



VI CONGRESSO NACIONAL DE  
EXCELÊNCIA EM GESTÃO

5, 6 e 7 de Agosto de 2010

ISSN 1984-9354

# **DIRETRIZES SUSTENTÁVEIS PARA APOIO À DECISÃO NO PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO DE FONTES GERADORAS DE ENERGIA ELÉTRICA**

**Bruno da Rocha Palmieri Barbosa (Universidade Federal Fluminense)**  
brunopalmieri85@yahoo.com.br

**Letícia Fernandes Bella (Universidade Federal Fluminense)**  
leticiafbella@gmail.com

**Oswaldo Luiz Gonçalves Quelhas (Universidade Federal Fluminense)**  
quelhas@latec.uff.br

**Rodrigo Flora Calili (Pontifícia Universidade Católica do Rio de  
Janeiro)**  
rcalili@hotmail.com

*O objetivo deste trabalho é auxiliar a tomada de decisão no processo de implantação de fontes geradoras de energia elétrica de acordo com os conceitos de sustentabilidade. Para isto, foi realizada uma análise atual do mercado energético nacional, em paralelo a explanação de conceitos recentes de sustentabilidade e de processos de tomada de decisão. Baseado nestes pontos principais, se definiu as principais fontes energéticas a serem estudadas, indicadores para analisar a matriz energética, de acordo com a ótica sustentável e análise de métodos multicritérios para aferir os resultados encontrados.*

*Palavras-chaves: Decisão; Sustentabilidade; Método Multicritério*

## RESUMO

O objetivo deste trabalho é auxiliar a tomada de decisão no processo de implantação de fontes geradoras de energia elétrica de acordo com os conceitos de sustentabilidade. Para isto, foi realizada uma análise atual do mercado energético nacional, em paralelo a explanação de conceitos recentes de sustentabilidade e de processos de tomada de decisão. Baseado nestes pontos principais, se definiu as principais fontes energéticas a serem estudadas, indicadores para analisar a matriz energética, de acordo com a ótica sustentável e análise de métodos multicritérios para aferir os resultados encontrados.

**Palavras-chave:** Decisão; Sustentabilidade; Método Multicritério.

## ABSTRACT

The objective is to assist decision making in the implementation process of generating sources of electric energy in accordance with the concepts of sustainability. For this, we performed an analysis of current national energy market, along the explanation of recent concepts of sustainability and the processes of decision making. Based on these main points, it defined the main energy sources to be studied, indicators to analyze the energy matrix, according to the optics and sustainable methods of multicriteria analysis to assess the results.

## 1. Formulação da situação problema

Durante décadas, empresas no mundo inteiro possuíam uma visão restrita dos negócios e vislumbravam apenas a questão econômico-financeira. Todavia, atualmente, esta visão passa por um processo de transformação e outros aspectos passam a ser inseridos neste contexto.

Em um mundo onde o aquecimento global é evidente e os fenômenos climáticos cada vez mais intensos e menos previsíveis, é necessário analisar os impactos ambientais produzidos ao longo da cadeia produtiva.

Não só o meio ambiente é foco de preocupação, já que a sociedade também possui papel fundamental no modelo de interação entre stakeholder e empresas. Sendo assim, é importante avaliar os impactos gerados para os clientes internos e externos.

A importância do estudo e planejamento da expansão energética brasileira é evidenciada desde 2004 com a criação de uma empresa específica para tratar de estudos nesta área, a Empresa de Pesquisa Energética – EPE. Esta empresa tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras. Assim, pode-se concluir que as questões ambientais, sociais e econômicas são pontos presentes nos estudos realizados pela EPE.

Estes três pontos de análise são os pilares do Triple Bottom Line, aplicado por John Elkington em 1994 no conceito de sustentabilidade. Para este, os aspectos ambientais, sociais e econômicos possuem interfaces e estas, por sua vez, podem apresentar quais as relações mais fortes em cada situação e influenciar a tomada de decisão.

Algumas empresas que caracteristicamente demandam alta necessidade de energia elétrica estão buscando cada vez mais a autogeração. Essas empresas investem na construção de usinas geradoras de energia elétrica para consumo próprio e podem comercializar seu excedente no ACL (Ambiente de Contratação Livre). Outras empresas optam por investir em participações em empreendimentos energéticos com direito a consumo próprio da energia gerada. Empresas de

celulose, por exemplo, utilizam os resíduos de sua produção para aproveitamento energético em termelétricas próprias; gerando assim quase a totalidade de seu consumo de energia.

