. A utilização de mecanismos de mercado é, assim, uma forma de internalizar as externalidades ambientais.

Desta forma, o valor do produto cuja produção gerasse poluição seria mais elevado, por conta do acréscimo ao custo da produção causado pelo tributo ambiental. Isto reduziria o consumo e incentivaria consumidores a buscar produtos similares não-poluidores e, portanto, mais baratos. Além disso, a tributação propicia a redução até o nível ótimo de produção, e libera recursos para outras atividades, produzindo somente o necessário. O custo decorrente da tributação propicia, também, a mudança de comportamento do produtor, pois o mesmo passa a ter incentivos econômicos para reduzir a poluição, ao buscar novas técnicas de produção menos prejudiciais ao ambiente.

Já Coase (1960), através do artigo *The Problem Of Social Cost*, propôs uma solução diferente para a questão das externalidades. Segundo ele, se o setor privado puder negociar, sem custos, os efeitos das externalidades, pode resolver o problema, chegando a um acordo voluntário. O que pode torna-se uma barreira para a solução negociada são os custos de transação².

Segundo Coase, quando se cumprem determinadas condições, não é necessário nenhum tipo de intervenção para se alcançar a externalidade ótima. Basta uma correta definição dos direitos de propriedade, para que a livre negociação

² Custos relacionados à efetivação do acordo ou negócio.

entre quem gerou a externalidade e o agente que sofreu seus efeitos cheguem a um acordo que maximize o bem-estar social e ambiental (ROMERO, 1997).

2.1.2 Classificação dos recursos naturais

Os recursos naturais definidos em função de suas propriedades físicas são fatores que, ao afetarem os processos de produção e consumo, têm sua origem em fenômenos ou processos naturais, de curta ou longa duração que fogem ao controle do ser humano.

Pela definição econômica, os recursos naturais são bens que afetam a atividade produtiva, embora não tenham passado por um processo de fabricação iniciado pelo homem, nem por outro processo idealizado por ele. Dessa maneira, como enfatiza Franco (2002), os recursos naturais se classificam em:

- a) **Recursos não renováveis:** São aqueles que ao utilizarmos (consumir) uma unidade a mais, implica na sua completa destruição, abrangendo períodos imensos para sua regeneração. O petróleo, o carvão mineral e o gás natural são exemplos deste tipo de recurso.
- b) **Recursos não renováveis com serviços recicláveis:** São aqueles cuja utilização implica completa destruição na sua forma atual; porém, pode ser recuperado num espaço de tempo mais curto, através de um processo industrial de reciclagem. O ferro, a prata, o alumínio e o cobre são exemplos deste tipo de recurso.
- c) **Recursos renováveis:** São aqueles cuja utilização produz o seu esgotamento ou sua destruição, mas em seguida ocorre sua regeneração automática, segundo um mecanismo de base biológica. Os bosques e as savanas são exemplos deste tipo de recurso.
- d) **Recursos ambientais:** São aqueles cuja utilização não implica seu esgotamento, caso ocorra a sua velocidade de reprodução ou sua regeneração é rápida. A água, o ar e as paisagens são exemplos deste tipo de recurso.

Por considerar, na prática, a classificação tradicional entre recursos renováveis e não-renováveis pouco significativa, existe a opção de classificar em sustentáveis e não sustentáveis, pois os recursos são renováveis em alguma escala de tempo determinada (FRANCO, 2002). De acordo com esta classificação os recursos naturais são:

- a) **Recursos sustentáveis:** São aqueles cuja taxa de reposição são iguais ou maiores que as taxas de uso, sem aumento dos custos, inclusive quando não se aplica redutores de custos. Somente o uso excessivo destes recursos pode levar ao seu esgotamento, pois com uma gestão adequada, a taxa de uso pode chegar a equilibrar-se com a taxa de reposição.
- b) **Recursos não sustentáveis:** São aqueles que a extração e uso excedem em muito as taxas de reposição, sendo seus maiores exemplos os depósitos minerais de carvão, ouro, bauxita, entre outros.

A maneira como se classificam os recursos naturais, independente da classificação adotada, busca identificar o nível de conhecimento da existência e escassez dos mesmos no sistema natural. O nível de escassez de um recurso natural será determinado por sua essencialidade na satisfação das necessidades humanas em relação a sua disponibilidade física. Desta maneira o homem deve identificar quais são os recursos naturais escassos e essenciais à manutenção da vida do planeta, para gerir a utilização dos mesmos de forma racional, conciliando as necessidades econômicas, sociais e ambientais da atual e das futuras gerações.

2.2 ENERGIA E ECONOMIA

A energia está presente em nosso planeta de várias formas, tanto em sua forma natural, como na forma controlada pelas tecnologias criadas pelo homem. Energia é definida pela física como a capacidade de realizar trabalho – deslocar algo contra uma força de resistência. A energia causa modificações na matéria e, em muitos casos, de forma irreversível. A economia considera como "energia" todos os produtos e recursos energéticos, materiais ou recursos que incorporam quantidades

significativas de energia física que, possibilitam a realização de um trabalho (SWEENEY, 2001).

Sendo um insumo fundamental para atender as necessidades humanas básicas, a energia permitiu que as civilizações alcançassem as mais importantes realizações que se tem conhecimento. Isso foi possível através do uso eficiente e da ampla mobilização das diversas formas de energia para suprir a necessidade criada pelas tecnologias que a mente humana foi capaz de desenvolver. A energia impulsiona a vida e é extremamente crucial para a continuação do desenvolvimento humano (ASIF; MUNEER, 2007).

Quanto à importância da energia para economia mundial, Alonso (2002, p. 219) diz que:

[...] conviene resaltar que la energía tiene una extraordinaria importancia en el mundo económico actual, hasta el punto de poderse afirmar que sin su consumo masivo el bienestar actual sería inconcebible. Sin embargo, esto no debe hacernos pensar que el uso de la energía sea algo exclusivo del mundo moderno, pues desde épocas remotas el hombre ha sabido utilizar, además de su propio esfuerzo físico, el de algunos animales domésticos para obtener energía mecánica, multiplicando SUS resultados gracias a la invención de la rueda; a ello unirá después las fuerzas del viento y de las corrientes de agua.

De acordo com a “Primeira Lei da Termodinâmica”, a energia não pode ser criada ou destruída. Quando se gera ou usa energia, na verdade estamos convertendo uma forma de energia em outra. Segundo Pearce e Turner (1995, p. 65) “*sean cuales sean los recursos usados, deberán terminar en algún lugar del sistema ambiental*”. Dessa forma, o processo de conversão não é totalmente eficiente, uma parte da energia acaba se transformando em alguma forma não desejada (WALISIEWICZ, 2008).

Quanto ao processo de conversão energética, Sweeney (2001, p. 4515) enfatiza:

Energy conversion processes are basic to human experience. Fire, providing heat and light, is a process by which chemical energy stored in the fuel, say, wood, is converted to thermal energy and radiant energy. Chemical energy stored in wood is the result of photosynthesis, whereby plants convert energy in sunlight to chemical energy, stored in the plant material. Carbohydrates in food are converted within the human body to thermal energy and mechanical energy, providing body warmth and movement.

Na história da humanidade, o conversor mais utilizado durante séculos foi o humano, que teve como exemplo extremo o escravagismo. Com o desenvolvimento

tecnológico surgiram os conversores artificiais. No início eram rústicos, mas com o passar do tempo se tornaram mais sofisticados e necessitando menos da força humana ou animal.

Embora a energia seja conservada por meio do processo de conversão, ela pode transformar-se em energia de menor qualidade, não aproveitável para o consumo (MUELLER, 2007). Todos os processos, naturais ou fabricados, ocorrem de forma tal que a disponibilidade da energia diminui, conforme afirma a “Segunda Lei da Termodinâmica” ou “lei da entropia”. O que se consome quando se usa energia não é a energia em si, mas sua disponibilidade para se converter em trabalho útil. A energia também pode encontrar-se armazenada em substâncias químicas, ou nucleares ou ainda nas águas de uma represa. Nesses estados latentes se denomina energia potencial.

Na relação entre economia e energia, duas comprovações da realidade do meio físico são fundamentais: nenhuma energia é criada ou destruída, mas pode ser convertida em suas diversas formas; a energia vem do ambiente físico e, em última instância, é liberado de volta para o ambiente físico. Assim, essa relação estuda as atividades humanas e a utilização dos recursos energéticos disponíveis no meio natural, inclusive seus processos de conversão (SWEENEY, 2001).

Conforme o autor referido anteriormente, a demanda por energia é proveniente do desejo de obter os benefícios inerentes a sua utilização. Essencialmente a demanda por energia depende da sua destinação, da disponibilidade das tecnologias de conversão energética e dos custos da energia e das tecnologias utilizadas para conversão. Os recursos energéticos são bens econômicos substitutos: a procura por um determinado recurso energético é função do aumento dos preços dos outros recursos energéticos.

Apesar da energia ser considerada um bem essencial, pois a atividade humana seria dificultada sem sua utilização, nem todo recurso energético pode ser considerado essencial, pois pode ser substituído por outro recurso sem perda de bem-estar. Porém, essa característica é limitada pela disponibilidade do recurso energético no meio ambiente, bem como pela disponibilidade de tecnologias adequadas ao processo de conversão.

De acordo com o nível de decisão, influência e necessidades inerentes aos diferentes grupos sociais, a energia pode ser vista de várias formas. Pode ser tratada como uma mercadoria (*commodity*), uma necessidade social ou um recurso

estratégico ou ecológico (JANNUZI; SWISHER, 1997, p.11). Sobre o processo de transformação da energia física e sua relação com a economia, Camargo e Teive (2006, p. 68-69) afirmam:

O fato físico central ao processo econômico de produção e consumo de energia é que a material é re-arranjada. A matéria não é criada ou destruída pela economia, ela é transformada. Todos os processos são associados com a transformação de energia disponível de alta qualidade em energia de rejeitos de baixa qualidade, ou seja, lixo. Alguns tipos de lixo podem ser reciclados, mas haverá sempre algum tipo que precisará ser absorvido pela natureza.

As fontes de energia podem ser classificadas como fontes primárias ou secundárias, ou como fontes renováveis ou não-renováveis. Para Jannuzzi e Swisher (1997), as fontes primárias originam-se de processos naturais e incluem petróleo, carvão mineral, gás natural, entre outros. Normalmente, a energia primária necessita ser transformada em energia secundária (ou vetor), como, por exemplo, eletricidade ou gasolina, para ser utilizada.

As fontes de energia não-renováveis referem-se aquelas que têm um limite de utilização, ou levam muito tempo para serem recompostas, tornando de certa forma esgotáveis, como o carvão mineral e o petróleo. Já as fontes renováveis, conforme Reis, Fadigas e Carvalho (2005, p. 73), são aquelas cuja reposição pela natureza é bem mais rápida do que sua utilização energética, a exemplo das águas dos rios e dos ventos, ou aquelas que seu manejo pode ser feito de forma compatível com as necessidades humanas de utilização energética, a exemplo da biomassa.

Os recursos naturais são fontes primárias para a produção de energia, seja eólica, hidráulica, solar ou de outro tipo. A energia elétrica que se usa nas residências, indústrias, comércios e outras classes de unidades de consumo, é uma forma secundária de energia, uma vez que é obtida pela transformação de outras formas de energia, por meio de usinas geradoras hidráulicas, térmicas, solares e eólicas.

Na Tabela 1, são apresentados diversos recursos energéticos, de acordo com a forma de energia, a forma física e a classificação do recurso. Entre as formas de energia temos a química, elétrica, mecânica, térmica, nuclear e solar. A forma física pode ser líquida, sólida, gasosa, entre outras. Quanto à classificação do recurso, podem ser renováveis ou não-renováveis, além de armazenáveis ou não.

Tabela 1: Propriedades físicas dos recursos comuns de energia e *commodities*

Recurso/Commodity	Forma de Energia	Forma Física	Classificação do Recurso
Petróleo	Química	Líquida	Recurso não-renovável
Produtos petrolíferos refinados	Química	Líquida	<i>Commodity</i> armazenável
Gás natural	Química	Gás	Recurso não-renovável
Gás natural transformado	Química	Gás	<i>Commodity</i> armazenável
Carvão mineral	Química	Sólida	Recurso não-renovável e <i>commodity</i> armazenável
Biomassa	Química	Sólida	Renováveis e recurso armazenável
Bateria	Química	Sólida	<i>Commodity</i> armazenável
Eletricidade	Elétrica	Movimento de Elétrons	<i>Commodity</i> não-armazenável
Eólica (ventos)	Mecânica	Movimento de Gás	Recurso renovável e não-armazenável
Hidráulica	Mecânica	Movimento de Líquido	Recurso renovável e armazenável
Geotérmica	Térmica	Sólida e líquida	Recurso renovável ou não-renovável
Urânio	Nuclear	Sólida	Recurso não-renovável
Radiação solar	Solar	Energia pura	Recurso renovável e não-armazenável

Fonte: Modificado Sweeney (2001)

Cada um dos recursos energéticos apresenta características e unidade de medida própria, o que dificulta a comparação entre eles. Dessa forma, é necessário utilizar uma unidade de medida padronizada que possibilite as comparações (ALONSO, 2002). Normalmente a unidade utilizada é de toneladas equivalentes de petróleo (tep) ou toneladas equivalentes de carvão (tec), mediante coeficientes de transformação. O equivalente a 1 MWh hidráulico corresponde a 0,086 tep.

Um sistema completo de energia normalmente é composto por cinco componentes interligados (Figura 3): os recursos energéticos, tecnologias de transformação, vetores de energia, tecnologias que fornecem os serviços para a sociedade e os serviços de energia. Os serviços de energia e os recursos energéticos disponíveis na natureza permanecem fixos, inalterados ao longo do tempo, o que muda são as tecnologias para extração e aproveitamento da energia a partir dos recursos naturais, os vetores de energia e as tecnologias que para fornecimento dos serviços de energia (LI, 2005).

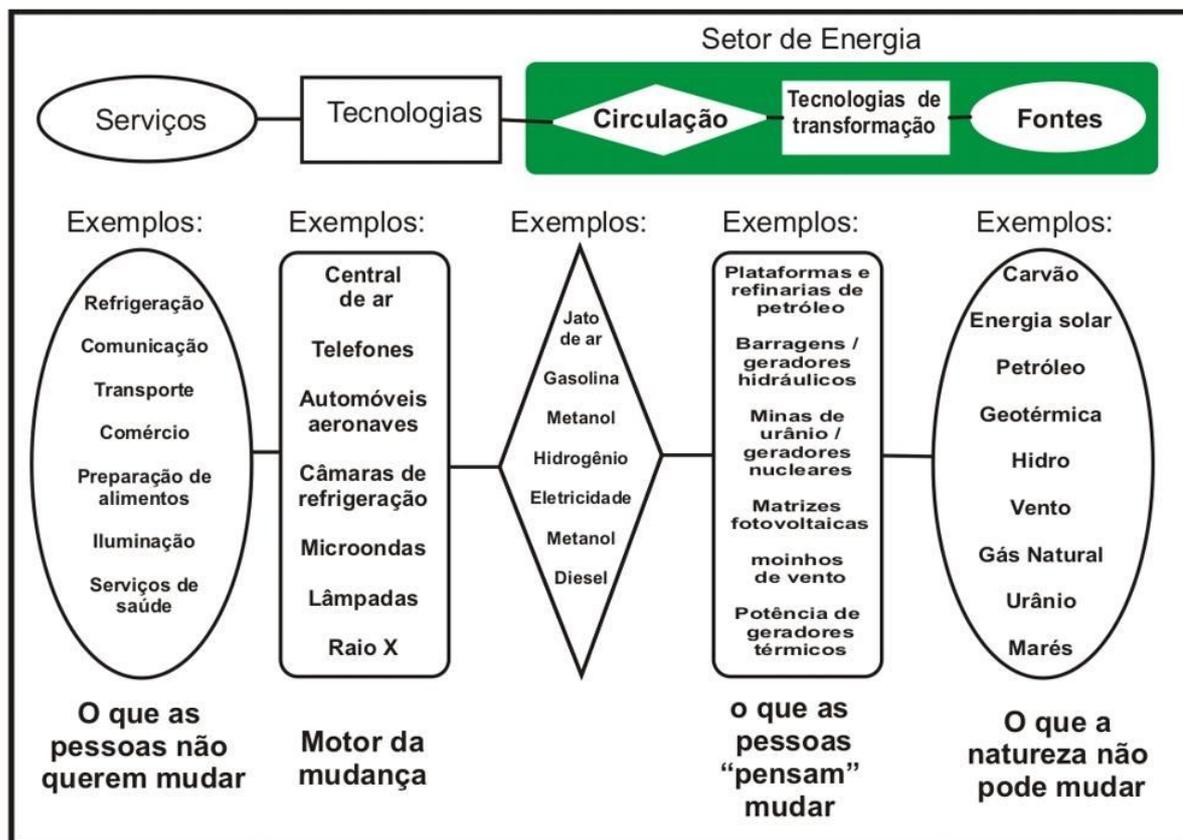


Figura 3: Sistema Completo de Energia

Fonte: Scott (1995) apud Li (2005).

A energia elétrica é uma das formas de energia mais conhecida e utilizada no mundo (REIS; FADIGAS; CARVALHO, 2005, p. 282). Ela pode ser obtida de várias maneiras, sendo que no Brasil provem principalmente das usinas hidrelétricas. O grande volume de águas represadas que caem pelas tubulações fazem girar turbinas acopladas a um gerador, produzindo assim energia elétrica. O carvão mineral é outro exemplo de fonte primária utilizada para geração de energia elétrica.

As redes de transmissão são responsáveis pela distribuição da energia elétrica para as unidades consumidoras, como residências, empresas, órgãos públicos, entre outros. A energia elétrica gerada em uma região pode ser armazenada e transferida, através da rede de transmissão, de uma região para outra.

Segundo o Balanço Energético Nacional (BEN) 2008, no Brasil, a geração de energia elétrica depende, sobretudo, de recursos hídricos, uma vez que cerca de mais de oitenta por cento dessa energia é produzida pelas usinas hidrelétricas. Somente uma pequena parcela de toda energia elétrica consumida é suprida por

outras fontes. Além disto, em muitas regiões a única forma de energia elétrica disponibilizada, ainda é a baseada em termoelétricas movidas a óleo diesel (EPE, 2008).

O consumo de energia elétrica no ambiente residencial no Brasil cresceu consideravelmente nas últimas décadas, pois os novos equipamentos elétricos que facilitam e reduzem o trabalho doméstico passaram a ser cada vez mais acessíveis a grande parte da população. Sua importância ficou mais evidente no final de 2001 e início de 2002, quando ocorreu a crise do setor elétrico brasileiro e o conseqüente racionamento. Percebeu-se, naquele momento, o quanto era complicado viver sem a oferta contínua de energia elétrica, tanto no ambiente comercial como no residencial.

