

Uma metodologia para tomada de decisão combinando princípios do PIR (Planejamento Integrado de Recursos Energéticos) e critérios de estudos de impactos ambientais.

Guilherme de Castilho Queiroz*

Resumo

Este artigo apresenta uma metodologia de tomada de decisão que procura enfatizar aspectos que contribuem para o desenvolvimento sustentável agregando três ferramentas: Planejamento Integrado de Recursos, Estudos de Impactos Ambientais e Avaliação de Múltiplos Objetivos, até hoje usadas de forma não integrada pelo setor energético brasileiro. Apresentam-se aspectos desses três instrumentos, que agregados formam o aqui denominado *Relatório PIR*. Dessa forma, introduz-se a necessidade de construção das *alternativas de PIR*, estruturadas por um Guia de Avaliação de Impacto Ambiental, que pressupõe também estudos de Gerenciamento do Lado da Demanda, visando à tomada de decisão baseada na Avaliação Ponderada dos Múltiplos Objetivos econômicos e sócio-ambientais (externalidades). Conclui-se que o uso do *Relatório PIR* pode facilitar e contribuir na tomada de decisão com mitigação dos problemas sócio-ambientais.

1- Introdução

No novo modelo energético-econômico brasileiro e mundial de globalização, abertura econômica, privatização, mercado livre e competição, fazem-se necessários levantamentos detalhados de uso de tecnologias, sua respectiva eficiência e o consumo de energia por classe social ou subsetor industrial e comercial, os quais conduzem a caracterizações importantes conhecidas como *análise por uso-final*, pois, segundo (GALVÃO et al., 1997), o conhecimento profundo dos hábitos e padrões de vida da população é necessário: ao órgão público, regulador-planejador, para resolver os conflitos de uma sociedade; e às empresas, para competirem no mercado de energia.

Uma boa *análise por uso-final*, que possibilita o desenvolvimento de programas de eficiência energética e conservação, i.e. (isto é), de gerenciamento do lado da demanda (GLD, também conhecido como *demand side management* - DSM), com avaliação simultânea do gerenciamento do lado da oferta (GLO) forma um “planejamento integrado de recursos” energéticos (PIR), pois considera as opções de expansão da oferta energética, as melhorias de eficiência, as novas tecnologias, a conservação, a autoprodução, as fontes renováveis, etc. (UGAYA et al., 1997).

Segundo JANNUZZI et al. (1997), o PIR planeja a curto e longo prazo, integrando a estrutura de oferta de energia, com usinas de grande e de pequeno porte, como as autoprodutoras e as de cogeração, com os programas de eficiência, envolvendo informação, etiquetagem, padrões de desempenho, regulação, etc.

Segundo TURNER et al. (1993), o desenvolvimento econômico dos mercados livres, como o do atual setor energético brasileiro, falha por ser improvável o estabelecimento de mercados de bens e serviços ambientais. Daí o conceito de “externalidade”, pois as ações de um indivíduo ou empresa afeta o bem-estar (Critério de *Pareto* – moderna economia do *welfare*) dos outros, mas freqüentemente não há incentivo para que o gerador do efeito o leve em conta na sua “tomada de decisão”. Em face disso, sugere-se que o governo intervenha no lugar do mercado para mitigar os problemas daqueles que sofrem das externalidades negativas, pois: “A externalidade é definida como o efeito do lado não-intencional da produção e consumo que afeta uma terceira parte tanto positivamente, quanto negativamente. Os economistas distinguiram tipos de externalidades entre pecuniárias, que são

transmitidas pelo sistema de preços, e tecnológicas, que causam efeitos físicos de valor real transmitidos de um agente para outro, sendo esta última a que captura o interesse da política e economia dos recursos naturais (DANIEL, 1991)”.

2 - Objetivo

O objetivo aqui é apresentar a importância de um *Relatório PIR*, com uma metodologia que complete o PIR incluindo os critérios dos “estudos de impactos ambientais” (EIAs), com análise de múltiplos indicadores (futuros objetivos) econômicos e sócio-ambientais, e visando a tomada de decisão baseada na “avaliação ponderada dos múltiplos objetivos” econômicos e externalidades (APMO). Pretende-se dar uma contribuição para que os recursos energéticos e naturais sejam utilizados de maneira otimizada, considerando os múltiplos objetivos, valores, de uma sociedade.

Inserida na proposta de *Relatório PIR* está a metodologia de estruturação das *alternativas de PIR*, que segue os conceitos do EIA, visando à tomada de decisão por uma política regional baseada na APMO, com posterior acompanhamento dos objetivos econômicos e externalidades passo a passo no desenvolvimento do projeto, o que deverá conduzir à solução ou mitigação dos principais problemas energéticos de uma determinada região em estudo.

O objetivo do artigo é alcançado por meio dos *Relatórios PIR*, que refletem a avaliação de recursos energéticos tanto do lado da oferta como da demanda e expressam as preferências de diversos agentes, inclusive governamentais, produtores independentes, consumidores e grupos ambientalistas. Esta metodologia do *Relatório PIR* é completa e complexa e pode ser utilizada por qualquer órgão, instituição, pesquisador, planejador, decisor, etc., que vise um planejamento energético que incorpore as externalidades na sua análise, avaliação e tomada de decisão.

3 - Revisão da literatura

A revisão da literatura reafirma a necessidade do *Relatório PIR*, composto das seguintes ferramentas:

- I/- o planejamento integrado de recursos (PIR) energéticos;
- II/- os estudos de impactos ambientais (EIAs) que analisem os múltiplos indicadores econômicos, sociais e ambientais não avaliados na atualidade como p.ex. (por exemplo) as externalidades;
- III/- a avaliação de múltiplos objetivos.

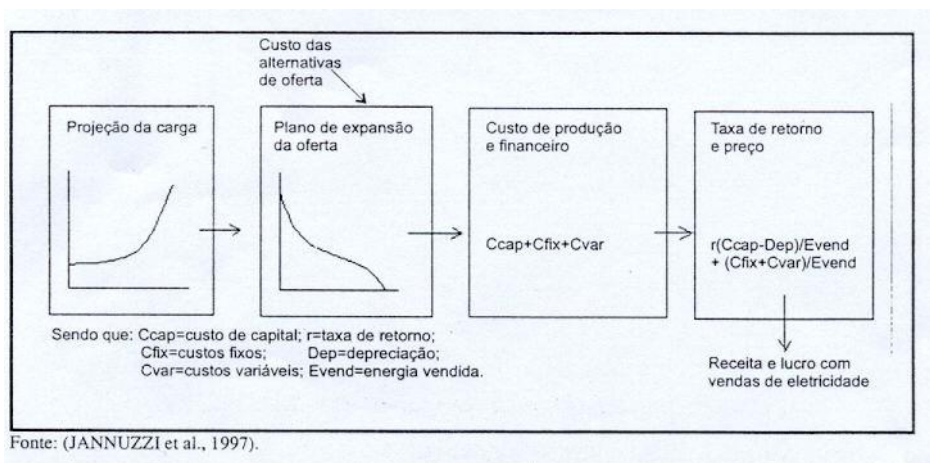
Será demonstrado, a seguir, que cada uma dessas ferramentas são úteis para um decisor encarregado de realizar um planejamento, p.ex. indicativo e regulador, das atividades do setor energético, de maneira a considerar os aspectos ambientais e sociais. Discutem-se, portanto, as metodologias de planejamento energético e de avaliação de impacto ambiental, mostrando sua evolução, que busca cada vez mais introduzir novos indicadores ambientais e sociais em sua análise. Esses novos indicadores, externalidades, são o motivo pelo qual, no final desta revisão da literatura faz-se uma revisão das ferramentas de avaliação dos múltiplos objetivos.

