

FATORES INTERVENIENTES NA ADOÇÃO DE FONTES DE ENERGIA LIMPA NA MATRIZ ENERGÉTICA DO SETOR INDUSTRIAL PAULISTA

Flávia de Castro Camioto (EESC-USP)

flaviacamioto@yahoo.com.br

Mariana Sarmanho de Oliveira Lima (UFG)

msarmanho@natal.digi.com.br

Daisy Aparecida do Nascimento Rebelatto (EESC-USP)

daisy@sc.usp.br



O setor industrial é o setor brasileiro que mais consome energia e, conseqüentemente, é um dos principais causadores de impactos ambientais, devido ao elevado consumo de combustíveis fósseis. O presente artigo tem o objetivo de apresentar uuma pesquisa, em andamento, que pretende identificar fatores intervenientes na adoção de energias limpas nos principais setores industriais do Estado de São Paulo. Para tanto, o uso da Técnica do Incidente Crítico (TIC) irá fornecer os atributos que as empresas consideram importantes no processo de escolha e a Análise Conjunta (AC), técnica estatística multivariada de análise de dados, determinará a utilidade e a importância relativa desses atributos. Diante disso, será possível apresentar as barreiras e os incentivos relacionados com o uso de fontes de energia limpa na matriz energética da indústria paulista. Com os resultados finais desta pesquisa, acredita-se que as empresas usuárias e não usuárias de energias limpas poderão ter conhecimentos sobre a opinião de seus pares com relação ao uso destes energéticos nos processos produtivos, assim como ao governo estabelecer estratégias adequadas para orientar e estimular a adoção de energias que promovem baixo impacto ao meio ambiente.

Palavras-chaves: energia limpa, fatores intervenientes, técnica do incidente crítico, análise conjunta.

1. Introdução

O atual padrão tecnológico adotado pelos países industrializados é intensivo no uso de matérias primas e energia, podendo esbarrar nos limites de finitude dos recursos ambientais (MAY, LUSTOSA, VINHA, 2003). Danos como enchentes, chuvas ácidas, erosão dos solos, desertificação, entre outros, demonstram a exploração incessante do homem ao meio ambiente.

A Comissão Brundtland, criada pela ONU na década de 80, critica o risco do uso excessivo dos recursos naturais sem considerar a capacidade de suporte dos ecossistemas, apontando a incompatibilidade entre desenvolvimento sustentável e os padrões de produção e consumo vigentes (BRAGA, 2007).

No entanto, anualmente, cresce a necessidade de energia para sustentar o desenvolvimento dos países e suas respectivas atividades industriais. Paralelamente, aumenta a concentração de Gases do Efeito Estufa (GEE), principalmente o dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera, intensificando o efeito estufa.

De acordo com May, Lustosa e Vinha (2003), o processo de intensificação do efeito estufa teve início no período da Revolução Industrial, sendo associado, com grande probabilidade, às emissões decorrentes da crescente utilização dos combustíveis fósseis.

Nesse sentido, as implicações ambientais da produção e do uso dos recursos energéticos têm-se apresentado como um grande desafio aos países desenvolvidos e em desenvolvimento, uma vez que a produção, distribuição, transformação e consumo de energia deve ser orientado de modo a garantir o desenvolvimento dos mesmos sem ampliar os efeitos negativos ao meio ambiente.

Diante disso, para acompanhar o atual ritmo de desenvolvimento e manter o crescimento econômico sem trazer enormes danos ambientais, é preciso inserir na matriz energética de todos os países fontes de energia que proporcionem melhores desempenhos ambientais desde a etapa da produção até o seu consumo final.

O presente artigo apresenta resultados parciais de um trabalho mais amplo, que pretende identificar fatores intervenientes na adoção de energias limpas nos principais setores industriais do Estado de São Paulo – cujos resultados permitirão às empresas usuárias e não usuárias de energias limpas terem conhecimentos sobre a opinião de seus pares com relação às vantagens e desvantagens do uso destes energéticos nos processos produtivos, assim como ao governo estabelecer estratégias adequadas para orientar e estimular a adoção de energias que promovem baixo impacto ao meio ambiente.

Para isso, o presente trabalho irá apresentar diversas fontes limpas de energia utilizadas na matriz energética da indústria brasileira e uma avaliação qualitativa dos atributos considerados importantes pelas empresas no processo de adoção dessas fontes de energia nas suas atividades produtivas. Essa avaliação qualitativa foi realizada por meio da Técnica do Incidente Crítico (TIC).

O uso de fontes limpas proporciona diversos benefícios. Uma penetração maior destas fontes no mercado implica a diversificação da matriz energética e, por conseguinte, reduz o risco de desabastecimento de energia garantindo, assim, a segurança energética dos países. Isso é importante em um contexto de alta volatilidade de preço do petróleo.

De acordo com o BEN 2008, o Brasil possui uma grande vantagem comparativa no uso dessas

fontes devido à tecnologia e processos já consolidados, como é o caso do álcool e da hidroeletricidade. O país, também, possui condições climáticas favoráveis e terras propícias para o plantio de cana, soja e demais insumos energéticos renováveis. Neste caso, não apresentaria grandes dificuldades na adoção da energia limpa, pois, além disso, há a possibilidade de obtenção de lucro com o desenvolvimento de projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo por meio da obtenção de créditos de carbono a serem negociados no mercado (LIMA; REBELATTO; SAVI, 2006).