2.3 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

No tocante ao significado de desenvolvimento econômico, não existe uma definição universalmente aceita. Contudo, a experiência tem mostrado que o desenvolvimento econômico não pode ser confundido com crescimento, porque os frutos dessa expansão nem sempre beneficiam a economia como um todo e o conjunto da população (SOUZA, 2007, p. 5).

Nóbrega (2005, p. 75) enfatiza:

Na verdade, o desenvolvimento é um processo complexo, que depende de muitos ingredientes. Sua construção requer tempo, paciência e competência. Mais importante, o desenvolvimento depende de como os ingredientes são combinados. Uma passar de olhos na copiosa literatura sobre o tema permite identificar vários fatores que de alguma forma contribuíram e contribuem para o desenvolvimento. A lista é enorme.

Nessa linha, não podemos deixar de expor as idéias de Furtado (2000, p. 106-107):

O desenvolvimento se realiza sob ação conjunta de fatores responsáveis por transformações na formas de produção e de forças sociais que condicionam o perfil da procura. A coletividade traça seu plano de vida à base de hipóteses sobre sua renda, e esses planos de vida refletem escalas de preferências. Diante de certa constelação de valores, o principal fator condicionante das escalas de preferências é a distribuição da renda. Caso se altere essa distribuição numa coletividade, a alocação dos recursos produtivos deve passar necessariamente por modificações.

A origem da abordagem do desenvolvimento está nas flutuações econômicas do Século XIX e com as disparidades cada vez mais gritantes entre países ricos e

pobres. A preocupação crescente da situação dos países em desenvolvimento tem levado a um refinamento e ampliação do conceito de desenvolvimento, basicamente com a incorporação de fatores casuais de ordem econômica e social (BIFANI, 1999, p. 79).

Crescimento econômico contínuo, em ritmo superior ao crescimento demográfico, envolvendo mudanças de estruturas e melhoria de indicadores econômicos, sociais e ambientais, caracteriza um processo de desenvolvimento econômico. Compreende um fenômeno de longo prazo, implicando no fortalecimento da economia nacional, na ampliação da economia de mercado e na elevação geral da produtividade (SOUZA, 2007, p. 7).

Para viabilizar a melhoria das condições sociais, é necessário que ocorram investimentos nas áreas econômicas, sociais e em infraestrutura básica (energia, transporte, comunicação, entre outros). Este investimento deve vir da poupança interna, dos superávits na balança comercial ou da entrada de capital estrangeiro não volátil.

Não obstante, haja controvérsias sobre o processo de desenvolvimento econômico, costuma-se considerá-lo como o crescimento contínuo do produto acompanhado de bem estar da população geral. Compreendendo bem estar como melhoria nas condições de vida, aumento das oportunidades de emprego e restrição ao subemprego, erradicação ou pelo menos redução da pobreza absoluta, melhoria da distribuição da renda e garantia dos direitos humanos individuais (SOUZA, 2007).

A partir do momento em que se evidencia a degradação ambiental causada pelas atividades de produção e consumo, começaram a difundir-se uma série de idéias que questionam o crescimento econômico acumulativo, por suas implicações na degradação do meio ambiente. A constante deteriorização e esgotamento dos recursos naturais e do meio ambiente evidenciam fortes estrangulamentos na dinâmica de crescimento econômico.

Mesmo que o crescimento econômico tenha contribuído para a melhoria do bem estar das pessoas, contribuíram também para o aumento dos resíduos provenientes da produção industrial e do consumo da população mundial, que tem gerado desequilíbrios em muitos ecossistemas. A corrida desenfreada pelo desenvolvimento trouxe consequências ambientais comprometedoras para o equilíbrio do planeta, que gera uma crescente preocupação com o futuro da terra. Segundo Faucheux e Noël (1995, p. 286), “o desenvolvimento sustentável é,

portanto, multidimensional visto que conduz teoricamente às dimensões econômica, social e ecológica.”

O desenvolvimento sustentável, considerando como fruto da interação das dimensões econômica, social e ambiental, tem como objetivo melhorar a qualidade de vida das pessoas e ao mesmo tempo reduzir o impacto exercido pelo sistema econômico na natureza. A dimensão econômica está voltada para melhoria do bem-estar humano através do aumento no consumo de bens e serviços, a dimensão ambiental concentra-se na proteção da integridade dos recursos naturais e a dimensão social enfatiza as relações humanas e institucionais para alcançar as aspirações individuais e coletivas (MUNASINGHE, 2004). Na Figura 4 observam-se os elementos-chave do desenvolvimento sustentável e suas interconexões.

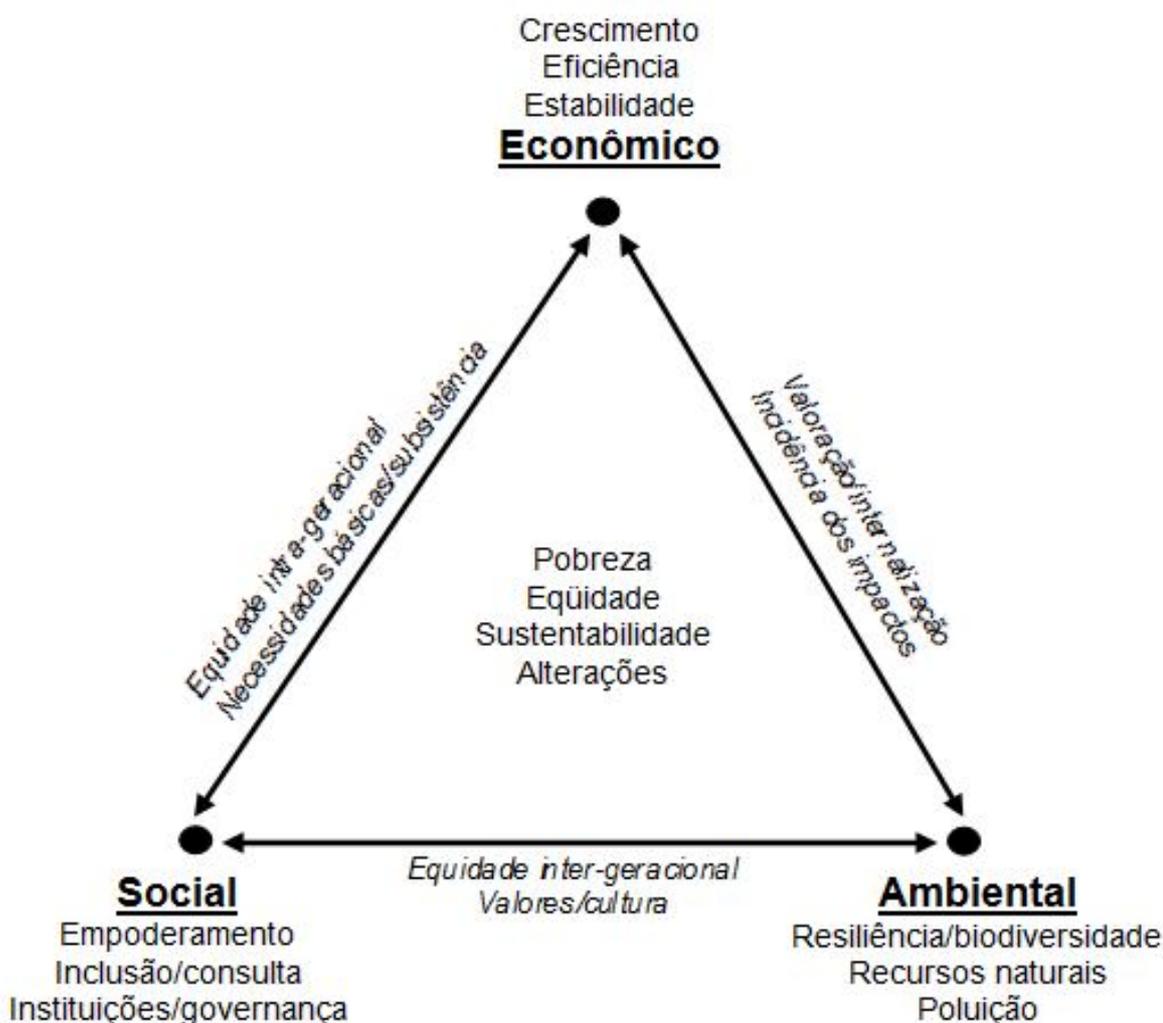


Figura 4: Elementos do desenvolvimento sustentável e suas interconexões

Fonte: Munasinghe apud Munasinghe (2004).

Conciliar a expansão econômica e a preservação ambiental passou a ser um dos grandes desafios econômicos do mundo contemporâneo. Em 1987, o lançamento do relatório “Nosso Futuro Comum”, da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED), foi responsável pelas primeiras conceituações sobre desenvolvimento sustentável.

O Relatório de Brundtland, como ficou conhecido, conceituou desenvolvimento sustentável como sendo o desenvolvimento que tem que satisfazer as exigências presentes das gerações atuais, sem comprometer as necessidades de desenvolvimento das gerações futuras. Apresentou ainda, uma lista de medidas a serem colocadas em prática para se alcançar o desenvolvimento sustentável, dentre elas: limitar o crescimento populacional, preservar a biodiversidade e os ecossistemas, diminuir o consumo de energia e promover o desenvolvimento de novas tecnologias baseadas no uso de fontes energéticas renováveis.

Desenvolvimento sustentável é um constante processo de mudança, onde a exploração dos recursos naturais, os investimentos e o progresso científico e tecnológico, junto a mudanças institucionais permitem compatibilizar a satisfação de necessidades sociais presentes e futuras. O conceito de desenvolvimento sustentável supera a barreira entre meio ambiente e desenvolvimento, busca compatibilizar as dimensões de curto e longo prazo, além de realçar a capacidade do sistema social de superar limites e conflitos (BIFANI, 1999).

Vargas (1997, p. 106) ressalta que não basta entender desenvolvimento do ponto de vista e de um caráter puramente economicista, sem levar em conta as demais variantes, que possam influenciar ou serem influenciadas. Cabe destacar que, ao contrário do que pensa Vargas, a análise econômica já incorpora essas variantes no estudo do desenvolvimento.

Por muito tempo a análise econômica ignorou o meio ambiente, mas com o passar do tempo, não se vislumbra uma análise sem considerar sistema econômico em interação com o meio ambiente. Para Mueller (2007, p. 76), “apesar dessa evolução, entretanto, está longe de haver consenso sobre um ponto central – o da possibilidade do meio ambiente suportar uma continuada expansão da escala do sistema econômico”.

A ideia de desenvolvimento sustentável é voltada para uma forma de geração de riquezas que, ao proteger o meio ambiente, esteja também preocupada com a justiça social. É fundamental que o debate sobre desenvolvimento sustentável saia

do plano teórico e torne-se operacional. Para que isso seja possível, é necessário consolidar as ferramentas operacionais para mensuração da sustentabilidade, fator primordial para que o modelo de desenvolvimento sustentável não seja apenas um conceito, mas sim, um modelo de desenvolvimento eficiente.

2.4 INFRAESTRUTURA ENERGÉTICA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O desenvolvimento sustentável é um constante processo de mudança, em que a exploração dos recursos naturais, os investimentos, o progresso científico e tecnológico, junto com as mudanças institucionais, tornam compatível a satisfação de necessidades econômicas e sociais, presentes e futuras. A ideia de desenvolvimento sustentável considera além da questão ambiental, a equidade e os problemas da pobreza. A disponibilidade de infraestrutura é uma das condições básicas para a diminuição da pobreza e para o desenvolvimento econômico e social.

Por infraestrutura entende-se o conjunto básico de bens e serviços que são disponibilizados ao ser humano para integrá-lo socialmente e criar as condições para o acesso ao desenvolvimento econômico e social. A disponibilização de infraestrutura em uma localidade ou região, busca alcançar a melhoria do bem-estar da sociedade, associada ao desenvolvimento econômico e produtivo, com consequente redução da pobreza, analfabetismo, mortalidade infantil, entre outras melhorias (REIS; FADIGAS; CARVALHO, 2005).

Rigolon e Piccinini (1997) argumentam que o investimento em infraestrutura promove o crescimento econômico, porque aumenta o retorno dos insumos de capital e trabalho, além de incentivar o investimento e o emprego. Dados os níveis de capital e trabalho, o aumento da oferta e da qualidade de energia e os demais componentes de infraestrutura elevam o produto final, o que implica maior produtividade dos fatores privados e redução do custo por unidade de insumo. Essa elevação da produtividade eleva a remuneração dos fatores, o que estimula o investimento e o emprego.

Disponibilidade de infraestrutura e suas externalidades positivas associadas implicam um retorno superior ao retorno privado. Com isto, o setor privado não se apropria integralmente dos benefícios econômicos dos serviços de infraestrutura, o que pode reduzir sua participação no investimento. Portanto, a provisão de

incentivos adequados – especificamente a oferta de crédito com condições favoráveis – pode reduzir as ineficiências geradas por essa falha de mercado e aumentar o bem-estar social (RIGOLON; PICCININI, 1997).

O trabalho de Straub (2008) apresenta um levantamento com 140 especificações de 64 pesquisas entre 1989 e 2007 sobre economia e infraestrutura nos países em desenvolvimento, analisando a relação da infraestrutura com o crescimento econômico e a composição, sequência e eficiência dos investimentos em infraestrutura alternativa. Entre os resultados, o referido autor verificou que 63% das pesquisas apontam relação positiva e significativa entre infraestrutura e algum desenvolvimento, 31% têm algum efeito significativo e apenas 6% apresentam relação negativa.

Segundo dados do Banco Mundial, já se evidenciou que há uma estreita ligação entre a disponibilidade de infraestrutura e o PIB *per capita*, sem, no entanto, estabelecer uma relação de causa e efeito. Os dados permitem demonstrar que cada 1% de aumento da infraestrutura disponível está associado a um crescimento da mesma ordem no PIB desses países (REIS; FADIGAS; CARVALHO, 2005). Investimento em infraestrutura não garante o desenvolvimento, o qual depende de diversos fatores para que ocorra. Mas garante as condições básicas, desde que responda de maneira efetiva e eficiente à demanda gerada pelos vários setores da economia de uma região.

Para reforçar ainda mais a relação entre infraestrutura e desenvolvimento, é importante citar, também, o estudo realizado por Calderón e Servén (2004), com uma amostra de 121 países, no período entre 1960 a 2000, evidenciando que o volume de investimento em infraestrutura tem um efeito positivo sobre o crescimento econômico em longo prazo e possibilita a redução da desigualdade. Verificaram, ainda, que a desigualdade diminui não só por causa do aumento quantitativo, mas, também, pela melhoria da qualidade da infraestrutura disponibilizada. Para os autores, os resultados sugerem que o investimento nesse aspecto é fundamental para a redução da pobreza.

O Gráfico 1, a seguir, demonstra que existe uma forte relação entre energia e desenvolvimento econômico. Mesmo sendo uma relação complexa e que pode variar de acordo com região em foco, em alguns casos, a disponibilidade de serviços de energia modernos podem funcionar como um poderoso catalisador para o desenvolvimento. Porém, o fornecimento de infraestrutura energética não leva

automaticamente à criação de empresas e renda. O acesso à energia é uma condição necessária, mas não a única para o desenvolvimento econômico (LJUNG, 2007).

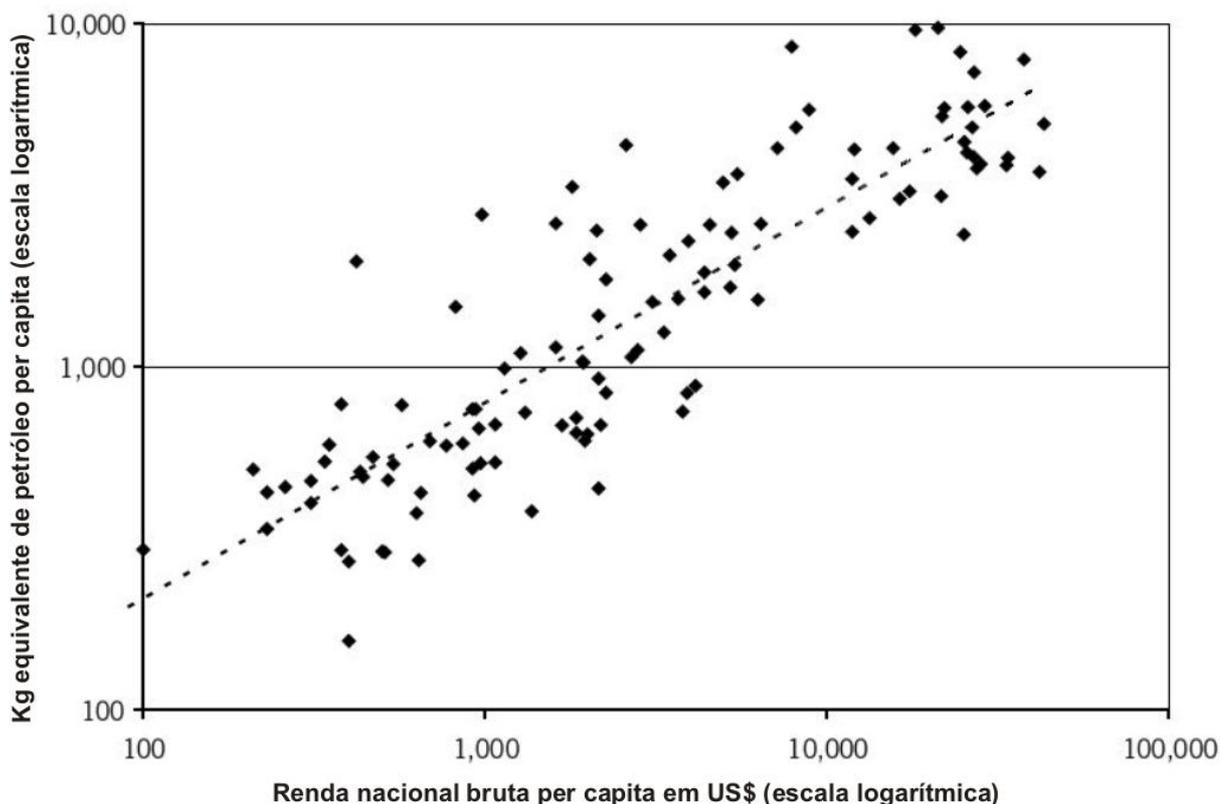


Gráfico 1: Utilização da energia e renda per capita

Fonte: WDI 2006 apud Ljung (2007).

Nota: Dados de 2003.

Na sociedade moderna, a energia elétrica desempenha um papel importante e imprescindível, seja para mover motores, passar roupas ou garantir o funcionamento de várias máquinas, computadores e demais aparelhos eletrônicos. É um dos insumos básicos para os processos produtivos, o bem-estar da população e, conseqüentemente, para o desenvolvimento econômico.

