2nd INTERNATIONAL WORKSHOP
ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION
"KEY ELEMENTS FOR A SUSTAINABLE WORLD: ENERGY, WATER AND CLIMATE CHANGE"

Gestão da Eficiência Energética

J. M. A. Godoi [a], S. Oliveira Júnior [b]

a. Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo, godoi@usp.br

b. Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo, soj@usp.br

Resumo

A partir da evidência de que, nas suas formas de extração de recursos naturais, transformação, transporte, armazenamento e uso da energia, os sistemas energéticos interferem diretamente nos componentes da sustentabilidade, este trabalho estabelece a correspondência direta e irrevogável entre as unidades de kilowatt-hora (kWh) ou tonelada equivalente de petróleo (tep) produzidas com sua equivalente emissão de poluentes, expressas, por sua vez, em toneladas de dióxido de carbono (tCO_2) ou de óxidos de nitrogênio (tNO_x), etc., ou contingentes humanos que têm de abandonar, compulsoriamente, seu hábitat para dar lugar às hidrelétricas, etc. Ante essa incontornável certeza e a elevada demanda energética da indústria, revela-se a necessidade crucial dos sistemas industriais por programas contínuos de **eficiência energética**.

Este artigo também demonstra que, tanto nas suas atividades de planejamento, produção e tratamento dos produtos finais e resíduos, todos entrópicos, quanto nas de mais elevado nível, relativas à pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias, novos processos, materiais e produtos, que resultem em maior eficiência no uso dos recursos disponíveis, a Produção Mais Limpa conecta-se com a energia e, consequentemente, com a **eficiência energética**.

Palavras-Chave: produção mais limpa, eficiência energética; gestão da eficiência energética.

1. Introdução

Ante a irrevogabilidade das leis físicas, os depósitos e fluxos energéticos existentes na natureza só se tornam disponíveis para o desenvolvimento econômico e o bem-estar do homem, após sucessivos e complexos processos de transformação, transporte e armazenamento. Diante de fatores igualmente irrevogáveis, como o aumento populacional, a extensão e a irregularidade geográfica cada vez maior da sua distribuição, e a dispersão dos centros de carga de variada natureza (indústria, transporte, consumo residencial, agricultura, etc.), a essa complexidade da disponibilidade energética adicionam-se os inevitáveis efeitos termodinâmicos dos seus processos de conversão, transporte e acumulação, resultando numa energia final disponível (energia útil) cada vez menor em relação à inicial, suprida pela natureza. A energia de fonte primária ou secundária é indispensável não apenas ao funcionamento da cadeia de valores da produção, mas se estende a montante desta, por exemplo, na obtenção de embalagens e matérias-primas, e a jusante, na distribuição e logística dos bens e serviços produzidos, bem como na disposição e tratamento dos resíduos consequentes.

Hoje, sabe-se que a energia é o principal forçamento antropogênico das mudanças climáticas. Na sua elevada atração pela radiação infravermelha emitida da terra, produzindo, em consequência, o aquecimento da atmosfera, o dióxido de carbono (CO_2) é o principal gás de efeito estufa (GEE). Globalmente, a indústria, abarcando a produção de energia, acrescida dos transportes, emite 63% da totalidade desse

gás (IEA, 2007) – maiores emissores. A **Fig. 1** a seguir mostra a matriz energética mundial, na qual os combustíveis fósseis têm a maior participação, o que permite divisar o equivalente e elevado volume das emissões de GEE, que decorrem dos sistemas energéticos: além do CO_2, o metano (CH_4), o dióxido de enxofre (SO_2), o óxido nitroso (N_2O), os hidrocarbonetos de combustão incompleta, dentre outros.