O setor industrial foi escolhido por ser, segundo o BEN 2008, o setor brasileiro que mais consome energia (38% do total do consumo brasileiro), além disso, é, de acordo com o BEESP (2007), o segundo maior emissor de CO₂ do Estado de São Paulo. Estes números evidenciam a grande influência que medidas de eficiência energéticas bem implementadas e a mudança na estrutura de consumo de energéticos podem causar na redução do nível de emissões do setor.

O Estado de São Paulo foi escolhido por ser o estado no qual está concentrada a maior quantidade de empresas do setor industrial. Além disso, a disponibilidade de fontes de informação referentes à emissão de CO₂ oriunda dos diversos setores industriais favorece a realização da pesquisa no Estado.

Para finalizar esta introdução, vale destacar que a relevância deste trabalho pode ser enfatizada considerando que o setor industrial é um dos principais responsáveis pela poluição atmosférica e, conseqüentemente, um dos maiores responsáveis pelas mudanças climáticas. Diante disso, estudos sobre o uso de fontes de energia limpa nesse setor podem estimular o uso desses energéticos não só no setor estudado, mas também nos demais setores consumidores de energia.

2. Opções para a diversificação da Matriz Energética Brasileira

Apesar das necessidades humanas se mostrarem crescentes, os recursos naturais, fonte primária de suprimento dessas necessidades, são limitados. Desta forma, a produção, distribuição, transformação e consumo de energia deve ser orientada de modo a satisfazer essas necessidades, porém de forma racional frente aos limitantes naturais.

Assim, devido aos impactos ambientais causados pelas fontes fósseis de energia, além da perspectiva de esgotamento, em médio prazo, das reservas existentes, o recente processo de reestruturação do setor elétrico tem estimulado a geração descentralizada de energia elétrica, de modo que as fontes não convencionais ocupem mais espaço na matriz energética brasileira (SILVA, 2006). Os estudos estão sendo direcionados nos mais variados mecanismos de produção de energia limpa: o gás natural, o biogás, o uso de energia hidroelétrica, as usinas nucleares, o hidrogênio, a energia eólica, as células solares fotovoltaicas, a força das marés ou ainda o calor do interior da terra (BELINI, 2006).

A energia hidroelétrica possui uma importante penetração na matriz energética nacional, contribuindo para a larga experiência de construção, uso e manutenção de usinas geradores desse tipo de energia (SILVA, 2006). Entre as vantagens da hidroeletricidade, está o seu alto rendimento, além de ser um dos sistemas mais baratos de produção de eletricidade. Como desvantagem desta fonte de energia pode-se citar o grande impacto ambiental na fase de construção e operação, uma vez que causa inundações em grandes áreas que muitas vezes são consideradas produtivas e/ou de grande diversidade biológica. Além disso, de acordo com Fearnside (2004), a energia hidrelétrica emite quantidades significativas de gases de efeito estufa, quando construídas em áreas florestadas nos trópicos. Isso se deve a liberação de

dióxido de carbono oriundo da decomposição aeróbica de biomassa de floresta morta nos reservatórios que projeta fora da água e, também, pela liberação de metano oriundo da decomposição anaeróbica de matéria não lignificada.

Já a biomassa é considerada, tanto no mercado interno como no externo, uma das principais alternativas para a diversificação da matriz energética e a consequente redução da dependência dos combustíveis fósseis. A partir dela é possível obter energia elétrica e biocombustíveis, como o biodiesel e o etanol, cujo consumo é crescente em substituição a derivados de petróleo como o óleo diesel e a gasolina (ANEEL, 2008).

A cana de açúcar é um recurso com grande potencial, dentre as fontes de biomassa, para geração de eletricidade existente no país, por meio da utilização do bagaço e da palha. A sua participação é importante não só para a diversificação da matriz elétrica, como também porque a safra coincide com o período de estiagem na região Sudeste/Centro-Oeste, onde está concentrada a maior potência de hidrelétricas (UHEs) do país (ANEEL, 2008).

Além da cana-de-açúcar, outra maneira de obter energia é por meio do biogás. Este é um gás combustível produzido a partir de biomassa e/ou da fração biodegradável, em processos de digestão anaeróbica de resíduos e efluentes.

Em termos ambientais, a utilização do biogás representa uma melhoria global no rendimento do processo e seus benefícios estão vinculados ao tipo de aproveitamento a que ele está destinado: conversão em energia elétrica ou aproveitamento térmico (PECORA, 2006).

Com relação à energia eólica, há grandes argumentos favoráveis, como: renovabilidade, perenidade, grande disponibilidade, independência de importações e custo zero para obtenção de suprimento (ao contrário do que ocorre com as fontes fósseis). Além disso, esta fonte de energia traz baixo impacto ambiental quando comparada com as demais. Vale ressaltar que, atualmente, a energia eólica está sendo difundida em larga escala em muitos países e que o Brasil tem grande potencial eólico nas regiões litorâneas da região nordeste.