Planejamento Energético e PIR - oportunidade para incorporar as externalidades (múltiplos indicadores sociais e ambientais):

O PIR está mais adaptado mundialmente ao setor elétrico, uma vez que foi desenvolvido nos Estados Unidos da América, onde os monopólios privados foram compelidos por suas comissões reguladoras a adotá-lo para identificar e captar o potencial de melhoria de eficiência energética que poderia ser obtido com custos socialmente menores que aqueles de geração. O PIR tem como uma de suas razões o fato de que é difícil implementar programas de GLD financiados pelas companhias privadas, a não ser que a eficiência energética seja economicamente viável (JANNUZZI et al., 1997).

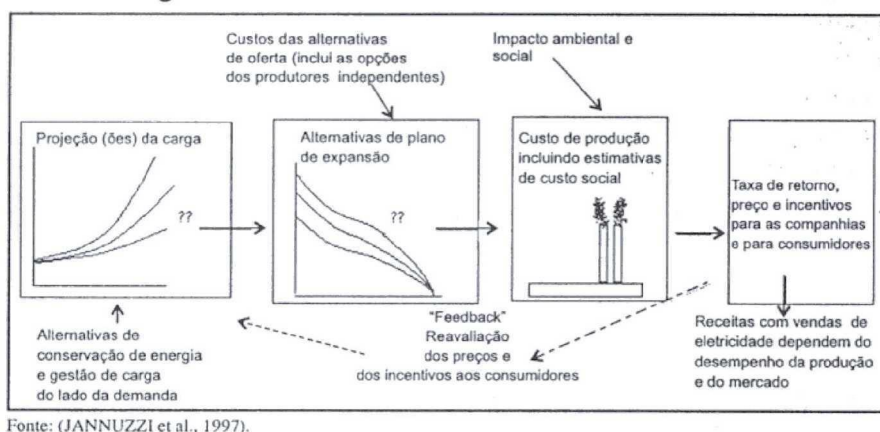
O planejamento elétrico tradicional, segundo a Figura 1, projeta a expansão da carga e procura expandir os recursos de oferta com o propósito de atender ao crescimento da demanda futura com segurança, minimizando os custos econômicos.

Figura 1 - O modelo tradicional de planejamento elétrico a custo mínimo.



O GLD fornece dados concretos para a tomada de decisão no âmbito regional que podem influenciar na adoção de padrões de consumo de energia mais apropriados para minimizar os problemas ambientais (JANNUZZI et alii, 1993). Dessa forma, o PIR integra uma gama mais ampla de opções tecnológicas, incluindo tecnologias para a eficiência energética e a gestão da carga, assim como geração descentralizada e os já incluídos na legislação nacional, autoprodutores e produtores independentes, resultando num planejamento do tipo mostrado na Figura 2.

Figura 2 - Um modelo de PIR de custo mínimo.



O PIR pode ser feito pelas empresas de modo a obter um planejamento de mínimo custo, ou pode ter um caráter governamental, p.ex., ambiental ou social, promovendo desenvolvimento econômico e sócio-ambiental (sustentável) regional. No setor elétrico do Brasil, a tendência à desestatização poderá

acentuar as vantagens dos recursos descentralizados, diminuindo o horizonte de tempo para planejar e aumentando o risco das grandes usinas, que podem ficar ociosas. Dessa forma, apesar do atual processo brasileiro de desestatização, um PIR de caráter governamental com vistas à proteção da sociedade e do meio ambiente torna-se imprescindível (JANNUZZI et al., 1997).

Os indicadores econômicos e externalidades exigem uma avaliação de impacto ambiental mais profunda. A próxima seção apresenta a evolução dos EIAs ao longo das últimas décadas, mostrando os atuais conceitos, que incluem tanto os objetivos contabilizáveis, quanto os não.

EIAs - a evolução da avaliação de impacto ambiental em busca da incorporação de novos indicadores sócio-ambientais (externalidades):

Inicialmente os EIAs, desenvolvidos por exigência legal antes do início da construção das grandes obras de expansão de oferta de energia, eram basicamente de análise custo e benefício, assim como a expansão do setor energético era baseada no custo mínimo. Essa análise custo-benefício foi aprofundada numa análise custo-receita, sendo que, a receita diferencia-se do benefício por envolver o trabalho empregado, o custo da terra e de capital. A análise do setor privado é diferente da do setor público, pois nesse último é necessário haver a substituição dos custos e receitas privados pelos sociais, portanto sendo uma análise do custo e benefício social. Numa tentativa de superar as dificuldades dessas análises anteriores basicamente de custo-benefício e receita, surge para o órgão regulador norte-americano, na década de 1960, a análise da atratividade econômica, que também tem suas limitações. Com os questionamentos ambientais e territoriais, esse tipo de EIA foi completado com alguns métodos de avaliação de impacto ambiental como: o Método de *Leopold*, o Método de *Battelle*, o Método de Simulação, etc. (ENI, 1994).

As novas estratégias de crescimento econômico e de desenvolvimento regional, para serem viáveis, têm de levar em consideração o meio ambiente como condição presente e futura nos EIAs. Dessa forma, um novo modelo de EIA deve ser analisado segundo possíveis benefícios econômicos e externalidades que possam trazer para uma determinada região novas oportunidades de negócios e geração de empregos (QUEIROZ, 1994).

O *Relatório PIR* deve ser baseado nos conceitos de um EIA e deve possuir posição preventiva, antecipada ao projeto, com presença de projetos alternativos (*alternativas de PIR*), de indicadores conflitantes (múltiplas externalidades), com uma subjetividade na avaliação (tomada de decisão APMO - ponderada com maiores pesos para os principais objetivos), com uma integração entre os aspectos técnicos e os aspectos de procedimento, e com uma participação no processo de tomada de decisão, como propõe LANIADO (1991), que sugere a necessidade de uma pesquisa preliminar inicial, na qual se decide fazer ou não o EIA para um determinado projeto, e, se sim, com quais características. Segue-se o processo com as fases de descrição e os vínculos legais. A fase de geração e descrição das alternativas e variantes é muito importante, pois ela decide por manter um projeto poluidor com um investimento na recuperação posterior ou escolher antecipadamente outro projeto para sanar o problema estudado. Após alguns estudos técnicos é necessário fazer um EIA parcial, que é colocado à disposição do público por certo período de tempo. Com novas observações, pesquisas de modificação, críticas, etc., refaz-se o projeto aprofundando-o no seu todo e publica-se a versão final. Entretanto, o planejamento não se encerra nessa publicação final, sendo necessária a fase de monitoramento e verificação posterior, pois qualquer dado diferente da estimativa deve ser acompanhado de um instrumento de verificação das conseqüências.

O *Relatório PIR* aqui proposto gera *alternativas de PIR* para um determinado problema energético-ambiental-social, as quais seguem os conceitos de um EIA com análise de múltiplos indicadores econômicos e externalidades que deverão ser acompanhados passo a passo no desenvolvimento do projeto. Essa metodologia, que inclui *alternativas de PIR* estruturadas como um EIA,

é complementada pela avaliação desses múltiplos objetivos contabilizáveis ou não, em função da política de desenvolvimento sustentável regional.

4 - Avaliação dos múltiplos objetivos econômicos e externalidades

A tomada de decisão com avaliação dos múltiplos objetivos vem sendo desenvolvida desde a década de 1970, porém ainda não se encontrou estrutura conceitual desse procedimento. Ela tem o objetivo de resolver o problema da avaliação teórica dos bens públicos, pois o mecanismo de preço de mercado somado ao uso eficiente dos recursos não funciona bem como índice de avaliação para o planejamento com falha de mercado (*market failure*). Os fundamentos da tomada de decisão com avaliações dos múltiplos objetivos são viáveis para planejamentos administrativos e regionais (SEO et al., 1987).