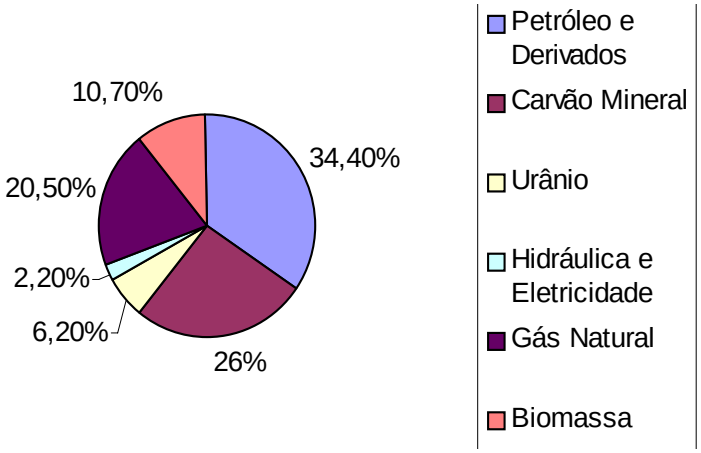

Fig. 1. Estrutura de participação das fontes de energia: Mundo, 2007

Fonte: IEA, 2007

No curto espaço de tempo dos últimos 150 anos após a Revolução Industrial, a magnitude dos impactos ambientais de origem antropogênica alcançou proporções geológicas, comparáveis às forças dos efeitos naturais, como os ventos, as chuvas, a erosão e as erupções vulcânicas. Estas forças naturais chegam a movimentar cerca de 150 milhões de toneladas de material por ano, no planeta. Contando mais de 6,0 bilhões de habitantes e consumindo uma média de 8,0 toneladas de recursos minerais por ano, o homem movimenta cerca de 50 bilhões de toneladas de material nesse período. Considerando que há um século, a população era de apenas 1,5 bilhões de pessoas e que o consumo per capita anual era de apenas 2,0 toneladas, percebe-se que, atualmente, o impacto é de mais de 16 vezes superior. Destarte, denota-se que o homem se tornou uma força de impacto sobre o meio ambiente de proporções geológicas (Goldemberg, Lucon, 2008).

Assim, ao tratar das atividades sistemáticas e planejadas, de espécies técnica, tecnológica e gerencial, que buscam, preventivamente, reduzir o consumo de energia, água e matérias-primas utilizadas; diminuir a quantidade de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, resultantes dos processos de produção e do uso dos bens ou conforto, produzidos, minimizando, assim, os impactos sobre os espaços geo e bioecológicos e as organizações humanas dispostas sobre eles, resultando em maior produtividade e lucro para as organizações praticantes, a Produção Mais Limpa tem conexão direta com a energia, requerendo, como medida de mitigação, programas qualificados e sistemáticos de **eficiência energética**. Esses programas são mais críticos na indústria, pois esta, no mundo, é responsável pelo maior consumo de energia (**Fig. 2** abaixo). No Brasil, de acordo com o Balanço Energético Nacional, de 2008 (BEN-2008), ano-base 2007, a posição da indústria como maior consumidor de energia se repete e, em relação à matriz energética nacional, ele aumenta para 38% do consumo total de energia do país; os setores de transporte consumiram 27%; e em terceiro lugar no consumo energético vem o setor residencial, com 10%. Como exposto na **Fig. 3** a seguir, essas três áreas de atividades abarcaram 75% do consumo final de energia no Brasil, em 2007.

Como se constata nessas figuras, a área industrial é o grande consumidor de energia, no mundo e no Brasil. Neste, os diversos setores industriais consomem um porcentual da sua matriz energética ainda maior (38%) do que se verifica no mundo em relação à matriz mundial (33%). O BEN-2008 ainda esclarece que ao se medir o consumo não mais quanto às diversas fontes e tipos de energia, mas, especificamente, em relação à eletricidade, o consumo da indústria brasileira continua como o mais intensivo e aumenta para 47% do total.