Um argumento contrário em relação à energia eólica é o fato de que para essa energia ser considerada tecnicamente aproveitável, é necessário que sua densidade seja maior ou igual a 500 W/m^2 , a uma altura de 50 metros; o que requer uma velocidade mínima do vento de 7 a 8 m/s (ANEEL, 2002). Outro impasse é o custo que, embora seja decrescente, ainda é elevado quando comparado com outras fontes (ANEEL, 2008).

Da mesma forma, a energia solar apresenta custos relativamente altos, no entanto, comparada a outros recursos, como a energia hidráulica, por exemplo, observa-se que a limitação de espaço não é tão restritiva. No Brasil, existe uma infinidade de pequenos aproveitamentos desta energia, mas isso ainda é pouco significativo, diante do grande potencial existente, visto que o país é privilegiado em termos de radiação solar, principalmente no Nordeste, que possui radiação comparável às melhores regiões do mundo nessa variável (ANEEL, 2002). Além disso, é uma energia que não traz grandes prejuízos ambientais, pois contribui com o baixo nível de gases do efeito estufa na atmosfera, o que garante que projetos que envolvem a utilização de energia solar possam negociar créditos de carbono na Bolsa de Valores.

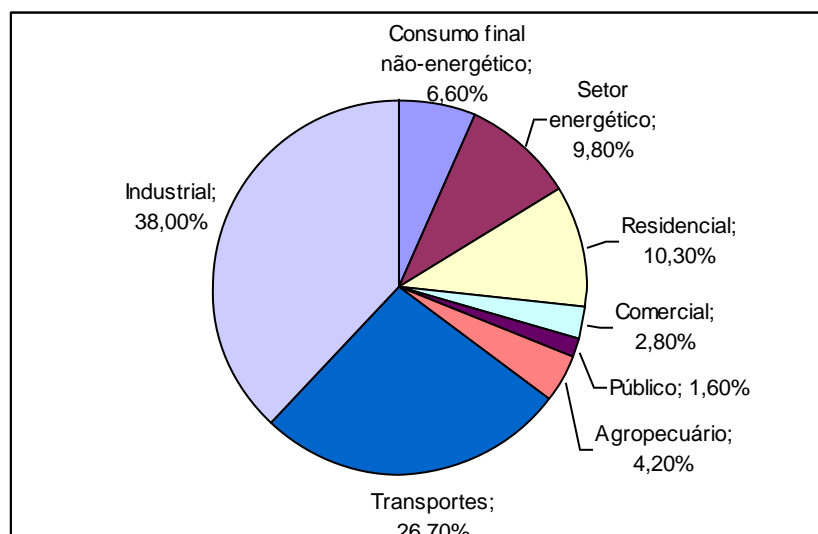
A geração termonuclear é a terceira maior fonte geradora de eletricidade no mundo, evitando a emissão de consideráveis quantidades de dióxido de carbono e outros poluentes, a produção de eletricidade utilizando a tecnologia nuclear apresenta problema com relação ao destino dos resíduos radioativos que são gerados, que possuem elevado grau de periculosidade, bem como o risco de acidentes durante a operação das unidades geradoras. Estes problemas têm restringido a expansão desta tecnologia (SILVA, 2006).

Já o gás natural (GN), apesar de ser um combustível fóssil, é considerado limpo no mundo todo por apresentar baixos índices de emissão de poluentes na atmosfera, como óxidos de nitrogênio, óxido de enxofre e particulados, bem como de dióxido do carbono, quando comparado aos demais combustíveis fósseis (RIBEIRO, 2003). Além disso, este energético traz benefícios econômicos, uma vez que reduz custo com operação e manutenção, e benefícios operacional-tecnológicos, devido à sua queima completa, ao aumento da vida útil dos equipamentos, ao seu elevado rendimento térmico, por ser mais seguro, entre outros. O GN proporciona, também, benefícios em relação à qualidade do produto, pois o produto entra em contato com menos impurezas durante a queima desse combustível (CORREA, 2002).

Outra vantagem do GN é o seu alto poder calorífico por unidade de massa. Além disso, apesar de exigir grandes investimentos iniciais na construção de rede de dutos, o investimento pode ser facilmente amortizado se o energético substituído pelo GN for mais caro e acarretar em custos operacionais mais elevados. O GN possui uma ampla utilização e praticamente pode substituir qualquer tipo de combustível em qualquer aplicação (MONTES, 2000).

Assim, existem diversas alternativas energéticas para as indústrias brasileiras reduzirem a emissão de poluentes na atmosfera.

De acordo com o BEN 2008, este é o setor que mais consome energia, 38% do total do consumo brasileiro (Figura 1), sendo este um dos motivos dele se caracterizar como um dos principais causadores de impactos ambientais, entre eles a emissão de poluentes na atmosfera.



Fonte: BEN (2008)

Figura 1 – Percentual do consumo final de energia por setor

O elevado percentual de consumo energético enfatiza a importância do setor industrial como objeto de pesquisa. Além disso, por ser um número muito significativo, evidencia a grande influência que medidas de eficiência energéticas bem implementadas e a mudança na estrutura de consumo de energéticos podem causar no nível de emissões do setor.

Segundo o BEN 2008, os principais consumidores de energéticos são: o setor de “Alimentos e Bebidas”, seguido do setor de “Ferro Gusa e Aço”, em terceiro lugar está o setor de “Papel e Celulose” e na quarta posição está o setor da Indústria “Química”.

