

UMA ANÁLISE SISTÊMICO-AMBIENTAL SOBRE A ATUAL CRISE ENERGÉTICA BRASILEIRA

Eduardo Leite Krüger¹
Ronaldo de Oliveira Corrêa²
Marcelo Rodrigues³
Liliane Iten Chaves⁴

1. INTRODUÇÃO: A RELAÇÃO HOMEM-NATUREZA

A primeira idéia a respeito da Natureza está relacionada à magia. Havia um sentido moral nesta interpretação, pois baseava-se numa relação de punição e recompensa do Homem em relação aos fenômenos naturais. Neste particular, observa-se que, até mesmo nas questões do cotidiano, como por exemplo na doença, esta era vista como uma punição advinda de entidades mágicas: “a doença começa por ser punição” (Lenoble, 1990, p.43); visão esta que perdurou até o século XVII, com a denominação de algumas doenças segundo o nome dos santos responsáveis por sua cura (La Mothe Le Vayer *apud* Lenoble, *op. cit.*, p.36).

Para o Homem primitivo, a magia proporcionava algum conforto e segurança, como se ela lhe servisse de apoio sólido do mundo e ele não precisasse ser dono de si, projetando, assim, suas necessidades e desejos na Natureza. Neste sentido, os fenômenos físicos são considerados como sinal de uma vontade moral superior, a idéia do bem. Sendo assim, numa visão “antropocêntrica”, o Homem primitivo acreditava que a Natureza não está desvinculada de seu destino e medos: “a culpabilidade misteriosa, mas certa que é a única que “explica” a doença, o medo dos outros e dos seus sortilégios, o medo de si e dos malefícios que se projetam sem desejar” (Lenoble, *op. cit.*, p.50).

Entretanto, não existe o acaso para o Homem primitivo – nada acontece por acaso, tudo depende do destino dos homens, havendo o que Lenoble denomina *sobredeterminismo mágico*, que é finalista e mais que o acaso, estendendo-se aos homens e às coisas.

-
- ¹ Prof. Dr. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia / Departamento de Construção Civil Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná - CEFET-PR
 - ² Mestre pelo PPGTE, doutorando pelo Programa de Pós-graduação Interdisciplinar em Ciências Humanas da UFSC.
 - ³ Professor do Departamento de Eletro-técnica, mestre pelo Programa de Pós-graduação em Tecnologia.
 - ⁴ Professora do Departamento de Eletro-técnica, mestre pelo Programa de Pós-graduação em Tecnologia.

Portanto, “a primeira idéia que os homens formaram da Natureza foi uma idéia moral, mas adaptada a uma moral horrivelmente atormentada pela culpabilidade e pelo temor” (Lenoble, *op. cit.*, p.54). Esta idéia de moral atormentada e mágica perdura até os gregos, quando o Homem toma consciência de si mesmo. Dá-se a criação de leis, que servirão de suporte à compreensão do Homem, à organização da sociedade, e a uma nova idéia de Natureza. “O Homem civilizado não é simplesmente aquele que pertence a um grupo, pois este grupo pode ser bárbaro, mas aquele que aceita as leis do grupo conscientemente e salvaguardando a sua interioridade” (Lenoble, *op. cit.*, p.56).

Essa passagem do mágico para o “racional” não se dá de maneira direta, mas se desenrola de um estágio mágico obscuro e medroso para um mito fecundo e benéfico que vai de certa forma livrar a alma dos homens do peso de ser o “lugar de passagem de forças estranhas, [para] que ganhasse uma certa consciência para conquistar o direito de descobrir, na Natureza, “fatos” definidos de uma ordem objetiva” (Lenoble, *op. cit.*, p.56).