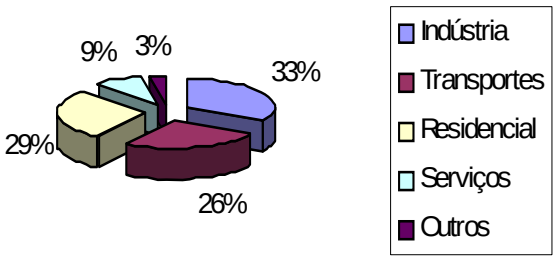

Fig. 2. Consumo final de energia por área de atividade: Mundo, 2007

Fonte: IEA, 2007

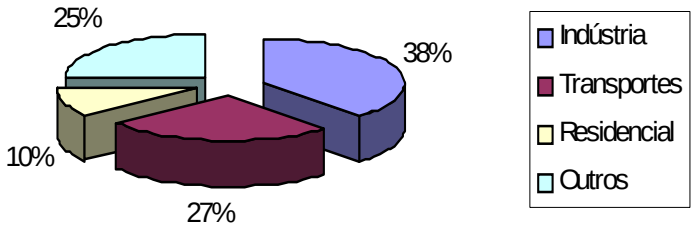

Fig. 3. Consumo final de energia por área de atividade: Brasil, 2007

Fonte: BEN-2008

Ainda que, no Brasil, persistam traços acentuados de uma cultura de prodigalidade energética, fundada na visão tradicional de exuberância dos recursos naturais do país, em que, diferente dos combustíveis fósseis, a hidroeletricidade não produz externalidades negativas, na realidade esses empreendimentos têm-se revelado insustentáveis, tanto no cenário internacional como no Brasil. No que se refere aos danos ambientais, as grandes usinas hidrelétricas provocam:

- alteração do regime hidrológico, comprometendo as atividades a jusante do reservatório;
- comprometimento da qualidade das águas, em razão do caráter lêntico do reservatório, dificultando a decomposição dos rejeitos e efluentes, provocando a sua eutrofização acelerada, com emissões de GEE e odores desagradáveis;
- assoreamento dos reservatórios, em virtude do descontrole no padrão de ocupação territorial nas suas cabeceiras, submetidas a processos de desmatamento e retirada da mata ciliar;

- emissões de GEE, particularmente o metano (CH_4), decorrente da decomposição da cobertura vegetal submersa definitivamente nos reservatórios.
- aumento do volume de água no reservatório formado, com conseqüente sobre-pressão sobre o solo e subsolo pelo peso da massa de água represada, em áreas com condições geológicas desfavoráveis (por exemplo, terrenos cársticos), provocando sismos induzidos;
- problemas de saúde pública, pela formação de remansos nos reservatórios e a decorrente proliferação de vetores transmissores de doenças endêmicas, como a febre amarela, doença de Chagas, esquistossomose, etc.;
- dificuldades para assegurar o uso múltiplo das águas, em razão do caráter histórico de priorização da geração elétrica em detrimento dos outros usos, como irrigação, transporte, piscicultura, saneamento básico, entre outros.

Quanto aos aspectos sociais, particularmente em relação às comunidades que sofrem o impacto das obras, até hoje, no Brasil, os empreendimentos hidrelétricos implicaram em mais de 34.000 km^2 de terras inundadas para a formação dos reservatórios, com o chamado "deslocamento compulsório" de cerca de 200 mil famílias, todas elas populações ribeirinhas diretamente atingidas pelos projetos (Bermann, 2007). Sobre os impactos sociais causados, cabe registrar:

- irregularidades na valoração e no processo de desapropriação das terras em que essas famílias viviam e produziam;
- insuficiência de requisitos sociais nos instrumentos regulatórios, como nos estudos de impacto ambiental e ausência de informações consistentes às populações atingidas, com a disseminação de insegurança patrimonial e graves tensões sociais;
- implementação, no âmbito do empreendimento, de vetores sociopolíticos suscitadores do deslocamento forçado dessas populações, com compensações financeiras irrisórias ou inexistentes;
- processo aleatório de reassentamento, sendo que, quando houve, não assegurou a manutenção das condições de vida anteriormente existentes;
- durante as obras de construção da usina, essas comunidades recebem os impactos produzidos pelos deslocamentos de equipamentos pesados, aumento do volume do tráfego de materiais e operários, os quais, longe das suas famílias, deslocam-se para as vilas e cidades vizinhas, produzindo aumento da prostituição, propagação de doenças e degradação social;
- inundação de terras cultiváveis, as quais muitas das famílias não mais puderam reaver em outras regiões para onde foram deslocadas;
- desativação progressiva de atividades de sobrevivência baseadas na pesca, no turismo e na pequena agricultura, de populações ribeirinhas a jusante dos reservatórios, com a emigração destas para as áreas periféricas e degradas das grandes cidades, engrossando o contingente dos “retirantes ambientais”, assim cunhados pela Organização das Nações Unidas (ONU).

Dessa forma, elucida-se que, mesmo sendo fundada em recurso renovável (água), a hidreletricidade também produz impactos socioambientais de grande monta.