Além disso, segundo o BEESP (2007), o setor industrial é o segundo maior emissor de CO₂, sendo o setor de Ferro Gusa e Aço o principal emissor de CO₂ do setor industrial com

$7,03 \times 10^6$ t/ano, em segundo lugar encontra-se a indústria Química com $2,75 \times 10^6$ t/ano (menos da metade da emissão do setor de ferro gusa e aço), seguido do setor de Papel e Celulose com $2,36 \times 10^6$ t/ano e na quarta posição encontra-se o setor de Alimentos e Bebidas com $2,29 \times 10^6$ t/ano. Logo, é possível observar que os principais consumidores industriais de energéticos, são também os maiores emissores de CO_2 .

Devido à elevada emissão de GEE proveniente da queima de combustível fóssil, esses setores podem apresentar grandes ganhos ambientais na substituição do petróleo, carvão mineral e outras fontes não-renováveis por fontes limpas de energia. Neste caso, é necessário uma postura pró-ativa por parte dos agentes econômicos, sendo indispensável investimentos em energia limpa, minimizando o risco de interrupção das atividades dos consumidores por falta de insumos energéticos, além de reduzir os prejuízos oriundos de atuações pelos órgãos de controle.

Diante da necessidade desses investimentos, o presente artigo visa identificar os atributos (fatores intervenientes) percebidos com maior valor pelas organizações ao adotar uma fonte de energia limpa utilizando a Técnica do Incidente Crítico e a Análise Conjunta.

3. Método

O projeto selecionou setores industriais que consomem elevada quantidade de energia e que são os principais emissores de CO_2 . De acordo com a revisão bibliográfica, baseada no Balanço Energético Nacional, os principais setores consumidores de energia são, respectivamente: Alimentos e Bebidas, Ferro Gusa e Aço, Papel e Celulose e a indústria Química. Já os maiores emissores de CO_2 são, respectivamente: Ferro Gusa e Aço, Indústria Química, Papel e Celulose e Alimentos e Bebidas. Logo, considerou-se importante a participação destes 4 setores na pesquisa.

As empresas que representariam estes setores foram selecionadas, a princípio, a partir do “Relatório do Inventário Estadual de Fontes Fixas de Emissões de CO_2 – Fontes Industriais – Combustíveis Fósseis”, divulgado pela CETESB em 2008, no qual estão listadas as 100 (cem) empresas com maior potencial de emissão de CO_2 do Estado de São Paulo.

Entre as empresas que constam neste relatório que concordaram em participar do projeto, 3 (três) são do setor de Papel e Celulose, 1 (uma) é do setor de Ferro Gusa e Aço, 2 (duas) são indústrias Químicas e 1 (uma) é do setor Petroquímico. Nenhuma das empresas contatadas do setor de Alimentos e Bebidas presente no relatório concordou em participar do projeto. Desta forma, optou-se por convidar uma empresa deste setor que não constava no relatório divulgado pela CETESB, cuja localização seria de fácil acesso para a pesquisadora.

Assim, para o uso da Técnica do Incidente Crítico, foram entrevistados funcionários das empresas selecionadas, considerando suas diversas filiais e plantas. Vale ressaltar que, neste projeto, os nomes das empresas pesquisadas não foram revelados, uma vez que não houve autorização por parte das mesmas.

Como relação ao uso da Análise Conjunta, vale ressaltar que esta etapa de pesquisa ainda não foi finalizada. Apesar de não termos resultados conclusivos do uso da AC, pretende-se mostrar as decisões tomadas e os passos a serem seguidos para finalização da pesquisa.

A seguir será feita uma apresentação das duas técnicas.

3.1. Uso da Técnica do Incidente Crítico

A técnica do incidente crítico (TIC) surgiu nos anos 50 a partir da necessidade encontrada por diversos pesquisadores de estruturar maneiras de mensurar o comportamento humano. A

abordagem dessa técnica é atribuída a John C. Flanagan (1954), que a definiu como um conjunto de procedimentos para coletar dados observáveis, diretamente por meio do comportamento humano, a fim de solucionar problemas práticos e desenvolver amplos princípios psicológicos.

A técnica procura obter informações de clientes, observadores qualificados ou ambos a respeito de serviços ou produtos. Segundo Castro (2006), a TIC tem como característica a clareza no aspecto das melhores e piores práticas de cada estudo, ou seja, buscam-se os extremos positivo e negativo do comportamento em estudo. De acordo com este autor, há três suposições geralmente associadas a esta técnica: o termo incidente crítico refere-se a uma cena claramente demarcada do que se quer medir; o incidente crítico não será válido no caso de não ser possível obter uma detalhada medida para o comportamento real e o incidente crítico por si só é uma unidade básica de análise.