No contexto da tomada de decisão com avaliações dos múltiplos objetivos, a otimização significa encontrar o melhor compromisso entre os objetivos. Por exemplo, se o custo e a emissão são minimizadas separadamente, serão obtidos diferentes tipos de propostas de geração de energia elétrica, porque as unidades de geração seriam ordenadas de acordo com os custos de geração e com os coeficientes de emissão, respectivamente. Existe uma relação de troca (*trade-off*) entre os objetivos e é possível obter uma solução que atinja todos os ótimos individuais simultaneamente (solução ideal). O compromisso entre os objetivos é definido como o desvio do ótimo individual, sendo este a distância da solução ideal (CHATTOPADHYAY et al., 1994; ZELNY, 1982). As incertezas nos objetivos analisados aparecem com muitas especialidades tratadas, com previsões econômicas e sociais de longo prazo, com a natureza abstrata de algumas informações subjetivas e com a heterogeneidade de dados utilizados em alguns modelos de análise (HADDAD, 1993).

A principal atenção está no decisor ou grupo de decisores. Portanto, é bom ter claro que a tomada de decisão com avaliação dos múltiplos objetivos é uma proposta apresentada por uma ou mais pessoas sujeitas a uma análise de legitimidade (sua cultura, seu meio, seus procedimentos, sua compreensão, sua propensão aos outros, sua adaptabilidade ao futuro...). Portanto, é necessário ter atenção com o domínio cultural ao tomar-se uma decisão (SEO et al., 1987).

Segundo NEPAM (1997), a característica da análise de decisão com múltiplos objetivos é: a complexidade dos problemas que incluem aspectos econômicos, sociais, físicos, químicos, psicológicos, administrativos, de engenharia, ética e campos não estéticos; e a heterogeneidade dos objetivos, não medidos ou não comparáveis (p.ex., em reais - R\$), não compatíveis (não ligados) e incertos.

Várias são as metodologias utilizadas na classificação dos métodos e aplicações da programação com múltiplos objetivos. A abordagem via função de utilidade é estruturação das preferências do decisor, que pode ser obtida com curvas de nível da função utilidade, as quais também são conhecidas como curvas de indiferença ou isopreferência (HADDAD, 1993).

Alguns outros métodos da avaliação dos múltiplos objetivos são: os métodos para gerar o conjunto não-dominado, os métodos contínuos com prévia articulação das preferências e, os métodos discretos com prévia articulação das preferências (GOICOECHEA et al., 1982).

Em alguns desses métodos, o decisor estabelece julgamentos de valor e preferência sobre as alternativas de solução do problema, antes mesmo que o problema seja efetivamente resolvido, o que se denomina de métodos com indicação *a priori* de preferências. Em outros, o decisor é chamado a indicar suas preferências a cada interação, orientando o processo de solução do problema. Também, pode-se classificar alguns métodos em não-iterativos. Nos processos em que o decisor assume participação ativa com o modelo, geralmente tem-se possibilidade maior de que a solução final obtida seja aceita

como a melhor solução de compromisso do problema. O relacionamento do decisor com a solução do problema pode ser com a indicação de níveis mínimos para os objetivos, ordenação *lexicográfica* ou caracterização da estrutura de preferências por meio da função utilidade, entre outros. O método do ordenamento *lexicográfico* requer que os objetivos sejam ordenados em ordem de importância pelo decisor (HADDAD, 1993; PSARRAS et alii, 1990; STEUER, 1986; GOICOECHEA et al., 1982).

A programação alvo (*goal programming*) foi inicialmente concebida para resolver problemas lineares e atingiu grande desenvolvimento e popularidade nas últimas décadas. Esse método requer do decisor o conjunto de metas que ele gostaria que cada objetivo pudesse atingir. De qualquer forma, os métodos que têm conseguido, nos últimos anos, aceitação cada vez maior por parte dos pesquisadores e usuários são os interativos, também conhecidos por métodos com indicação progressiva de preferências pelo decisor (HADDAD, 1993).

Os métodos interativos podem ser implementados, considerando-se as particularidades de cada processo de decisão, por meio de *software* de programação matemática adequado. Como o decisor interage com o modelo, indicando preferências a cada interação, pode-se obter uma solução final aceita como a melhor solução de compromisso do problema. De maneira genérica, pode-se caracterizar tais métodos interativos em dois níveis: um nível inferior ou de análise e outro superior ou de decisão. No primeiro, encontra-se o modelo matemático adotado para o método em questão, cuja solução é influenciada pelas preferências do decisor. Essas preferências são fornecidas no nível superior, sendo que o decisor procura por meio delas induzir o nível de análise e fornecer soluções que estejam de acordo com as suas preferências. A forma como se processa é o que diferencia os métodos, que podem ser segundo o uso de uma função de utilidade implícita na programação alvo interativa, segundo as taxas marginais de substituição no método de *Geoffrion, Dyer e Feinberg* (GDF) e segundo *trade-off's* locais na vizinhança de uma dada alternativa viável, como no método *surrogate worth trade-off-method* (SWT) (HADDAD, 1993; STEUER, 1986; GOICOECHEA et al., 1982).

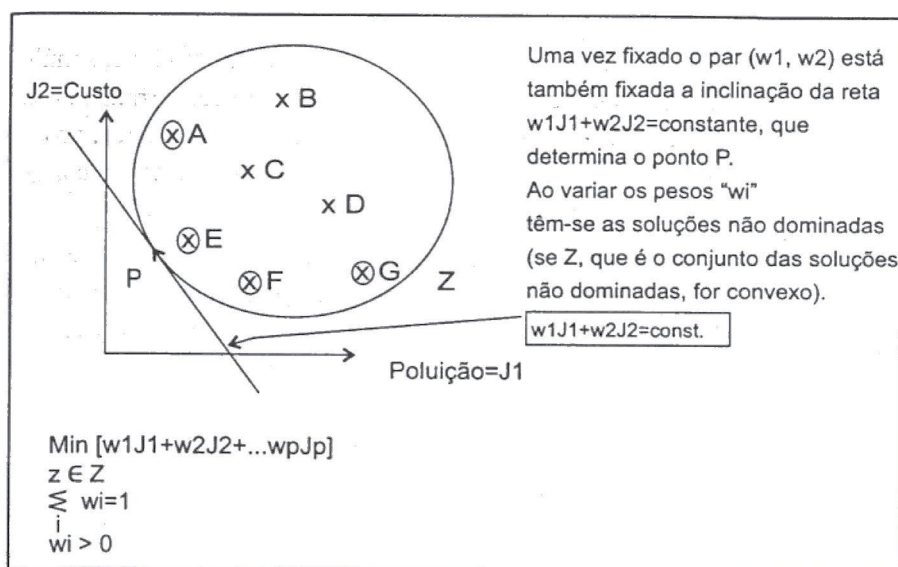
Têm-se também os métodos discretos que usualmente possuem estrutura representada por uma matriz relacionando os objetivos com as alternativas por meio de um dado valor. Essa matriz é conhecida por matriz de impactos genéricos ou matriz de alternativas, ou ainda por matriz de *payoff* (HADDAD, 1993). Entre os métodos discretos interativos, está o aqui denominado Avaliação Ponderada dos Múltiplos Objetivos (APMO), que é um instrumento de tomada de decisão com avaliação dos múltiplos objetivos, baseada no método de otimização ELECTRE da metodologia VISPA (*Valutazione Integrata - Scelta tra i Progetti Alternativi*, proposto por COLORNI et al. (1988)). Segundo GOICOECHEA et al. (1982), o método ELECTRE é ferramenta particularmente adequada para problemas de tomada de decisão de múltiplos objetivos que envolvem números discretos de alternativas. Foi inicialmente sugerido em meados da década de 1960 (BENAYOUN et al., 1966) e aperfeiçoado na década de 1970 (ROY et al., 1971).