Por conseguinte, face à natureza energointensiva da indústria, acima demonstrada, e de tempos cada vez mais árduos para a produção de energia, com a inclusão de custos socioambientais crescentes nos orçamentos dos projetos energéticos, aumenta a carência de programas sistemáticos de **eficiência energética** nos diversos setores industriais do Brasil. Diante da evidência dessa problemática, o presente artigo focaliza a **eficiência energética** de sistemas industriais.

2. Eficiência Energética

Eficiência energética é racionalização de energia e se fundamenta nas leis da Termodinâmica. A **eficiência energética** abrange o conjunto de ações de racionalização, que levam à redução do consumo de energia, sem perda na quantidade ou qualidade dos bens e serviços produzidos, ou no conforto disponibilizado pelos sistemas energéticos utilizados. Com base na Primeira Lei da Termodinâmica, a eficiência de sistemas energéticos, η, é definida em termos de energia útil e expressa como na **Fig. 4** a seguir:

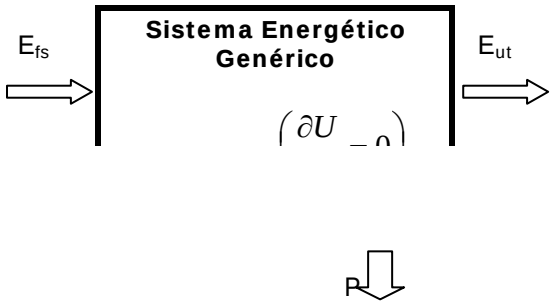

Fig. 4. Sistema energético

Onde:

η = Eficiência energética do sistema energético

E_{fs} = Energia fornecida ao sistema (consumida)

E_{ut} = Energia útil/trabalho realizado

P = Perdas

$$\eta = \frac{E_{ut}}{E_{fs}} = \frac{E_{fs} - P}{E_{fs}} = 1 - \frac{P}{E_{fs}} \qquad \text{(Eq. 1)}$$

O conceito de eficiência energética ainda inclui a flexibilização e substituição de fontes energéticas, que permitam ganhos contínuos, sistêmicos, de eficiência, como por exemplo, a inclusão das renováveis. A **eficiência energética** dos processos industriais encerra ações de racionalização de energia, que devem conduzir a:

- eficiência no uso final da energia;
- introdução de eficiente sistema de controle de processos para gestão das cargas, substituição de sistemas/equipamentos obsoletos e ineficientes, etc.
- recuperação de energia;
- perspectiva econômico-financeira da energia, que forneça respaldo à tomada de decisão, esclarecendo acerca de maior aporte energético aos sistemas/ equipamentos existentes ou, se são estes que devem ser substituídos;
- visão da cadeia de valores de produção, com seus elos a montante e a jusante, em que se questione, por exemplo, se determinada embalagem (elo a montante) mais, ou menos, energointensiva se compatibiliza ou não com os esforços aplicados em racionalização de energia dos sistemas produtivos;
- compromisso dos órgãos de marketing, lançamento de novos produtos, engenharia de projeto/produto, engenharia de produção e/ou engenharia industrial (incluindo manutenção), contabilidade e finanças, quanto à

eficiência energética dos processos produtivos e de suporte à produção, e dos produtos finais quando utilizados pelos clientes;

- esclarecimento quanto às amplas implicações socioambientais da energia, com suas externalidades positivas e negativas;
- mudanças na cultura e no comportamento de uso da energia.

Sendo definida em função das técnicas e tecnologias adotadas para a racionalização de energia, a **eficiência energética** também incorpora as medidas de aumento das habilidades e o despertar de uma consciência amadurecida por parte das pessoas envolvidas em relação aos sistemas energéticos e seus impactos socioambientais, fatores estes que, em conjunto, desencadearão novos comportamentos quanto ao uso da energia nos sistemas industriais considerados, produzindo, como resultado, a redução das perdas e do próprio consumo, sem qualquer limitação na quantidade ou na qualidade dos bens produzidos. Esses novos comportamentos, que se manifestam na mudança de hábitos, induzem ações, tais como, maiores cuidados nos revestimentos de equipamentos, tubulação, no manuseio de óleo combustível, etc., objetivando restringir perdas de vapor e energéticos; melhor controle na mistura de ar e combustível em queimadores, minimizando perda de energia e emissão de poluentes por queima incompleta; minimização de vazamentos de ar comprimido; redução de distâncias para transporte de massa e energia, diminuindo consumo de energia elétrica nos sistemas de acionamento; etc. Todas estas ações decorrem, diretamente, de mudança comportamental, com efeitos positivos na racionalização de energia dos sistemas industriais. Essa racionalização também pode implicar ou decorrer da flexibilização das fontes energéticas utilizadas, em função do seguinte:

- limitada disponibilidade no espaço geopolítico em que se localizam os sistemas consumidores (centros de carga);
- custos elevados;
- necessidade de redução da complexidade dos seus sistemas de transformação e transporte;
- produzirem, no espaço geo e bioecológico atingido e nas organizações humanas dispostas sobre ele, impactos socioambientais de vulto;

De tal forma que essas fontes possam ser recompostas dentro da matriz energética supridora, ou que seus sistemas de transformação, transporte e armazenamento sejam simplificados, etc., resultando num aumento duradouro da eficiência do sistema energético/consumidor como um todo, configurando, assim, um processo de **eficiência energética**.

Como conseqüência de consumir maior quantidade de energia em relação a outros setores, a indústria tem necessidades mais prementes de investimentos em programas de **eficiência energética**. O lugar-comum de que os custos da energia são pouco representativos no custo industrial está mudando rapidamente por três razões fundamentais: a primeira se deve à desconcentração dos parques industriais, que passam a se distribuir através do país continental, levando os centros de carga para regiões distantes dos parques geradores, com o inevitável aumento das perdas e dos custos; a segunda decorre, pragmaticamente, da exaustão das fontes hídricas nas regiões mais desenvolvidas e demandantes de energia do Sul e Sudeste do Brasil. A terceira razão é o despertar da consciência da sociedade, com a percepção progressiva quanto aos impactos socioambientais provocados pela produção, transporte, armazenamento e consumo de energia, resultando na inexorável contabilidade desses impactos nos seus custos finais. Nessa mudança de percepção dos custos finais da energia, deve-se salientar que eles não se tratam apenas de valores financeiros e contábeis objetivos, mas, adicionalmente, de outras parcelas socioambientais, mais subjetivas e de difícil

contabilidade, como a poluição atmosférica das grandes cidades, que atinge, principalmente, crianças até 5 anos de idade e idosos a partir dos 65 anos, provocando enormes custos sociais relativos à mortandade e à vida vivida com morbidades de extensas populações dessas faixas etárias; existência de comunidades periféricas que sobrevivem em estado de degradação socioambiental, dependentes de custosas políticas públicas, ainda que frágeis e dispersas; etc.

As vantagens econômico-financeiras dos investimentos em **eficiência energética** são de grande relevância. Por exemplo, o volume de investimentos necessário para liberar (economizar) 1,0 kWh de energia elétrica por redução de perdas é quatro vezes menor (25%) do que o exigido para gerar a mesma quantidade de energia nova a partir dos processos convencionais do Sistema Elétrico (Brasil. MME, 2006).

Portanto, uma das opções menos custosas e de grande potencial de disponibilidade de energia é a **eficiência energética**, cujo conceito abrange mesclar as fontes primárias tradicionais com as renováveis. Para consumir menos energia ou produzir mais trabalho útil num determinado sistema, como se mais energia fosse disponibilizada, sem que este fenômeno esteja ocorrendo, deve-se racionalizá-la (mudar os hábitos de consumo, introduzir competente controle de processo, substituir equipamentos obsoletos, etc.), reduzindo o consumo energético sem prejuízo da quantidade ou da qualidade dos bens e serviços produzidos ou do conforto proporcionado, disponibilizando, no final, mais energia. É como se houvesse um suprimento adicional, virtual, de energia, o qual decorre do processo de racionalização. A **eficiência energética** também é conhecida como produtora de usinas virtuais de energia sem qualquer impacto socioambiental.

Com essa multiplicidade de vantagens, o Plano Nacional de Energia 2030 (PNE-2030) do Ministério de Minas e Energia (MME) já contempla a **eficiência energética** como alternativa aos investimentos em projetos de ampliação da produção de energia, no país.