A tomada de decisão sustentável para implantação de fontes geradoras de energia elétrica torna-se uma questão complexa, pois nem sempre as opções mais sustentáveis são aquelas que apresentam em maior disponibilidade na região a ser implantada ou possuem incentivos governamentais.

Sendo assim, as análises geradas pela ferramenta são propostas de melhoria para as tomadas de decisões gerenciais para expansão energética nacional por empresas de mercado atuais. O Ibmec em um MBA recente (2009) apresentou um resumo por região geográfica das possibilidades para expansão energética nacional.

Norte	Nordeste
Alto potencial hidroelétrico disponível. Geração térmica utilizando carvão importado.	Potencial para PCH ainda a aproveitar. Potencial Hidrelétrico esgotado. Importação de energia e geração térmica local (GNL, carvão, óleo combustível, biomassa). Potencial eólico em desenvolvimento.
Sul	Sudeste
Pouco potencial hidrelétrico ainda a aproveitar. Geração térmica local a carvão nacional. Potencial eólico em desenvolvimento.	Pouco potencial hidrelétrico ainda a aproveitar. Geração térmica local (GNL, biomassa de bagaço de cana, carvão e óleo combustível).

**Tabela 1:** Expansão energética por região

**Fonte:** Ibmec, 2009

## 2. Objetivo

O presente artigo tem por finalidade apresentar e sugerir diretrizes para tomada de decisão quanto à implantação de fontes geradoras de energia elétrica. O processo decisório foi baseado no conceito do *Triple Bottom Line*, através de metodologias existentes no mercado (SEEBalance –

BASF *The Chemical Company*, Empresa de Pesquisa Energética – EPE, *Global Reporting Initiative* – GRI, Instituto ETHOS, entre outras), e com novas aplicações destas.

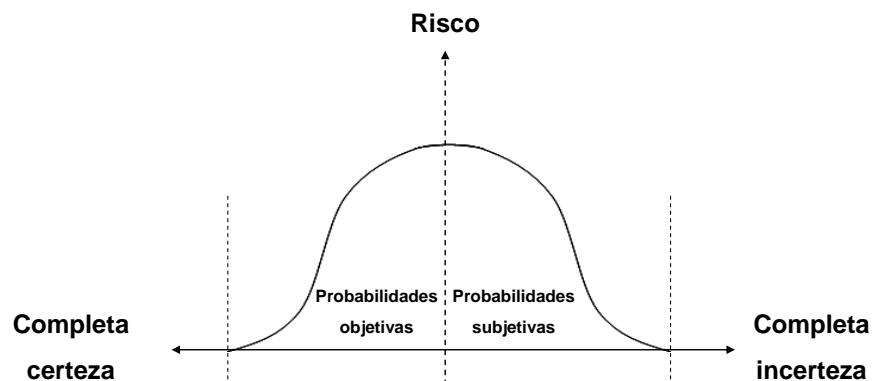
### 3. Referencial Teórico

#### 3.1. Tomada de decisão

Gomes define decisão vinda do grego *decaedere* como “deixar fluir” e destaca que uma decisão implica em alternativas, análise e escolha. Este autor afirma ainda que não agir também é considerado uma decisão. Além disso, este nomeia os atores da decisão como decisor, facilitador e analista; tendo cada um deles um papel específico na tomada de decisão.

Chiavenato divide o processo decisório em seis etapas assim como as definidas para o planejamento: identificar a situação, obter informação, gerar soluções alternativas, avaliar e escolher a melhor alternativa, transformar a solução em ação e avaliar os resultados.

A quantidade, qualidade e confiabilidade das informações obtidas sob uma situação definem o ambiente de decisão na qual o tomador de decisão está submetido. Chiavenato (2004) define três tipos de ambiente, sendo eles o ambiente de certeza – informações confiáveis e disponíveis; ambiente de risco – informações disponíveis, mas não confiáveis; ambiente de incerteza – informações escassas. Como uma distribuição estatística esses ambientes são tratados conforme ilustra a figura a seguir:



**Figura 1:** Os diferentes estados da natureza

**Fonte:** Chiavenato 2004. p. 261.

Porter destaca entre outras ferramentas estratégicas de decisão a utilização de cenários como forma de previsão de um mercado futuro (Porter, 2004). A criação de cenários é uma ferramenta adequada para basear a tomada de decisão estratégica, principalmente quando há diversos *stakeholders* envolvidos como no caso estudado da expansão da matriz energética nacional.

Assim como Porter, Gomes mostra que a utilização de cenários auxilia na identificação de impactos gerados na sociedade e no meio ambiente ao se dimensionar um empreendimento energético em diferentes condições e aspectos.