Segundo COLORNI et al. (1988), no método VISPA/APMO, o decisor não achará a melhor solução entre as *alternativas* propostas para determinada região, mas escolherá a política preferencial com o compromisso de ser essa solução não dominada (pelo critério de *Pareto*). Esse é o principal objetivo da decisão de problemas com múltiplos objetivos. Assim, a questão crucial é COMO a decisão é tomada e não QUAL decisão, como ocorre na programação matemática clássica.

Utiliza-se o critério de *Pareto*, que é definido pela dominância absoluta de um projeto em relação a outro, para a escolha ótima entre projetos. Significa a eliminação dos projetos dominados por qualquer outro projeto que o domine absolutamente, p.ex., um projeto *C* é dominado por um projeto *A*, se não possui nenhum objetivo melhor que aquele de *A*. Já o método de Dominância Fraca (DF) consiste na atribuição de pesos para cada um dos múltiplos objetivos escolhidos, visando a uma ordenação, ainda que apenas parcial, das *alternativas* decisórias, sendo necessário avaliar a importância relativa desses objetivos e, então indiretamente, dos setores e dos interesses que representam (COLORNI et al., 1988).

Segundo ENI (1994) e HADDAD (1993), pelo fato da estrutura desse tipo de formulação envolver várias alternativas e objetivos de análises diferenciadas, torna-se necessário por vezes algum tipo de ajuda de especialistas ou de pessoas com longa experiência nesse campo de atividade. Mesmo trabalhando com pessoal qualificado, pode-se sentir dificuldade em transformar informações técnicas ou intuitivas em formas adequadas para o processo de análise em questão. Assim, é importante utilizar métodos analíticos que possam ajudar na determinação da importância das várias alternativas submetidas aos vários objetivos. A APMO utiliza o método dos pesos (w) para gerar o conjunto de soluções dominadas fracamente, como se exemplifica no Quadro 1.

Quadro 1 - Método dos pesos.



Fonte: (ENI, 1994).

Tais pesos devem ser propostos por especialistas, uma vez que cada conjunto de pesos, apesar de fornecer uma ordenação robusta p.ex. escolhendo as alternativas A, E, F e G do quadro 1, seleciona uma alternativa como a melhor de todas, como p.ex. a alternativa E desse mesmo quadro 1. Como já foi dito anteriormente, a tomada de decisão com avaliação dos múltiplos objetivos é uma proposta apresentada por uma pessoa (ou grupos de pessoas), sujeita a uma análise de legitimidade e, portanto, quanto mais confiável e especialista (*expert*) for o decisor, melhor será o resultado da decisão tanto para a sociedade, quanto para o meio ambiente como um todo (SERAFINI, 1984; GERELLI et al., 1987).

A problemática da relação energia-economia-sociedade-meio ambiente, i.e., do desenvolvimento sustentável, e a evolução de cada um dos três instrumentos (PIR, EIA e APMO) ao longo dos últimos anos, mostram a necessidade atual da conversão para uma metodologia mais completa como a proposta neste artigo, i.e., convergindo dessa forma para o *Relatório PIR* com uma metodologia de análise de problemas energéticos considerando múltiplos objetivos econômicos e externalidades.

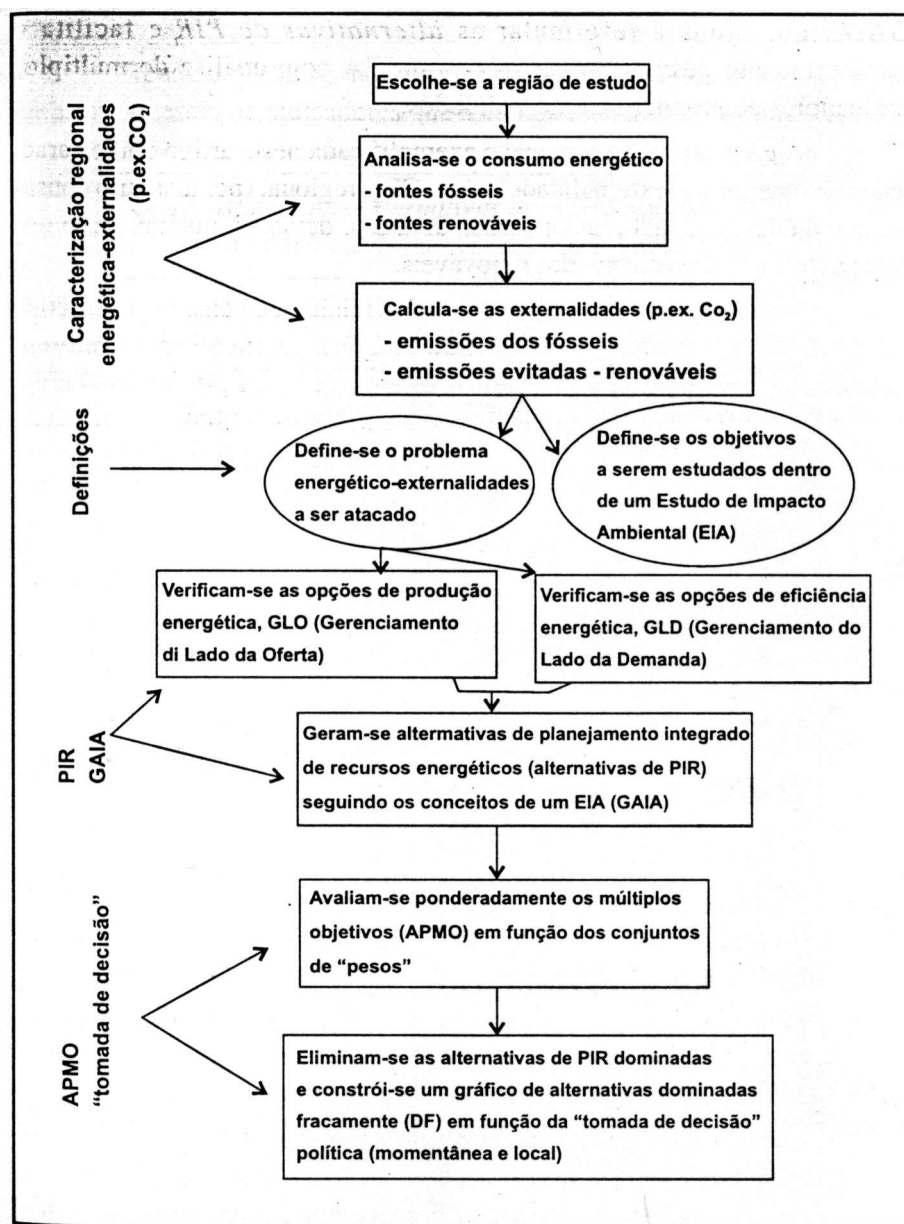
5 - Metodologia - relatório PIR

Agora, apresenta-se a metodologia proposta para atender aos múltiplos objetivos econômicos e externalidades visando oferecer ferramentas de auxílio à tomada de decisões para investimentos na área energética, procurando incorporar explicitamente as alternativas do lado da demanda e algumas variáveis ambientais e sociais, além das opções do lado da oferta.