Em linhas gerais, Sócrates tenta ver a ordem no indivíduo (seu interesse central é o Homem e a consciência): “era necessário que o Homem assegurasse primeiro sua própria consistência para poder virar-se sem perigo para essa Natureza que durante tanto tempo o iludira” (Toynbee citado por Lenoble, *op. cit.*, p.59). Platão vem procurar esta ordem na sociedade. Sua obra vem rematar o que Sócrates havia iniciado: tornar o Homem livre das superstições e da magia, tornando a consciência um “fato coerente e um princípio de explicação da Natureza” (Lenoble, *op. cit.*, p.66). Aristóteles, por sua vez, entra em contato com o mundo físico – a Natureza (a física aristotélica, o aristotelismo), sendo sua contribuição maior a de ver a possibilidade das coisas passarem a existir, “a manter-se diante do Homem, já não como os símbolos do pensamento mágico, nem como as “sombras” de Platão [...], mas como seres dotados de uma alteridade radical” (Lenoble, *op. cit.*, p.68).

A mitologia, que a princípio era libertadora, torna-se limitante de cada um destes filósofos nas suas buscas por uma idéia de Natureza e para a construção do conhecimento. Neste sentido, a física de Aristóteles não se desvincula totalmente da magia - agora mito. É feita a distinção entre a física terrestre (desenvolvida a partir das experiências do senso comum, de domínio dos homens) e a física celeste (sujeita a leis independentes, de domínio dos deuses). Apesar da física terrestre estar comprometida com o mundo físico, objetivo, a metafísica de Aristóteles, que indica a situação do “Homem perante a Natureza”, propõe uma noção de ordem e do Bem, onde tudo tende à perfeição e ao repouso. A partir daí, a física aristotélica

aliada à Teologia judaico-cristã irá compor a síntese escolástica da Idade Média, que será severamente abalada pela revolução mecanicista do século XVII.

Seria necessário neste ponto fazer uma distinção entre os conceitos de ciência e arte (técnica) até então aceitos. Desde os gregos, o pensar e o fazer eram separados por um abismo: de um lado o sábio, homem livre, preocupado com a busca do conhecimento, de outro o artesão, escravo, preocupado com as técnicas para a produção e aperfeiçoamento de utensílios. Esta dicotomia é tão marcante, neste período, que um princípio aceito desde de então afirmava que nenhuma arte humana seria possível imitar a originalidade da Natureza (Lenoble, *op. cit.*, p.259).

A publicação dos *Diálogos sobre os Dois Principais Sistemas do Mundo*, em 1632, por Galileu Galilei foi, segundo Lucie (1979, p.29), “o ponto culminante de uma luta de mais de vinte anos contra o mito Aristotélico perpetuado pela escola medieval com o apoio da Igreja Católica”. O legado deixado por Galileu se configura como a estruturação do método científico, que propõe a criação de modelos teóricos abstratos elaborados por um investigador da Natureza a respeito de um fenômeno observado (Lucie, *op. cit.*, p.30). Desta concepção de conhecimento do mundo real surge uma nova atitude do Homem em relação à Natureza, relação esta, que tem como princípio “conhecer é fabricar”, e onde a arte de fabricar torna-se protótipo da ciência, elevando o engenheiro ao status de sábio.

Em conseqüência disso, o Homem deixa de contemplar a Natureza como uma criança que olha a mãe; passando a partir deste momento a querer dominá-la e recriá-la, tentando assumir o lugar do “engenheiro divino”. Nesta visão, a Natureza passa a ser vista como uma máquina, na qual a Ciência se torna a técnica de exploração da Natureza pelo Homem, estando as leis naturais desvinculadas do destino do Homem. Esta relação passa a ocorrer através da dominação da Natureza pelo Homem, com total ausência de culpa.

Neste momento histórico (séc. XVII), verifica-se uma desvalorização dos ideais religiosos em favor de ideais científicos. Em razão disso, a Igreja consente em acolher a Ciência a partir da revolução da Física, havendo uma aliança entre Igreja e ciência. Neste particular, Descartes e Bacon consideram que, já no Paraíso, Deus deu ao Homem o direito de dominar a Natureza. Para Descartes:

“Deus instalou o Homem, feito à sua imagem, como o representante de uma outra essência, infinitamente mais digna que a primeira: o pensamento. A alma serve-se do corpo como o piloto do seu navio, para o dirigir; e a bordo

Revista EDUCAÇÃO & TECNOLOGIA

Periódico Técnico Científico dos Programas de Pós-Graduação em Tecnologia dos CEFETs-PR/MG/RJ

da nave do mundo, por si vazio de intenção e de finalidade, o Homem é o piloto através do qual o mundo pode servir o plano de Deus” (Lenoble, op. cit., p.267).