## **3.2. Método Multicritério de Auxílio à Decisão**

Um sistema de apoio à decisão é um sistema sob o controle de um ou mais tomadores de decisão que dá suporte às atividades de tomada de decisão por meio da provisão de um conjunto organizado de ferramentas (Marakas, 1998). O método multicritério é uma das ferramentas mais difundidas hoje em dia no apoio à tomada de decisão. Existem duas principais escolas que estudam diferentes modelos: a escola francesa e a escola americana.

### **3.2.1 Método Electre II**

Os primeiros métodos da chamada Escola Francesa do Apoio Multicritério à Decisão foram os métodos Electre I e II de Roy (1968), em que são atribuídos pesos para vários critérios. Os métodos da família ELECTRE (ELimination Et Choix Traduisant la REalité) são bastante conhecidos por toda a Europa como importante literatura, principalmente na França onde foi originado. (O método mede o grau de superação das alternativas em relação a cada uma das demais alternativas segundo os critérios abordados, que possuem pesos atribuídos. O grau de superação se dá por meio de dois coeficientes: coeficiente de concordância e coeficiente de

discordância. O coeficiente de concordância como o fato de um subconjunto significativo dos critérios considerar que uma dada alternativa é fracamente preferível à outra alternativa. Já discordância consiste no fato de que não existem critérios em que a intensidade da preferência de outra alternativa em relação a uma dada alternativa ultrapasse o limite aceitável.

Os valores de concordância e discordância são estabelecidos para cada par de alternativas. Os coeficientes de concordância são puramente ordinais e a concordância é não compensatória.

A teoria de decisão clássica fornece basicamente duas situações de preferências, as quais podem ser chamadas de indiferenças e de preferências estrita, sendo essas relações supostamente ditas transitivas.

A cada critério são associados limites de indiferença e preferência, culminando em relações fundamentais (Gomes, 2006). O uso do conceito de sobreclassificação no método Electre II tenta capturar aquelas alterações de preferência que estão bem definidas, dentro das relações apresentadas pelo agente de decisão. A relação de sobreclassificação é uma combinação de três relações (indiferença, preferência fraca e preferência estrita). Pode-se dizer que uma alternativa (b) sobreclassifica outra alternativa (c), se a primeira (b) é pelo menos tão boa quanto a segunda (c) – conceito de dominância. (Gomes, 2006)

A idéia básica do Electre II consiste em considerar como indiferentes as alternativas que pertencem a um ciclo. Então, as alternativas classificadas em primeiro lugar são aquelas que não são superadas por outras. Uma vez retiradas estas primeiras alternativas do conjunto de eleição, as alternativas a classificar em segundo lugar são aquelas alternativas restantes que novamente não são superadas. (Romero, 1997)

A técnica de destilação ordena a informação de duas diferentes formas: ordenação descendente e ordenação ascendente. Uma ordenação descendente é obtida por um algoritmo que primeiro seleciona a melhor opção e elimina essa opção do processo decisório; posteriormente refaz o processo de decisão, eliminando a que se apresenta como melhor, até chegar à pior opção. Uma ordenação ascendente é obtida por um algoritmo que primeiro seleciona a pior opção e elimina essa opção do processo decisório; posteriormente refaz o processo de decisão, eliminando a que se apresenta como pior, e finaliza com a melhor opção. (Gomes, 2006)

Outro parâmetro importante é o limite de veto, que pode ser definido para cada critério a partir do qual não será aceita a sobreclassificação.

Morais (2003) afirma que as comparações entre alternativas são feitas no último nível de decomposição e aos pares, através do estabelecimento de uma relação que acompanha as margens de preferência ditadas pelos agentes decisores, buscando uma ordenação do conjunto de alternativas potenciais, através do conceito de dominância.

Por ser um método não-compensatório, requer informações intercritério correspondente a relativa importância entre os vários critérios. Assim, o electre II favorece as alternativas mais balanceadas, que possuem melhor performance média.

Segundo Vincke (1992), para cada critério é atribuído um peso que cresce com a importância do critério, e para cada par ordenado de alternativas (a,b) é associado índices para a construção da relação de sobreclassificação. Olson (1996) propõe as seguintes equações para esses índices:

$$\text{Índice de Concordância: } C(a,b) = \frac{\sum (W^+ + W^-)}{\sum (W^+ + W^= + W^-)}; \text{ sendo "W" o peso dos critérios;}$$

“+” as relações em que  $a > b$ ; “=” as relações em que  $a = b$ ; “-“ as relações em que  $a < b$ ; “(a,b)” são pares ordenados de alternativas.

$$\text{Índice de Discordância: } D(a,b) = \text{Max} \left\{ 0; \frac{Z_{bk} - Z_{ak}}{Z_k^+ - Z_k^-} \right\}; \text{ para todo k onde } b > a, \text{ sendo "k"}$$

o número de critérios, e “Z” a distância entre as alternativas.