Basicamente a metodologia proposta apóia-se nos princípios e concepções do PIR, associando-se a cada um dos múltiplos objetivos das *alternativas de PIR* diferentes pesos, que refletem diferentes avaliações do decisor (ou grupos de decisores). A organização e avaliação das *alternativas de PIR* obedecem aos critérios dos EIAs. Dessa forma, a metodologia do *Relatório PIR* procura combinar três tipos de análise que já vêm sendo aplicadas em problemas energéticos, mas frequentemente de maneira

não integradas: PIR; EIA com análise de múltiplos indicadores econômicos e externalidades que tem como instrumento o *software GAIA* (QUEIROZ et al., 1995a), que contribui na estruturação das *alternativas de PIR* pela metodologia de Guia de Avaliação de Impacto Ambiental (GAIA, *Guia di Analisi di Impatto Ambientale*) proposto por COLORNI et al. (1991); e APMO: avaliação na qual o decisor associa diferentes pesos a cada um dos múltiplos objetivos, utilizando o *software VISPA* (QUEIROZ et al., 1995b), que contribui com a tomada de decisão dentro da metodologia de Avaliação Integrada e Escolha entre Projetos Alternativos. O Fluxograma 1 apresenta o esquema geral da metodologia de *Relatório PIR* proposta por QUEIROZ (1999).

Fluxograma 1 - Metodologia de relatório PIR.



Uma vez feita a caracterização regional e definido o problema e os múltiplos objetivos a serem avaliados, parte-se para a geração e estruturação das *alternativas de PIR*. Utiliza-se nesta etapa o *software GAIA*, que ajuda a reformular as *alternativas de PIR* e facilita o monitoramento com os conceitos de um EIA com análise de múltiplos indicadores econômicos e externalidades.

A caracterização regional é exemplificada neste artigo como caracterização energética-externalidade (p. ex. CO₂) regional (por avaliar o consumo energético regional e as emissões de CO₂), devido à queima tanto dos combustíveis fósseis quanto dos renováveis.

Dessa forma, baseando-se nos dados iniciais de consumo energético e externalidades regional (p. ex. emissão de CO₂), desenvolvem-se *alternativas de PIR* para analisar os problemas fazendo comparação dessas alternativas numa APMO. Esta análise é feita com o *software* VISPA, que avalia de forma integrada e ponderada os múltiplos objetivos econômicos e externalidades ajudando na escolha entre as *alternativas de PIR*.

Assim, a escolha da melhor *alternativa de PIR* para a região é feita por método de otimização dos objetivos previamente ponderados de acordo com um conjunto de preferências explicitadas pelo decisor (pesos).

Caracterização energética-econômica-externalidades (p. ex. emissões de CO₂) regional:

O *Relatório PIR* inicia-se com a caracterização regional, i.e., com análise econômica, do consumo energético e suas respectivas externalidades (neste caso exemplificada pelas emissões de CO₂, principal causador do efeito estufa), conforme mostra o fluxograma 1.

Tendo todos os dados de consumo de combustíveis fósseis e renováveis, facilmente calculam-se as externalidades tipo emissões de CO₂ com o *software* GGIS (*Greenhouse Gases Inventory Software*) do IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) (IPCC, 1995a/b). Uma vez realizados os cálculos de consumo e externalidades-emissões, define-se o problema que será atacado e os múltiplos objetivos a serem avaliados.

A definição do problema e dos múltiplos objetivos a serem avaliados dependem de boa caracterização energética-econômica-externalidades (p. ex. CO₂) regional. Por exemplo, num estudo de *alternativas de PIR* para o setor energético, o problema a ser solucionado poderia ser definido pela seguinte questão:

Quais as melhores *alternativas de PIR* para solucionar um aumento da demanda futura de energia prevista num horizonte de 10 anos?

Tendo a APMO como instrumento de tomada de decisão, agregam-se a essa questão os indicadores que a complementam da seguinte forma:

Quais as melhores *alternativas de PIR* do ponto de vista econômico e sócio-ambiental (externalidades)?

É necessário que um EIA analise todos os múltiplos indicadores possíveis, i.e., a geração de empregos, o consumo de água, o NO_x, o SO_x, a fumaça, os particulados, a área inundada, etc. É importante fazer uma pesquisa nos órgãos competentes para desenvolver uma *análise por uso-final* (GLD de análise do consumo por fonte energética e por uso-final).

A *análise por uso-final* deve também calcular o custo de implementação de um programa de GLD, p.ex., contabilizando quantos reais custam para conservar uma determinada quantidade de energia elétrica, podendo-se então comparar este “custo do GLD” com o custo de produção. Voltando à caracterização energética-econômica-externalidade (p. ex. CO₂) da região em estudo, convém salientar que basicamente constitui a alternativa zero (ALT-0), p.ex., se a região possui problema definido pela importação de toda a energia elétrica que consome e não polui nada dentro da região e, caso, ao final da APMO, esta ALT-0 for a escolhida, isto quer dizer que será melhor deixar as coisas como estão e não

desenvolver nenhuma das outras *alternativas de PIR* (denominados por ALT-1, ALT-2, etc.) em análise. Assim, a região em estudo deverá continuar importando toda a eletricidade.

Uma vez aplicadas as fases iniciais dessa metodologia, parte-se para a criação de uma contabilidade eletrônica (estruturação) das *alternativas de PIR* da região (ALT-0, ALT-1, ALT-2, etc.) utilizando a metodologia GAIA, que será detalhada a seguir.

GAIA - Estruturação das *alternativas de PIR* segundo um EIA com análise de múltiplos indicadores econômicos e externalidades:

Conforme apresentado anteriormente, o EIA adaptou-se ao longo do tempo às necessidades políticas regionais. A metodologia de tomada de decisão aqui proposta (fluxograma 1), utiliza o *software* GAIA, por facilitar o constante monitoramento e reavaliação das *alternativas de PIR* nele estruturados, além de ser ferramenta que possibilita ampla avaliação de impacto ambiental, contemplando tanto os indicadores econômicos quanto as externalidades.

As alternativas geradas para a expansão dos serviços de energia, tanto do lado da demanda como da oferta, são agora re-escritos utilizando-se do *software* GAIA, que ajuda a estruturar as *alternativas de PIR*. Esta fase da metodologia do *Relatório PIR* possui alguns instrumentos básicos que estarão sujeitos a constante modificação e documentação de cada passo, além de permitir trabalhar com valores quantitativos e qualitativos, que também podem ser agregados por diferentes tipos de equações.

O *software* GAIA impõe estrutura (arquitetura) para cada *alternativa de PIR*, que é basicamente formada pelos *elementos constituintes*. Por exemplo, caso seja um estudo de planejamento do setor elétrico, os *elementos constituintes* são as diversas formas de produção de eletricidade (hidrelétricas, termelétricas, etc.) e de GLD (programas de eficiência de energia elétrica, conservação de eletricidade, etc.) que foram considerados pela análise segundo o PIR.

Dessa forma, cada um dos *elementos constituintes* será estruturado por 2 gráficos denominados *árvores*: um de coluna que define as *causas* analisadas (tipo de fornecimento de energia) e um gráfico de linha definindo os *efeitos* (econômicos e externalidades) relacionados a tal provimento de serviços de energia.

Essas duas *árvores de linha e de coluna* formam matrizes. A metodologia proposta possibilita ao decisor agregar o maior número possível desses *elementos constituintes* com vistas a analisar o problema definido por ele mesmo, após a caracterização regional, i.e., as *alternativas de PIR* são, desde cada um dos específicos *elementos constituintes* até a agregação de todos os *elementos constituintes* entre si, sempre em função das hipóteses do decisor. A agregação dos *elementos constituintes* representa as *alternativas de PIR* que formam a matriz de avaliação genérica do tipo da apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Matriz de avaliação genérica.

causas →		ALT-1	ALT-2	ALT-...
↓ efeitos	Elemento constituinte/ Indicadores	Somente o elemento constituinte 1 ou 2...	Elemento constituinte 1 + 2 + ...	El. con. 2 + 5 + ...
	- Indicador 1			
	- Indicador 2			
	- Indicador 3			
	etc.			