Os padrões de consumo e geração de energia no mundo têm sido marcados pelos interesses socioeconômicos em detrimento da sustentabilidade do meio ambiente (VIANNA, 2001). Todavia, nos últimos anos os países perceberam que não é mais possível aumentar a oferta de energia indiscriminadamente, pois além da elevação do custo de produção, há o aumento dos impactos ambientais.

Nos últimos tempos, a crescente produção de energia tem contribuído para as mudanças climáticas globais, o que representa um desafio sem precedentes para a humanidade. Segundo Reis, Fadigas e Carvalho (2005, p. 27), a produção de energia é uma das principais fontes de agressão ao meio ambiente. Dessa forma, a geração e o uso da energia, embora não sejam os únicos responsáveis, provocam mudanças climáticas e degradação ambiental.

Nos últimos anos, com as mudanças climáticas observadas no nosso planeta, diversos pesquisadores alertaram as autoridades do setor energético sobre a importância de investimentos em outras fontes de geração de energia. Contudo, o problema foi se agravando ao longo do tempo, sobretudo com o aumento do consumo industrial, dos baixos índices dos reservatórios das usinas, concentração da matriz energética hidráulica e crescimento vegetativo do mercado residencial e comercial.

De acordo com Veiga e Zatz (2008, p. 26), somente em 1997 foram estabelecidas metas de redução dos gases de efeito estufa, com a assinatura do Protocolo de Kyoto. Mas foram necessários mais oito anos de negociação, para que entrasse em vigor como um tratado internacional referendado pelos parlamentos dos países envolvidos. Os Estados Unidos, um dos países mais poluentes, ainda não ratificou o tratado.

Embora alguns cientistas contestem o aumento do aquecimento global, dados da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) demonstram que a temperatura média da superfície terrestre aumentou 0,83⁰ C (graus Celsius) entre os anos de 1900 a 2005 (VEIGA e Zatz, 2008, p. 27). Se persistir o aumento da temperatura, haverá forte impacto no clima do planeta. Como diz Weil (2006, p. 499), “el calentamiento del planeta es preocupante debido a los grandes efectos que puede producir em la actividad económica, la salud e la habitabilidad si continúa o se acelera.”

Como enfatiza Camargo e Teive (2006, p. 77):

A presença de gases como o nitrogênio e o oxigênio na atmosfera terrestre ajudam a reter parte do calor refletido pela Terra. Esses gases permitem a existência e a manutenção da vida no planeta, pois sem eles, estima-se que a temperatura média da superfície da Terra ficaria entre 15°C a 20°C. Porém, a crescente emissão, proveniente da intensificação das atividades industriais, de monóxido e dióxido de carbono (CO e CO₂), metano (CH₄) e óxidos de nitrogênio (NO_x), tem contribuído para modificar o equilíbrio natural, alterando as médias da temperatura na superfície terrestre.

A luta contra as mudanças climáticas globais passa obrigatoriamente pela adoção de energias renováveis, promoção da eficiência energética, redução do consumo de energia e redução das emissões de dióxido de carbono (CO₂). Entre as alternativas de fontes de energia renováveis pode-se citar a solar, eólica, hidrelétrica e de biocombustíveis.

Como a energia é um dos insumos mais importante para o desenvolvimento econômico, proporcionar uma infraestrutura energética adequada e acessível é essencial para erradicar a pobreza, melhorar o bem-estar humano e aumentar a qualidade de vida das pessoas, em todo o mundo.

A utilização do planejamento energético como ferramenta para o desenvolvimento sustentável, considerando o uso final da energia, procura melhorar a eficiência energética e reduzir os impactos ambientais. A redução do consumo de energia, através da mudança de estilo de vida, é elemento fundamental para um modelo de desenvolvimento que concilie bem estar e preservação ambiental.

Com o planejamento é possível observar que a garantia de suprimento, a médio e longo prazo, exige um contínuo e coordenado esforço de previsão e programação. Como os investimentos necessários para a produção, transporte e disponibilização de energia são pesados, torna-se necessário analisar com profundidade seus custos e impactos econômicos, sociais e ambientais.

2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, procurou-se apresentar o embasamento teórico sobre o tema. Para tanto, apresentaram-se os conceitos e as relações entre a energia, economia e recursos naturais, demonstrando a importância da infraestrutura energética como elemento essencial para um processo de desenvolvimento.

Foi analisada a relação entre economia e os recursos naturais, expondo seus conceitos fundamentais e como a ciência econômica incorporou em suas análises o vetor ambiental. Verificou-se que a utilização de recursos naturais no processo produtivo gera externalidades negativas para toda a sociedade. Portanto, o sistema de mercado deve internalizar o custo da utilização desses recursos.

A energia é um componente essencial na vida dos homens. Ao longo da história, a mente humana foi capaz de criar diversas tecnologias para gerar energia,

através de algum processo de conversão. Porém, é importante ressaltar que é limitada a disponibilidade de recursos energéticos no meio ambiente e que algumas tecnologias possuem custo elevado, para serem utilizadas comercialmente. Isto faz com que aumente a utilização das fontes de energia cujas tecnologias são consagradas e os custos são menores.

Observou-se que diversas pesquisas demonstram que existe uma relação positiva entre investimento em infraestrutura e desenvolvimento econômico e social. Portanto, é fundamental a implantação e manutenção de uma estrutura básica, principalmente de energia, água, transporte e comunicação, para criar as condições necessárias para o processo de desenvolvimento.

Verificou-se que existem diversas fontes de energia, algumas renováveis e outras não-renováveis, com possibilidade de serem armazenadas ou não. Destacou-se, também, a necessidade da utilização de fontes alternativas de energia que conciliem desenvolvimento econômico e social, com o uso eficiente e sustentável dos recursos naturais disponíveis.

O desenvolvimento sustentável de uma região deve estar alicerçado na diversificação de sua matriz energética, através da utilização de fontes alternativas. Para tanto, é imprescindível conhecer a infraestrutura energética disponível para identificar quais são as fontes de energia utilizadas, se são renováveis ou não-renováveis e se atendem à demanda da sociedade.

3 INFRAESTRUTURA ENERGÉTICA DISPONÍVEL

O setor energético é um dos elementos essenciais para o desenvolvimento econômico e social de qualquer região, pois a energia é um bem indispensável à vida moderna e essencial para diversas cadeias produtivas. A infraestrutura energética de uma região deve diversificar a utilização de fontes de energia, priorizando as renováveis.

Com a intensificação do processo industrial, a principal preocupação da sociedade moderna passou a ser o uso eficiente e sustentável das fontes energéticas, visto que apenas uma pequena parcela dessas fontes é renovável. O Brasil possui uma situação bem distinta, sua infraestrutura energética é composta por uma parcela significativa de fontes renováveis, cuja participação tem sido ampliada nos últimos anos.

Conhecer a infraestrutura energética disponível é fundamental para compreender os limites do desenvolvimento de uma região. Dessa forma, no presente capítulo, será demonstrada a situação atual da estrutura disponível de energia no país, na Região Norte e no Estado de Roraima. Esse é o primeiro passo para verificar quais as necessidades e as possíveis soluções energéticas, direcionando, assim, as políticas públicas e as estratégias para o desenvolvimento sustentável da região.

3.1 SITUAÇÃO NACIONAL

O Brasil é país que tem a maior participação de energia de fonte renovável na sua matriz energética. Segundo o Balanço Energético Nacional (BEN) 2008, ano base 2007, o resultado final da Oferta Interna de Energia (OIE), nesse ano, ficou no montante de 238,8 milhões de tep-toneladas equivalente de petróleo, o que equivale a 2% da energia mundial.

Nesse contexto, a OIE, em 2007, cresceu 5,5%, praticamente o mesmo nível do crescimento do PIB verificado no mesmo ano, que foi 5,4% (segundo dados do IBGE). Esse aumento na demanda de energia foi impulsionado principalmente pelo

bom desempenho dos setores exportadores intensivos em energia e pelo bom desempenho da demanda interna brasileira.

Tabela 2: Resumo da oferta interna de energia - Brasil

Especificação	mil tep		07/06 %	Estrutura %	
	2006	2007		2006	2007
Não-renovável	124.464	129.102	3,7	55,0	54,1
Petróleo e derivados	85.545	89.239	4,3	37,8	37,4
Gás natural	21.716	22.199	2,2	9,6	9,3
Carvão mineral e derivados	13.537	14.356	6,1	6,0	6,0
Urânio (u3o8) e derivados	3.667	3.309	-9,8	1,6	1,4
Renovável	101.880	109.656	7,6	45,0	45,9
Hidráulica e eletricidade	33.537	35.505	5,9	14,8	14,9
Lenha e carvão vegetal	28.589	28.628	0,1	12,6	12,0
Derivados da cana-de-açúcar	32.999	37.847	14,7	14,6	15,9
Outras renováveis	6.754	7.676	13,7	3,0	3,2
Total	226.344	238.758	5,5	100,0	100,0

Fonte: BEN 2008 (ano base 2007).

Na Tabela 2, pode-se observar o comparativo da oferta de energia nos anos de 2006 e 2007. Verifica-se que houve um pequeno incremento na participação das fontes renováveis no total da OIE, aumentando de 45,0% para 45,9%. A maior contribuição se deu pelo incremento dos derivados da cana-de-açúcar.

Entre 1973 e 2007, o petróleo reduziu sua participação de 45,6% para 37,4% na estrutura da oferta brasileira de energia. A energia hidráulica e eletricidade aumentaram sua participação no total da oferta interna, passando de 6,1%, em 1973, para 14,9%, em 2007. No mesmo período o gás natural também aumentou sua participação na estrutura da OIE brasileira, passando de 0,4% para 9,3%.

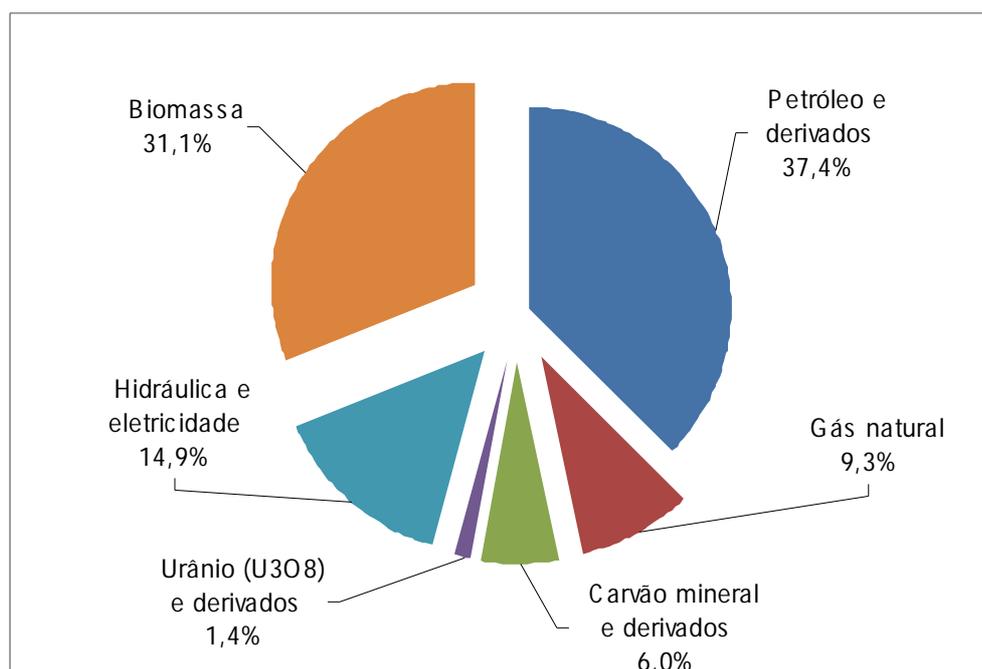
Observa-se, na Tabela 3, que em 1973 a OIE brasileira era de 82 milhões de tep, e passou a ser de 239 milhões de tep em 2007. Nas últimas três décadas, as matrizes energéticas do Brasil e do mundo sofreram alterações significativas em sua estrutura, reflexo das diversas mudanças no setor energético, na economia, nas políticas públicas e nas relações internacionais.

Tabela 3: Oferta interna de energia – Brasil e Mundo (% e tep)

Especificação	Brasil		Mundo	
	1973	2007	1973	2006
Petróleo e derivados	45,6	37,4	46,1	34,4
Gás natural	0,4	9,3	16,0	20,5
Carvão mineral	3,1	6,0	24,5	26,0
Urânio	0,0	1,4	0,9	6,2
Hidráulica e eletricidade	6,1	14,9	1,8	2,2
Biomassa	44,8	31,0	10,7	10,7
Total (%)	100,0	100,0	100,0	100,0
Total - milhões tep	82	239	6.115	11.741

Fonte: BEN 2008 (ano base 2007).

A presença de fontes renováveis na matriz energética brasileira é bem representativa se comparada com o OIE mundial (ver Gráficos 2 e 3). Em 2006, a participação das fontes renováveis representava 12,9% da estrutura da oferta mundial de energia. Uma participação bem abaixo da verificada na matriz brasileira de 2007 (45,9%), conforme os Gráficos 2 e 3 e as Tabelas 2 e 3.

**Gráfico 2: Oferta interna brasileira de energia - 2007 (%)**

Fonte: BEN 2008 (ano base 2007).

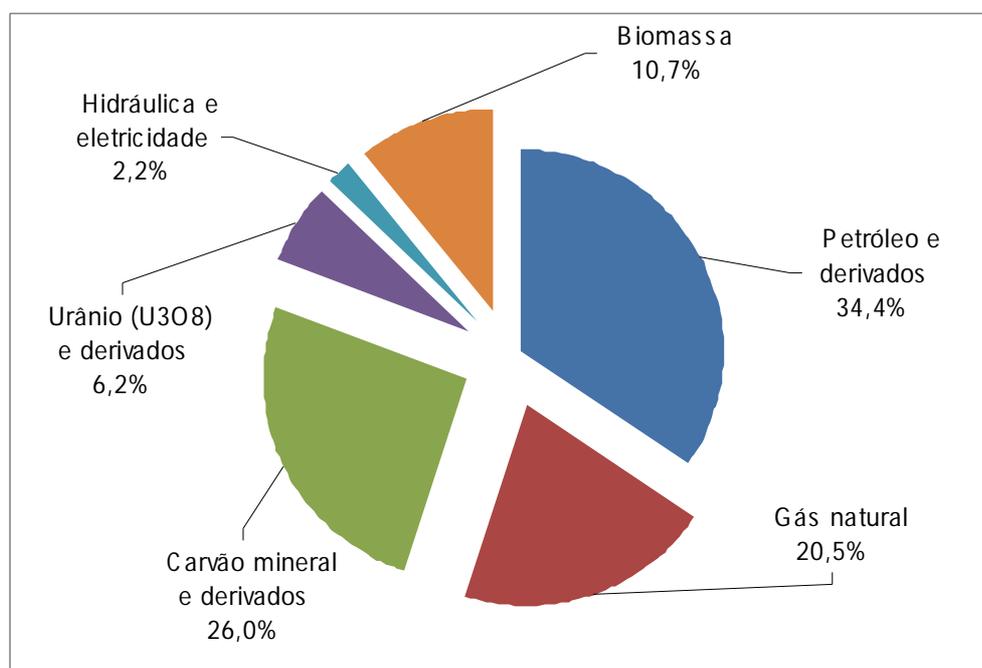


Gráfico 3: Oferta interna mundial de energia – 2006 (%)

Fonte: BEN 2008 (ano base 2007).

Em 2007, a oferta de energia elétrica do país atingiu um montante de 483,4 TWh, incluindo 47,1 TWh de geração de autoprodutores e 38,8 TWh de importação líquida. Na composição da matriz de energia elétrica brasileira, a energia hidráulica representa 85,4% do total, incluindo a importação (ver Tabela 4 e Gráfico 4).

Tabela 4: Matriz brasileira da oferta de energia elétrica (GWh e %)

Especificação	GWh		07/06 %	Estrutura (%)	
	2006	2007(a)		2006	2007
Hidro	348.805	374.015	7,2	75,7	77,4
Nuclear	13.754	12.350	-10,2	3,0	2,6
Gás natural	18.258	15.497	-15,1	4,0	3,2
Carvão mineral	7.222	6.792	-6,0	1,6	1,4
Derivados de petróleo	12.374	13.333	7,8	2,7	2,8
Biomassa	14.959	18.104	21,0	3,2	3,7
Gás industrial	3.964	4.492	13,3	0,9	0,9
Importação	41.164	38.832	-5,7	8,9	8,0
Total	460.500	483.415	5,0	100,0	100,0

Fonte: BEN 2008 (ano base 2007).

Notas: (a) inclui autoprodutores - 47,1 TWh; (b) biomassa inclui 559 GWh de eólica em 2007

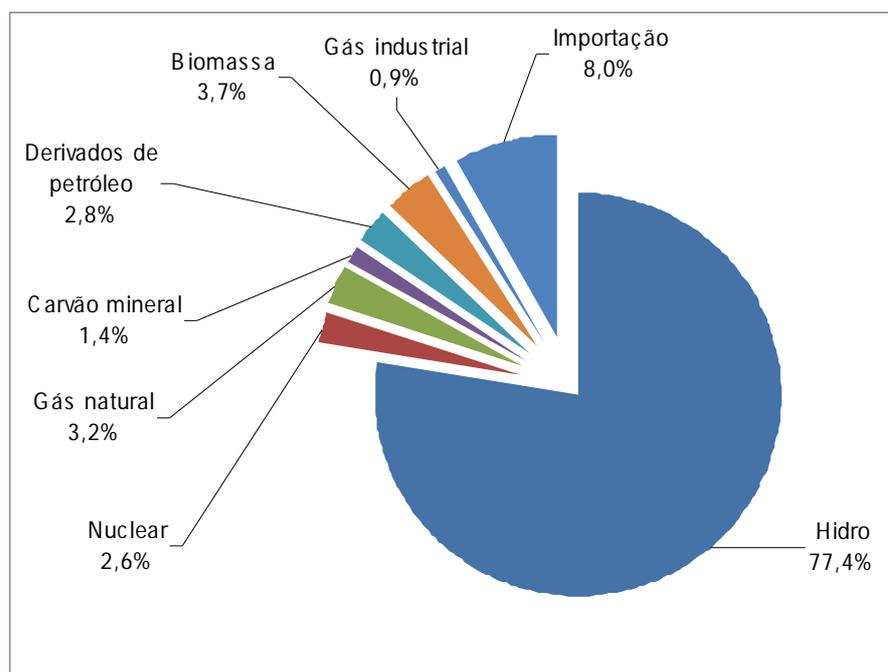


Gráfico 4: Matriz brasileira da oferta de energia elétrica – 2007 (%)

Fonte: BEN 2008 (ano base 2007).

O Brasil possui um enorme potencial para a geração de energia a partir de suas fontes hídricas, já que possui uma gigantesca malha composta por centenas de rios propícios para a produção de energia elétrica. O Amazonas, São Francisco e Paraná são as três grandes bacias hidrográficas que respondem por 80% da produção hídrica do país.