Encontradas as relações de sobreclassificação forte e fraca, o objetivo do processo consiste em atribuir uma ordem às alternativas utilizando as técnicas de destilação mencionadas. Segundo Vincke (1992), as duas preordens obtidas com a aplicação dessas técnicas, em geral, não são as mesmas.

De acordo com Gomes (2002) os métodos multicritério são puras ferramentas de apoio a decisão e agregação de valor à informação: eles servem essencialmente para quantificar as soluções segundo os critérios definidos e escalonados, para priorizar as soluções em ordem



crescente de valor, ou gerar um novo subconjunto de soluções de alternativas, por meio das preferências e conseqüências dos decisores.

### 3.2.3 Método de Borda

Este método de decisão para comitês formados por várias pessoas foi proposto por Jean-Charles de Borda em uma nota à Academia de Ciências Francesa em 1781 (Romero, 1997). Sendo assim, o método de Borda remete ao século XVIII no contexto de um problema de operação. Este método requer que as alternativas sejam ordenadas segundo cada critério da melhor para a pior. O método atribui então um valor a cada alternativa, igual à soma das posições que ocupa nas ordens segundo os vários critérios. A melhor alternativa será aquela para qual a soma seja menor. Além de selecionar a melhor alternativa, é possível ordenar as alternativas por ordem de valor. (Dias, 1997)

Este método leva em consideração não apenas a primeira escolha de cada decisor, como também todas as outras, de modo que nem sempre a alternativa mais vezes colocado em primeiro lugar é a vencedora.

$$X_a = \sum_1^k p_k ; \text{ sendo "p" a posição no ranking de cada critério, "k" o número de critérios,}$$

"X" a nota final da alternativa "a".

O ranking final se dará pela ordenação crescente das notas finais de cada alternativas ( $X_a$ ).

## 3.3. Sustentabilidade

Segundo Slack, a responsabilidade é um fator inerente à administração da produção. Sendo vista como uma aplicação ética no processo de decisão. Slack realça a divergência existente dos conceitos de comportamentos éticos, porém destaca também a importância de seguir os compromissos básicos adotados pelo consenso público que abrangem os grupos

envolvidos direta e indiretamente com o processo da organização – os chamados *stakeholders*. Portanto, a sustentabilidade, no que tange o aspecto social, deve ser aplicada em todos os níveis de relacionamento da organização.

As organizações são responsáveis pelos danos que podem causar ao meio ambiente e qualquer impacto ambiental deve ser previsto e controlado em sua administração. E acredita que para atingir a sustentabilidade as organizações devem reduzir, ou pelo menos estabilizar, a carga ambiental inerente a sua produção e uso de seus produtos. (Slack, 2008).

As questões ambientais e sociais cada vez mais devem ser contempladas no planejamento dos projetos e processos de produção. Os gerentes de produção são responsáveis por estes aspectos e, portanto devem tomar decisões com base nos pilares da sustentabilidade além de implementar ações que minimizem os danos previstos. A tecnologia é apontada como uma ferramenta de gestão sustentável além de fonte de vantagem competitiva, pois quando escolhida e implantada adequadamente reduz os impactos ambientais e sociais da produção. O relatório verde e certificações como a ISO 14.000 também são freqüentemente citados como ferramentas de gestão sob o foco sustentável (Slack, 2008).

Para a EPE a sustentabilidade é um atributo do desenvolvimento sustentável que possibilita medir e quantificar o grau de atendimento deste princípio. Sendo assim, o grau de sustentabilidade é relativo, dando-se em função da valoração com relação aos objetivos em que cada ator coloca frente às dimensões consideradas no desenvolvimento sustentável.

As múltiplas aplicações do índice de sustentabilidade levam à questão da inter-relação das dimensões que devem ser sustentáveis, pois o cumprimento das dimensões isoladamente não garante a sustentabilidade como um todo.

A premissa que baseia este conceito é de que o meio ambiente deve ser considerado como capital natural crítico, sendo esta noção aplicável ao consumo direto como a manutenção de um fluxo de produção, sendo analisada a qualidade e quantidade dos recursos disponíveis. Sendo assim, as futuras gerações devem contar com capital natural em quantidade e qualidade iguais ou maiores do que as que estão disponíveis para a presente geração (EPE, 2006).