Essa matriz possibilita a escolha das melhores *alternativas de PIR* (e respectivos *elementos constituintes*), de acordo com os indicadores explicitados nas linhas.

Assim, os *elementos constituintes* estão representados pela seqüência de matrizes que descrevem a seqüência de relações de causa e efeito. A seqüência é definida p.ex. pelos seguintes pares de árvores: tecnologia de produção, conservação ou importação de energia (causa) por indicadores sócio-econômico-ambiental (efeito). Considerando-se qualquer um dos pares de *gráficos árvores* citados, pode-se isolar um conjunto de relações de causa e efeito, sobre o qual é possível fazer-se uma série de operações (enriquecimento dos *gráficos árvores* – adicionando/cancelando/ativando/desativando/memorizando e definindo as linhas e colunas das matrizes; seleção dos nós; colocação de estimativas – inserção/modificação e documentação; conversão – de estimativas qualitativas em valores numéricos; agregação; etc.). Os resultados das operações feitas nesta metodologia podem ser por sua vez memorizados pela seqüência de matrizes sucessivas, das quais as linhas e as colunas têm sempre o mesmo significado. Cada matriz representa a fase particular de elaboração do mesmo conjunto de relações de causa e efeito.

Embora a geração das *alternativas de PIR* possa ser feita em qualquer fase de cada um dos *elementos constituintes*, normalmente ela é realizada nas últimas fases, pois estes já devem estar com os símbolos convertidos em números, agregados, etc. Juntando os *elementos constituintes*, formam-se as diversas *alternativas de PIR* pois, p.ex., uma alternativa pode produzir energia por termelétricas ou por fontes renováveis, ou pode conter diversos planos de mitigação ou proteção do meio ambiente visando a menor poluição do ar (p. ex., ALT-Y de mitigação do ar), ou visando à despoluição dos rios (p. ex., ALT-Z de mitigação dos rios); etc.

Portanto, graças a um conjunto de agregações dos *elementos constituintes*, geram-se as *alternativas de PIR*, que é um vetor final, i.e., uma única coluna representativa de toda a alternativa. A árvore de coluna neste caso é única, p.ex., ALT-W, com os nós da árvore de linha que são os indicadores econômicos e externalidades, formando uma célula para cada um dos indicadores, que contém uma estimativa do efeito total da alternativa sobre esse indicador. Para confrontar as *alternativas de PIR*, constrói-se a *matriz de avaliação*, que tem uma coluna em correspondência a cada um dos vetores finais (ALT-0, ALT-1, etc.) e tem como linhas o conjunto de todos os nós selecionados em pelo menos um dos vetores finais das *alternativas de PIR*.

Assim, a *matriz de avaliação*, contendo os vetores finais de cada *alternativa de PIR*, é usada como dado de entrada na APMO, com o intuito de organizar a fase de avaliação e auxiliar na escolha entre as diversas *alternativas de PIR* energéticas regionais.

6 - APMO - Avaliação integrada e escolha entre as alternativas de PIR

Uma vez que a *matriz de avaliação* gerada no *software* GAIA já esteja tanto com os valores dos indicadores econômicos, quanto com os valores das conversões das externalidades (indicadores sócio-ambientais não contabilizáveis), parte-se para a avaliação pelo *software* VISPA dentro da metodologia de APMO.

Uma operação crucial é a transformação dos indicadores econômicos e externalidades em objetivos. É realizada, se necessário, pela aplicação de funções de utilidade, que visam eliminar prováveis variações de resultados da ordenação em função da magnitude da unidade de cada um dos indicadores.

Utilizando-se o critério de *Pareto* para a escolha ótima entre as *alternativas de PIR*, eliminam-se as *alternativas de PIR* dominadas por qualquer outra *alternativa de PIR* por não possuir nenhuma prestação (i.e., valor inserido na matriz de avaliação) melhor. As diversas *alternativas de PIR* restantes (dominantes) são ordenadas segundo o método de Dominância Fraca (DF).

O método DF, portanto, requer a definição de pesos a serem atribuídos aos objetivos explicitados pelo decisor. Visando à obtenção de um ou mais vetores de pesos relativos aos objetivos, é necessária uma interação entre quem faz a análise do ponto de vista técnico, o decisor, os especialistas, os grupos sociais envolvidos, etc.

O *software* VISPA assume um conjunto de pesos como *default* (denominado *confronto aos pares*) distribuindo o mesmo peso para todos os objetivos ($1/n$, sendo n o número de objetivos). Além desse conjunto de pesos *default*, oferece-se a possibilidade de gerar qualquer conjunto de pesos com o intuito de obter a interação do decisor com todas as relações de pesos possíveis entre os objetivos avaliados.

A área de DF é formada por 2 valores denominados Sc e Sd, que são a representação (entre 0 e 1) dos índices de concordância $i(c)$ e de discordância $i(d)$ absolutos, respectivamente, de cada *alternativa de PIR*. Esses índices absolutos são baseados nas matrizes dos índices de concordância (IC) e de discordância (ID). Verifica-se, dessa forma, que um índice absoluto é proveniente de uma matriz, uma vez que cada IC e ID é calculado em função da relação de uma única *alternativa de PIR* com outra, como será detalhado a seguir.

O cálculo do IC de uma alternativa em relação à outra é obtido somando-se os pesos dos objetivos pelos quais a primeira alternativa (h) é preferível à segunda (k), com a seguinte fórmula:

$$IC = c_{hk} = c(h, k) = (w^+) / (w^+ + w^- + w^=) \quad \text{[Equação 1]}$$

sendo h a alternativa analisada em relação à alternativa k , w^+ os pesos dos objetivos pelos quais a primeira alternativa (h) é preferível à segunda (k), w^- os pesos das alternativas que possuem prestação igual e $w^=$ os pesos dos objetivos pelos quais a segunda alternativa (k) é preferível à primeira (h).

É possível, assim, construir a matriz de concordância, na qual um elemento genérico c_{hk} é o IC da alternativa h em relação à alternativa k .

De forma análoga é possível construir a matriz de discordância. Para o cálculo do ID (d_{hk}) da alternativa h em relação à alternativa k , é necessário individualizar o objetivo cuja diferença entre a prestação da alternativa (k) e da alternativa (h) fornece o maior valor. Portanto, o ID é respectivamente a diferença entre os objetivos pelos quais k é preferível a h e entre todos os objetivos, uma vez que é dividido pela maior diferença encontrada em qualquer um dos objetivos (linhas), independente de qual alternativa é maior ou menor. O ID é a relação entre os dois valores assim obtidos, definido pela seguinte fórmula:

$$ID = d_{hk} = d(h, k) = (\text{máximo intervalo pelo qual } h < k) / (\text{faixa total da escala}) \quad \text{[Equação 2]}$$

sendo h a alternativa analisada em relação à alternativa k .

Dessa forma, a cada alternativa h são associados dois índices absolutos, chamados de concordância $i(c)$ e de discordância $i(d)$, calculados segundo as seguintes definições:

$$i_h^{(c)} = \sum_j c_{hj} - \sum_m c_{mh} \quad \text{[Índice absoluto de concordância]} \quad \text{[Equação 3]}$$

$$i_h^{(d)} = \sum_j d_{hj} - \sum_m d_{mh} \quad \text{[Índice absoluto de discordância]} \quad \text{[Equação 4]}$$

sendo h a alternativa analisada; m , os valores das linhas da matriz de c (concordância) e de d (discordância); j , os valores das colunas destas mesmas matrizes.

