



APLICAÇÃO DO MÉTODO ELECTRE I NA ESCOLHA DO TIPO DE GÁS PARA USO EM EDIFICAÇÕES

Paulo Felix de Araujo
eng_prod_pb@hotmail.com

Mischel Carmen Neyra Belderrain
carmen@ita.br

Carlos Eduardo Medeiros Braguini
carlosbraguini@gmail.com

Newmark Heiner da Cunha Carvalho
newmark26@hotmail.com

Valdir Pereira de Souza Júnior
valdir.jr.souza@gmail.com

Tiago José Menezes Gonçalves
tiagojmg@ita.br

ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica
Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 - Vila das Acácias, São José dos Campos – SP

RESUMO

A indústria da construção civil cresce de forma significativa e seus líderes necessitam de ferramentas que auxiliem no processo de tomadas de decisão. A distribuição interna de gás nesses novos empreendimentos requer um tratamento diferenciado abordando principalmente questões de custo e segurança. Os riscos inerentes a essa atividade devem ser considerados pelos *stakeholders* no momento de optar pelo tipo combustível. Neste contexto este trabalho propõe a utilização do método ELECTRE I para escolher que gás combustível utilizar em edificações. Com este método foi possível determinar que o gás natural (GN) é a melhor escolha para edificações principalmente baseado no critério de segurança.

PALAVRAS CHAVE: ELECTRE I, Construção de Edifícios, Tipos de Gás.

ABSTRACT

The construction industry is growing by leaps and bounds and its leaders need tools that help in the decision making process. The internal gas distribution in these new developments require a different treatment mainly addressing issues of cost and safety. The risks inherent in this activity should be considered by stakeholders when deciding the fuel type. Therefore, this work proposes the use of the ELECTRE I method for choosing which fuel gas use in your new venture. With this method it was possible to establish that natural gas (NG) is the best choice for buildings primarily based on the criteria of safety.

KEYWORDS: ELECTRE I, Building Constructions, Types of Gas.

1 INTRODUÇÃO

As questões ambientais e de segurança relacionadas ao tipo de energia utilizado no dia a dia das organizações bem como a disponibilidade dos recursos precisam ser tratados com bastante importância com o objetivo de suprir as necessidades atuais sem descuidar das próximas gerações. Portanto é importante tomar consciência da necessidade de cuidar melhor do planeta.

Diante disso e com o crescimento da construção civil em todo o país (Indicador Consultores Associados, 2011), as construtoras investem em conceitos sustentáveis. Frequentemente a sociedade tem exigido das empresas soluções que tornem as edificações mais seguras, que respeitem as questões ambientais e que possam ser viáveis economicamente. Neste contexto, a discussão que leva a escolha do tipo de gás a ser canalizado nesses novos empreendimentos, torna-se complexa e imprescindível. Os órgãos fiscalizadores, os empreendedores (construtores), os consumidores e a sociedade civil buscam estabelecer medidas para mitigar os riscos cada vez mais frequentes em estabelecimentos com sistemas de gás canalizado. A opinião pública exige ações enérgicas para o controle de acidentes ocorridos com o uso de tais combustíveis. Atualmente os dois combustíveis utilizados para o uso residencial e comercial em edificações são o Gás Natural (GN) e o Gás Liquefeito de Petróleo (GLP).

As empresas distribuidoras de GN e GLP competem cada vez mais pelos consumidores e enxergam na segurança uma forma de agregarem valor ao seu produto. Por outro lado, os construtores precisam de informações confiáveis para balizar seus projetos e não terem a sua imagem vinculada a alguma catástrofe futura.