Comparativamente ao mundo, o Brasil apresenta uma significativa diferença na participação da energia hidráulica na estrutura da oferta de energia elétrica, de 85% contra pouco mais de 16% no mundo. Isso explica as baixas participações no Brasil, na geração de energia nuclear, de gás natural e de carvão mineral.

No Gráfico 5, observa-se que a composição da matriz de oferta de eletricidade mundial passou por significativas alterações entre 1973 a 2006. A geração de eletricidade nesse período passou de 6.116 TWh para 18.930 TWh. Houve uma redução significativa da participação da geração por derivados de petróleo (de 24,7% para 5,8%) e da geração hidráulica (de 21% para 16%), compensado pelo acréscimo nas participações de gás natural (de 12,1% para 20,1%) e nuclear (de 3,3% para 14,8%).

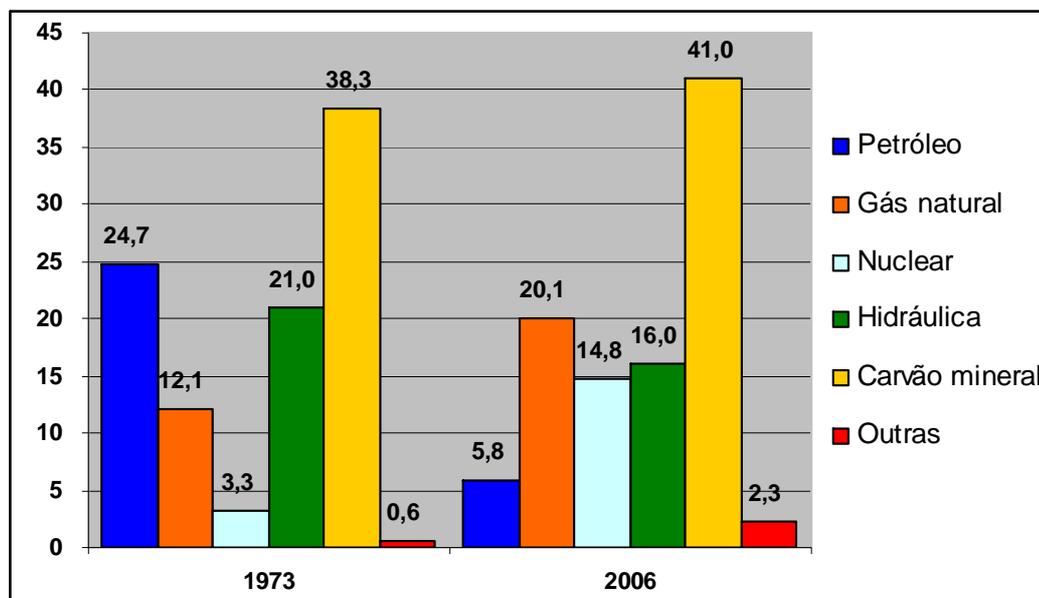


Gráfico 5: Matriz mundial da oferta de eletricidade (%)

Fonte: BEN 2008 (ano base 2007).

O consumo de eletricidade verificado no Brasil, em 2007, foi da ordem de 35.443 mil tep, valor 627% maior do que o verificado em 1973 (4.876 mil tep). Durante este período a estrutura da composição setorial do consumo sofreu pequenas alterações, com destaque para o incremento do setor residencial que aumentou de 19,3% para 22,1%, enquanto que o setor industrial reduziu de 52% para 46,7%, no mesmo período, conforme demonstrado na Tabela 5.

Tabela 5: Composição setorial do consumo de eletricidade - Brasil

Identificação	Brasil	
	1973	2007
Consumo final (mil tep)	4.876	35.443
Setor energético	4,5	4,2
Residencial	19,3	22,1
Comercial	12,8	14,2
Público	9,4	8,2
Agropecuário	0,9	4,3
Transportes	1,1	0,4
Industrial	52,0	46,7
Total (%)	100,0	100,0

Fonte: BEN 2008 (ano base 2007).

A maior participação do setor residencial na composição do consumo de eletricidade ocorreu em decorrência de vários fatores, dentre os quais se destaca o crescimento da população e a popularização, nas residências, de eletrodomésticos tais como, a televisão, a geladeira e a máquina de lavar roupas.

Tabela 6: Consumo residencial de eletricidade – Brasil (GWh)

Região	1989	1999	2007
Brasil	43.895	81.330	90.881
Norte	1.729	3.604	4.685
Nordeste	5.950	11.948	14.843
Sudeste	26.622	47.283	49.522
Sul	6.849	12.667	14.984
Centro Oeste	2.745	5.828	6.848

Fonte: BEN 2008 (ano base 2007).

O consumo residencial no País, entre 1989 a 2007, aumentou de 43.895 GWh para 90.881 GWh, um acréscimo de 107,04%, conforme exposto na Tabela 6. A região Sudeste manteve a maior participação durante esse período, representando 54,5% do consumo nacional de eletricidade em 2007, participação menor do que verificado em 1989 (60,6%). A Região Norte teve um pequeno acréscimo, passando de 3,9% para 5,2%.

3.2 MATRIZ DE ENERGIA ELÉTRICA DA REGIÃO NORTE

A produção de energia elétrica na Região Norte, em 2007, foi de 49.210 GWh, representando uma redução de 7,42% com relação a 2006 (Tabela 7). O maior produtor de energia elétrica da Região Norte foi o Estado do Para (31.747 GWh), seguido pelo Amazonas (6.897 GWh) e por Tocantins (6.321 GWh). A menor produção de energia foi em Roraima (75 GWh).

Quanto à capacidade instalada de geração elétrica, destaca-se a participação da energia oriunda de hidroelétricas, que representa 77,8% do total da capacidade (Tabela 8). O Estado do Pará destaca-se pela geração de energia através de hidroelétricas (8.401 MW), enquanto que o maior gerador de energia através de termoelétricas é o Amazonas (1.646 MW).

Tabela 7: Geração elétrica – Região Norte (GWh)

Estado	2006	2007
Norte	53.156	49.210
Rondônia	2.860	3.014
Acre	219	240
Amazonas	6.438	6.897
Roraima	59	75
Para	36.691	31.747
Amapá	942	916
Tocantins	5.947	6.321

Fonte: BEN 2008 (ano base 2007).

À exceção do Acre, todos os demais estados da Região Norte possuem alguma hidroelétrica em atividade. Roraima é o estado que tem a menor geração de energia, tanto através de hidroelétrica (5 MW), como de termoelétricas (113 MW). A maior parte da energia utilizada neste Estado é oriunda da interligação com a Venezuela.

Tabela 8: Capacidade instalada de geração elétrica na Região Norte (MW)

Estado	Hidrelétrica	Termelétrica	Total
Norte	10.506	2.990	13.496
Rondônia	281	612	892
Acre	0	141	141
Amazonas	275	1.646	1.921
Roraima	5	113	118
Para	8.401	280	8.681
Amapá	77	197	274
Tocantins	1.468	1	1.469

Fonte: BEN 2008 (ano base 2007).

O potencial de produção de energia elétrica na Região Norte, a partir dos recursos hídricos, é conhecido há algum tempo. Estima-se que a região abriga mais de 40% do potencial hidrelétrico nacional. Estão em andamento projetos para construção de duas usinas hidrelétricas no Rio Madeira (RO), a usina de Santo Antônio e a de Jirau, que terão potência de geração de 3.150 MW e 3.300 MW, respectivamente. A primeira tem previsão para funcionar com capacidade parcial em 2012 e a segunda, em 2013 (ANÁLISE ENERGIA, 2008).

Explorar o potencial hidrelétrico da Região Norte, especialmente da região Amazônica, tem resistência das populações locais e de organizações não-governamentais (ONGs), que entendem que as hidrelétricas geram impactos negativos ao meio ambiente. Porém, a geração de energia elétrica, a partir da utilização dos recursos hídricos da região, vem se tornando uma das opções mais viáveis, apesar dos possíveis impactos ambientais.

Portanto, é fundamental diversificar a geração de energia elétrica na Região Norte, através da utilização de fontes alternativas com menor impacto ao meio ambiente, inclusive a hidráulica. Pois, no caso do Estado do Amazonas, onde a geração é predominantemente termoelétrica, gerar energia a partir de hidrelétricas provoca menos impacto ao meio ambiente do que a geração a partir das termelétricas a óleo diesel.

Com relação ao consumo de energia elétrica na região, verifica-se, entre 1989 e 2007, um incremento no consumo residencial de 170,97%. Em 2007, esse consumo totalizou 4.685 GWh, enquanto que em 1989 era de 1.729 GWh, passando em 1999 para 3.604 GWh (Tabela 9). Esse aumento foi mais intenso nos Estados do Amapá, Tocantins e Roraima, que apresentaram acréscimos acima de 300%. O Amazonas foi o Estado que teve o menor aumento do consumo residencial no período (114,8%).

Tabela 9: Consumo residencial de eletricidade na Região Norte (GWh)

Estado	1989	1999	2007
Norte	1.729	3.604	4.685
Rondônia	227	492	586
Acre	74	173	234
Amazonas	504	903	1.083
Roraima	48	146	198
Para	731	1.419	1.907
Amapá	59	199	287
Tocantins	86	272	390

Fonte: BEN 2008 (ano base 2007).

Este aumento do consumo de energia elétrica na Região Norte, com destaque para a classe residencial, demonstra que a população passou a utilizar cada vez mais equipamentos e eletrodomésticos, para facilitar as tarefas domésticas e para o lazer. Espera-se, portanto, que o aumento na renda da população gere mais

demanda por energia elétrica, tanto para o uso residencial, como para o uso industrial e comercial.

3.3 INFRAESTRUTURA DA ENERGIA ELÉTRICA DE RORAIMA

A infraestrutura energética de Roraima é formada predominantemente por energia elétrica de fonte hidráulica e térmica a óleo diesel. O sistema não é interligado com o resto do país e compõe uma parte dos chamados sistemas isolados. Na Figura 5, observa-se que a maioria dos Estados da Região Norte não faz parte do Sistema Interligado Nacional (SIN).

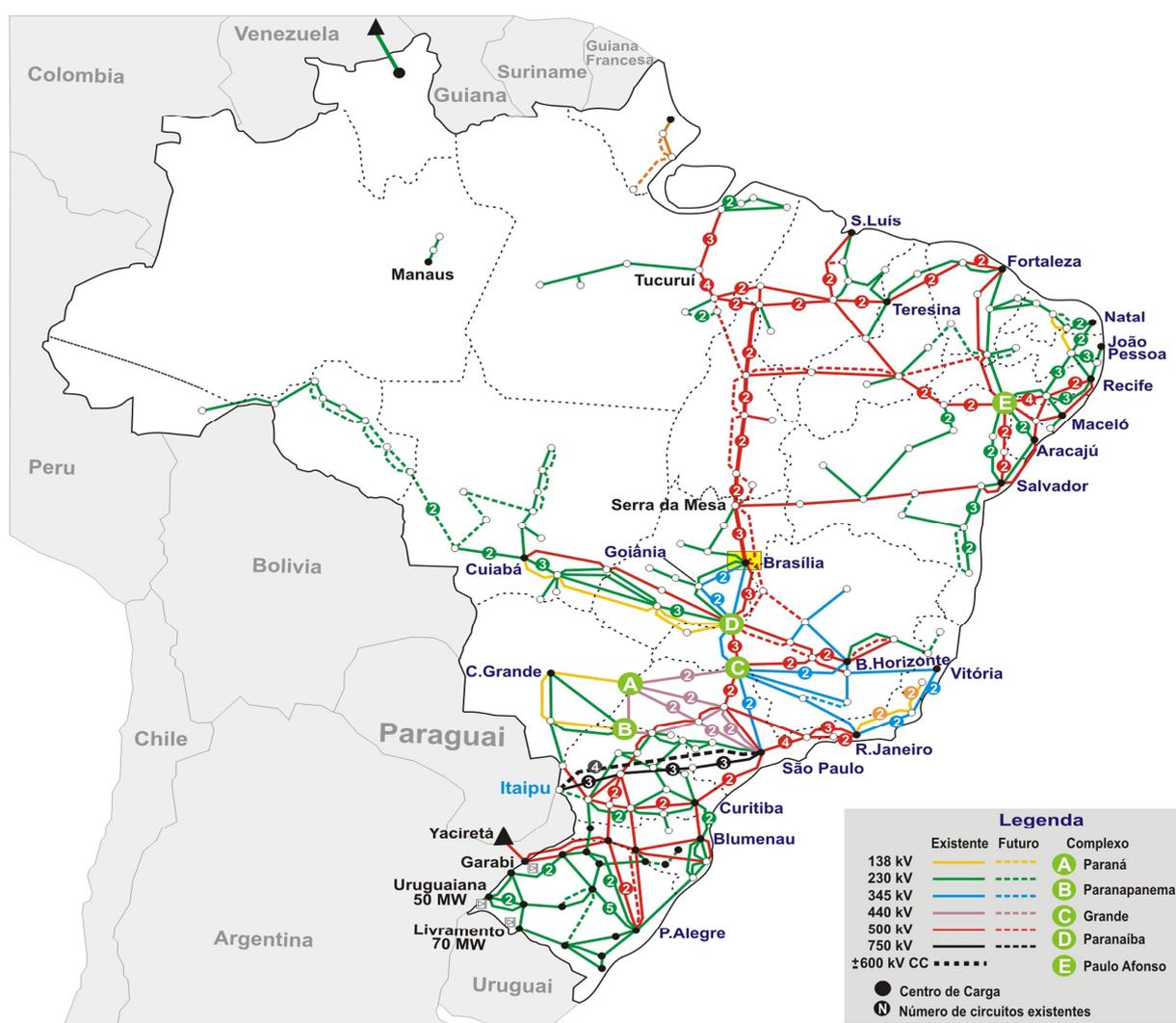


Figura 5: Sistema de transmissão nacional - 2007

Fonte: ANEEL (2008)

Não fazer parte do SIN gera uma barreira para a transmissão de energia na região, pois as opções ficam restritas a hidrelétricas e termelétricas locais, sem possibilidade de importar e exportar energia elétrica, de acordo com os períodos climáticos. Roraima, além dessa barreira, possui uma situação mais vulnerável, pois mais de 85% da carga própria do Estado é suprida pela interligação com a Venezuela.

A infraestrutura de energia elétrica do Estado de Roraima é constituído pela interligação com a Usina Hidrelétrica de Guri, na Venezuela, que atende o Sistema Boa Vista, por geradoras termelétricas a óleo diesel; estas atendem uma parcela dos municípios do interior do Estado, além da Usina Hidrelétrica Alto Jatapu, que abastece as sedes dos municípios de São Luiz do Anauá, São João da Baliza e Caroebe, além da localidade Novo Paraíso, localizada no município de Caracaraí. Na Figura 6, observa-se o balanço de energia do Estado de Roraima para o ano de 2008, e na Figura 7, observa-se o mapa geoenergético do Estado.

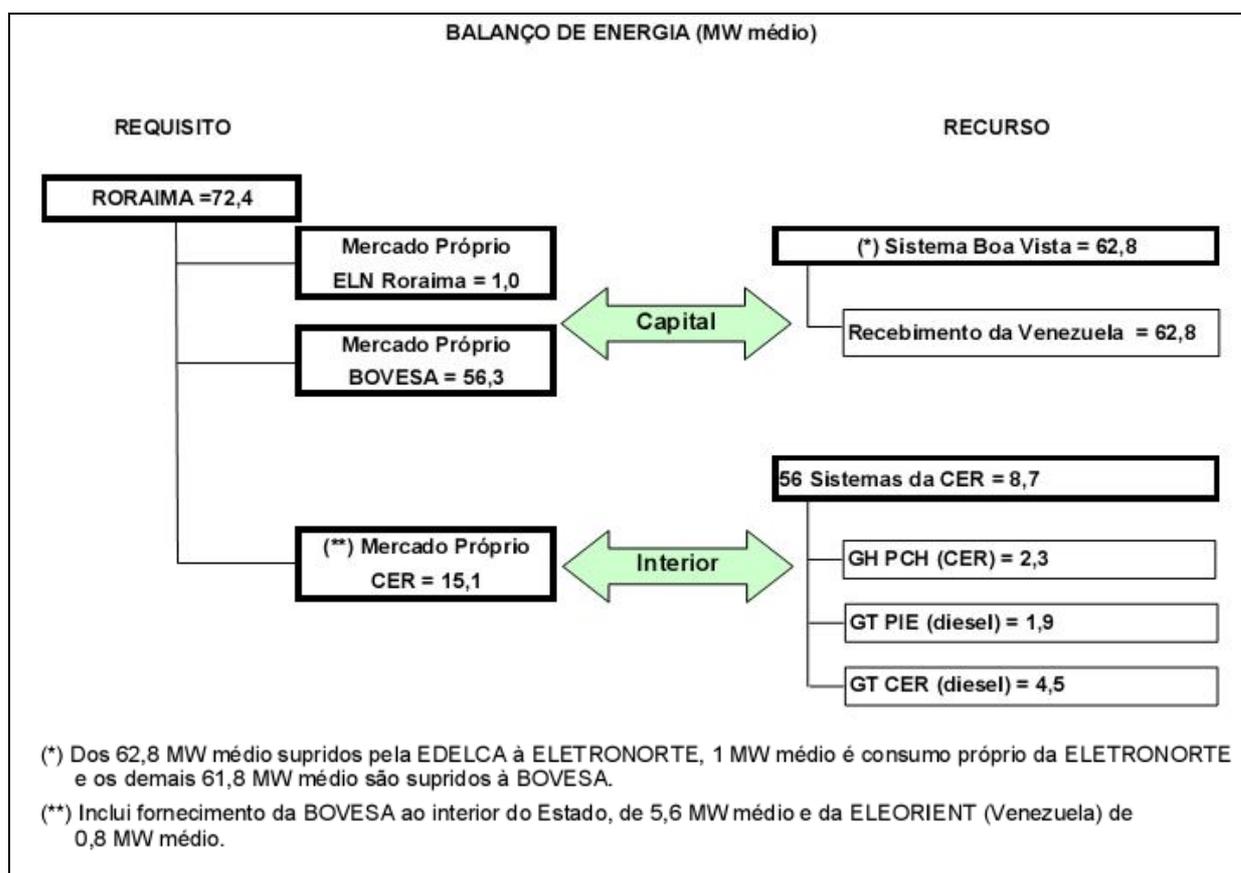


Figura 6: Balanço de energia do Estado de Roraima - 2008

Fonte: Eletrobrás (2008)

A ELETRONORTE tem um contrato internacional de suprimento de energia elétrica para o Estado de Roraima, firmado em 1997, com a empresa venezuelana EDELCA, para aproveitamento do complexo hidrelétrico de Guri e Macágua, situado no rio Caroni.