## 4. Método de Pesquisa

Diversos órgãos nacionais utilizam indicadores para analisar projetos e empreendimentos de geração de energia elétrica. Tais indicadores foram levantados e analisados tendo em vista aspectos genéricos que possam ser aplicados por diversos usuários em todo tipo de empreendimento energético, independente da região e conhecimentos específicos do mesmo.

Tendo selecionado os indicadores que mais se adequam aos aspectos a serem analisados pelo projeto, os mesmos foram classificados quanto os aspectos do *triple bottom line* (ambiental, econômico e social).

Para definição do grau de importância de cada um dos indicadores dentro de cada aspecto do *triple bottom line*, consultou-se a opinião de cinco especialistas do mercado. Com os dados fornecidos pelos especialistas aplicou-se o método ordinal denominado mediana para definição final dos pesos dos indicadores e que constarão na ferramenta, por se tratar de pesos em uma escala ordinal.

Os especialistas opinaram em relação ao comportamento de cada tipo de empreendimento estudado em relação aos indicadores adotados, utilizando uma escala ordinal de 1 a 5. Sendo 1 relativo ao pior ou menor cenário, e 5 o melhor ou maior cenário. A fim de gerar o resultado do projeto energético em análise pelo usuário decisor, será utilizado o método Electre II na ferramenta de auxílio à decisão.

## 5. Metodologia de Análise

Os indicadores foram selecionados segundo os critérios aplicabilidade e exaustividade dos pontos a serem considerados na análise para auxílio à decisão gerencial sob o foco sustentável. Os especialistas consultados receberam a lista de indicadores e a avaliaram quanto à aplicabilidade e importância dos indicadores para o objetivo do estudo.

Os especialistas considerados para determinação das pontuações de cada fonte geradora de energia elétrica em relação a cada indicador de sustentabilidade considerado são segmentados em três categorias. São elas: acadêmicos da área de gestão e engenharia de produção, acadêmicos da área de engenharia elétrica, e profissionais do mercado especialistas em estudo energético.

Por se tratar de categorias com focos distintos foi realizado um estudo prévio da forma como consolidar os dados das categorias em apenas uma informação. As análises consideradas foram: nota máxima dada pelos especialistas no indicador e na fonte geradora, nota mínima dada pelos especialistas no indicador e na fonte geradora, a mediana das notas dadas por todos os especialistas no indicador e na fonte geradora, e a moda das notas dadas por todos os especialistas no indicador e na fonte geradora. As análises feitas tiveram em vista a escala ordinal utilizada.

A média não foi analisada por ser um tratamento cardinal dos dados e estes serem ordinais.

Ao utilizar o máximo e mínimo das observações, maior e menor nota dada, mostrou-se uma análise otimista e pessimista, respectivamente, dos dados e elevando ou reduzindo a pontuação de todas as fontes geradoras de energia elétrica a patamares similares. Considerou-se esta análise enviesada e por isto foi descartada.

As ordenações em geral foram próximas, porém houve casos bastante discrepantes. Pelos motivos já explicitados a metodologia de consolidação escolhida foi a mediana.

A mesma análise foi realizada em relação ao método da média ponderada. Os dados obtidos pela mediana mostraram ser um cenário mais moderado, enquanto a análise de máximo mostrou-se otimista, e a análise de mínimo, pessimista. Os dados obtidos pela mediana foram mais dispersos e de melhor análise. Optou-se pela mediana novamente.

Tendo em vista que a ferramenta elaborada é de auxílio à decisão e não uma fonte de decisão única, definiu-se a utilização de cinco análises do resultado gerado.

Como método principal para auxílio à decisão utilizou-se o método Electre II, por ser um método não compensatório que com porta pesos entre os critérios. Sendo assim, a ferramenta gera resultados cuja sustentabilidade seja completa, abordando os três pilares do *triple bottom line*. Uma determinada fonte geradora de energia elétrica que possua maus resultados em um

dados aspecto de sustentabilidade não deverá ser escolhida mesmo que possua bons resultados nos demais aspectos abordados.

Utilizou-se como coeficiente de concordância e discordância forte respectivamente 0,8 e 0,2. Os coeficientes de concordância e discordância fraca foram respectivamente 0,6 e 0,4.

Utilizaram-se conceitos do método de Borda para gerar um gráfico de ordenação das fontes geradoras de energia elétrica por critério sustentável (ambiental, social, econômico).

Por fim, todas as fontes geradoras de energia são analisadas de acordo com a pontuação obtida pelo método de média ponderada. As notas finais de cada fonte geradora em cada um dos três aspectos abordados são ponderadas pelo peso do respectivo critério. As notas ponderadas são posteriormente somadas, e este resultado dividido pela soma dos pesos dos critérios.