Em todo o país, leis são sancionadas para a execução de inspeções periódicas em edificações a fim de diminuir os riscos existentes nesses sistemas. Estados e municípios se preocupam a cada fato ocorrido para que essas leis sejam cumpridas e que as vistorias sejam realizadas por empresas com pessoal qualificado e que tenham experiência comprovada na área. O município de João Pessoa-Pb é um exemplo, pois possui lei sancionada pelo prefeito (Lei Nº 10.927, de 28 de Dezembro de 2006). Portanto uma das dúvidas mais frequentes entre os construtores é qual o tipo de gás escolher na hora de construir um edifício.

O objetivo deste artigo é utilizar o método multicritério de apoio à decisão ELECTRE I para escolher que tipo de gás combustível utilizar em edificações. Este método foi selecionado por apresentar uma abordagem não compensatória e tratar da problemática de seleção entre alternativas. Foi utilizado o *Brainstorming* para definição dos critérios.

Este trabalho é composto além desta introdução, da fundamentação teórica referente aos tipos de gases combustíveis utilizados em edificações, bem como das técnicas de *Brainstorming* para definição dos critérios e a descrição do método multicritério ELECTRE I. Para finalizar há a apresentação dos resultados e as referências bibliográficas utilizadas.

2 DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO

2.1 Gás Liquefeito de Petróleo (GLP)

O GLP (Gás Liquefeito de Petróleo), ou gás de cozinha, ou ainda GPL (Gás de Petróleo Liquefeito) é um subproduto do petróleo e consiste numa mistura gasosa de hidrocarbonetos (predominantemente propano e butano) obtido do gás natural nos reservatórios de petróleo ou do processo de refino do óleo cru nas refinarias (Ardito, 2008).

O mercado brasileiro de GLP conta com uma ampla rede de distribuidores e milhares de pontos de venda espalhados por todo país, atendendo aproximadamente 42 milhões de lares e gerando pelo menos 350 mil empregos diretos e indiretos (LIQUIGAS, 2008).

O GLP, no estado líquido, é acondicionado em cilindros. O cilindro cheio contém em seu interior 85% de GLP, em estado líquido, e 15% em estado gasoso. Uma característica marcante do GLP é não possuir cor nem cheiro próprio. No entanto, por motivo de segurança, uma substância do grupo Mercaptan é adicionada ao GLP ainda nas refinarias. Ela produz o cheiro característico quando há um vazamento de gás. O GLP não é uma substância tóxica, corrosiva ou poluente, porém se inalado em grande quantidade, produz efeito anestésico (COPAGAZ, 2005).

O GLP apresenta grande aplicabilidade como combustível devido as suas características de alto poder calorífico, excelente qualidade de queima, fácil manuseio, baixo impacto ambiental, facilidade de armazenamento e possibilidade de engarrafamento em vasilhames, facilitando o transporte (COPAGAZ, 2005).

O sistema de gás de um condomínio é composto pelo conjunto de tubulações e equipamentos, aparentes ou embutidos, destinados ao transporte e controle de fluxo de gases. O sistema de instalações de gás pode ter duas origens: no ponto de fornecimento da companhia concessionária do serviço público de abastecimento de gás (gás natural) ou nos reservatórios de GLP (gás liquefeito de petróleo). Desses pontos, partem as ramificações para os apartamentos (ASSCOESP, 2009).

No caso de prédios servidos por GLP, há dois tipos de medição de consumo: a distribuição social (que não tem uma medição individualizada, e a conta do prédio é dividida pelo número de apartamentos ou pela fração ideal) e a individualizada por medidores (ASSCOESP, 2009).

A utilização da central de GLP se faz necessário para toda edificação com três ou mais pavimentos e área maior que 1500m², edificações com público transitório e que sejam abastecidos a granel. Define-se Central de GLP como o ambiente onde estão localizados os recipientes de armazenamento do gás que é distribuído através de tubulações para os consumidores finais (LIQUIGAS, 2008).