Embora essa aliança entre Igreja e Ciência acabe não se mostrando duradoura no século seguinte, as conseqüências da relação Homem-Natureza iniciada na era das revoluções científicas do séc. XVII culminarão na Revolução Industrial. A Natureza passa a ser vista então como simples objeto de exploração. O ápice se dá com a industrialização, que se configura no final do século XVIII e início do XIX como uma “ferramenta a ele [Homem] entregue sem uma nota a explicar o seu modo de emprego” (Lenoble, *op. cit.*, p.279).

Com a Revolução Industrial, configura-se então uma íntima ligação entre capitalismo e Ciência Moderna, onde é reforçada essa relação mecanicista do Homem com a Natureza. Esta continua sendo vista como máquina, objeto mecânico:

“A visão de mundo comum, subjacente às diversas formas de objetivação, é uma visão mecanicista. Isso porque somente objetos mecânicos se deixam objetivar e manipular inteiramente [...]. A ciência reduz os processos naturais a um nexu mecânico” (Kurz, 2001).

Em razão desse mesmo reducionismo, permite-se nos dias de hoje a interferência das ações humanas na Natureza e, quando os limites naturais são atingidos, considera-se a criação de uma “outra Natureza” modelada pela Ciência, “a própria vida deve ser decomposta em seus elementos constitutivos e transformada para criar uma “outra biologia”, independente da evolução natural terrestre” (Kurz, 2001). Em um plano diverso, na Arquitetura, a ruptura com os padrões construtivos tradicionais é bastante visível com a introdução de novos materiais, industrializados, nas edificações. A disseminação desses modelos teve grande incremento com as exposições mundiais do séc. XIX, e a adição de sistemas de iluminação e climatização artificiais, mais notadamente no séc. XX, veio a acentuar essa nova visão da Arquitetura. Nela, o ambiente habitado pelo Homem é regulado mecanicamente ou totalmente automatizado (edifícios “inteligentes”), sendo independente de seu entorno, naturalmente às custas de grandes insumos energéticos e de impactos ao meio ambiente.

As conseqüências desta forma de pensar se fizeram notar no século passado, suscitando diversos questionamentos com relação ao progresso tecnológico. Em 1983, a Organização das Nações Unidas (ONU) estabeleceu a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, que teve como objetivos: reexaminar as questões relativas ao meio ambiente, formular propostas para abordá-las e orientar organizações

Revista EDUCAÇÃO & TECNOLOGIA

Periódico Técnico Científico dos Programas de Pós-Graduação em Tecnologia dos CEFETs-PR/MG/RJ

formais e não formais no sentido das mudanças necessárias, incentivando-as a uma ação conjunta.

Decorrente destes objetivos, foram estruturadas estratégias que configuram uma Agenda Global para Mudança, baseada numa análise e discussão do problema do desenvolvimento econômico e sua relação com o meio ambiente. A Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento propôs, então, metas para um desenvolvimento sustentável a ser alcançado pelos países industrializados e pelos em desenvolvimento. No relatório elaborado pela Comissão em 1988 (Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, 1988), reconheceu-se a interdependência entre economia e ecologia, configurando a complexidade e os limites do sistema a ser analisado. Neste quadro, é legado à nova tecnologia o papel de agente propulsor e mantenedor do desenvolvimento. Alguns pontos que nos parecem relevantes neste relatório são os seguintes:

1. a percepção de que existe uma forte interação entre economia e ecologia;
2. a percepção de que existem recursos limitados na Natureza;
3. o conflito existente entre as necessidades e as ambições humanas;
4. os entraves institucionais quanto à criação de mecanismos de controle do sistema global.