## **6. Tomada de decisão gerencial no setor elétrico**

### **6.1 Aspectos devem ser considerados na decisão**

Os estudos baseados nas metodologias utilizadas atualmente no mercado para tomada de decisão para implantação de fontes geradoras de energia mostrou que os aspectos ambiental e econômico são os mais utilizados. O aspecto social é pouco visto, sendo uma carência de mercado.

A Empresa de Pesquisa Energética desenvolve desde 2004 diversos estudos a fim de otimizar os recursos energéticos nacionais. Garantindo assim a energia necessária ao crescimento brasileiro e a sustentabilidade deste crescimento.

As fases de implantação, operação e desativação devem ser levadas em consideração para definição da viabilidade dos projetos energéticos e do tipo de geradora. Os impactos nos três pilares do *triple bottom line* devem ser analisados para cada uma das fases citadas.

Os pilares ambiental, econômico e social – *triple bottom line* – podem adquirir importâncias diferentes entre si em uma tomada de decisão.

A importância de cada pilar do *triple bottom line* deve estar alinhado com os valores e estratégias da organização envolvida na tomada de decisão. Sendo assim, a escolha final também estará alinhada com a estratégia organizacional, como proposto por Michel Porter em relação às decisões alinhadas com as estratégias empresariais.

Todas as fontes geradoras de energia apresentam impactos ambientais, econômicos e sociais de diversos níveis. Portanto, o peso dado a cada um desses pilares alterará a escolha final do melhor empreendimento a ser implantado.

Um peso maior ao pilar ambiental proporcionará uma escolha com menores impactos ambientais. Já um peso maior ao pilar econômico proporcionará uma escolha com maiores retornos, maior capacidade geradora e maior *payback* – tempo de retorno do investimento. O mesmo ocorre para um peso maior ao pilar social, que proporcionará uma escolha que causará menores impactos sociais às comunidades do entorno.

Ao se estabelecer o mesmo peso aos três pilares do *triple bottom line* a escolha se dará de forma a otimizar a sustentabilidade e equilíbrio da decisão. Procurando ao mesmo tempo minimizar os impactos ambientais, maximizar o retorno financeiro e minimizar os impactos sociais a comunidade do entorno.

A atribuição de pesos diferentes para cada pilar do *triple bottom line* não implicará na perda do conceito de sustentabilidade na decisão. Implicará apenas no maior foco a um dos aspectos de acordo com os valores e estratégias organizacionais. A consideração dos três aspectos citados nos processos decisórios implica na existência de foco sustentável na organização. Já com a atribuição de peso zero em um ou mais pilares, os mesmos serão descartados do processo decisório e seus aspectos não serão analisados. Este fato implica em uma decisão não sustentável e enviesada.

## 6.2 Importância da sustentabilidade para o setor energético

O setor energético é de grande importância para o desenvolvimento dos países, uma vez que a economia e a infra-estrutura crescem com a sustentação da energia gerada por este setor. Quando há organização e confiabilidade da geração elétrica, estas promovem segurança às indústrias e comércios, de modo que garantem a produção ininterrupta de bens e serviços ao longo de todo ano e possibilitam o planejamento adequado para cada tipo de empreendimento.

No início do desenvolvimento alavancado do Brasil, os empreendimentos energéticos eram planejados de modo a maximizar a capacidade geradora e energia produzida. O próximo passo deste setor correspondeu à procura de maximização de receita. Com as preocupações ambientais a nível global concretizadas com diversos acordos internacionais como o Protocolo de Kyoto, as empresas se viram obrigadas a envolver este tema em suas decisões.

O setor energético é alvo de muitas críticas referentes aos impactos ambientais gerados por sua operação. Ambientalistas protestam contra os impactos ambientais causados por tais empreendimentos. Os órgãos de licenciamentos ambientais também estão mais rígidos, devido ao apelo da sociedade cada vez mais engajada no tema ambiental.

Diversos países vêm investindo na complementação e transformação de seus parques energéticos com a introdução de fontes alternativas de energia. As questões ambientais alavancaram estes investimentos, principalmente devido aos impactos causados pelas formas tradicionais de geração de energia (Ricardo Terciote).

Os empreendimentos energéticos geram impactos ambientais e sociais na comunidade do entorno. A nova legislação tem obrigado os empreendedores a minimizarem tais impactos desde os projetos até a operação diária. Sendo assim, a viabilidade de muitos empreendimentos é alterada em função das variáveis de cunho ambiental.

A questão social tem se mostrado bastante freqüente entre as grandes empresas, através da responsabilidade social. Os empreendimentos energéticos não são exceções ao tema, principalmente as hidrelétricas que necessitam desocupar grandes áreas e por isso pagar *royalties*

a região. Estes *royalties* são muitas vezes convertidos em programas de saúde e educação com cunho social.