2.2 Gás Natural (GN)

O Gás Natural é um combustível fóssil composto por uma mistura de hidrocarbonetos leves (predominantemente metano, etano, propano) que à temperatura e pressão ambientes se mantem no estado gasoso. Conforme (Lopes, Cavalcante, Ferreira, & De Almeida, 2008) tal qual o petróleo, o gás natural (GN) é encontrado em reservas subterrâneas em diversos lugares do planeta, tanto em terra como no fundo do mar. O mesmo pode ser classificado como associado ou não associado. Quando nos reservatórios o gás é encontrado juntamente com o petróleo, estando dissolvido no mesmo ou sob a forma de uma capa de gás, dizemos que os reservatórios contêm gás natural associado ao petróleo.

O GN não tem cheiro, nem cor e apresenta uma queima limpa, ou seja, sua combustão libera menos CO₂. Logo após ser extraído da jazida, o gás natural passa por separadores para a retirada da água, partículas sólidas etc. Ele pode apresentar alguns contaminantes (enxofre, por exemplo) e caso isso ocorra deverão ser enviados a unidades de dessulfurização. Uma parte pode ser injetada novamente no poço para auxiliar na retirada do petróleo, mas o restante é enviado para a UPGN (Unidade de Processamento do Gás Natural). O seu transporte depende do estado que se encontra. No estado gasoso é realizado através de gasodutos. No estado líquido (GNL – gás natural liquefeito), pode ser transportado em navios e caminhões. Sua distribuição é realizada

através de tubulações com o gás atendendo todas as especificações comerciais exigidas (GASNET, 2013).

A combustão do GN consiste em uma reação química entre o combustível e o oxigênio que resulta em gases de exaustão e liberação de grande quantidade de calor, o que caracteriza uma reação exotérmica. Para ocorrer uma reação de combustão, além do combustível e do oxigênio, é necessário um terceiro elemento que seria a ignição (GASNET, 2013). A quantidade de calor é a energia que se quer aproveitar para ser usada pelo ser humano no seu cotidiano. O gás natural já possui um lugar de destaque na matriz energética nacional e isso muito se deve as suas características químicas que se encaixam nos requisitos de segurança e ambientais. Entre diversas utilizações do GN está o consumo em edificações, sejam residenciais ou comerciais, algo que vem crescendo muito uma vez que a indústria da construção civil vive um momento muito bom. Nos estados as concessionárias de gás natural (CEG, COPERGAS, PBGÁS, COMPAGAS) são responsáveis pela distribuição desse combustível para os clientes finais.

2.3 Estruturação do Problema

Como já foi dito anteriormente, neste trabalho utilizaremos o método ELECTRE I com o objetivo de auxiliar na decisão de qual é a melhor alternativa de gás (GN ou GLP) para ser instalado nas edificações.

A definição dos critérios é um dos pontos mais importantes no método ELECTRE I, pois a seleção da melhor alternativa depende diretamente da importância e aderência dos critérios estabelecidos, com a problemática de seleção. No nosso trabalho utilizamos a ferramenta de *Brainstorming* para definir os critérios.

O *Brainstorming* é uma ferramenta utilizada para geração de novas ideias, conceitos e soluções para um determinado problema ou assunto num ambiente livre de críticas e de restrições à imaginação (SIQUEIRA Consultoria, 2013).

A seguir os cinco passos idealizados por Alex Osborn, conforme (Instituto Empreendedores Universitários, 2013).

Passo 1: Definição do problema.

Neste primeiro passo, após uma discussão em grupo, foi definida a problemática que se pretendia solucionar com a aplicação do *Brainstorming*: “Definir os critérios a serem utilizados no método ELECTRE I”.

Passo 2: Definição do grupo de trabalho.

Os próprios autores deste trabalho, por apresentarem perfil profissional diferenciado, com opiniões próprias e independentes, formaram o grupo de trabalho.

Passo 3: As regras para definição dos critérios.

Ficou definido pelo grupo que as ideias levantadas no *Brainstorming* deveriam levar a definição de critérios de grande relevância e aplicabilidade prática na área de gás; críticas às ideias apresentadas não são permitidas; criatividade é essencial e a quantidade de ideias é importante, pois neste caso a quantidade leva a qualidade.