Em julho de 2001, foi energizada a linha de transmissão em 230 kV, interligando o Brasil e a Venezuela. A Boa Vista Energia S/A é a concessionária responsável pela transmissão e distribuição no Município de Boa Vista. Além disso, fornece energia, através de suprimento, para a Companhia Energética de Roraima (CER) atender os municípios de Alto Alegre, Bonfim, Cantá, Mucajaí e Iracema.

Segundo os dados do Plano de Operação 2008 dos Sistemas Isolados do Grupo Técnico Operacional da Região Norte, da Eletrobrás, a estrutura energética do Estado de Roraima tinha como recurso disponível de energia, para 2008, a carga própria de 635.118 MW. Sendo que a maior parte (551.439 MW) é oriunda da interligação com a Venezuela, conforme o demonstrado na Tabela 10. Deste montante, cabe destacar que a Boa Vista Energia S/A registra em torno de 15% de perdas elétricas e a CER em torno de 60%.

Tabela 10: Carga do Sistema Boa Vista – 2008 (MW)

Empresa	Recurso	Requisito
EDELCA	551.439	0
ELETRONORTE	0	8.383
Boa Vista Energia	0	494.308
CER (Suprimento)	0	48.748
Total	551.439	551.439

Fonte: Eletrobrás (2008)

O interior do Estado é atendido pela Companhia Energética de Roraima – CER, concessionária responsável pela geração e distribuição em 56 sistemas isolados, atendidos predominantemente por parque térmico a óleo diesel. Destes, apenas o Sistema Rorainópolis é de natureza hidrotérmica, atendido pela Usina Hidrelétrica Alto Jatapu. Há, também, o sistema Pacaraima, suprido pela empresa venezuelana ELEORIENTE.

A geração de energia elétrica no Estado de Roraima é feita exclusivamente pela CER, sendo que 73% dessa energia são gerados por térmicas a óleo diesel,

conforme se observa na Tabela 11. A geração hidráulica resume-se à produção da Usina Hidrelétrica Alto Jatapu.

Tabela 11: Geração de energia elétrica em Roraima – 2008

Tipo de geração	(MW)
Hidráulica	20.359
Térmica	56.067
Total	76.426

Fonte: Eletrobrás (2008)

Em função das distâncias envolvidas, diversas localidades do interior do Estado permanecem isoladas, fazendo uso da geração térmica local. Nestas localidades, em função do esgotamento da vida útil das unidades geradoras, o suprimento é deficiente, com altos índices de indisponibilidade de geração, implicando racionamentos frequentes e baixa confiabilidade nos serviços prestados. Além disso, o parque gerador é composto por diferentes marcas e modelos de fabricantes, o que dificulta a manutenção adequada dos equipamentos.

A exceção é o sistema de transmissão associado à primeira etapa da PCH Alto Jatapu, cuja abrangência de atendimento atual inclui as sedes dos municípios de Caroebe, São João da Baliza e São Luiz do Anauá, além da localidade Novo Paraíso, localizada no município de Caracaraí, interligadas através de linhas de 69 kV e 13,8 kV. A primeira etapa da Usina Hidrelétrica Alto Jatapu (5 MW), entrou em operação no início do ano de 1995 e passou a integrar o sistema CER em março de 1997.

Essa usina desde sua entrada sofreu poucas manutenções, complementando a carga da região na área de sua influência, com um polo de geração térmica instalado em São João da Baliza. Para uma parada total, imprescindível para a execução das manutenções necessárias, será preciso ampliar a capacidade geradora térmica naquela região ou a complementação do projeto original, com a instalação das duas unidades restantes (5 MW).

Quanto ao fornecimento de energia elétrica às comunidades indígenas e localidades isoladas de Roraima, a situação é mais preocupante. Nestes locais as usinas térmicas não operam vinte quatro horas por dia, existindo localidades, onde a operação diária é de apenas quatro horas. Além disso, a geração de energia em

algumas destas localidades não é autorizada pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL.

Para gerar energia a partir das usinas termelétricas nos sistemas isolados de Roraima, os grupos geradores da CER consomem, por mês, aproximadamente 1,5 milhões de litros de óleo diesel e 5 mil litros de lubrificantes. Portanto, verifica-se que a emissão de poluentes, provocada pela produção de energia a partir destas termelétricas, representa uma parcela significativa das emissões do Estado de Roraima.

Além de todas as características apresentadas, cabe ressaltar que a maioria dos sistemas não é interligada, não havendo ligação entre eles dentro do próprio Estado de Roraima. A interiorização da oferta de energia elétrica, através da linha interligada com a Venezuela, seria uma opção para reduzir a utilização do parque térmico atualmente em funcionamento no Estado.

3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Brasil possui a matriz de energia elétrica mais limpa do mundo, predominantemente de fonte hidráulica. Apesar disso, a Região Norte, no tocante disponibilidade de infraestrutura elétrica, está em situação vulnerável, pois a maioria dos Estados da região estão isolados dos demais sistemas elétricos do país.

A geração de energia oriunda de hidrelétricas representa, aproximadamente, 78% da produção de energia na Região Norte. Apesar disso, destaca-se que, no Estado do Amazonas, a produção de energia a partir de termelétricas a óleo diesel é bastante elevada, considerando-se ainda que o Estado possui o maior polo industrial da região.

A infraestrutura de energia elétrica disponível no Estado de Roraima é composta pela geração de energia através de uma usina hidráulica e de várias usinas termelétricas a óleo diesel, além de importação proveniente da Venezuela. A energia importada atende a capital do Estado, Boa Vista, e os municípios em que os sistemas estão interligados. Nos demais municípios e nas localidades mais distantes a oferta de energia se dá através das termelétricas e as sedes de três municípios através de uma usina hidrelétrica.

Verifica-se uma grande dependência da energia elétrica importada da Venezuela, bem como de um parque térmico que atenda diversos municípios e localidades mais isoladas. O risco com a dependência da energia importada se deve a instabilidade que por diversas vezes se verifica no país vizinho, enquanto a utilização excessiva de energia produzida através de termelétricas traz enorme risco para o meio ambiente.

Para mudar esta situação, é necessário diversificar a matriz de energia elétrica do Estado de Roraima, reduzindo riscos e gerando menos impacto ao meio ambiente. Desta forma, é fundamental verificar as alternativas para produção de energia no Estado, que utilizem fontes renováveis, com menor impacto ao meio ambiente e que sejam viáveis, tanto sobre os aspectos legais, políticos, técnicos e econômicos.

4 ALTERNATIVAS SUSTENTÁVEIS DE PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO ESTADO DE RORAIMA

Durante o processo evolutivo, o homem descobriu diversas formas de adaptar-se ao ambiente em que vive, utilizando os recursos disponíveis na natureza, para atender as suas necessidades. Exemplo disso é a evolução das tecnologias utilizadas para produção de energia a partir das fontes disponíveis no planeta, que foi fundamental para a evolução e sobrevivência dos seres humanos. Destaque-se que a eletricidade como um das formas mais versáteis e convenientes de energia, a ponto de torna-se um recurso indispensável e estratégico no processo de desenvolvimento de várias regiões e países.

Atualmente, com os avanços tecnológicos em geração, transmissão, distribuição e uso final de energia elétrica, é possível atender as mais remotas regiões do planeta, viabilizando transformações sociais e econômicas profundas. Os impactos destas transformações são facilmente observáveis no cotidiano das sociedades modernas, sendo fundamental para o bem-estar dos seres humanos e para a evolução da humanidade.

Conforme mencionado no capítulo 2, para produzir eletricidade, utilizam-se diversas fontes de energia, algumas renováveis e outras não-renováveis. Utilizar fontes renováveis, como a hidráulica, solar, eólica e biomassa, possibilitam que os impactos ao meio-ambiente sejam significativamente menores, do que a utilização de fontes não-renováveis. Além disto, o planejamento energético de uma região deve priorizar a utilização de recursos sustentáveis.

Neste capítulo, são analisadas as alternativas de produção de energia elétrica no Estado de Roraima, com base em fontes renováveis, com destaque para a hidráulica, solar, eólica e biomassa. Por último, são apresentados elementos essenciais para uma proposta de planejamento energético como instrumento para promover a diversificação da matriz de energia elétrica para Roraima.

4.1 ENERGIA SOLAR

A radiação solar é um elemento físico que pode ser utilizada como fonte de energia térmica, para aquecimento de ambientes e geração de energia elétrica. Pode ainda ser convertida diretamente em energia elétrica, através de efeitos do calor e da luz sobre determinados materiais, principalmente os semicondutores, entre os quais se destacam o termoelétrico e o fotovoltaico. “Muitas das fontes de energia renováveis derivam do Sol, incluindo o uso direto de energia solar para fins de aquecimento ou geração de eletricidade” (REIS; FADIGAS; CARVALHO, 2005, p. 228).

Com o aquecimento de fluídos, ocorre o aproveitamento térmico, feito através do uso de coletores ou concentradores solares. Para uso residencial e comercial, bem como para o aquecimento de água, utilizam-se principalmente os coletores solares. Os concentradores solares destinam-se a aplicações que requerem temperaturas mais elevadas, com destaque para a secagem de grãos e a produção de vapor (ANEEL, 2005).

O aproveitamento térmico para aquecimento de ambientes, denominado aquecimento solar passivo, ocorre através da absorção ou penetração da radiação solar nos imóveis, o que reduz a necessidade de aquecimento e iluminação nestes ambientes. O aproveitamento térmico da radiação solar pode ser feito com a utilização de técnicas simples ou sofisticadas que foram desenvolvidas nos últimos anos pela arquitetura e pela engenharia. No Brasil, este processo de aproveitamento de energia solar encontra-se, principalmente, nas regiões Sul e Sudeste.

O uso de energia solar para geração de eletricidade pode se dar, indiretamente, pelo uso do calor para gerar vapor que expandido em sua turbina a vapor, acionará um gerador elétrico, em uma usina termelétrica, ou diretamente através do uso de painéis fotovoltaicos. Em nosso país, a geração de fotovoltaica de energia elétrica é encontrada principalmente nas regiões Norte e Nordeste, em comunidades isoladas da rede de energia elétrica.

No sistema fotovoltaico a transformação da radiação solar em eletricidade ocorre de forma direta. Para isso, torna-se necessário adaptar um material semicondutor, geralmente o silício, para que, na medida em que é estimulado pela radiação, permita o fluxo eletrônico (partículas positivas e negativas). Dessa forma:

As células fotovoltaicas têm, pelo menos, duas camadas de semicondutores: uma positivamente carregada e outra negativamente carregada, formando uma junção eletrônica. Quando a luz do sol atinge o semicondutor na região dessa junção, o campo elétrico existente permite o estabelecimento do fluxo eletrônico, antes bloqueado, e dá início ao fluxo de energia na forma de corrente contínua. Quanto maior a intensidade de luz, maior o fluxo de energia elétrica (ANEEL, 2008, p. 84).

A eficiência de conversão das células solares é medida pela proporção da radiação solar incidente sobre a superfície da célula, que é convertida em energia elétrica. Segundo Green (2000) apud ANEEL (2005), atualmente, as melhores células apresentam um índice de eficiência de 25%. É importante ressaltar que um sistema fotovoltaico não necessita do brilho do sol para funcionar. Ele também pode gerar eletricidade em dias nublados. Na Figura 8, é demonstrado um sistema completo de geração fotovoltaica de energia elétrica.

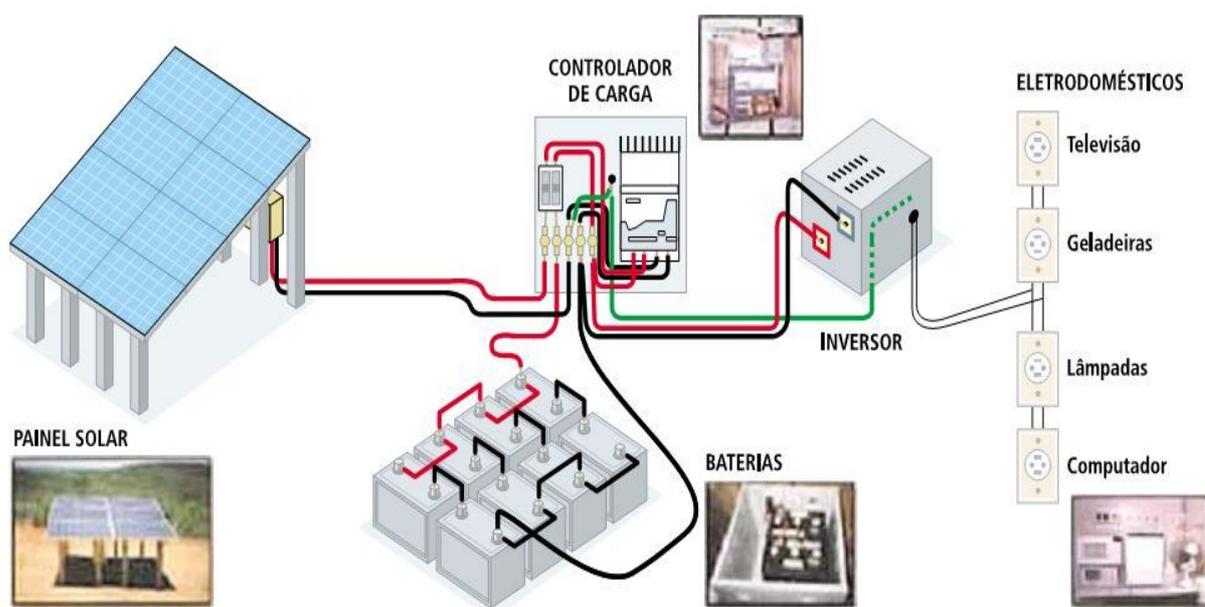


Figura 8: Sistema de geração fotovoltaica de energia elétrica

Fonte: CRESESB (2000) apud ANEEL (2005)

O principal obstáculo para geração de eletricidade em escala comercial, a partir de um sistema fotovoltaico, ainda é o elevado custo das células solares, mesmo com redução verificado nos últimos anos. “A instalação de uma usina solar é de cinco a 15 vezes mais cara do que a de uma termelétrica da mesma potência, abastecida por gás natural, por exemplo, e até 50 vezes mais cara do que uma PCH” (ANÁLISE ENERGIA, 2008, p. 95).

No Brasil, a Usina de Araras, em Rondônia, com capacidade de apenas 0,02 MW de potência, é a única usina solar registrada na Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Mas, em caráter experimental, estão sendo desenvolvidos diversos projetos para o aproveitamento da energia solar, fundamentalmente, através de sistemas fotovoltaicos de geração de eletricidade, com o objetivo de atender comunidades rurais ou isoladas da rede de energia elétrica, principalmente, no Norte e Nordeste.

Estes projetos têm apoio técnico, científico e financeiro de diversas instituições brasileiras, como o Ministério de Minas e Energia, a Eletrobrás/CEPEL, universidades, entre outros, bem como o suporte de organismos internacionais, com destaque para a Agência Alemã de Cooperação Técnica – GTZ e do Laboratório de Energia Renovável dos Estados Unidos (National Renewable Energy Laboratory) – NREL/DOE (ANEEL, 2005).

O aproveitamento de energia solar através desses projetos é canalizado para quatro tipos de sistemas: a) bombeamento de água, para abastecimento doméstico, irrigação e piscicultura; b) iluminação pública; c) sistemas de uso coletivo, tais como eletrificação de escolas, postos de saúde e centros comunitários; e d) atendimento domiciliar (ANEEL, 2005).

O projeto Ribeirinhas, conduzido pelo CEPEL e pela ELETROBRAS, em colaboração com a Universidade Federal do Amazonas, é uma iniciativa do Programa Nacional de Eletrificação “Luz no Campo” e tem como objetivo a implantação em localidades ribeirinhas na região amazônica, de sistemas baseados em fontes alternativas para geração de energia elétrica (ANEEL, 2005). Na Figura 9, pode-se observar um exemplo de sistema de atendimento domiciliar instalado no âmbito desse projeto.

Outro projeto piloto é o de Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares, da Universidade de São Paulo (USP). Foram instalados 19 sistemas fotovoltaicos na comunidade de São Francisco de Aiuca, na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, no Amazonas, cuja produção é de 13 kWh (quilowatts-hora) mensais (ANEEL, 2008).

Os sistemas híbridos representam outra opção, ao integrar painéis fotovoltaicos e grupos geradores a diesel, como o verificado no município de Nova Mamoré, Estado de Rondônia. Segundo a ANEEL (2005):

O sistema a diesel possui 3 motores de 54 kW, totalizando 162 kW de potência instalada. O sistema fotovoltaico é constituído por 320 painéis de 64 W, perfazendo uma capacidade nominal de 20,48 kW. Os painéis estão dispostos em 20 colunas de 16 painéis, voltados para o Norte geográfico, com inclinação de 10 graus em relação ao plano horizontal, ocupando uma área de aproximadamente 300 m². Esse sistema foi instalado pelo Laboratório de Energia Solar – Labsolar da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, no âmbito do Projeto BRA/98/019, mediante contrato de prestação de serviços, celebrado entre a ANEEL/PNUD e a Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária – FAPEU daquela Universidade. (ANEEL, 2005, p. 40).



Figura 9: Sistema fotovoltaico domiciliar - Projeto Ribeirinhas

Fonte: CRESESB (2002) apud ANEEL (2005).

O Programa Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios – PRODEEM, instituído pelo Governo Federal, em dezembro de 1994, no âmbito da Secretaria de Energia do Ministério de Minas e Energia – MME, é responsável por uma significativa parcela dos sistemas fotovoltaicos instalados no país, principalmente em escolas rurais. Desde que foi criado, foram destinados US\$ 37,25 milhões para 8.956 projetos e 5.112 kWp (quilowatt-pico) de potência. Até 2003, no âmbito do PRODEEM, foram instalados no Estado de Roraima 29 sistemas fotovoltaicos, ao custo de US\$ 130 milhões (ANEEL, 2005).

Apesar de não haver nenhum estudo específico que tenha levantado o potencial de geração de energia elétrica a partir da radiação solar em Roraima, pode-se observar na Figura 10, que a maior parte do Estado possui uma variação da

radiação solar entre 18 – 20 MJ/m²/dia, ficando atrás apenas da região Nordeste do país, que possui radiação comparável às melhores regiões do mundo.