De acordo com Flanagan (1954), a técnica do incidente crítico deve ser pensada como um conjunto de princípios flexíveis que deve ser adaptado para atender a cada situação específica. Este autor estabeleceu cinco passos fundamentais na aplicação dessa técnica:

- a) Estabelecimento do objetivo geral do estudo: definir, de forma adequada, o propósito do estudo. Neste trabalho o objetivo da aplicação da técnica do incidente crítico é o de obter os atributos (fatores intervenientes) considerados importantes para escolher um tipo de energia limpa como fonte energética para o processo produtivo.
- b) Desenvolvimento de um plano de coleta de dados: planejar e especificar como os incidentes críticos relacionados com a pesquisa serão coletados. Neste projeto foi elaborado um questionário solicitando que o entrevistado identificasse de 5 a 10 aspectos positivos e negativos que a empresa considera ao adotar a energia limpa como fonte energética para o processo produtivo. Diante disso, o questionário era constituído da seguinte pergunta: “Cite 10 fatores que contribuem e 10 fatores que dificultam na adoção de energias consideradas limpas no processo produtivo de sua empresa”. Na mesma questão foi solicitado citar no mínimo 5 fatores.
- c) Coleta de dados: definir a forma da coleta de dados e coletá-los. Na pesquisa em questão, a coleta de dados da TIC foi realizada por e-mail e telefone por ser mais conveniente para as empresas pesquisadas, além de trazer vantagens econômicas, apesar das desvantagens em relação ao tempo necessário para o retorno da resposta. Para a TIC, Hayes (2003) recomenda que o número de entrevistados seja entre 10 a 20 pessoas. Este número é recomendado para que possíveis informações deficientes ou com baixa avaliação de um entrevistado seja compensada pelas informações de outro. No presente projeto foram entrevistadas 12 pessoas.
- d) Análise dos dados: o objetivo dessa análise é resumir e descrever os dados de tal forma que eles possam ser utilizados para efeitos práticos. No presente trabalho, a análise dos dados foi feita com a sistematização dos dados por meio de frases representativas.
- e) Interpretação dos dados e elaboração do relatório final do estudo, que pode ser uma lista dos incidentes observados ou coletados nas entrevistas.

Por último, foram formulados os atributos de valor para as empresas.

A coleta de dados da TIC foi realizada com doze funcionários das oito empresas selecionadas durante os meses de maio e junho de 2009.

Ao realizar o contato com as organizações, solicitou-se às empresas que os entrevistados

possuíssem conhecimentos das diversas fontes de energia utilizadas na empresa e que fossem capazes de citar/reconhecer fatores que interferem na adoção de energéticos considerados limpos no processo produtivo da sua indústria. Além disso, ressaltou-se a importância dos funcionários conhecerem as consequências do uso das diversas fontes energéticas tanto para o processo produtivo como para o meio ambiente. Desta forma, entre as pessoas que foram entrevistadas encontram-se gestores, engenheiros, coordenadores, supervisores, analistas, técnicos, entre outros.

3.2. Uso da Análise Conjunta

A análise conjunta (AC) é uma técnica estatística que tem como objetivo mensurar quantitativamente a preferência dos consumidores em relação aos atributos dos produtos ou serviços por meio de funções de valor parcial ou de utilidade, que descrevem o grau de utilidade que os consumidores associam aos níveis de cada atributo (SPSS, 1997).

Na AC, os pesquisadores descrevem produtos e serviços por meio de um conjunto de atributos e níveis e, a partir disso, quantificam o interesse de consumo (McCULLOUGH, 2002).

Segundo Hair *et al.* (2005), nível é um valor que descreve um fator (atributo). Cada fator deve ser representado por dois ou mais níveis. Se a variável é não-métrica, os valores originais podem ser usados como nesses exemplos: cor (vermelho ou azul) ou marca (X, Y ou Z).

Segundo Malhotra (2001), esta análise procura determinar a importância relativa que os consumidores conferem aos atributos relevantes na escolha do consumidor e a utilidade que eles associam aos níveis de atributos. Os entrevistados se deparam com estímulos que combinam diferentes níveis de atributos e são levados a avaliar esses estímulos de acordo com a sua conveniência.

Esta técnica baseia-se na estimativa da função utilidade por meio da percepção dos consumidores frente aos estímulos obtidos na pesquisa de campo, permitindo, a partir desta função, avaliar quais os cenários que mais agradam os entrevistados e calcular a utilidade de cada atributo representativo do produto ou serviço (CASTRO, 2006).

De acordo com Malhotra (2001), o modelo básico de análise conjunta é um modelo matemático que expressa a relação fundamental entre atributos e utilidade em análise conjunta. Quando a utilidade é quantificada matematicamente por meio de uma função, permite exprimir as preferências dos usuários. Este modelo pode ser representado por:

$$U(X) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{k_i} \alpha_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

em que:

$U(X)$ = utilidade global de uma alternativa

α_{ij} = contribuição de valor parcial ou utilidade associada ao j -ésimo nível ($j, j = 1, 2, \dots, k_i$) do i -ésimo atributo ($i, i = 1, 2, \dots, m$)

K_i = número de níveis do atributo i

m = número de atributos

$x_{ij} = 1$ do j -ésimo nível do i -ésimo atributo está presente

$x_{ij} = 0$ em caso contrário

Já a importância relativa, de acordo com Malhotra (2001), que demonstra a importância de

cada atributo em relação aos outros, é dada pela Expressão (2).

$$W_i = \frac{I_i}{\sum_{i=1}^m I_i} \quad (2)$$

em que: $I_i = \{\max(\alpha_{ij}) - \min(\alpha_{ij})\}$ e $\sum_{i=1}^m W_i = 1$.