Passo 4: Geração de ideias.

Como os participantes do grupo residem em estados diferentes, sendo 2 no Mato Grosso e 2 na Paraíba, o processo de geração de ideias ocorreu em reunião por vídeo conferência, através do *Skype*, que teve como mediador um dos componentes do grupo que é especialista na área de gás. As ideias foram apresentadas numa sequência e ordenadas por afinidade, resultando em cinco grandes *Clusters*.

Passo 5: Conclusão do processo de *Brainstorming* – A definição dos Critérios.

Ao final do trabalho, os *clusters* foram associados aos critérios a serem aplicados no método ELECTRE I. A seguir: Segurança, Investimento, Operacionalização, Manutenção e Logística.

2.4 O Método ELECTRE I

Nos dias atuais, com a ampla carga de informação e o aumento da complexidade advinda de tantas novas tecnologias disponibilizadas com grande intensidade, a responsabilidade desses líderes quanto à assertividade das escolhas tornou-se maior e muito mais observada, não só por aqueles envolvidos e/ou atingidos pelas escolhas realizadas, mas também por toda a sociedade.

Uma questão se faz presente para todo aquele que se vê diante da necessidade de se posicionar frente às alternativas que lhe surgem nas suas atividades diárias e que, na grande maioria das vezes, não há como recuar: como tomar uma boa decisão? Muitos pensadores, estudiosos e pesquisadores têm trazido até os dias atuais modelos que nos permitem aplicar métodos para que nos sintamos mais confiantes ao fazer escolhas em cenários de maior complexidade e que envolvam vários critérios e múltiplas alternativas.

O estudo realizado neste trabalho visa selecionar a(s) alternativa(s) disponíveis para fornecimento de gás em edificações (problemática de escolha), foi utilizando o método ELECTRE I (*Elimination et Choix Traduisant la Réalité* – desenvolvido por Bernard Roy, faz parte da família ELECTRE composta pelos métodos ELECTRE IS, II, III, IV e TRI).

Os métodos ELECTRE constituem-se no cerne da chamada escola europeia (ou francesa) do apoio multicritério à decisão (Lootsma, 1990b; Roy e Vanderpooten, 1996) *apud* (Carignano, Gomes, & Araya, 2003). Também são denominados de Métodos de Subordinação ou Sobreclassificação.

(Carignano, Gomes, & Araya, 2003) apresenta o método ELECTRE I como uma forma de esclarecer a decisão por intermédio da escolha de um subconjunto que seja restrito o máximo possível e que contenha as melhores alternativas.

Para utilização dos métodos ELECTRE é realizada a comparação par a par das alternativas, e apresentado o conceito de dominação de uma alternativa em relação a outra. Isso leva às noções de dominância e discordância para construir relações que incorporam as preferências do decisor (Gomes, 2006).

Ao comparar os pares de alternativas são encontradas situações de forte preferência de uma sobre a outra, fraca preferência, indiferença ou incomparabilidade. A superação (S) é a existência de razões claras e positivas que justificam seja uma preferência, seja uma presunção de preferência em favor de uma das duas ações, mas sem que se estabeleça nenhuma separação significativa entre as situações de preferência forte, de preferência fraca e de indiferença (Gomes, 2006).

As relações de superação são construídas com a utilização de pesos dos critérios de decisão. Esses pesos representam a importância de cada um dos critérios utilizados para a resolução do problema (Gomes, 2006).

O método ELECTRE I dispõe os critérios e as alternativas estruturadas para a busca da solução da seleção de alternativas, em formato de tabela, onde também são inseridos os pesos dos critérios (Gomes, 2006). O primeiro passo é normalizar os valores e os pesos, construindo uma nova tabela com os valores normalizados.