Odum (1988) define duas visões antagônicas do mundo moderno, sendo uma delas tecnocrática e outra baseada em novos modelos. Nesta última, incluem-se modelos formados pela ótica ambientalista, que reforçam a idéia de que vivemos em um mundo de recursos limitados com enormes desníveis (nutricionais, econômicos, políticos, educacionais, dentre outros), que dificultam o equilíbrio do sistema global. Através de novos modelos de desenvolvimento, pode-se vislumbrar os seguintes caminhos para o tratamento de sistemas complexos: abordagem cooperativa, visão do problema no contexto sistêmico e definição de uma liderança global representativa para atuar em questões fundamentais ao funcionamento e manutenção do mais importante sistema existente no planeta: a Biosfera.

2. ENERGIA E DESENVOLVIMENTO

Em sistemas naturais, o fluxo energético aumenta de acordo com a complexidade evolutiva do próprio sistema. Isto é bem visível na evolução de sistemas que dependem unicamente de energia solar, ou ainda dos que contam com subsídios antropocêntricos. O surgimento dos primeiros

aglomerados humanos sedentários (agricultores) acentuou a especialização do trabalho e uma organização das tarefas, passando a haver a produção de alimentos e fibras sustentados por combustíveis auxiliares ou por outras formas de energia fornecidas pelo homem, intensificando-se o uso de energia. Esta evolução conduziu às sociedades industriais que utilizam energia combustível em substituição ao uso direto e exclusivo de energia solar. Na atualidade, sistemas pós-industriais utilizam formas de energia consideradas de alto nível por sua diversidade de aplicação. Na Figura 1, é apresentado um panorama desta evolução em que se nota o aumento do consumo *per capita* em função desta evolução histórica. A figura mostra, também, a distribuição deste consumo em relação a determinados setores (comida, casa, comércio, indústria e agricultura e transporte).

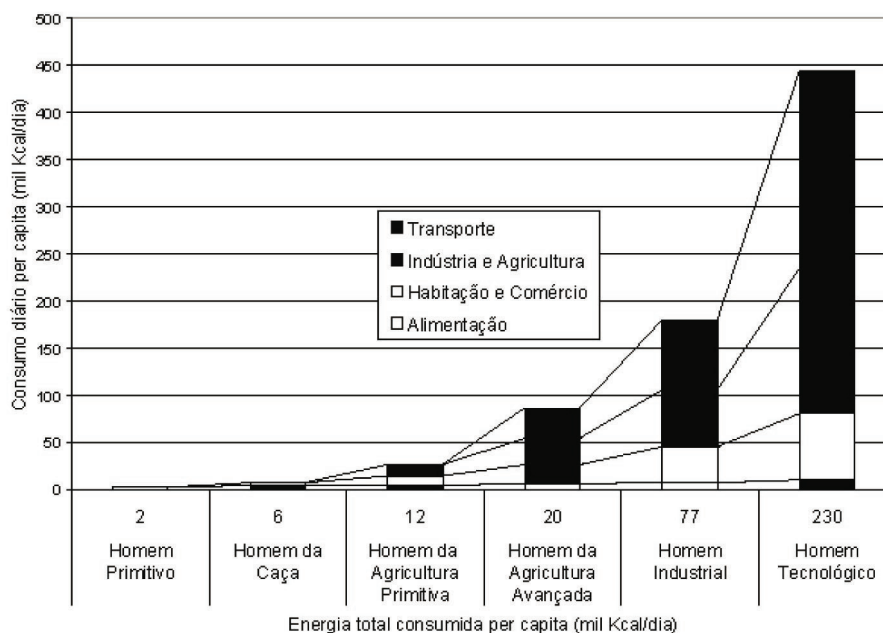


Figura 1: Evolução do consumo de energia per capita em função do estágio de desenvolvimento (Cook apud Goldemberg, 1996).

Outro fator relevante nesta análise é a distribuição do consumo de energia em diferentes regiões do globo, sistematizado na Tabela 1, onde se observa que as economias de maior atividade industrial exigem um maior consumo de energia. Nota-se que existe uma relação direta entre crescimento industrial e demanda de energia.