De acordo com Castro (2006) em função de suas características, uma pesquisa de análise conjunta deve ser cuidadosamente planejada de modo a produzir um modelo de preferência que seja capaz de representar o comportamento do consumidor.

Os estágios da pesquisa de análise conjunta são definidos abaixo, de acordo com Hair *et al.* (2005).

- a) Estágio 1 - Objetivos da análise conjunta: definir o problema da pesquisa e identificar com precisão o seu objetivo. Neste trabalho, o objetivo final do experimento conjunto é determinar a função utilidade que melhor represente o modelo de preferência das empresas.
- b) Estágio 2 - Projeto de uma análise conjunta: definir qual método conjunto alternativo será utilizado na pesquisa, selecionar os estímulos, os atributos relevantes, quantos e quais níveis para cada atributo, como medir a preferência e coletar os dados e qual procedimento de estimação será utilizado. No estudo em questão, os atributos de utilidade ou valor serão determinados pela Técnica do Incidente Crítico. A abordagem utilizada para construir os estímulos será a de perfil pleno, em que se constroem perfis plenos ou completos de marcas para todos os atributos (MALHOTRA, 2001). Dessa forma, a elaboração dos cartões (estímulos) de perfil pleno será feita por meio de um planejamento fracionário especial, chamado método ortogonal ou quadros ortogonais a partir do software SPSS.
- c) Estágio 3 - Suposições da análise conjunta: apresentar os pressupostos estatísticos da AC. De acordo com Castro (2006), na análise conjunta não é necessário a realização de testes estatísticos para a normalidade, homocedasticidade e independência, que são geralmente realizadas para outras técnicas de dependência.
- d) Estágio 4 - Estimação do modelo conjunto e avaliação do ajuste geral: optar por uma determinada técnica de estimação, que podem ser por programas de computador ou por meio de métodos como a regressão múltipla. Para a estimação do modelo de preferência das empresas será utilizado o software SPSS Conjoint 13.0.
- e) Estágio 5 - Interpretação dos resultados: a análise conjunta permite que as utilidades parciais sejam calculadas em três níveis, a saber: individual (desagregado), agregado e agregado por estrato. Na publicação dos resultados finais deste trabalho, pretende-se apresentar os dados agregados de saída do software SPSS das utilidades de cada um dos níveis de atributos e a importância relativa dos atributos, pois, deste modo, será possível analisar os atributos mais importantes para as empresas ao adotar uma fonte energética. Da mesma forma, a utilidade e a importância relativa de todos os atributos também serão avaliadas individualmente, pois pode haver certa heterogeneidade nas preferências das organizações.
- f) Estágio 6 - Validação dos resultados: será feita a validação interna para confirmar se a regra de composição selecionada é apropriada ao modelo em estudo e, também, a validação externa a fim de analisar a representatividade da amostra.

4. Apresentação e Discussão dos Resultados Parciais

A partir das entrevistas realizadas durante a aplicação da Técnica do Incidente Crítico, foi possível extrair 121 incidentes críticos (IC), caracterizados por frases representativas dos fatores que facilitam ou dificultam a adoção de um energético limpo pelas empresas. A Tabela 1 apresenta exemplos desses incidentes críticos.

Incidentes críticos	
1	Requer mais segurança
2	Falta de confiabilidade no suprimento (não há garantia de fornecimento em alta escala e contínuo)
3	Reduz a emissão de gases efeito estufa e de material particulado
4	Requer instalações complexas de alto investimento e manutenção elevada
5	Acarreta em dificuldades de manuseio
6	Promove mais consumo de energia (elétrica ou vapor)

Tabela 1 – Exemplos de incidentes críticos obtidos

A partir dos IC observados, foi feita a classificação desses incidentes em itens de satisfação. Para isso, foram observados incidentes semelhantes que deveriam ser agrupados. Concentrou-se nos verbos e adjetivos específicos que são comuns entre determinados incidentes. Depois de formados os grupos, foram elaboradas palavras ou pequenas frases que refletem o conteúdo dos incidentes críticos. Estas palavras são chamadas itens de satisfação.

Esses itens de satisfação serviram para delimitar uma necessidade do cliente específica. Dessa forma, a partir dos dados obtidos, foram identificadas as necessidades dos clientes ou os atributos de valor para o modelo.

No presente trabalho, a classificação dos incidentes críticos em itens de satisfação, bem como o processo de identificação dos atributos de valor, foi realizada por duas pesquisadoras. Posteriormente, os resultados encontrados por cada uma delas foram comparados. Tal procedimento contribuiu para diminuir possíveis erros que poderiam vir a ocorrer.

Após a comparação das duas listas geradas, uma análise crítica foi realizada pelas duas pesquisadoras a fim de definir os atributos para o modelo. Esses atributos estão na Tabela 2.

Atributos	
1	Manutenção e Instalação dos Equipamentos
2	Consumo Energético
3	Segurança
4	Preço/Custo
5	Atendimento às Exigências Legais
6	Manuseio do Energético
7	Disponibilidade do Energético
8	Meio Ambiente
9	Negociação no Mercado de Carbono

Tabela 2 – Atributos de Valor

A seguir, tendo definido os principais atributos relevantes no processo de escolha por uma fonte de energia limpa, inicia-se a aplicação do método da análise conjunta. O objetivo desse experimento conjunto, definido no primeiro estágio da AC, é estabelecer a estrutura da utilidade total do objeto e os fatores determinantes no experimento para definir o modelo de preferência das empresas.