Posteriormente devem ser calculados os índices de concordância de forma a se construir uma matriz de concordância: $C_{i,k} = \sum_{j \in C(x_i, x_k)} w_j$, onde x_i, x_k .

O próximo passo é criar a matriz de discordância, com a apuração dos índices de discordância: $d_{i,k} = \max_{j \in C(x_i, x_k)} [v_j(x_i) - v_j(x_k)] / \Delta$, onde x_i é superado por x_k . O Δ é a maior diferença nominal observada entre as notas normalizadas dos critérios.

De acordo com (Gomes, 2006), utilizam-se os limiares de concordância (c) e de discordância (d), sendo neste estudo atribuído os valores de 0,6 e 0,4 respectivamente, para que finalmente possa ser montada a matriz de superação (S):

Se $c_{i,j} > \underline{c}$ e $d_{i,j} < \underline{d}$

$$s_{i,j} = 1,$$

Senão

$$s_{i,j} = 0.$$

A matriz de superação nos aponta quais as alternativas se sobrepõem às demais a partir da análise de sua coordenada. Assim, se temos 1 na posição $s_{i,j}$ sabemos que a alternativa i supera a alternativa j naquele ponto. Com isto podemos criar o grafo das relações de superação que nos indica quais alternativas se sobrepõem às demais.

3 APLICAÇÃO DO MÉTODO

A pesquisa foi realizada através de entrevistas com os *stakeholders* abordando os seguintes temas: segurança dos equipamentos, controle de vazamentos, programa de manutenção, redução de custos com a manutenção e operação, redução dos riscos, otimização dos espaços devido a integração dos sistemas, facilidade de instalação e manutenção, interação concessionária x cliente e logística de distribuição. Os *stakeholders* foram escolhidos baseados na relação poder *versus* interesse. Foi decidido que seriam dois *stakeholders*: um construtor e engenheiro e outro vistoriador da diretoria de atividades técnicas dos bombeiros.

Sendo definida a utilização dos posicionamentos refletidos nas respostas de dois dos *stakeholders*, foi realizada uma média aritmética (por ser uma medida de tendência central e considerada a mais intuitiva) entre as pontuações atribuídas, com as quais foi elaborada a tabela 1. Os pesos foram atribuídos pelos entrevistados (decisores) de acordo com os níveis de importância de cada critério.

Alternativas	Critérios				
	SEGURANÇA	INVESTIMENTO	OPERACIONALIZAÇÃO	MANUTENÇÃO	LOGÍSTICA
GLP	3,5	4,5	4	4	6,5
GN	8	7	9	8	6,5
PESOS	3,25	2	1,75	1,25	1,75

Tabela 1 - Critérios vs Alternativas / Pesos atribuídos

Na tabela 2 são apresentados os valores normalizados da tabela 1.

TABELA NORMALIZADA		SEGURANÇA	INVESTIMENTO	OPERACIONALIZAÇÃO	MANUTENÇÃO	LOGÍSTICA
GLP		0,304	0,391	0,308	0,333	0,500
GN		0,696	0,609	0,692	0,667	0,500
PESOS		0,325	0,200	0,175	0,125	0,175

Tabela 2 - Tabela normalizada

A aplicação do Método ELECTRE I prevê a elaboração da matriz de concordância, de acordo com a fórmula detalhada no item 2.4, comparando as alternativas par a par em cada critério. Após essa etapa obteve-se a matriz apresentada na figura 1.

Matriz de Concordância			
		1,000	0,175

Figura 1 - Matriz de Concordância

Foi apurado o índice de discordância $\Delta = 0,391$, e construída a matriz de discordância apresentada na figura 2.

Matriz de Discordância			
		0	1

Figura 2 - Matriz de Discordância

Utilizando como referência o limiar de concordância de 0,6 e o limiar de discordância de 0,4 foi obtida a Matriz de Superação (figura 3), com a qual se pode concluir que a melhor opção para o problema apresentado é a 2 (Gás Natural) – grafo apresentado na figura 4.