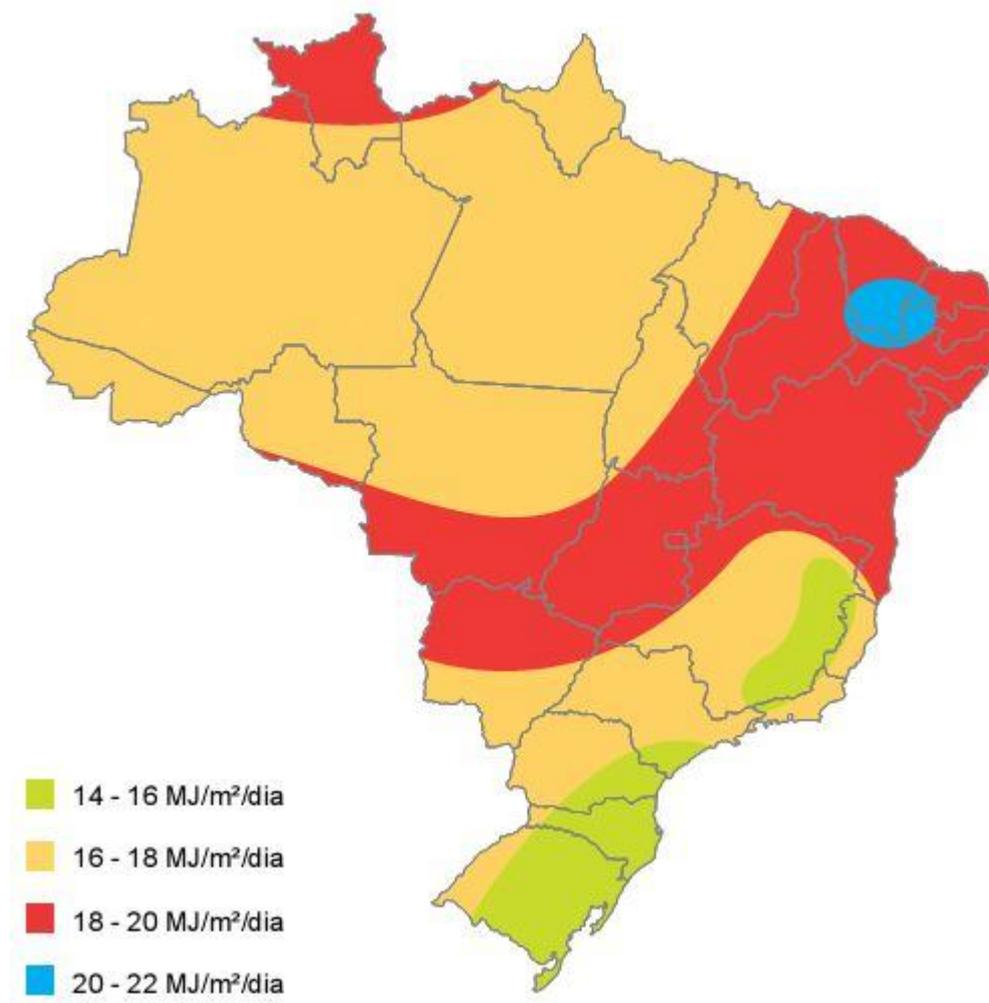


Figura 10: Variação da radiação solar no Brasil

Fonte: EPE (2007) apud ANEEL (2008).

A expectativa da implantação de usinas solares, principalmente na zona rural, através de projetos de universalização do atendimento focados em comunidades mais pobres e localizadas a grande distância das redes de distribuição, pode ser uma alternativa para a diversificação da matriz de energia elétrica do Estado de Roraima.

Uma das restrições técnicas à implantação destas usinas, recai sobre a baixa eficiência dos sistemas de conversão de energia, pois necessita de grandes áreas para a captação de energia em quantidade suficiente para que o empreendimento se torne economicamente viável. Contudo, se comparado a energia hidráulica, que

muitas vezes requer grandes áreas inundadas, a limitação de espaço não é tão restritiva para o aproveitamento da energia solar de forma comercial e sem gerar grandes impactos ambientais.

4.2 BIOMASSA

Com a fotossíntese, as plantas, no seu processo de crescimento, capturam energia solar e transformam em energia química. Esta energia pode ser convertida em eletricidade, combustível ou calor. Considera-se biomassa, do ponto de vista energético, toda fonte orgânica (de origem animal ou vegetal) que pode ser utilizada na produção de energia.

“O termo biomassa engloba uma série de vegetais presentes na natureza e formados através do processo de fotossíntese como também os resíduos gerados a partir da utilização dos mesmos” (REIS; FADIGAS; CARVALHO, 2005, p. 255). Os principais resíduos são: florestais e agrícolas, domésticos, comerciais, rurais e matéria orgânica contida nos resíduos industriais

A Biomassa pode ser usada para combustíveis, produção de energias e produtos, substituindo as fontes não-renováveis nesse processo. Essa energia não está livre das emissões, mas seu uso possibilita redução das emissões dos gases que contribuem para o efeito de estufa, pois o dióxido de carbono liberado é compensado pelo dióxido de carbono capturado, no processo de produção deste tipo de energia (ANEEL, 2008).

Analisando a perspectiva ambiental, a biomassa é mais favorável do que outras fontes convencionais de energia, pois o aproveitamento energético e racional tende a promover o desenvolvimento econômico, social e ambiental de regiões menos favorecidas, através da criação de empregos e da geração de renda (ANEEL, 2005).

Existem três formas mais conhecidas de apresentação física da biomassa: a sólida, a gasosa e a líquida. A biomassa sólida é produzida a partir dos produtos e resíduos da agricultura e dos resíduos florestais, resultando em insumos para queima direta como fonte de calor e geração de energia elétrica. A gasosa resulta no biogás que pode ser canalizado, também, para geração de eletricidade. Por último, a

biomassa líquida ou biocombustível que, normalmente, se materializa através do biodiesel e do etanol.

O biodiesel pode ser produzido através de alguma planta oleaginosa, substituindo o óleo mineral. Existem alguns estudos no Brasil, que analisa a potencialidade de algumas espécies oleaginosas para produção do biodiesel, tanto para ser utilizado em automóveis como na produção de eletricidade através de termoelétricas. Já o etanol produzido no Brasil tem origem da cana-de-açúcar, sendo utilizado como combustível para automóveis. Sua participação no mercado de combustíveis vem aumentando nos últimos anos, principalmente, devido ao lançamento dos modelos de automóveis que utilizam tanto gasolina como etanol.

Para geração de energia elétrica a partir da biomassa, existem diversas técnicas e tecnologias que possibilitam a transformação de matéria-prima em energético. “Todas prevêem a conversão da matéria-prima em um produto intermediário que será utilizado em uma máquina motriz. Essa máquina produzirá a energia mecânica que acionará o gerador de energia elétrica” (ANEEL, 2008, p. 64).

Normalmente, as soluções tecnológicas são aplicadas em processos de co-geração – produção de dois ou mais energéticos a partir de um único processo para geração de energia - tradicionalmente utilizada por setores industriais (ANNEE, 2008).

O Plano Decenal de Expansão 2006/2015, do Ministério de Minas e Energia – MME com a colaboração da Empresa de Pesquisa Energética – EPE, estima para o Brasil, um potencial de oferta superior a 500 MW por ano, de capacidade instalada em novos projetos de co-geração à biomassa, perfazendo um total de mais 6.000 MW até o final do período decenal. Oitenta por cento deste potencial concentra-se nas regiões Sudeste e Centro Oeste (MME, 2006).

No Brasil, em 2007, a biomassa, possuía 3,7% de participação na matriz energética do país, superada pela hidráulica, que foi responsável pela produção de 77,4% da oferta total, segundo dados do BEN 2008. Entre o ano de 2006 e 2007, o aumento da oferta de energia elétrica a partir de biomassa aumentou 21% (EPE, 2008).

Em alguns Estados brasileiros, principalmente na Região Amazônica, observa-se a existência de várias plantas para a produção de óleo vegetal, podendo ser utilizada na queima em caldeiras e motores de combustão interna, para a

geração de energia elétrica e o atendimento de comunidades isoladas do sistema elétrico nacional (ANNEEL, 2008).

Os sistemas isolados que produzem energia elétrica a partir de biomassa podem obter os benefícios da Resolução ANEEL nº 245, de agosto de 1999, que:

estende os benefícios da sistemática de rateio da Conta Consumo de Combustíveis – CCC – a empreendimentos que substituam a geração termelétrica a derivado de petróleo ou atenda a novos mercados. Assim, a energia gerada a partir de biomassa, PCHs e outras fontes alternativas pode ser remunerada pelo valor da geração a base de óleo diesel ou óleo combustível. Através desse mecanismo, que subsidia usinas a biomassa por até 8 anos, os produtores de eletricidade a partir de resíduos agrícolas e florestais, óleos vegetais e outras matérias-primas de origem orgânica podem receber valores variando de US\$ 60,00 a US\$ 120,00 por MWh, de acordo com a distância e o custo do óleo diesel ou combustível utilizado na usina. Sistemas integrados de geração de energia e alimentos a partir da biomassa, como os de comunidades rurais e áreas isoladas da Amazônia, podem ser favorecidos por esse mecanismo (ANEEL, 2002, p. 57).

No Estado de Roraima existem alguns estudos em andamento para verificar o potencial oleaginoso de algumas espécies de plantas encontradas na região. Um desses estudos está sendo realizado pela Embrapa que, dentre outras espécies, pesquisa a potencialidade do Inajá para a produção de biodiesel. Os primeiros resultados consideram-no estratégico dentro do Programa Nacional de Produção e Usos de Biocombustíveis, pois está em posição privilegiada na lista das palmeiras oleaginosas promissoras.

A Universidade Federal de Roraima – UFRR, com o apoio Financeiro da ELETRONORTE, desenvolve estudo que pesquisa a viabilidade econômica, ecológica e técnica do uso dos frutos de palmeiras amazônicas, do Buriti e do Inajá, para a extração de óleo vegetal, visando à produção de biodiesel. Como a pesquisa está em fase de execução, ainda não foi divulgado nenhum resultado.

Ao concretizar as pesquisas em andamento e verificando-se sua viabilidade econômica, a utilização da biomassa para geração de eletricidade em Roraima, principalmente, nas localidades supridas por termelétricas a óleo diesel, vislumbra-se como uma alternativa para ampliar e diversificar a matriz de energia elétrica do Estado, reduzindo o volume de emissão de resíduos na atmosfera.

4.3 ENERGIA EÓLICA

A energia eólica é a que provém do vento, ou seja, basicamente é aquela obtida através do movimento gerado através da migração das massas de ar, provocada pelas diferenças de temperatura existentes na superfície do planeta (energia cinética). É considerada uma das mais promissoras fontes naturais de energia, principalmente, porque é renovável.

A energia produzida pelo vento é um recurso energético natural que pode ser aproveitado com um investimento reduzido. É especialmente rentável em locais com alta incidência de ventos. A energia eólica é utilizada para mover aerogeradores - grandes turbinas colocadas em locais com bastante vento. Essas turbinas têm o formato de um catavento ou um moinho, conforme a Figura 11.

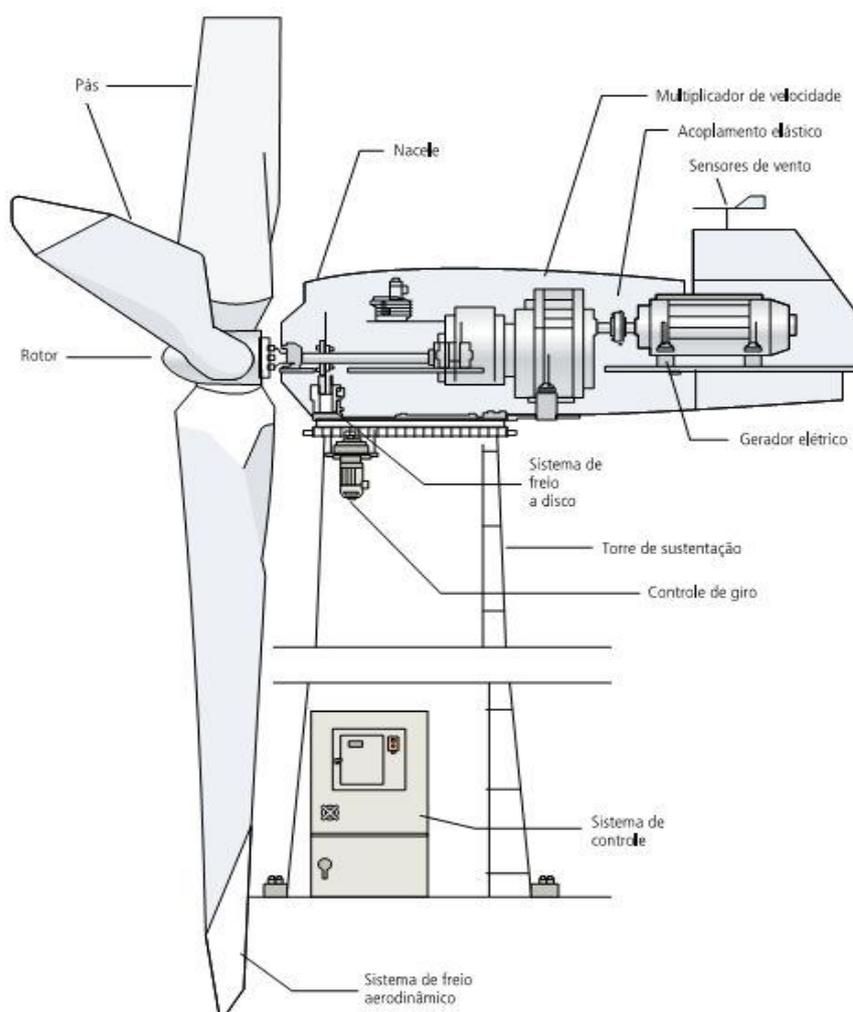


Figura 11: Desenho esquemático de uma turbina eólica

Fonte: CBEE/UFPE (2000) apud ANEEL (2005).

A geração eólica ocorre pelo contato do vento com as pás do cata-vento. Ao girar, essas pás dão origem à energia mecânica que aciona o aerogerador e produz a energia elétrica (ANEEL, 2008). Para que se torne rentável a produção de energia eólica, é necessária a concentração de aerogeradores, as chamadas “fazendas de vento”. Porém, é importante salientar a possibilidade de se utilizar uma única turbina ou uma de baixa tensão para ser usada isoladamente a fim de alimentar localidades distantes da rede de energia elétrica.

Para Reis, Fadigas e Carvalho (2005), a energia eólica é uma das fontes alternativas de geração de eletricidade com possibilidade de gerar quantidades substanciais de energia, sem os impactos ambientais provocados pelas fontes não-renováveis.

Apesar de não queimarem combustíveis fósseis e não emitirem poluentes, as usinas eólicas alteram as paisagens com suas torres e hélices; podem ameaçar pássaros, se forem instaladas em rotas de migração e emitem um ruído que pode causar incômodo. Além disso, podem causar interferência na transmissão de redes televisão.

Embora não existam estudos precisos, estimativas apontam que o potencial eólico bruto no planeta seja da ordem de 500 mil TWh (terawatts-hora) por ano, mas, por restrições socioambientais, apenas 10% sejam tecnicamente aproveitáveis (ANEEL, 2008).

O Brasil está numa posição favorável em termos de ventos. Estes se caracterizam por uma presença duas vezes superior à média mundial e com uma volatilidade de 5%, o que permite maior previsibilidade. Além disso, como a velocidade costuma ser maior em períodos de estiagem, é possível utilizar as usinas eólicas de forma complementar com as usinas hidrelétricas, para preservar a água dos reservatórios em períodos de poucas chuvas (ANEEL, 2008).

O potencial eólico brasileiro é estimado em cerca de 143 GW, mas até o fim de 2008 o país utilizava apenas 0,2% desse total. A Figura 12 a seguir, mostra o potencial eólico do país, por região. Nele pode-se verificar que as regiões Nordeste e Sul são as mais propícias para a geração desse tipo de energia, pois representam mais de 70% do potencial eólico do país.

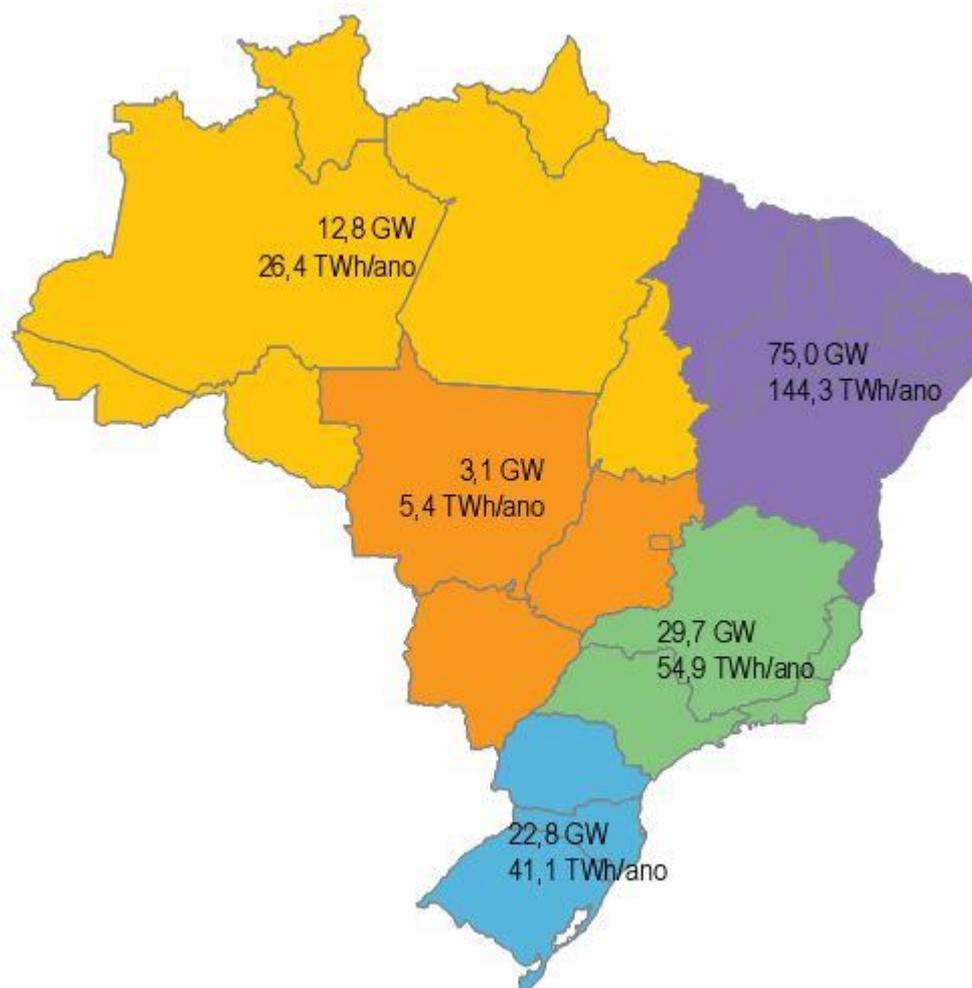


Figura 12: Potencial eólico brasileiro

Fonte: EPE (2007) apud ANEEL (2008).

Em Roraima não foi realizado nenhum estudo analisando o potencial de geração de energia eólica. Segundo o Atlas de Energia Elétrica do Brasil de 2005, somente numa pequena faixa do norte do Estado existe uma região onde a velocidade média anual do vento poderia propiciar algum aproveitamento eólico.