**Tabela 1: Consumo de energia *per capita* em diferentes regiões do Globo
(Banco Mundial *apud* Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e
Desenvolvimento, 1988)**

Região	PNB <i>per capita</i> (US\$)	Consumo de energia <i>per capita</i> (kW)	População (milhões de habitantes)	Consumo total (TW)
Renda baixa	210	0.41	2390	0.99
África subsaariana	260	0.08	258	0.02
Renda média	1250	1.07	1188	1.27
Média baixa	740	0.57	691	0.39
Média alta	1950	1.76	497	0.87
África subsaariana	680	0.25	148	0.04
Exportadores de petróleo (renda alta)	11250	5.17	19	0.10
Economias industriais de mercado	11430	7.01	733	5.14
Economias de planejamento centralizado (Leste Europeu)	-	6.27	389	2.44
Mundo	-	2.11	4718	9.94

Existem estudos, com referencial teórico-científico, que apresentam relações entre energia e expectativa de vida, taxas de mortalidade infantil, de natalidade e de analfabetismo, dentre outros fatores. Consideramos, porém, que estas relações não ocorrem de forma necessariamente direta. Há padrões de desenvolvimento que não seguem estritamente este modelo, como, por exemplo:

- Adoção de estratégias de conservação e uso eficiente de fontes renováveis à partir do uso direto da energia solar. A conservação e o uso eficiente de energia passa por questões como educação e conscientização, estando sujeitos à aplicação de políticas de incentivo a conservação e co-geração, com conseqüente diminuição de perdas na geração, transporte e uso de energia;
- Desenvolvimento baseado no uso de tecnologias mais apropriadas, onde são aproveitados potenciais locais (recursos

materiais, energéticos, de pessoal e de conhecimento), o que leva a uma maior autonomia da população envolvida.

3. A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO CASO BRASILEIRO

De acordo com o Balanço Energético Nacional de 2000 (MME, 2000), energia primária é definida como sendo o aproveitamento direto das fontes naturais (petróleo, energia hidráulica, gás natural). A partir daí, nos centros de transformação (usinas, refinarias), esta energia primária é convertida em fontes de energia secundária (gasolina, óleo diesel, eletricidade etc.), com respectivas perdas na transformação.

Quanto à produção de energia primária no Brasil, em 1999, 24% correspondem a produção de energia não-renovável, sendo o petróleo responsável por 27,3% desse total, seguido pelo gás natural com 5,7%. Já as fontes renováveis compreendem 66% da produção primária, detendo a energia hidráulica 41,9% desse total. O total de energia primária produzida no Brasil é de 203×10^6 tep⁵.

Quanto à produção de energia secundária, processada nos centros de transformação, do total produzido de 188×10^6 tep, 51,28% correspondem à eletricidade, 13,66% óleo diesel, 7.8 % gasolina, sendo estas as três principais. A geração de eletricidade no Brasil era composta em 1999 por 93% de geração hidráulica, 6% térmica e 1% nuclear.

Com relação à geração hidrelétrica, a característica principal dessa opção de base energética é o fato de ser renovável. No Brasil, o que reforça esta escolha é a constituição de uma bacia hidrográfica generosa. Entretanto, os rios brasileiros, além de apresentarem baixa declividade, obedecem a ciclos hidrológicos muito variáveis, o que torna necessária a regulamentação de seus regimes através de grandes reservatórios (Pinguelli Rosa *et al.*, 1988, p.186).

Desta forma, a opção adotada pelo país foi a produção centralizada em grandes unidades geradoras, o que gera diversos impactos, sociais e ambientais, tais como:

1. Adesapropriação de terras (produtivas ou não) e o deslocamento da população residente;
2. o alagamento de grandes áreas com conseqüente destruição

⁵ Tonelada Equivalente em Petróleo – tep. Coeficiente determinado com base na quantidade de óleo combustível necessário para produzir a mesma quantidade de energia elétrica de origem hidráulica em uma central térmica convencional à óleo (MME, 2000).

de ecossistemas;

3. submersão de sítios arqueológicos e perda de recursos naturais e paisagísticos (no caso de Itaipú, o “Salto das Sete Quedas”);
4. riscos de disseminação de doenças transmissíveis como a esquistossomose;
5. riscos de acidentes com barragens, que podem se dar por rompimento da mesma⁶ ou pela abertura das comportas com água passando pelos vertedouros (Pinguelli Rosa *et al.*, 1988, p.182-183).