3. Marco Regulatório da Eficiência Energética no Brasil

Após os choques do petróleo de 1973/1974 e 1979/1980, em 1981 o país adotou o Programa de Conservação de Energia no Setor Industrial (CONSERVE), que tinha o objetivo reduzir o consumo de energia e substituir os combustíveis importados nos setores industriais mais energointensivos do cimento, da siderurgia, e da celulose e papel. Em 1984, o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), por meio do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), iniciou um processo de informação aos consumidores quanto à **eficiência energética** de vários tipos de equipamentos, que incluía eletrodomésticos, fogões e aquecedores a gás, coletores solares, motores elétricos, etc. Em 1985, foi criado o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), voltado, especificamente, à energia elétrica, e em 1991 foi criado o Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET), destinado à racionalização desses combustíveis fósseis. Em 2000, foi homologada a Lei Nº 9.991, e em 2001, a Lei Nº 10.295, as quais tratam especificamente de programas de **eficiência energética**. Ao ser regulamentada pelo Decreto de N° 3.867, a Lei N° 9.991 criou, o fundo CT-ENERG, o qual, além de disponibilizar recursos legais para aplicação em pesquisa e desenvolvimento, também os distribui para programas de **eficiência energética**.

Por meio desse marco regulatório, vê-se que o Brasil optou pela estatização dos seus programas institucionais de **eficiência energética**, pois os dois principais, o PROCEL é executado pela ELETROBRAS e o CONPET, pela PETROBRAS. Outras iniciativas estão relacionadas a esses programas; envolvem comissões, conselhos e outros organismos de Ministérios e Secretarias de governos, federal e estaduais,

adensando, assim, o processo de estatização. Ainda que os sinais de mercado, ante as décadas de existência, reclamem de baixo desempenho desses programas, deve-se registrar o alcance de algumas realizações de destaque. Por exemplo, foram desenvolvidas metodologias consistentes para auditoria e diagnósticos energéticos em empresas industriais e comerciais; criados procedimentos de mensuração de resultados e publicação de estatísticas para setores industriais; as ações do INMETRO, coordenadas com a aplicação das leis de **eficiência energética** acima mencionadas e com a emissão dos selos PROCEL e CONPET, têm provocado melhorias consistentes no consumo energético de vários tipos de eletrodomésticos, acompanhadas de uma mudança significativa na cultura dos consumidores em termos de se tornarem permanentemente mais exigentes quanto à eficiência desses equipamentos; a Lei Nº 9.991 tem favorecido a distribuição de grande número de eletrodomésticos eficientes, implantação de coletores solares e legalização de ligações elétricas com instrumentos de medição em largas faixas da população de baixa renda; etc. Coordenando o PROCEL, um dos programas mais promissores criados ao longo deste marco regulatório, a ELETROBRAS informa que, em 22 anos de existência, ele ajudou a economizar 28,5 milhões de MWh de energia, consumo equivalente ao de 16,3 milhões de residências e à energia gerada por uma hidrelétrica com potência de 6.800MW, a qual requereria investimentos da ordem de R$20 bilhões, sendo que todo esse efeito custou apenas cerca de R$2 bilhões, evidenciando, assim, a enorme vantagem da **eficiência energética** (Eletrobras/Programas, 2009).

4. Gestão da Eficiência Energética

Como se pode depreender, em sistemas industriais, os resultados positivos da **eficiência energética** dependem de habilidosa metodologia de gestão. A **gestão da eficiência energética** é o conjunto de atividades sistemáticas e planejadas que asseguram a geração, o transporte, o armazenamento e o uso da energia sob condicionantes socioambientais sustentáveis claramente estabelecidas e controladas, contemplando as suas diversas dimensões, a saber:

- disponibilidade para extração dos recursos naturais, renováveis ou não-renováveis, necessários;
- conversores utilizados e os seus graus de adequação e desempenho;
- espaços geo e bioecológicos, e as organizações humanas, sob interferência do sistema energético adotado;
- *stakeholders* direta e indiretamente afetados;
- impactos socioambientais produzidos, com a descrição das suas externalidades positivas e negativas;
- metodologias utilizadas para audição e participação, com transparência, desses *stakeholders* no processo de tomada de decisão quanto à adoção, ou não, do sistema energético em foco e as medidas de mitigação aplicáveis;
- definição dos instrumentos de gestão, tais como, programas de treinamento para o desenvolvimento de habilidades e expertise em racionalização de energia, auditorias energéticas, estabelecimento e controle das interfaces gerenciais, dentre outros, objetivando à sustentação do processo de **eficiência energética** no longo prazo;
- estabelecimento e implementação de ferramentas computacionais, que configurem modelos automatizados, gerenciais, de análise estratégica, técnica e econômico-financeira dos investimentos em energia e **eficiência energética**, com abrangência a toda a planta industrial;