4.4 ENERGIA HIDRÁULICA

A energia proveniente do movimento das águas denomina-se hidrelétrica. Ela é produzida por meio do aproveitamento do potencial hidráulico existente num rio, utilizando desníveis naturais, como quedas de água, ou artificiais, produzidos pelo desvio do curso original do rio.

Para isto, a estrutura de uma usina hidrelétrica é composta, normalmente, por barragem, sistema de captação e adução de água, casa de força e vertedouro, funcionando em conjunto e de maneira integrada. A altura da queda d'água, vazão, capacidade ou potência instalada, tipo de turbina empregada, localização, tipo de barragem e reservatório são as principais variáveis utilizadas na classificação de uma usina hidrelétrica (ANEEL, 2008).

O local de construção da usina influenciará a altura da queda d'água e a vazão, que estabelecerá qual será a capacidade instalada, determinando por sua vez, o tipo de turbina, barragem e reservatório. O objetivo da barragem é interromper o curso normal do rio e permitir a formação do reservatório. Os reservatórios permitem a formação do desnível necessário para a configuração da energia hidráulica, a captação da água em volume adequado e a regularização da vazão dos rios em períodos de chuva ou estiagem (ANEEL, 2008).

Os sistemas de captação e adução são formados por túneis, canais ou condutos metálicos, que levam a água até a casa de força. Nesta instalação encontram-se as turbinas, formadas por uma série de pás ligadas a um eixo conectado ao gerador. Através do movimento giratório, as turbinas convertem a energia do movimento da água (cinética) em energia elétrica por meio dos geradores que produzirão a eletricidade. Após passar pela turbina, a água é restituída ao leito natural do rio pelo canal de fuga. Cada turbina é adaptada para funcionar em usinas com determinada faixa de altura de queda e vazão (ANEEL, 2008).

Para permitir a saída da água sempre que os níveis do reservatório ultrapassam os limites recomendados, utiliza-se o vertedouro. Sua abertura é provocada em razão do excesso de vazão ou de chuva, da existência de água em quantidade maior que a necessária para o armazenamento ou a geração de energia. Nos períodos de chuva, o vertedouro aberto para evitar enchentes na região de entorno da usina. Na Figura 13 é demonstrado o esquema básico de uma usina hidrelétrica.

Levando em conta o reservatório, uma usina hidrelétrica pode ser a fio d'água ou de acumulação. As hidrelétricas a fio d'água estão próximas à superfície e utilizam turbinas para aproveitar a velocidade do rio para gerar energia. Estes tipos de usinas reduzem as áreas de alagamento e não forma reservatórios para estocar a água. Já as de acumulação estão localizadas na cabeceira dos rios, em locais de altas quedas d'água, que permitem o acúmulo de grande quantidade de água e

funcionam como estoques a serem utilizados em períodos de estiagem (ANEEL, 2008).

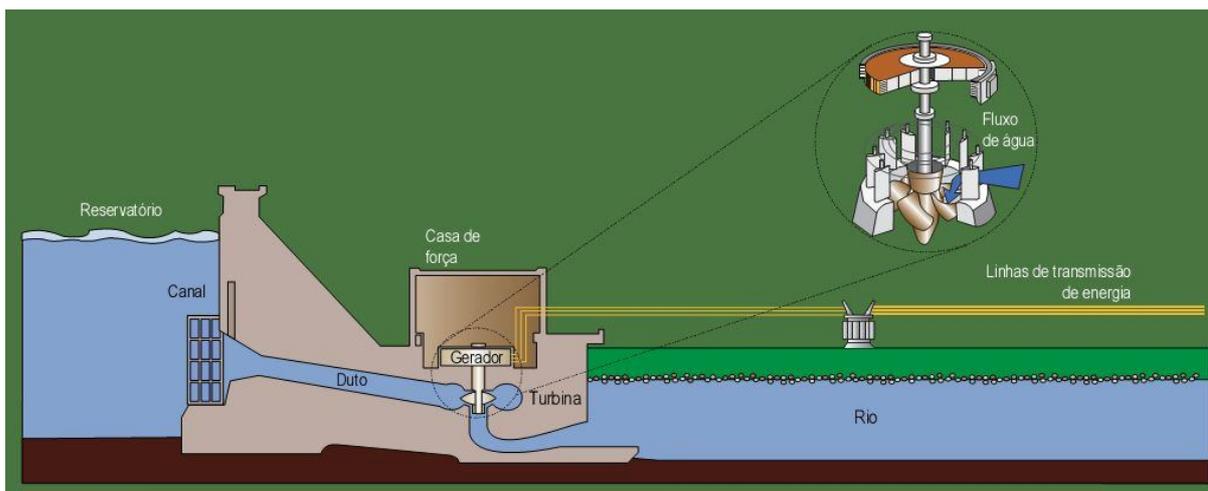


Figura 13: Perfil esquemático de usina hidrelétrica

Fonte: ANEEL (2008)

O que determinará se a usina é de grande ou médio porte ou uma Pequena Central Hidrelétrica (PCH) é sua potência instalada. De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), existem três classificações: Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGH, com até 1 MW de potência instalada), Pequenas Centrais Hidrelétricas (entre 1,1 MW e 30 MW de potência instalada) e Usina Hidrelétrica de Energia (UHE, com mais de 30 MW).

Por sua vez, o tamanho da rede de transmissão necessária para levar a energia até o centro de consumo é determinado pelo porte da usina. As maiores tendem a se estabelecerem longe dos grandes centros, exigindo a construção de grandes linhas de transmissão em alta tensão, muitas vezes, atravessando vários Estados. Já as PCHs e CGHs são instaladas junto a pequenas quedas d'água, geralmente abastecendo pequenos centros consumidores, sem a necessidade de instalações sofisticadas para o transporte da energia (ANEEL, 2008).

Hidrelétricas geram a energia mais barata que se pode ter, sendo fontes confiáveis, desde que se possa prever razoavelmente o regime de chuvas (ANÁLISE, 2008). Porém, a geração de energia elétrica a partir dos recursos hídricos requer, na maioria das vezes, a formação de grandes reservatórios e, portanto, inundação de grandes áreas. Isto causa significativo impacto na economia, no meio ambiente e na cultura local, muitas vezes de forma irreversível.

Estes e outros impactos indesejáveis podem ser evitados ou mitigados através de estudos prévios exigidos pela legislação pertinente. Além disso, os impactos negativos inevitáveis podem ser compensados por impactos positivos. Além da geração de energia elétrica, uma hidrelétrica pode proporcionar uma série de outros benefícios para a sociedade, como a criação de possibilidades de recreação e o aumento das possibilidades de trabalho para a população local.

O insumo essencial para produção de energia através de usinas hidrelétricas, a água, é uma das poucas fontes para produção de energia que não contribui para o aquecimento global, é renovável e o recurso natural mais abundante na Terra, cobrindo 2/3 da superfície do planeta, sob a forma de oceanos, calotas polares, rios e lagos, além de ser encontrado em aquíferos subterrâneos (ANEEL, 2008).

As características físicas e geográficas do Brasil contribuíram para implantação de um parque gerador de energia elétrica de base predominantemente hídrica. Porém, esse modelo que já foi visto sem ressalvas, começa a ser discutido novamente em razão do surgimento de novas tecnologias com impacto ambiental menor, e da percepção da segurança energética que o país terá através de uma maior diversificação na geração de eletricidade (ANÁLISE, 2008).

Os recursos energéticos disponíveis nas regiões Sudeste e Sul do país, onde se encontram grande parte dos consumidores, já foram explorados praticamente ao limite. Portanto, para alcançar a totalidade do potencial hídrico, seria necessário explorar o potencial da Amazônia, que implica em elevados custos de transmissão e em pesadas barreiras ambientais (ANÁLISE, 2008).

No Brasil, em novembro de 2008, existiam em operação 227 CGHs, com potência total de 120 MW; 320 PCHs (2,4 mil MW de potência instalada) e 159 UHE com uma capacidade total instalada de 74,632 mil MW. As usinas hidrelétricas, em novembro de 2008, respondiam por mais de 75% da potência total instalada no país, que era de 102,262 mil MW (ANEEL, 2008).

O parque hidrelétrico já representou 90% da capacidade instalada. Esta redução ocorreu devido à necessidade da diversificação da matriz elétrica do país, pela ausência da oferta de estudos e inventários, e pelo aumento de barreiras jurídicas que retardam o licenciamento ambiental de usinas de fonte hídrica, bem como provocam o aumento da contratação em leilões de energia de usinas de fonte térmica, baseadas, a maioria, na queima de derivados de petróleo ou carvão mineral (ANEEL, 2008).

Segundo dados do BEN 2008, em 2007, a energia de fonte hidráulica respondeu por 14,9% da oferta interna de energia no Brasil, que totalizou 238.758 mil tep, sendo superada por derivados da cana-de-açúcar (15,9%), e petróleo e derivados (37,4%). Na oferta interna de energia elétrica, que totalizou 483 TWh, a energia de fonte hidráulica produzida no país representou 77,4% do total (EPE, 2008).

Na Figura 14, pode-se observar o potencial hidrelétrico por bacia hidrográfica do país, em 2008. Conforme o Plano Nacional de Energia 2030, o potencial a aproveitar é de cerca de 126.000 MW. Desse total, mais de 70% estão nas bacias do Amazonas e do Tocantins/Araguaia (ANNEEL, 2008).

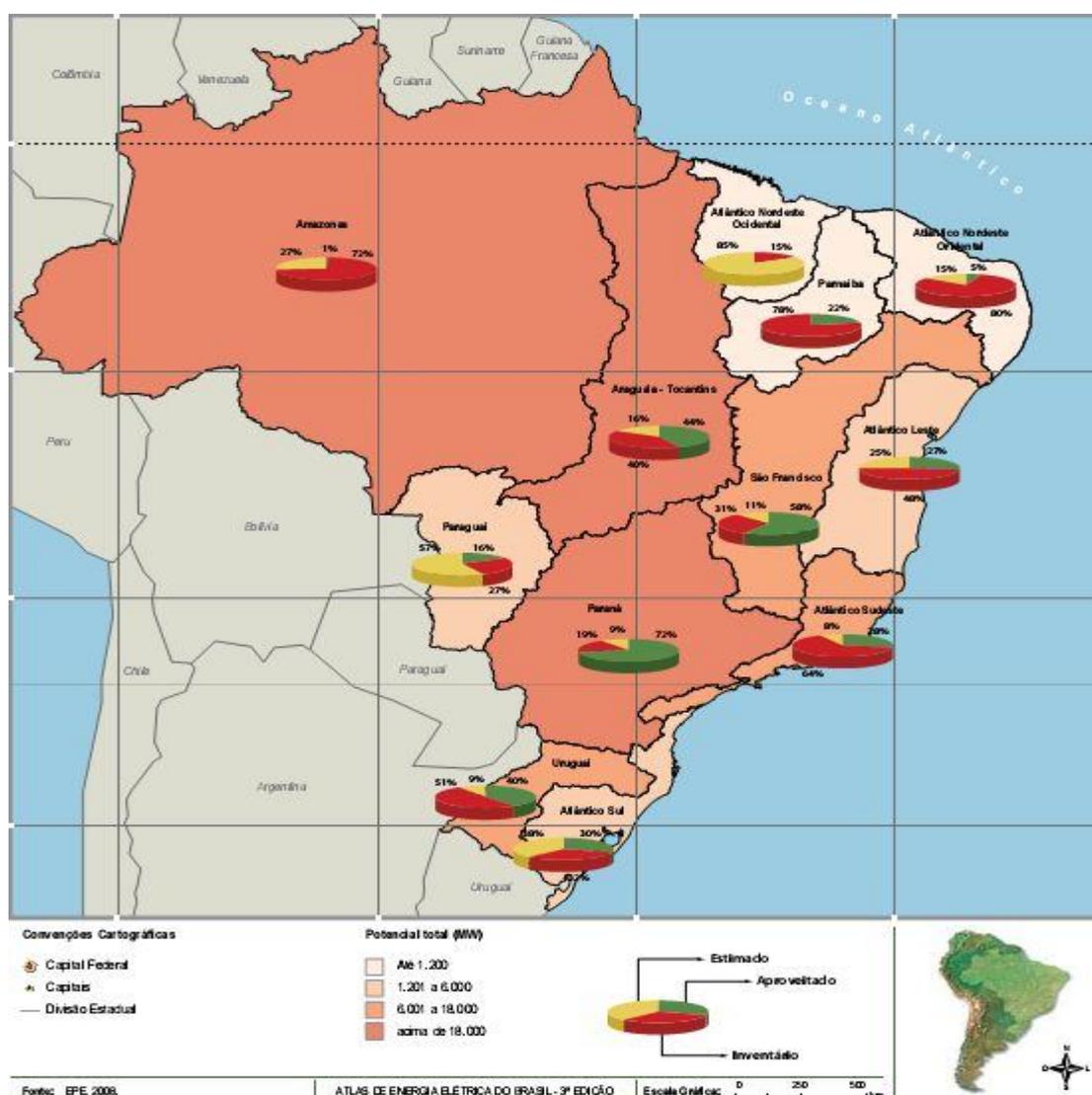


Figura 14: Potencial hidrelétrico por bacia hidrográfica - 2008

Fonte: EPE (2007) apud ANEEL (2008).

Segundo o Sistema de Informações do Potencial Hidrelétrico Brasileiro – SIPOT, em julho de 2005, Roraima possuía um potencial hidrelétrico de 5.262 MW, sendo que 4.300 MW são estimados, 600 MW encontram-se no estágio de inventário, 351 MW no estágio de viabilidade, e apenas 5 MW está no estágio de operação, através da PCH Usina Hidrelétrica Alto Jatapu.

Do potencial do Estado que se encontra no estágio de viabilidade, sem dúvida nenhuma, o destaque é o projeto do Sistema Hidrelétrico do Rio Cotingo, localizado na região norte do Estado de Roraima, dentro dos limites da Terra Indígena Raposa Serra do Sol, distante cerca de 210 km em linha reta, da cidade de Boa Vista.

Segundo Agostinho (1995), o projeto em sua fase inicial teria uma área inundada de 2.781 ha e na segunda fase 3.681 ha. A potência gerada na primeira etapa seria de 136 MW e na segunda etapa corresponderia a 186 MW. O custo de construção da hidrelétrica e da linha de transmissão corresponderia à US\$ 158 milhões. O Sistema Cotingo atenderia os municípios de Alto Alegre, Boa Vista, Caracaraí, Mucajaí e toda a extensão da linha de transmissão.

Agostinho (1995) enfatiza como algumas vantagens da construção do Sistema Hidrelétrico do Rio Cotingo, além da disponibilização de energia elétrica para uma parcela significativa da população de Roraima, o baixo custo da usina e da linha de transmissão, aliados ao elevado potencial hidroenergético disponível em toda a bacia do Rio Cotingo, bem como *royalties* que seriam gerados para os municípios de Boa Vista e Normandia, para o Estado de Roraima e para as comunidades indígenas da região. Acrescenta, ainda, que a Hidrelétrica do Cotingo seria melhor alternativa ambiental do que a expansão, na época, do parque termoelétrico de Boa Vista, altamente poluente.

Além das vantagens já citadas, segundo os dados disponíveis na época, a Hidrelétrica do Cotingo seria a usina de maior eficiência ambiental na Amazônia. Já no campo estratégico, contribuiria para a ocupação e defesa dos espaços fronteiriços do Estado, possibilitando melhorar a qualidade de vida da população e integrando os indígenas ao processo produtivo.

Apesar das vantagens, a construção do Sistema Hidrelétrico do Rio Cotingo também traria alguns problemas, como o impacto sociocultural provocado pelo canteiro das obras e, posteriormente, pela equipe de operação e manutenção da usina, além da realocação dos habitantes da área a ser inundada.

O aproveitamento do potencial energético da Bacia do Rio Cotingo, devido a diversos impasses, ambientais e legais, ainda não se consolidou em uma obra para geração de eletricidade em Roraima. Segundo Fearnside e Barbosa (1996), a maioria dos componentes de avaliação do projeto e da autorização falhou, incluindo os estudos de impactos ambientais (EIA), o relatório de impactos ambientais (RIMA), a licença preliminar (LP) e a audiência pública.

No julgamento que decidiu pela demarcação contínua da Terra Indígena Raposa Serra do Sol, onde está localizado o Rio Cotingo, foram fixadas 19 ressalvas, entre elas a de que o usufruto dos índios não abrange o aproveitamento de recursos hídricos e potenciais energéticos, que dependerá sempre da autorização do Congresso Nacional (SUPERIOR TRIBUNAL FEDERAL, 2009).

Essa ressalva representa uma possibilidade para exploração a médio e longo prazo do potencial hídrico desta região. Uma alternativa factível para isso seria a efetivação de parcerias entre o setor público, setor privado e comunidades envolvidas, utilizando o modelo das PPP's, identificando os direitos e deveres de cada parte envolvida no empreendimento.

Assim, entende-se que a geração de energia elétrica a partir do complexo de Cotingo, contribuiria para a ampliação da oferta de energia elétrica de Roraima, com um impacto ambiental relativamente baixo e com resultados positivos para o Estado, tanto nos aspectos econômicos e sociais.

Além do projeto do Sistema Hidrelétrico do Rio Cotingo, outros projetos de aproveitamentos hídricos de Roraima foram apresentados, mas não se transformaram em resultados concretos para a ampliação da oferta de energia elétrica para o Estado.

4.5 PLANEJAMENTO ENERGÉTICO PARA O ESTADO DE RORAIMA

No contexto até agora apresentado, o planejamento energético se impõe como instrumento capaz de promover a diversificação da matriz no ritmo e com o perfil necessário para garantir o crescimento sustentável, evitando tanto os desastres ambientais, como crises econômicas causadas por eventuais discontinuidades e insuficiências no suprimento de energia.

Porém, é necessário refletir sobre as concepções desse planejamento. A perspectiva de elaborá-lo de maneira descentralizada representa uma contribuição importante para a participação das discussões junto com o poder público e os diversos atores sociais envolvidos na problemática energética, propiciando um planejamento mais eficiente nas suas metas, objetivos e resultados.

O planejamento energético para o Estado de Roraima deve incluir, na sua metodologia de trabalho, o levantamento aprofundado de informações sobre fontes regionais ou locais de energia, que podem ter pequeno peso na matriz energética mundial, mas que, no contexto regional, são de grande importância para o desenvolvimento sustentável de Roraima.

Planejar, a partir dos dados atuais e de projeções confiáveis, é fundamental para garantir a segurança energética de Roraima. Atualmente, a maior parte da energia ofertada no Estado é importada da Venezuela, e tem baixo impacto no meio ambiente. Porém, devido à instabilidade política do país vizinho, geram-se incertezas sobre a garantia do suprimento de energia elétrica para o Estado. Além disto, o restante da oferta é complementada, principalmente, com a geração a partir de termelétricas a óleo diesel, que produzem impactos negativos ao meio ambiente, inclusive com a emissão de poluentes na atmosfera.