Matriz de Superação			
		1	0

Figura 3 - Matriz de Superação

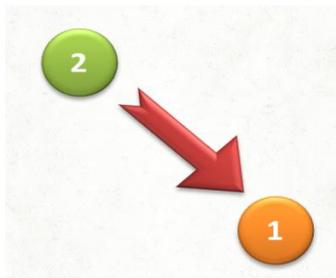


Figura 4 - Grafo de Resultado

4 CONCLUSÃO

Diante do proposto no artigo e dos resultados obtidos utilizando o *Brainstorming* para definição dos critérios e ELECTRE I para resolver a problemática de escolha, comprova-se que o gás natural foi escolhido principalmente por apresentar características que atendem melhor ao critério de segurança. A conclusão mostra-se mais significativa quando consideramos a validação dos resultados pelos *stakeholders*.

Como sugestão para trabalhos futuros têm a seleção do tipo de gás utilizado em plantas industriais uma vez que permite a análise de mais alternativas. Outra temática que pode ser abordada é a avaliação de riscos em edificações com gases combustíveis utilizando outros métodos multicritérios de apoio à decisão.

REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira De Normas Técnicas.** NBR 13523: Central predial de gás liquefeito de petróleo. Rio de Janeiro, 1995.
- Associação Brasileira De Normas Técnicas.** NBR 14570: Instalações internas para uso alternativo dos gases GN e GLP – Projeto e execução. Rio de Janeiro, 2000.
- Associação Brasileira De Normas Técnicas.** NBR 15526: Redes de distribuição interna para gases combustíveis em instalações residenciais e comerciais – projeto e execução. Rio de Janeiro, 2009.
- Ardito, F. M.** A Importância da Regulação de Gases Combustíveis e o Processo de Liberação. Campinas, 2008.
- Asscoesp.** (2009). Associação dos Síndicos e Subsíndicos em Condomínio do Estado de São Paulo. Acesso em 24 de Abril de 2014, disponível em <http://www.asscoesp.com.br/home/gas.html>.
- Carignano, C., Gomes, L. F., & Araya, M. C.** Tomada de Decisões em Cenários Complexos. Pioneira Thomson. São Paulo, 2003.
- Copagaz.** (2005). Acesso em 22 de Abril de 2014, disponível em http://www.copagaz.com.br/representantes/o_que_e_glp.asp.
- Gasnet.** (2013). Acesso em 24 de Abril de 2014, disponível em http://www.gasnet.com.br/gasnatural/gas_completo.asp#gas11.
- Gomes, L. F.** Teoria da Decisão - Coleção Debates em Administração. Cengage Learning. São Paulo, 2006.
- Indicador Consultores Associados.** Construção Civil: Cenários e Perspectivas. Belo Horizonte, 2011.

Instituto Empreendedores Universitários. (2013). Acesso em 28 de Abril de 2014, disponível em <http://www.institutoeu.org/brainstorming>.

Liquigas. (2008). Acesso em 22 de Abril de 2014, disponível em <http://www.liquigas.com.br>

Lopes, Y. G., Cavalcante, C. A., Ferreira, R. J., & De Almeida, J. A. (2008). Avaliação Multicritério de Riscos em Gasodutos: Uma Abordagem de Sobreclassificação com o PROMETHEE III. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

Santos, Daniel Costa; Lobato, Marllon Boamorte; Busato, Rosilete. (2004), Hierarquização de ações de conservação da água em edifícios para promover a sustentabilidade do recurso água. In: Seminário Hispano-Brasileiro sobre Sistemas de Abastecimento Urbano de Água, IV Ed., João Pessoa.

Trojan, Flavio; Cunha, Pedro Ferreira Dantas; Morais, Danielle Costa. (2010), Apoio à decisão no setor de manutenção das redes de distribuição de água aplicando o Electre I. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, XXX Ed., São Carlos.