4. A CRISE ENERGÉTICA BRASILEIRA ATUAL

Dois focos centrais parecem ser agravantes para a crise atual de suprimento de energia:

1. questões institucionais, em razão da passagem do modelo estatal de geração elétrica para o privado (o desmonte do sistema);
2. as mudanças climáticas globais.

A vocação nacional para a geração de energia por hidrelétricas se apresentou já no ano de 1883, em Minas Gerais, onde a mineradora Santa Maria construiu e explorou a primeira UHE (Unidade de Produção de Energia Hidrelétrica).

A capacidade instalada no Brasil, em 1900, era de 12085 kW e, nesse período, já estavam instalados os serviços públicos de energia elétrica em várias cidades brasileiras, sendo estas usadas para iluminação, força e tração elétrica. Até a década de 50, apesar de várias empresas de pequeno porte estarem envolvidas na produção de energia elétrica, duas empresas transnacionais foram os principais agentes da estruturação do setor elétrico nacional (geração e distribuição): uma empresa de origem canadense fundada em 1899, a *Brazilian Traction Light & Power* (LIGHT), e a de origem norte-americana estabelecida no País em 1924, a *American Foreign Power Company* (AMFORP), controlada pela também norte-americana *Electric Bond and Share Company* (EBASCO). Em paralelo ao movimento da iniciativa privada foi sendo estabelecida uma estrutura estatal que, em 1934, inaugurou o *Código das Águas*, sancionado pela Presidência da República na gestão do então presidente Getúlio Vargas, que, em linhas

.....
⁶ Esses riscos não são tão negligenciáveis assim. Em comparação com reatores nucleares, a probabilidade de ocorrer um acidente nuclear é de 10^{-5} por reator/ano e de 10^{-4} rompimentos por barragem/ano (Pinguelli Rosa *et al.*, 1988, p.182).

gerais, incorpora as quedas d'água ao patrimônio da União, devendo seu aproveitamento ser submetido à concessão por parte do governo federal. Em 1939, é criado o Conselho Nacional de Águas e Energia (CNAEE), para sanear os problemas de suprimento, regulamentação e tarifas referentes à indústria de energia elétrica do país. Entre os anos de 1940 e 1948, as relações entre as iniciativas pública e privada passaram por um processo extremamente complexo devido aos conflitos da Segunda Guerra Mundial onde foram interrompidas as importações de equipamentos elétricos. Neste mesmo período, o crescimento do consumo foi de 179% em relação à ampliação da capacidade instalada, que foi de apenas 18%. Houve, também, entre 1951 e 1956 uma estiagem muito grande, com cinco anos de poucas chuvas em praticamente todo o território nacional, ocasionando um período de racionamento de energia. Neste período, o setor elétrico nacional se encontrava prioritariamente sob o controle privado, que não tinha por política investimentos em infraestrutura. Em meio a esta crise, é criada, em 1957, a Central Elétrica de Furnas S.A., com objetivo expresso de aproveitar o potencial hidrelétrico do Rio Grande para solucionar a crise de energia na Região Sudeste. Em 1960, o então presidente Juscelino Kubitschek, com sua política desenvolvimentista, cria o Ministério das Minas e Energia (MME). A Eletrobrás (Centrais Elétricas Brasileiras S.A.), criada em 1962, organizou-se em torno de uma *holding* formada por empresas federais, estaduais e algumas privadas. Esta empresa de economia mista tornou-se a partir daí responsável pelo planejamento, financiamento e execução da política de energia elétrica no Brasil. A articulação para produção hidrelétrica construída neste período foi a de dividir o empreendimento de produção de uma UHE em três processos: estudos preliminares e projeto, construção civil da barragem e a fabricação dos equipamentos elétricos. Para atender a esta estrutura, formou-se um oligopólio integrando algumas empresas que rateavam as obras que seriam executadas, conforme Pinguelli Rosa *et al.* (1988, p.35):

“...as condições e características do processo de produção de uma UHE impõem um nível de capacitação (técnica e econômica) que qualifica apenas um pequeno número de empresas, ou seja, que instala em cada segmento, uma estrutura oligopolística. O conluio entre essas poucas empresas resulta em uma poderosa barreira à entrada de novos concorrentes e tende a consolidar, progressivamente, um poder de mercado de tipo horizontal, isto é, quando tudo funciona como se, em cada segmento, houvesse apenas uma única empresa.”