A proposta de planejamento energético para Roraima contempla:

- a) Realizar estudos aprofundados do consumo atual de energia elétrica, da projeção da demanda para os próximos 20 anos e das limitações técnicas e legais para a ampliação da oferta de eletricidade em Roraima;
- b) Pesquisar potenciais alternativas de produção de energia elétrica a partir de fontes renováveis. Estes estudos devem incluir a viabilidade técnica, ambiental, econômica e legal, com objetivo de subsidiar o poder público com as diretrizes para o investimento em infraestrutura energética para o Estado de Roraima;
- c) Garantir os recursos econômicos, físicos e humanos para que sejam desenvolvidos os projetos de infraestrutura energética, através de parcerias entre o setor público, o setor privado e sociedade local, com ênfase nas Parcerias Público-privadas (PPA) e com a devida remuneração às comunidades tradicionais afetadas pelas obras;
- d) Acompanhar toda a fase do planejamento e execução, propondo correções ou adaptações quando necessário.

Na Figura 15 observa-se o esquema resumido da proposta de planejamento energético para o Estado de Roraima. Para garantir a segurança energética é imprescindível que o planejamento considere as seguintes premissas:

- a) Necessidade de diversificação da matriz de energia elétrica do Estado, reduzindo assim o risco da dependência de uma única fonte de energia ou de um único produtor/importador;
- b) Priorize em seus projetos a interligação das linhas de transmissão do Estado e com Sistema Interligado Nacional;
- c) Considerar em seu escopo de trabalho as diferenças geográficas do Estado. Portanto, as soluções sustentáveis para suprir eletricidade para comunidades isoladas não devem ser as mesmas para as localidades interligadas.

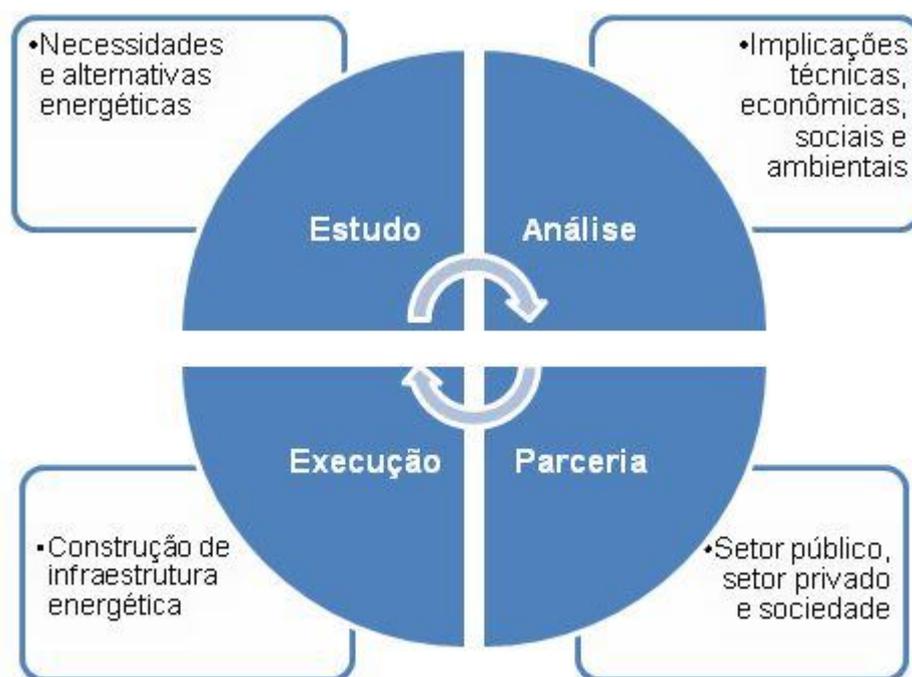


Figura 15: Esquema básico para o planejamento energético de Roraima

Fonte: Elaborado pelo autor.

Esta proposta deve ser vista como um elemento norteador do planejamento energético para o Estado de Roraima, com a participação efetiva da sociedade local, do setor produtivo, do setor público e dos demais atores sociais envolvidos nos projetos de infraestrutura de energia elétrica. Após ampla discussão, os resultados

devem ser transformados em programas, projetos, atividades e ações a serem executadas no horizonte de tempo contemplado pelo planejamento energético.

4.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As fontes renováveis para produção de energia elétrica são alternativas sustentáveis para reduzir o impacto ao meio ambiente. Mas, ao mesmo tempo, garantir o suprimento de eletricidade possibilita o desenvolvimento tecnológico experimentado pela humanidade nas últimas décadas.

Verificou-se a necessidade da realização de estudos para averiguar a viabilidade técnica, econômica e ambiental das diversas fontes renováveis para produção de energia elétrica em Roraima. A energia solar não dispõe de estudo específico e sistemático para analisar sua potencialidade. Já a energia eólica, com base nos poucos dados disponíveis, apresenta baixa potencialidade, mas poderia ser analisada com mais profundidade, através de um estudo específico no Estado.

A biomassa é objeto de estudo em Roraima, através de pesquisas da UFRR e da EMBRAPA, porém, ainda não foram apresentados resultados. Com relação à energia hidráulica, verifica-se que existe um grande potencial hídrico no Estado, mas não se refletiu em projetos de geração de energia elétrica para atender a demanda local. Em muitos casos, isso ocorre devido às barreiras ambientais para construção de hidrelétricas na região Amazônica.

Como estratégia para garantir a segurança energética de Roraima, na busca do desenvolvimento econômico e social local, é fundamental a utilização do planejamento energético como ferramenta norteadora das ações a serem executadas visando garantir o suprimento de energia elétrica contínuo, seguro, viável e sustentável.

5 CONCLUSÃO

Os recursos naturais relacionam-se com várias áreas do conhecimento. No caso da ciência econômica, o vetor ambiental passou a ser incorporado em suas análises a partir de 1970, com o surgimento da disciplina Economia dos Recursos Naturais, após a crise do petróleo de 1973. Foi quando se observou que a utilização de recursos naturais no processo produtivo gera externalidades negativas para toda a sociedade. Portanto, o sistema de mercado deve criar os mecanismos para internalizar o custo da utilização desses recursos.

A energia é um componente essencial para o bem estar da sociedade e um insumo imprescindível em todas as cadeias produtivas, que o tornam um dos vetores mais importantes do processo de desenvolvimento da sociedade moderna. Ao longo dos séculos, a humanidade criou mecanismos de aproveitamento, conversão e conservação de energia a partir dos recursos naturais disponíveis no planeta, para suprir suas necessidades básicas.

Podem ser encontradas na natureza diversas fontes de energia, algumas renováveis e outras não-renováveis, com a possibilidade de armazenamento ou não. Deve ser priorizada a utilização de fontes renováveis de energia para conciliar o desenvolvimento econômico e social ao uso eficiente e sustentável dos recursos naturais disponíveis.

Cabe destacar que a disponibilidade de recursos energéticos é limitada e que algumas tecnologias utilizadas, para o aproveitamento destas fontes, possuem custo elevado, impossibilitando sua utilização comercialmente. Por isso, ocorre o aumento da utilização de fontes de energia cujas tecnologias de aproveitamento já são conhecidas e os custos, menores; mesmo que não sejam renováveis.

O investimento e manutenção da infraestrutura, principalmente de energia, água, transporte e comunicação, influenciam positivamente no desenvolvimento de uma região, conforme diversos estudos realizados sobre o tema. Compreende-se por infraestrutura, o conjunto básico de bens e serviços que são disponibilizados ao ser humano, para integrá-lo socialmente e criar as condições para o acesso ao desenvolvimento econômico e social.

Dentro do contexto da infraestrutura, a energia, particularmente, contribui para a elevação do produto, aumentando a produtividade e estimulando o investimento e o emprego. Não se pode imaginar um processo de desenvolvimento econômico e social, sem a disponibilidade de uma estrutura energética confiável e limpa.

A matriz de energia elétrica do Brasil, com base em fonte hidráulica, é considerada a mais limpa do mundo. Porém, a região Norte possui uma infraestrutura elétrica vulnerável, pois, a maioria de seus Estados não está interligada ao SIN, o seu potencial hidráulico é pouco aproveitado e a geração, a partir de termelétricas, é representativa.

Nesta realidade, está inserido Roraima, onde a energia elétrica disponível é composta pela importação proveniente da Venezuela, pela geração de energia através de uma usina hidrelétrica e de várias usinas termelétricas a óleo diesel. A capital do Estado, Boa Vista, e os municípios interligados são atendidos pela energia importada. A usina hidrelétrica atende as sedes de três municípios e as termelétricas atendem os demais municípios e localidades mais distantes.

Observa-se que Roraima possui uma grande dependência da energia elétrica importada da Venezuela, bem como do parque térmico a óleo diesel que atende diversos municípios e localidades mais isoladas. Esta constatação posiciona o Estado em uma situação de relativa falta de segurança energética, pois mesmo que a energia importada seja, de certa forma, limpa, possui um alto risco de continuidade, devido à instabilidade que, por diversas vezes, se verifica no país vizinho, além do risco ambiental proveniente da utilização de energia produzida através de termelétricas a óleo diesel.

Para reduzir o impacto ao meio ambiente e, ao mesmo tempo garantir o suprimento de energia elétrica para Roraima, é imprescindível realizar estudos para averiguar a viabilidade das diversas fontes renováveis, para produção de energia elétrica no Estado.

A energia solar não dispõe de estudo específico e sistemático para analisar sua potencialidade, mas apresenta uma variação da radiação solar elevada. Com relação à energia eólica, os poucos dados disponíveis demonstram baixa potencialidade, à exceção de uma pequena faixa ao norte do Estado. A biomassa está sendo pesquisada pela UFRR e EMBRAPA, porém, ainda não foram apresentados resultados. E com relação à energia hidráulica, observa-se no Estado um grande potencial hídrico, mas que não se refletiu em projetos de geração de

energia elétrica para atender a demanda local; em muitos casos, devido às barreiras ambientais para construção de hidrelétricas na região Amazônica.

Através deste estudo, verificou-se que a infraestrutura energética do Estado de Roraima, atualmente disponível, não fornece o suporte necessário e confiável para um processo de desenvolvimento sustentável, sendo necessária a efetivação de políticas públicas para o setor, com base em um planejamento energético para o Estado, o qual considere os aspectos econômicos, técnicos, legais, sociais e ambientais.

Com o objetivo de criar condições favoráveis para um processo de desenvolvimento sustentável em Roraima, recomenda-se algumas estratégias, entendidas como subsídios básicos, para construção de uma política energética para o Estado:

- a) Realizar planejamento energético;
- b) Efetivar políticas públicas com base em um planejamento energético, que considere os aspectos sociais, legais, econômicos e ambientais;
- c) Interligar todos os municípios à rede de transmissão de energia elétrica do Estado;
- d) Interligar a rede de transmissão de energia elétrica do Estado de Roraima ao Estado do Amazonas para, no futuro, participar do Sistema Interligado Nacional;
- e) Apoiar as iniciativas de conservação e uso eficiente de energia elétrica;
- f) Priorizar estudos de viabilidade do potencial energético de energia solar, biomassa e energia hidráulica, para diversificar a matriz de energia elétrica de Roraima;
- g) Utilizar o potencial hídrico do Estado através da implantação de PCH`s, para atender comunidades isoladas;
- h) Priorizar ações políticas para viabilizar o funcionamento, em médio prazo, do Sistema Hidrelétrico do Rio Cotingo.

Para que isso seja possível, é necessário investimentos, tanto públicos como privados, que priorizem as potencialidades energéticas de Roraima, analisando sua viabilidade econômica, técnica, legal, social e ambiental. Além disto, é necessário considerar as especificidades da realidade local e alicerçar o desenvolvimento

sustentável do Estado na diversificação de sua matriz de energia elétrica, através da utilização de fontes alternativas.

REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, Jaime de. Usina hidrelétrica do Rio Cotingo – Roraima. Disponível em: <http://www.ecoamazonia.org.br/Docs/usina_hidreletrica/sumario.php>. Acesso em: 21 fev. 2009.

ALONSO, José María García. “La energia en la economía mundial” in CHACÓN, Elvira Martínez; ALONSO, José María García (coords.). *Economía mundial*. Barcelona: Ariel, 2002, p. 217-240.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). *Atlas de energia elétrica do Brasil*. 1. ed. Brasília: Aneel, 2002.

_____. *Atlas de energia elétrica do Brasil*. 2. ed. Brasília: Aneel, 2005.

_____. *Atlas de energia elétrica do Brasil*. 3. ed. Brasília: Aneel, 2008.

ANÁLISE ENERGIA. Anuário 2009. São Paulo: Análise, n. 16, dez. 2008.

ASIF, M.; MUNEER, T. *Energynext term supply, its demand and security issues for developed and emerging economies*. Renewable and Sustainable Energy Reviews. n. 7, v. 11, p. 1388-1413, set. 2007.

BARBOSA, Luis Fabian Pereira. *Tributação ambiental: perspectivas para uma política de proteção ambiental no Brasil*. 2005. 181 p. Dissertação (Mestrado em Direito). Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005, p.119-159.

BIFANI, Paolo. *Medio ambiente e desarrollo sostenible*. 4. ed., rev. Madri: Instituto de Estudios Políticos para América Latina y Africa (IEPALA), 1999.

CALDERÓN, César; SERVÉN, Luis. *The effects of infrastructure development on growth and income distribution*. Central Bank of Chile. Working Papers. n. 270, set. 2004.

CAMARGO, C. Celso de Brasil; TEIVE, Raimundo C. Ghizoni. *Gerenciamento pelo lado da demanda: aspectos técnicos, econômicos, ambientais e políticas de conservação de energia elétrica*. Itajaí: UNIVALI Editora, 2006.

COASE, Ronald H. *The problem of social cost*. The Journal of Law and Economics. University of Chicago. n. 1, v. 3, p. 1-44, out. 1960.

ELETROBRÁS. *Plano de operação 2008: sistemas isolados*. Rio de Janeiro: Grupo Técnico Operacional da Região Norte, 2008.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). *Balanço energético nacional 2008*. Rio de Janeiro: EPE, 2008.

FAUCHEUX, Sylvie; NOËL, Jean-François. *Economia dos recursos naturais e do meio ambiente*. Lisboa: Instituto Piaget, 1995, p. 109-394.

FEARNSIDE, Philip Martin; BARBOSA, Reinaldo Imbrozio. *The Cotingo Dam as a test of Brazil's system of evaluating proposed developments in Amazonia*. *Environmental Management*, v. 20, n. 5, p. 631-648, 1996.

FRANCO, Sandra Maria Pereira. *Capital transnacional y recursos naturales: la industria del aluminio en la Amazonia Brasileña (políticas públicas e el proyecto Albras)*. Tesis Doctoral. Programa de Doctorado em Economía y Desarrollo Económico da Universidade de Barcelona: Barcelona, 2002, p. 93-132.

FURTADO, Celso. *Teoria e política do desenvolvimento econômico*. 10. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2000, p. 101-143.

JANNUZI, Gilberto de Martino; SWISHER, Joel. *Planejamento integrado de recursos energéticos: meio ambiente, conservação de energia e fontes renováveis*. Campinas-SP, Autores Associados, 1997, p. 1-82.

LI, Xianguo. *Diversification and localization of energynext term systems for sustainable development and previous termenergy securitynext term*. *Energy Policy*, n. 17, v. 33, p. 2237-2243, nov. 2005.

LJUNG, Per. *Energy sector reform: strategies for growth, equity and sustainability*. SidaStudies n. 20. Swedish International Development Cooperation Agency. Stockholm, Sweden: 2007

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). *Plano decenal de expansão de energia elétrica: 2006-2015*. Brasília: MME; EPE, 2006.

MUELLER, Charles C. *Os economistas e as relações entre o sistema econômico e o meio ambiente*. Brasília: Editora UNB: Finatec, 2007.

MUNASINGHE, Mohan. *Environmental Macroeconomics -- Basic Principles*. Internet Encyclopaedia of Ecological Economics. Munasinghe Institute for Development (MIND), Colombo, Sri Lanka: 2004. Disponível em: <http://cbey.research.yale.edu/uploads/File/Munasinghe_4.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2007.

NÓBREGA, Maílson da. *O futuro chegou: instituições e desenvolvimento no Brasil*. São Paulo: Globo, 2005, p. 58-107.

PEARCE, David W.; TURNER, R. Kerry. *Economía de los recursos naturales y del medio ambiente*. Madrid: Celeste Ediciones, 1995.

REIS, Lineu Bélico dos; FADIGAS, Eliane A. Amaral; CARVALHO, Cláudio Elias. *Energia, recursos naturais e a prática do desenvolvimento sustentável*. Barueri: Manole, 2005.

RIGOLON, Francisco José Zagari; PICCININI, Maurício Serrão. *Investimento em infraestrutura e a retomada do crescimento econômico sustentado*. Textos para Discussão (BNDES). Rio de Janeiro, n. 63, 1997. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/conhecimento/TD/td-63.pdf>>. Acesso em: 3 mar. 2007.

ROMERO, Carlos. *Economía de los recursos ambientales e naturales*. 2. ed. Madrid: Alianza Economía, 1997, p. 15-50.

SILVA, Mária Amélia Rodrigues da. "Economia dos Recursos Naturais" in MAY, Peter H.; LUSTOSA, Maria Cecília; VINHA, Valéria da (org.). *Economia do meio ambiente: teoria e prática*. 4. reimp. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003, p. 33-60.

SOUZA, Nali de Jesus de. *Desenvolvimento econômico*. 5. ed. 2. reimpr. São Paulo: Atlas, 2007.

STRAUB, Stéphane. *Diversification infrastructure and growth in developing countries: recent advances and research challenges*. Policy Research Working Paper. The World Bank. n. 4460, jan. 2008.

SUPERIOR TRIBUNAL FEDERAL. *STF impõe 19 condições para demarcação de terras indígenas*. Disponível em: <<http://www.stf.jus.br/portal/cms/verNoticiaDetalhe.asp?idConteudo=105036&tip=UN>>. Acesso em: 29 mar. 2009.

SWEENEY, James L. *Energy economics*. International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences. p. 4513-4520, nov. 2001.

VARGAS, Paulo Rogério. *O Insustentável Discurso da Sustentabilidade*. Redes. vol. 1, n. 1, jul/97, p. 105-131. Santa Cruz do Sul: Unisc, 1997.

VEIGA, Jose Eli da; ZATZ, Lia. *Desenvolvimento sustentável: que bicho é esse?* Campinas-SP: Autores Associados, 2008.

VIANNA, João Nildo de Souza. "*Energia e meio ambiente no Brasil*" in Bursztyn, Marcel (org.) et al. *A difícil sustentabilidade: política energética e conflitos ambientais*. 2. ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2001, p. 167-186.

WALISIEWICS, Marek. *Energia alternativa: solar, eólica, hidrelétrica e de biocombustíveis*. São Paulo: Publifolha, 2008

WEIL, David N. *Crescimento económico*. Madrid: Pearson, 2006, p. 468-503.