Portanto, o índice absoluto é o somatório dos valores da linha de determinada alternativa, diminuído do somatório dos valores da coluna. No caso, $i(c)$ é uma medida de quanto a alternativa h prevalece sobre as outras, i.e., quanto mais alto é o seu valor, mais a alternativa h é satisfeita, pois os valores da linha da matriz IC mostram a proporção em que os pesos da alternativa em análise se sobressaem num confronto entre as prestações desta mesma alternativa em relação às outras, e, no caso dos valores das colunas da matriz IC é o contrário, i.e., quanto maior o valor, maior é o domínio das outras alternativas em relação àquela em análise.

Já o $i(d)$ é a medida de sobrecrescimento total das outras alternativas, caso a decisão final seja de realizar a alternativa h , portanto, quanto mais baixo é o seu valor, ainda mais h é satisfeita, porque os valores da linha da matriz ID de determinada alternativa são a diferença entre a prestação dela para com as outras alternativas de PIR, divididos pela maior diferença em qualquer um dos objetivos. E, o contrário acontece em relação aos valores da coluna da matriz ID, nos quais observam-se o quanto as outras alternativas são piores que a alternativa em análise.

Dessa forma é possível calcular duas novas ordenações das alternativas de PIR, baseadas respectivamente sobre o $i(c)$ e sobre o $i(d)$.

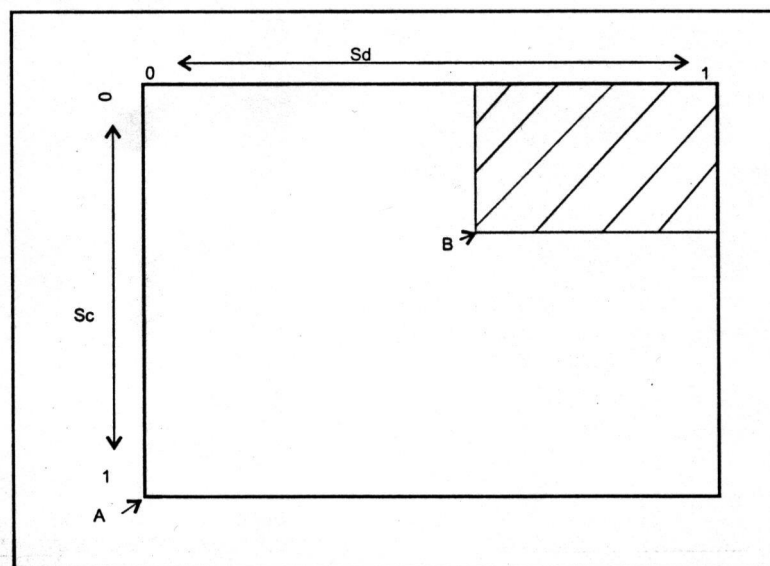
A ordenação criada em relação ao conceito de área de DF é baseada nesta propriedade: se uma alternativa k é dominada fracamente por uma outra alternativa h dentro de um par de valores de faixa Sc^0 e Sd^0 , também é dominada fracamente por todos os pares de valores de faixa tais que:

$$Sc \leq Sc^0$$

$$Sd \geq Sd^0$$

Considerando-se um quadrado de lado unitário, como o mostrado na Figura 4 (tipo espaço de decisão), se uma alternativa k é dominada no ponto A (com valores de faixa $Sc=1$ e $Sd=1$), também é dominada em todos os pontos do quadrado (dominância absoluta do critério de Pareto), i.e., com qualquer par de valores de faixa mais relaxados; se uma alternativa k é dominada fracamente no ponto B , pelos mesmos motivos é dominada fracamente em todos os pontos do retângulo interno (área de DF de cada alternativa de PIR).

Figura 4 - Análise de área de DF da APMO.



Fonte: (COLORNI et al., 1988).

A metodologia APMO calcula para cada alternativa k a área de DF, i.e., a área dentro da qual a alternativa k é dominada fracamente por qualquer outra. A ordenação é criada à partir do fundo (final), i.e., da alternativa mais dominada segundo o conceito de DF, colocando-se no fim da ordenação as alternativas que possuem áreas de DF maiores e no alto (início) da ordenação as alternativas com áreas de DF menores.

No ponto A , a alternativa em análise é dominada totalmente por alguma outra *alternativa de PIR*. Ao decrescer de Sc e ao crescer de Sd , passa-se desse conceito de dominância absoluta (*Pareto*) para um conceito de DF. É evidente que o resultado depende fortemente dos valores de Sc e Sd e de sua representação gráfica (gráfico de duas dimensões, $R2$).

Dessa forma, passa-se de um critério em que as *alternativas de PIR* são dominadas absolutamente e portanto eliminadas numa primeira fase desta APMO, para um critério de DF (quanto menor a área de DF melhor, i.e., o melhor é estar o mais próximo possível do ângulo superior direito), quando se analisam as áreas de DF, que são baseadas nas matrizes de índice de concordância (IC) e índice de discordância (ID) e assim nas faixas: Sc que varia de 0 a 1 , tendo o 0 como melhor valor; de forma oposta, Sd que também varia de 0 a 1 , porém tendo o 1 como melhor valor.

Utiliza-se, portanto, o método de filtragem numa tentativa de reverter a lógica dos tradicionais EIAs apresentados anteriormente pois, ao invés de determinar diretamente a alternativa ótima entre todas aquelas em exame, eliminam-se pouco a pouco as piores ou também aquelas que pouco satisfazem, e reinicia-se a avaliação com as *alternativas de PIR* restantes (STEUER, 1986).

7 - Conclusões

Visto que a metodologia de *Relatório PIR* conduz a alternativas de solução e mitigação dos principais problemas energéticos, ambientais e sociais de uma determinada região, pode-se concluir que:

~ o *Relatório PIR* agrega e reforça 3 importantes ferramentas utilizadas pelo setor energético de forma não integradas;

~ o *Relatório PIR*, utilizando a ferramenta de PIR, além de considerar as opções de expansão da oferta e da demanda energética (GLO e GLD), inova ao considerar as externalidades, sendo então imprescindível o uso de ferramentas de avaliação de múltiplos objetivos tipo APMO numa metodologia de tomada de decisão visando incorporar essas externalidades, que sugere um órgão governamental intervindo no lugar do mercado para proteger aqueles que sofrem em consequência das perigosas externalidades;

~ a caracterização regional, estruturada pela ferramenta de GAIA, fase inicial do *Relatório PIR*, deve possuir uma análise de legitimidade profunda, pois o estudo de caso é fortemente dependente das hipóteses iniciais advindas dessa caracterização (definição do problema, escolha dos múltiplos objetivos, etc.); das codificações, conversões e agregações; da ALT-0; etc. Limitações essas que podem ser minimizadas na medida em que se constituam equipes multidisciplinares de decisores, que devem estudar profundamente cada um dos múltiplos objetivos econômicos e externalidades, pois estes são muito importantes uma vez que constituem os “valores” de uma sociedade.

~ com a metodologia de *Relatório PIR* é possível proporcionar ao decisor (representante de diversas camadas sociais, empresários, políticos...) escolher, de acordo com a vontade social momentânea e

local, a política a ser adotada, tratando com a sociedade em audiências públicas (fundamentos do EIA do CONAMA), e, se necessário, refazendo facilmente toda a avaliação (metodologia GAIA);

~ o *Relatório PIR* proporciona o uso otimizado dos recursos energéticos, sociais e ambientais, considerando múltiplos objetivos de uma sociedade, ajudando o decisor a planejar um desenvolvimento social, econômico e também mitigar as externalidades prejudiciais.