Uma forma de mitigar os impactos sociais e ambientais causados pela mesma por sua operação é dar apoio social a comunidade do entorno das usinas geradoras.

Já o aspecto econômico é demasiadamente importante nas tomadas de decisão da maioria das empresas, exceto as de fins não lucrativos – mesmo estas muitas vezes se preocupam com a redução dos custos inerentes a sua atividade.

A sustentabilidade no setor elétrico é fundamental para o crescimento de uma região garantindo o melhor aproveitamento dos recursos no momento presente e futuro. O desenvolvimento crescente é garantido quando o melhor aproveitamento e planejamento das fontes geradoras e insumos necessários são realizados sob o foco ambiental, social e econômico. A sustentabilidade no planejamento energético promove a melhor utilização da capacidade da matriz energética nacional assim como garante o desenvolvimento social e econômico da população brasileira de modo geral. O crescimento torna-se sustentável em longo prazo.

Os estudos baseados nas metodologias utilizadas atualmente no mercado para tomada de decisão para implantação de fontes geradoras de energia mostrou que os aspectos ambiental e econômico são os mais utilizados. O aspecto social é pouco visto, sendo uma carência de mercado.

### **6.3 Como o peso atribuído pelas empresas para cada pilar do triple bottom line pode afetar as decisões gerenciais**

Os pilares ambiental, econômico e social – *triple bottom line* – podem adquirir importâncias diferentes entre si em uma tomada de decisão.

A atribuição de pesos diferentes para cada pilar do *triple bottom line* não implicará na perda do conceito de sustentabilidade na decisão. Implicará apenas no maior foco a um dos aspectos de acordo com os valores e estratégias organizacionais. A consideração dos três aspectos



citados nos processos decisórios implica na existência de foco sustentável na organização. Já com a atribuição de peso zero em um ou mais pilares, os mesmos serão descartados do processo decisório e seus aspectos não serão analisados. Este fato implica em uma decisão não sustentável e enviesada.

A combinação de dois dos três aspectos da sustentabilidade implica em três tipos de decisão que não são o foco do presente estudo. São elas:

- Eco-eficiência – análise dos aspectos ambientais e econômicos.
- Sócio-ambiental – análise dos aspectos ambientais e sociais.
- Sócio-econômico – análise dos aspectos econômicos e sociais.



**Figura 2:** Relação dos aspectos Ambiental, Social e Econômico

**Fonte:** Ferreira (2005)

## 6.4 Interferência do aspecto político na escolha do tipo de energia

A Empresa de Pesquisa Energética – EPE – realiza anualmente um Plano Decenal de Crescimento Energético – PDCE. Neste plano são estudadas diversas variáveis de cunho ambiental e social de maneira a otimizar os recursos energéticos e maximizar a geração de energia elétrica nacional. Há também o Plano de Aceleração de Crescimento – PAC que prevê empreendimentos energéticos em diversas regiões, visando o crescimento da economia nacional.

Nesses planos há orientações sobre o tipo de empreendimento ao qual o governo federal incentiva o desenvolvimento. O mesmo é expresso pelos leilões organizados pela EPE, determinando os locais de instalação e tipos de usinas a serem instaladas.

O governo federal e alguns governos estaduais mantêm programas de incentivo às energias chamadas limpas ou renováveis. Entre eles, há o programa de incentivo as fontes alternativas de energia elétrica, o PROINFA, onde contemplam as usinas eólicas, de biomassa, e PCH, homologado pela lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002. Os incentivos políticos se dão na forma de redução de taxas e impostos, fornecimento de crédito a juros reduzido, doação de equipamentos ou subsídios dos mesmos. Com isso, a política energética nacional torna certos tipos de empreendimentos mais atrativos que os demais.

Portanto, a questão política deve balizar a estrutura energética nacional de forma a proporcionar melhor utilização de recursos e maior diversidade da matriz energética, mantendo assim a produção elétrica durante todos os períodos do ano.

Interesses políticos que ultrapassem os interesses nacionais gerais não devem ser considerados na escolha do tipo de energia.

## **6.5 Fatores regionais limitadores da matriz energética**

As fontes geradoras de energia elétrica possuem limitações produtivas diretamente relacionadas com fatores geográficos e regionais. Os fatores de maior limitação à capacidade geradora das usinas são: vazão dos rios, altura de queda, velocidade dos ventos, pluviometria, insolação, rugosidade do terreno e matéria-prima disponível.