Os fatores determinantes de satisfação foram identificados a partir dos dados levantados na TIC. Considerando esses fatores e os atributos determinantes para este experimento, foi

possível elaborar o Quadro 1.

Atributos	Níveis	Descrição
Segurança	A	Riscos de segurança (ex. asfixia, incêndio ou explosão)
	B	Energético seguro
Disponibilidade do Energético	A	Disponibilidade de infraestrutura para transporte e distribuição sem garantia de suprimento
	B	Falta de infraestrutura para transporte e distribuição, mas possui garantia de suprimento
	C	Disponibilidade de infraestrutura para transporte e distribuição e garantia de suprimento
Impacto ao Meio Ambiente	A	Elevada emissão de poluentes
	B	Baixa emissão de poluentes
Manutenção e Instalação dos Equipamentos	A	Dificuldade de manutenção e instalação dos equipamentos
	B	Facilidade de manutenção e instalação dos equipamentos
Manuseio do Energético	A	Facilidade de manuseio
	B	Dificuldade de manuseio
Consumo energético	A	Alto consumo energético (combustível e/ou equipamento não contribui com baixo consumo de energia)
	B	Baixo consumo energético (combustível e/ou equipamento contribui com baixo consumo de energia)

Quadro 1 – Atributos e níveis do experimento

Vale ressaltar que iniciou-se com nove atributos para depois serem sintetizados em seis atributos representativos e importantes para o processo de decisão das empresas ao adotar uma fonte de energia limpa.

O atributo Preço/Custo não foi considerado, pois ele apresenta multicolinearidade fatorial com os demais atributos, ou seja, este atributo tem um grau elevado de correlação interatributos com outros fatores.

No que refere aos níveis dos atributos, pode-se dizer que esses foram definidos no Quadro 1 também com base nas respostas dadas pela Técnica do Incidente Crítico.

Para a seleção da regra de composição, optou-se pelo modelo aditivo simples (sem efeitos de interações).

Os estímulos gerados por meio de um planejamento fracionário especial, chamado método ortogonal ou quadros ortogonais, foram obtidos a partir do software SPSS *Conjoint* 13.0. O método de apresentação de estímulos adotado foi o de perfil completo. Esse método consiste em reunir todos os atributos que descrevem o produto em um cartão (estímulos). Cada atributo acompanha um determinado nível. Como existem mais de um cartão para ser avaliado, cada cartão vai combinar diferentes níveis para os diversos atributos.

Esse método permite estimar todos os efeitos principais de interesse em uma base não correlacionada. Desta forma, foi gerado um total de dezoito estímulos (cartões) que serão utilizados na coleta de dados.

Para melhorar o entendimento dos entrevistados sobre os diferentes cenários apresentados e reforçar a visualização espacial durante o processo de escolha, cada estímulo (cartão) foi apresentado como na Figura 2.

Projeto de Mestrado em Engenharia de Produção

Cartão A

<input type="checkbox"/> Impacto ao Meio Ambiente: Baixa emissão de poluentes	<input type="checkbox"/> Manuseio do Energético: Facilidade de manuseio (não necessita estocagem, facilidade de descarga e transferência e de operacionalização do equipamento)
<input type="checkbox"/> Segurança: Riscos de segurança (asfixia, incêndio e explosão)	<input type="checkbox"/> Consumo Energético: Baixo consumo energético (combustível e/ou equipamento contribui com baixo consumo de energia)
<input type="checkbox"/> Disponibilidade do Energético: Disponibilidade de infraestrutura para transporte e distribuição sem garantia de suprimento	<input type="checkbox"/> Manutenção e Instalação dos Equipamentos: Facilidade de manutenção e instalação dos equipamentos

Figura 2 – Exemplo de formato de apresentação de cartões

A variável resposta deste experimento é a preferência do consumidor aos estímulos apresentados nos cartões de pesquisa. A medida escolhida para modelar esta variável foi a ordenação dos cartões. Ou seja, durante as entrevistas pessoais, o respondente deverá ordenar os cartões (estímulos) de acordo com a preferência. Com a ordenação será obtida medidas de preferência e, com isso, será possível calcular a importância relativa de cada atributo e a utilidade de cada nível. Os próximos passos consistem na coleta de dados e no desenvolvimento dos demais estágios (5 e 6) da AC. A aplicação de todos os passos ainda não foi finalizada, por isso não estão sendo apresentados esses resultados no presente trabalho.

Os resultados finais da AC serão publicados num futuro trabalho.

5. Considerações Finais

O presente trabalho apresentou a importância da utilização de fontes limpas de energia para o meio ambiente, principalmente para a redução da emissão de poluentes na atmosfera. Também foram abordadas as características, vantagens e desvantagens de diversos energéticos utilizados no Brasil.