Todas essas conclusões contribuem para o uso de uma metodologia de *Relatório PIR*, com uma posição do tipo preventiva, antecipada ao projeto, com presença de muitos projetos alternativos, de múltiplos indicadores conflitantes, com acompanhamento dos objetivos no desenvolver do projeto, e com subjetividade na avaliação, que possibilita uma integração entre os aspectos técnicos e os aspectos de procedimento e também da participação no processo de tomada de decisão, pois só assim um decisor contribuiria na proteção dos interesses sociais, visando ao desenvolvimento regional tanto econômico, quanto sócio-ambiental (externalidades) dentro do novo sistema de mercado livre de energia.

Bibliografia

- BENAYOUN, R.; ROY, B.; SUSSAMAN, B. "ELECTRE: UNE MÉTHODE POUR GUIDER LE CHOIX EN PRESENCE DE POINTS DE VUE MULTIPLES". SEMA (METRA INTERNATIONAL), DIRECTION SCIENTIFIQUE, NOTE DE TRAVAIL 49, PARIS, JUNE 1966.
- CHATTOPADHYAY, D.; BANERJEE, R.; PARIKH, J. "Integrating Demand Side Management in Electricity Utility Planning: a multiobjective approach", Indira Gandhi Institute of Development Research, Bombay, India. In: Proceedings IEEE Power Engineering Society 1994 Summer Meeting, San Francisco, CA, USA, July 24-28, p. 7, 1994.
- COLORNI, A.; LANIADO, E.; ROSACE, F. "VISPA - Valutazione Integrata per la Scelta tra Progetti Alternativi". Milão: Clup, Milano (Italia), 1988, 56p.
- COLORNI, A.; LANIADO, E. "GAIA - Guia à Análise de Impacto Ambiental". Milão: Clup, Milano (Itália), 1991, 121 p.
- DANIEL, W. B. "Environment and Economy: Property Rights & Public Policy", Cambridge USA Oxford: Blackwell Publishers, 247 p., 1991.
- ENI. "Apostila de Avaliação de impacto ambiental". Enti Nazionale de Idrocarburi, Mestrado em Economia de Energia e do Meio Ambiente, Scuola Superiore Enrico Mattei, Milão, Itália, 1994, p. 230.
- GALVÃO, L. C. R.; REIS, L. B. D.; UDAETA, M. E. M. "O gerenciamento do lado da demanda - GLD e a abordagem dos usos finais". In: III Congresso Latino Americano de Geração e Transmissão de Energia Elétrica, 9-13 de novembro, 1997, Campos do Jordão (SP) Brasil. Anais... v. 1, p. 362-367.
- GERELLI, E.; LANIADO, E. "Storia, Motivazioni e Finalità della Valutazione di Impatto Ambientale". Terra, n. 2, 1987.
- GOICOECHEA, A.; HANSEN, D. R.; DUCKSTEM, L.. "Multiobjective Decision Analysis with Engineering and Business Applications". New York: John Wiley & Sons, 1982, p. 519.
- HADDAD, Jamil. "Uma Contribuição à Análise de Conservação de Energia Elétrica Utilizando a Teoria dos Conjuntos Fuzzy". Campinas: Planejamento de Sistemas Energéticos, Faculdade de Engenharia mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1993, 220p, Tese (doutorado).
- IPCC. "Software IPCC - Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories", UNEP/OECD/IEA/IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change, Bracknell, 1995a.
- IPCC. "IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories", UNEP/OECD/IEA/IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, Bracknell, 3 Volumes, 1995b.
- JANNUZZI, Gilberto de Martino; MAMMANA, Guilherme; QUEIROZ, Guilherme de Castilho et al. "Estimativas do consumo de eletricidade para o ano 2.000 para o Estado de São Paulo e Região de Campinas, considerando possíveis modificações no estoque de tecnologias". Campinas: AIPSE/FEM/UNICAMP, relatório de projeto financiado pela The Alton F. Jones Foundation e The Tides Foundation, 1993.

- JANNUZZI, Gilberto de Martino; SWISHER, J. N. "Planejamento Integrado de Recursos Energéticos - Meio Ambiente, Conservação de Energia Elétrica e Fontes Renováveis". São Paulo: Editora Autores Associados (Campinas) UNEP/PROCEL-ELETOBRÁS, 1997, 246p.
- NEPAM. "Relatório final: Qualidade ambiental e desenvolvimento regional nas bacias dos rios Piracicaba e Capivari". Núcleo de estudos e pesquisas ambientais (UNICAMP), PADCT/CIAMB e Fapesp, setembro de 1997, cinco volumes, 850 págs., Campinas, SP.
- PSARRAS, J, et alii. "Multiobjective programming". Energy, Vol. 15, No. 78, p. 583-605, 1990.
- QUEIROZ, Guilherme de Castilho. "Il "Dilemma Carbone" tra Salvaguardia dell'Occupazione e Tutela Ambientale: Il Caso di Santa Catarina in Brasile", Tese de Mestrado apresentada na Scuola Superiore Enrico Mattei - ENI/Milano/Italia, 62 págs., 1994.
- QUEIROZ, Guilherme de Castilho; RODRIGUES, Edson Carlos. "GAIA - Tradução do Software - Guia de Avaliação de Impacto Ambiental", Scuola Superiore Enrico Mattei e Politecnico di Milano, Milão, Itália, 1995a.
- QUEIROZ, Guilherme de Castilho; RODRIGUES, Edson Carlos. "VISPA - Tradução do Software - Avaliação Integrada - Escolha entre Projetos Alternativos", Scuola Superiore Enrico Mattei e Politecnico di Milano, Milão, Itália, 1995b.
- QUEIROZ, Guilherme de Castilho, "Uma Metodologia para Tomada de Decisão Combinando Princípios do PIR e Critérios de Estudos de Impactos Ambientais", Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Departamento de Energia - Planejamento de Sistemas Energéticos, Universidade Estadual de Campinas, 1999, 219 p. Tese (Doutorado).
- ROY, B.; BERTIER, B. "La méthode ELECTRE II: une méthode de classement en présence de critères multiples". Note de Travail 142, Direction Scientifique Groupe Metra, Avril, 1971.
- SEO, F.; SAKAWA, M. "Multiple criteria decision analysis in regional planning - concepts, methods and applications". Holland: D. Reidel Publishing Company, 1987, p. 535.
- SERAFINI, P. "Ottimizzazione Vettoriale", In: Proceedings...G. Carpaneto, G. Di Pillo, Metodi e Algoritmi per l'Ottimizzazione, Pitagora, Bologna, Italia, 1984.
- STEUER, R. E. "Multiple Criteria Optimization: Theory, Computation, and Application", John Wiley & Sons, New York, 1986, p. 540.
- TURNER, R. K.; PEARCE, D.; BATEMAN, I. "Environmental Economics: an elementary introduction", Baltimore: The John Hopkins University Press, 328 p., 1993.
- UGAYA, Carla; JANNUZZI, Gilberto de Martino. "Planejamento integrado de recursos energéticos: uma aplicação no setor elétrico da região administrativa de Campinas". In: III Congresso Latino Americano de Geração e Transmissão de Energia Elétrica, 9-13 de novembro, 1997, Campos do Jordão (SP) Brasil. Anais... v. 1, p. 368-373.
- ZELNY, M. "Multiple criteria decision making". McGraw-Hill Book Company, 1982.
-

- Diretor de Pesquisas da UNESC (Universidade do Extremo Sul Catarinense) e do IPAT (Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas). Doutor em Planejamento de Sistemas Energéticos pela UNICAMP (Universidade Estadual de Campinas) e Mestre em Economia, Energia e Meio Ambiente pela *Scuola Superiore Enrico Mattei* (Milão-Itália).
-