- estruturação de modelo de inserção dos investimentos em energia e **eficiência energética**, com seus indicadores de desempenho, no *scorecard* corporativo;
- estabelecimento do referencial analítico para verificação, acompanhamento e realimentação do modelo de **gestão da eficiência energética** adotado;
- criação de sistemática gerencial para publicação de resultados;
- definição do modelo e dos instrumentos de **governança da energia** a serem praticados.

Estando este trabalho voltado aos sistemas industriais; isto é, ao lado da demanda, ou dos "usos finais", os sistemas energéticos podem, ao mesmo tempo, conter ou estar contidos nos sistemas industriais em tela. A **gestão da eficiência energética** deverá responder a questões, tais como:

- Quais sistemas/subsistemas/equipamentos consomem mais energia que o previsto em projeto?
- Quais as fontes energéticas utilizadas?
- Que razões levam a esse consumo anormal?
- Quais os custos desse consumo anormal e o que ele representa no custo industrial? Como essa situação pode ser mudada?
- Qual a matriz energética da planta industrial sob interesse? Existe balanço energético da planta?
- Esse balanço energético estabelece interfaces entre o consumo de energia e suas dimensões socioambientais?
- Qual a disponibilidade geopolítica das fontes utilizadas e suas alternativas de flexibilização, objetivando redução de custos, econômico e socioambiental?
- Qual o impacto da situação atual nos custos operacionais/produtividade da planta industrial sob interesse? Quais alterações recomendadas?
- Quais os custos, econômico e socioambiental, da situação alterada, futura?

Sob esse conjunto de atributos, a **gestão da eficiência energética** abarca a visão da energia e da racionalização energética como componentes estratégicos da empresa, integrantes do planejamento estratégico desta, cujas ações respeitantes devem ser igualmente planejadas, e executadas, de forma contextualizada com a problemática socioambiental, local, regional e global, constituindo-se, assim, numa das políticas corporativas essenciais, que ressalta a atualidade da visão e da missão empresariais e compatibiliza os interesses entre seus *shareholders* e *stakeholders*. Portanto, a **eficiência energética** dos sistemas industriais e a sua gestão se inserem numa política ampla e perene de energia e sustentabilidade, e respondem aos contínuos desafios de tecnologia, competitividade e geração de riqueza, que se interpõem e surdem ao longo da vida de qualquer empresa.

A **gestão da eficiência energética**, na sua preocupação fundamental com os custos, também abarca as atividades de negociação de energia no mercado. Inclui as negociações aplicáveis para a aquisição de fontes primárias, como por exemplo, o óleo combustível, o gás ou a lenha, e as secundárias, como a energia elétrica. O conceito de **eficiência energética** não inclui essa relevante atividade de mercado; o de sua gestão, sim.

Na sua completa amplitude, a **gestão da eficiência energética** dará respaldo ao desempenho competitivo da energia nos processos industriais não apenas no sentido técnico e tecnológico, ou de área de eficiência gerencial específica, departamental, mas, em acréscimo, no sentido amplo, empreendedor, integrador,

que concerne a qualquer tipo de gestão, envolvendo custos, estudos de cenários, análise de incerteza energética, etc. Trata-se, então, de uma metodologia de gestão, com inteira amplitude e completeza, comprometida com a segurança energética e a rentabilidade do negócio como um todo. O fato da gestão da eficiência energética alcançar operações do mercado de energia indica analogia e compatibilidade com o dela se envolver diretamente com a questão socioambiental. Se assim não fosse, caracterizaria uma gestão incompleta (que não seria gestão), a qual poderia satisfazer a áreas específicas de eficiência gerencial, mormente, as técnicas ou financeira, mas que não alcançaria as de eficácia. Estruturalmente, a **gestão da eficiência energética** é apoiada em ferramentas gerenciais bem determinadas, como a auditoria energética, os programas de treinamento, o relatório de registro de resultados, a implementação das ações corretivas recomendadas, o controle das interfaces gerenciais, o referencial analítico, a publicação de ações e resultados, e a retroalimentação como componente principal do seu aperfeiçoamento. Ver a **Fig. 5** a seguir.