Com a crise de abastecimento da década de 50 ainda recente, foi

Revista EDUCAÇÃO & TECNOLOGIA

Periódico Técnico Científico dos Programas de Pós-Graduação em Tecnologia dos CEFETs-PR/MG/RJ

concebido um sistema onde os reservatórios funcionam como uma espécie de poupança energética para compensar as variações das precipitações ocorridas a cada ano, mantendo-se reservas suficientes para cinco anos de operação nominal com uma taxa de risco de 5%. Sempre que se atingia esta taxa, construía-se uma nova usina. Além destes estoques reguladores nos reservatórios, foram também montadas interligações por meio de grandes linhas de transmissão possibilitando o envio de enormes quantidades de energia de uma região do País para outra, de acordo com a necessidade requerida pelo sistema.

Cabe também lembrar que em a Eletrobrás adquiriu as duas maiores empresas privadas do setor elétrico, a EBASCO em 1964 e a LIGHT em 1979, seguindo uma política de estruturação nacional com todo o setor interligado.

Com a política de privatizações iniciada na década de 90 pelo governo federal, houve uma drástica desestruturação do sistema existente, pois foram divididas as grandes empresas em lotes menores para participarem dos leilões para venda, e os investimentos para novas usinas hidrelétricas foram cortados bruscamente. Em decorrência desta nova realidade, os reservatórios das barragens foram sendo usados para se compensar o aumento da demanda de energia, aumentando a taxa de risco sem a contrapartida da construção de novas usinas hidrelétricas. A situação se agravou em decorrência da ausência de chuvas, causando sérios abalos à referida poupança energética de 5 anos.

Quanto ao segundo foco apontado, a geração de energia a partir de usinas hidrelétricas, sem levar em conta particularidades brasileiras, como a variabilidade dos ciclos hidrológicos, depende do ciclo das águas; isto é, de processos climáticos que regulam o ciclo de evaporação e precipitação das águas. Em razão de mudanças climáticas verificadas no planeta nas últimas décadas, mais particularmente desde 1990, instabilidades no ciclo das águas têm efeito direto na geração de energia por meio de hidrelétricas. Assim, períodos de seca prolongados, como os que vêm ocorrendo em algumas regiões do País, conduzem a níveis de reservatórios mais baixos, com prejuízos à geração de energia.

Há comprovações científicas da origem antropogênica do aquecimento global. Segundo recente relatório do *Intergovernmental Panel on Global Climate*, financiado pelas Nações Unidas, a temperatura média da Terra em 2100 poderá sofrer um acréscimo de até 5.8°C (Kerr, 2001), estando este aquecimento presente também nos oceanos (Barnett *et al.*, 2001), com conseqüentes impactos no clima global. No meio natural, impactos já vêm sendo notados até mesmo nos ciclos migratórios de

pássaros (Sillett *et al.*, 2000), o que nos mostra o quão inter-relacionado é o sistema da Biosfera.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Numa análise histórica, vimos que a relação do Homem com a Natureza desenvolveu-se num sentido utilitarista, em que os recursos naturais existem para ser explorados e usufruídos de modo a garantir as necessidades e o bem-estar do Homem. Nesta concepção, com relação à exploração de recursos energéticos, verifica-se uma completa desconsideração de limites naturais no esforço continuado para a manutenção do bem-estar do Homem. Assim, tanto as características das fontes primárias quanto a quantidade de energia a ser gerada são pouco consideradas, de forma que se atenda a um apetite voraz por insumos energéticos. Como conseqüências, fontes não-renováveis são exploradas até sua exaustão e centrais elétricas de grande porte são construídas, gerando impactos sócioambientais e centralizando a geração, com consideráveis perdas na transmissão. Até mesmo no caso das fontes renováveis, essa voracidade energética se confirma, quando do planejamento de centrais solares em pleno deserto ou, no caso brasileiro, de centrais hidrelétricas de grande porte em regiões distantes dos grandes centros.