Por meio da análise da estrutura de consumo energético, bem como do balanço de emissão de CO₂, dos principais setores industriais brasileiros, identificou-se que os setores de Alimentos e Bebidas, Ferro Gusa e Aço, Indústrias Químicas e Papel e Celulose apresentam o maior potencial de redução de emissão de dióxido de carbono com a adoção de fontes de energia menos impactantes ao meio ambiente. Logo, para a realização da coleta de dados deste projeto, foram selecionadas empresas que faziam parte destes setores e/ou estavam entre as 100 empresas que apresentam o maior potencial de emissão de CO₂ do Estado de São Paulo.

Também, foi apresentada uma breve revisão da literatura do método utilizado pelo projeto na identificação e análise dos fatores percebidos com maior valor pelas empresas participantes da pesquisa ao adotar energia limpa.

A Técnica do Incidente Crítico forneceu os atributos importantes no processo de escolha das empresas. O próximo passo é a finalização da aplicação do método da Análise Conjunta que fornecerá a função utilidade e a importância relativa desses atributos no processo de escolha por um energético limpo

No entanto, vale destacar as limitações que estão sendo observadas para o desenvolvimento

desse projeto, como a dificuldade de obtenção de informações, uma vez que contou-se com a participação de apenas oito empresa e a demora no retorno das respostas das perguntas relacionadas ao uso da Técnica do Incidente Crítico.

Espera-se, com o projeto, permitir às empresas usuárias e não usuárias de energias limpas terem conhecimentos sobre a opinião de seus pares com relação às vantagens e desvantagens do uso desses energéticos nos processos produtivos.

Para finalizar, os resultados que se pretende obter com os futuros trabalhos darão suporte ao governo no estabelecimento de estratégias adequadas para orientar e estimular a adoção de energias que promovem baixo impacto ao meio ambiente.

Referências

ANEEL- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**, 1. Ed. Brasília: ANEEL, 2002.

ANEEL- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**, 3. Ed. Brasília: ANEEL, 2008.

BEESP. **Balço Energético do Estado de São Paulo 2007** (Ano-Base 2006). Divulga alguns dados parciais relativos ao binômio oferta-consumo de fontes de energia do ano de 2006. Disponível em: <<http://www.energia.sp.gov.br>>. Acesso em: 23 jan. 2009.

BELINI, L. (2006). **A Caminho das Energias Renováveis**. In: Encontro da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade, 3., 2006, Brasília, DF. Anais... Campinas: ANPPAS. CD-ROM.

BEN. Balço Energético Nacional 2008 (Ano-Base 2007). **Divulga informações relativas ao binômio oferta consumo de fontes de energia**. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em: 06 jan. 2009.

BRAGA, C. (Org.). **Contabilidade ambiental: ferramenta para a gestão da sustentabilidade**, São Paulo: Atlas, 2007.

CASTRO, L.R.K. **Valor percebido como ferramenta para tomada de decisão: uma aplicação na indústria hoteleira utilizando análise conjunta**. 2006. 187 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia de Produção, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/>>. Acessado em: 6 mar. 2009.

_____. **Relatório do Inventário Estadual de Fontes Fixas Emissões de CO₂ – Fontes Industriais – Combustíveis Fósseis**. São Paulo, 2006.

CORREA, E. L. **A viabilidade econômica do gás natural**. Florianópolis, 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

FEARNSIDE, P. M. Greenhouse gas emissions from hydroelectric dams: Controversies provide a springboard for rethinking a supposedly “clean” energy source. **Climatic Change**, v. 66, p.1-8, 2004.

FLANAGAN, J.C. The critical incident technique. **Psychological Bulletin**, v. 51, n. 4, p. 327-358, 1954.

HAIR, J.F. et al. **Análise multivariada de dados**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HAYES, B.E. **Medindo a satisfação do cliente**. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 2003.

LIMA, M. S. O.; REBELATTO, D. A. N.; SAVI, E.M.S. **O papel das fontes renováveis de energia na mitigação da mudança climática**. In: Simpósio de Engenharia de Produção, 13., Bauru. Anais... Bauru, 2006.

MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

MAY, P.H.; LUSTOSA, M.C. e VINHA, V. (Org.), 2003, **Economia do meio ambiente: teoria e prática**. Rio de Janeiro: Elsevier.

McCULLOUGH, D. A User’s Guide to Conjoint Analysis. **Marketing Research**, v.14, n.2, p19-23, summer 2002.

MONTES, P. M. F. **O potencial de consumo do gás natural pelo setor industrial no Brasil.** 2000. Dissertação de Mestrado em Planejamento Energético. COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.

PECORA, V. **Implantação de uma Unidade Demonstrativa de Geração de Energia Elétrica a partir do Biogás de Tratamento do Esgoto Residencial da USP – Estudo de Caso.** 2006. 152 p. Dissertação de Mestrado – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo - PIPGE.

RIBEIRO, Leonardo da Silva. **O Impacto do Gás Natural nas Emissões de Gases de Efeito Estufa: O Caso do Município do Rio de Janeiro.** Dissertação de Mestrado em Ciências em Planejamento Energético, COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

SILVA, N. F. (2006). **Fontes de Energia Renováveis Complementares na Expansão do Setor Elétrico Brasileiro: O Caso da Energia Eólica.** Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

SPSS, INC (1997). **SPSS Conjoint 8.0.** Chicago: SPSS