A estrutura logística da região é um fator relevante que pode tanto aumentar os custos de produção como impedir a produção por falta de combustível para geração.

## **7. Conclusão**

A implementação de fontes geradoras de energia elétrica possuem impactos sociais e ambientais e, por isso, torna este processo complexo de modo a ser orientado e balizado por ferramentas de auxílio à decisão.

Essas ferramentas devem ser elaboradas utilizando métodos multicritérios a fim facilitar análises e comparações entre a matriz energética voltado à sua rentabilidade e seus impactos gerados.

Desta forma, as diretrizes sustentáveis e seus indicadores, que nem sempre convergem para o mesmo interesse, são: ambiental, econômico e social. De maneira a garantir o desenvolvimento sustentável de uma região ou de uma organização é importante avaliar indicadores que garantam o sucesso do processo de expansão energético. Sendo assim, a relevância entre os pilares da sustentabilidade deve ser ponderada de forma equilibrada e equalitária, segundo o conceito teórico do Triple Bottom Line.

## Referências

AMARANTE, Odilon A. Camargo et al. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**. Brasília: MME; Eletrobrás, 2001.

BARBOSA, Bruno da Rocha Palmieri; BELLA, Letícia Fernandes; QUELHAS, Osvaldo Luiz Gonçalves. **Diretrizes para Auxílio à Decisão de Implantação de Fontes Geradoras de Energia Elétrica sob o Foco Sustentável**. 2009. Monografia (Conclusão do Curso de Graduação de Engenharia de Produção) – Universidade Federal Fluminense – Niterói.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Biomassa. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/05-Biomassa\(2\).pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/05-Biomassa(2).pdf)>. Acesso em: 10/08/2008.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. **A questão socioambiental no planejamento da expansão da oferta de energia elétrica**. Rio de Janeiro: EPE, 2006.

CÂMARA de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE). Informações institucionais diversas. Disponível em: [www.ccee.org.br](http://www.ccee.org.br).

COLEGIO SÃO FRANCISCO. História da Eletricidade. Disponível em: <<http://www.colegiosaofrancisco.com.br/alfa/historia-da-eletricidade/historia-da-eletricidade-1.php>>. Acesso em: 25 nov. 2008.

CHIAVENATO, Idalberto. **Administração nos Novos Tempos**. 2ª edição, Totalmente Revista e Atualizada. Rio de Janeiro. Campus: Elsevier, 2004.

CAMARGO, Luiz Gustavo Barduco Cugler. **O setor elétrico brasileiro e sua normalização contemporânea**. 2005. 358f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Bacharelado de Direito) – Curso de Bacharelado de Direito, Universidade Católica de Santos, Santos. 2005.

GOMES, Luiz Flavio Autran Monteiro; GOMES, Carlos Francisco Simões; AALMEIDA, Adiel Teixeira de. **Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério**. 2ª edição. São Paulo. Atlas, 2006.

LEÃO, Ruth. GTD: **Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica**. Ceará, 2008. Disponível em <<http://www.dee.ufc.br/>>, acesso em 09 de dezembro de 2008.

LEITE, Antonio Dias. **A Energia do Brasil**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

PORTER, Michael E. **Estratégia Competitiva: técnicas para análise de indústrias e da concorrência**. 2ª edição, 4ª Reimpressão. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

MOTTA, Regis da Rocha et al. **A análise de risco para concessão de crédito: estudo para inclusão da dimensão social à financeira e ambiental**. ENEGEP, Porto Alegre, RS, 2005.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. 2ª edição, 8ª Reimpressão. São Paulo: Atlas, 2008.

TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno (Org.). **Fontes Renováveis de Energia no Brasil**. Rio de Janeiro: Interciência: CENERGIA, 2003.

TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. **Geração de Energia Elétrica no Brasil**. Editora Interciência, 2003.

TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. **Alternativas Energéticas Sustentáveis no Brasil**. Rio de Janeiro: Relume Dumará: COPPE: CENERGIA, 2004.

BRASIL. Lei 10.848 de 15 de março de 2004. Dispõe sobre a comercialização de energia elétrica, altera as Leis nos 5.655, de 20 de maio de 1971, 8.631, de 4 de março de 1993, 9.074, de 7 de julho de 1995, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.648, de 27 de maio de 1998, 9.991, de 24 de julho de 2000, 10.438, de 26 de abril de 2002, e dá outras providências. D.O.U. de 16/03/2004, p. 2.

Decreto 5.163 de 29 de junho de 2004. Regulamenta a comercialização de energia elétrica, o processo de outorga de concessões e de autorizações de geração de energia elétrica, e dá outras providências. D.O.U. de 30.7.2004 - Edição Extra.