Fig. 5. Gestão da eficiência energética

Assim, no que se refere aos sistemas industriais, ante as novas evidências técnico-científicas e práticas da vinculação e correspondência entre as dimensões da produção, transporte e uso da energia e as da sustentabilidade, hodiernamente, requer-se uma visão gerencial prévia, multidisciplinar, integrada e esclarecida acerca da questão. A visão tradicional, parcial, especificamente técnica ou administrativa, ou financeira, em que essas dimensões são percebidas separadamente está definitivamente ultrapassada; a visão multidisciplinar e integradora da gestão empresarial é essencial. Os tomadores de decisão deverão descortinar, claramente, que para qualquer fonte primária utilizada na operação dos sistemas de produção, como a água, o gás natural, a lenha, ou qualquer outra massa de matéria-prima, gerando energia em kilowatt-hora (kWh), kilojoule (kJ) ou tonelada equivalente de petróleo (tep), há um dano socioambiental correspondente, como por exemplo, redução da disponibilidade de água para a irrigação ou a indústria a jusante das hidrelétricas ou pelo deslocamento compulsório da população da região dos lagos desses barramentos, etc.; ou uma emissão de poluentes, medida em toneladas de CO_2, de SO_2, de NO_x, etc.; alteração da temperatura dos corpos d'água pelo uso de termelétricas, etc. Essas externalidades negativas também se estendem à emissão de efluentes industriais líquidos, que contaminam a água e/ou o solo; de rejeitos sólidos, que terão de ser tratados;

entrega de produtos e embalagens, que, por ocasião do seu uso, irão consumir mais energia e aumentar a entropia do ambiente (não existe reciclagem absoluta); etc. Não há alternativa a esse determinismo entrópico da oferta e do uso da energia (e massa). Como se vê, na busca permanente pela sustentabilidade, a Produção Mais Limpa tem conexão direta com a energia e a **eficiência energética**.

5. Conclusões

Sendo a energia o maior forçamento antropogênico sobre o clima, a sua produção, transporte, acumulação e uso aumentam a entropia e reduzem a capacidade de autodepuração dos ecossistemas naturais, estressam e exaurem os existentes e aumentam os depósitos de poluição na biosfera. Novos métodos de gestão da oferta e da demanda de energia, num amplo processo de produção mais limpa, são indispensáveis para a manutenção/melhoria da qualidade de vida no planeta. Como maior consumidor de energia, no Brasil e no mundo, a indústria é a entidade de maior retorno econômico-financeiro e ambiental para os projetos de **eficiência energética**, os quais são bem mais favoráveis do que os realizados para geração de energia nova.

A conexão da Produção Mais Limpa com a sustentabilidade socioambiental é a energia.

6. Referências

BEN-2008. Balanço Energético Nacional, 2008. Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Rio de Janeiro.

Bermann, C., 2007. Impasses e controvérsias da hidreletricidade. Estudos Avançados. 59, 139-153.

Brasil. MME (Ministério de Minas e Energia), 2006. Eletrobras/Procel. Conservação de Energia: Eficiência Energética de Equipamentos e Instalações. Unifei, Itajubá.

Eletrobras/Programas, 2009. Procel. Eletrobrás. http://www.eletrobras.gov.br, acessado em março/2009.

Goldemberg, J., Lucon, O., 2008. Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento. Edusp, São Paulo.

IEA (International Energy Agency), 2007. Energy Balances of OECD Countries, 2004-2005. IEA/OECD, Paris. http://www.iea.org/Textbase/publications/free_new_Desc.asp?PUBS_ID=1931, acessado em fevereiro/2009.

_____. Energy Balances of Non-OECD Countries, 2004-2005. IEA/OECD, Paris. http://www.iea.org/Textbase/publications/free_new_Desc.asp?PUBS_ID=1077, acessado em fevereiro/2009.

PNE-2030, 2007. Planejamento e Desenvolvimento Energético. MME. http://www.mme.gov.br, acessado em março/2009.