Enquanto que, numa esfera global, a questão do aquecimento do planeta vem sofrendo entraves dos mais diversos, havendo freqüentemente conflitos entre interesses nacionais e necessidades globais. No Brasil, quanto à geração de energia elétrica, consideramos como quatro as principais estratégias, abaixo relacionadas por ordem de importância:

- numa esfera mais abrangente, deve-se instituir uma mudança estratégica em favor de novos padrões de desenvolvimento, nos quais se dê uma relação sinérgica e não exclusivamente de exploração entre Homem e Natureza;
- em um segundo plano, devem ser estimuladas estratégias de conservação e uso racional de recursos energéticos. Isso significa usá-los de forma mais eficiente, otimizando máquinas e processos e aproveitando potenciais que poderiam de outra forma significar perdas, como no caso da co-geração;
- em seguida, quanto às fontes renováveis, deve-se incrementar uma maior participação destas na matriz energética brasileira, diversificando a geração de energia. Neste particular, deve-se considerar o caráter estratégico de favorecer investimentos em

P&D em áreas de grande potencial de geração, tais como:

- a costa brasileira, com 7367 km de extensão, oferece condições para a exploração de potenciais eólicos, que se favorecem do ciclo dos ventos, ocasionado pelo aquecimento diferenciado da terra e do mar, e de fontes oceânicas, como a energia das ondas, oceanotérmica e maremotriz;
 - o Brasil, particularmente o Nordeste brasileiro, com cerca de 2000 horas anuais de sol (Szokolay, 1978, p.18), apresenta excelentes condições para a exploração da energia solar;
 - o uso de biomassa, especialmente no Nordeste brasileiro, poderia ser intensificado.
- Como último recurso apenas, deve-se ampliar o uso de fontes não-renováveis. Quanto a este aspecto, a opção vislumbrada pelo País com a instituição do PPT (Programa Prioritário de Termelétricas), além de problemas tarifários, poderá, com a queima do gás, trazer ainda mais complicações para a estabilidade do clima global.

6. REFERÊNCIAS

- BARNETT, T.P.; PIERCE, D.W.; SCHNUR, R.. Detection of Anthropogenic Climate Change in the World's Oceans. **Science**, Washington, v. 292, p. 270-274, abr. 2001.
- COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso Futuro Comum**. Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas, 1988.
- GOLDEMBERG, J. **Energy, Environment and Development**. London: Earthscan, 1996.
- KERR, R.A. Rising Global Temperature Rising Uncertainty. **Science**, Washington, v. 292, p. 192-194, abr. 2001.
- KURZ, R. **Natureza em Ruínas**. Folha de São Paulo, 17 jun. 2001.
- LENOBLE, R. **História da Idéia da Natureza**. Lisboa: Edições 70, 1990.
- LUCIE, P. **Física Básica – Mecânica** Rio de Janeiro: Campus, 1979.
- MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. **Balço Energético Nacional**. Brasília: MME, 2000.
- ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988.
- PINGUELLI ROSA, L.; SIGAUD, L., MIELNIK, O. **Impactos de Grandes Projetos Hidrelétricos e Nucleares**. Rio de Janeiro: Marco Zero, 1988.

SILLETT, T.S.; HOLMES, R.T.; SHERRY, T.W. Impacts of a Global Climate Cycle on Population Dynamics of a Migratory Songbird. **Science**, Washington, v. 288, p. 2040-2042, jun. 2000.

SZOKOLAY, S.V. **Energia Solar y Edificacion**. Barcelona: Blume, 1978.

Revista EDUCAÇÃO & TECNOLOGIA

Periódico Técnico Científico dos Programas de Pós-Graduação em Tecnologia dos CEFETs-PR/MG/RJ