

APLICAÇÃO DA ANÁLISE HIERÁRQUICA ATRAVÉS DOS FATORES TÉCNICOS, SOCIAIS E DA DINÂMICA DAS CIDADES PARA PREVISÃO DA EXPANSÃO DA REDE DE GÁS NATURAL

Vanessa Meloni Massara¹, Miguel Edgar Morales Udaeta², Murilo Tadeu Werneck Fagá³

^{1,2,3} Programa de Recursos Humanos da ANP para o Setor Petróleo e Gás – PRH-04/ANP/MCT
Programa Interunidades de Pós Graduação em Energia PIPGE-IEE/USP
Avenida Luciano Gualberto, 1289 Cidade Universitária
São Paulo- SP- Cep 05508-900
E-mail: vmassara@iee.usp.br; udaeta@pea.usp.br; murfaga@iee.usp.br

Este artigo analisa através do uso do Programa Decision Lens baseado no método de análise hierárquica, a influência de diversos parâmetros na implantação da rede de distribuição de gás natural. O método possibilita que, quando existem diferentes fatores que contribuem para a tomada de uma decisão, seja determinada a contribuição relativa de cada um, oferecendo todas as características de um sistema, englobando os elementos de forma que uma alteração em um deles, tenha reflexo em todos os outros. A lógica baseada na combinação par a par, criada por Saaty no final da década de 70, permite a verificação de relações como densidade demográfica e distribuição de renda, verticalização residencial e concentração industrial, distância do distrito a ser servido daquele que já possui a rede, definindo com base na atribuição de uma escala de prioridades, os aspectos determinantes na seleção de áreas passíveis de expansão do GN. Como teste, foram selecionados oito municípios da região administrativa de Araçatuba, próxima ao trajeto do Gasbol e com perspectivas de crescimento econômico que podem vir a incrementar o uso de gás natural no noroeste do Estado de São Paulo. Conclui-se que a característica econômica das cidades estudadas varia entre a vocação turística, industrial, agropecuária e em especial na produção de energia. Os indicadores de custo da obra civil são determinantes para implantação dos dutos, superando a projeção de consumo de gás natural e os indicadores de planejamento urbano e qualidade de vida. No estudo por categorias de ocupação do solo, a inserção do uso agropecuário determina a maior importância modificando totalmente o perfil da região quando da comparação com áreas metropolitanas eminentemente urbanas. Os usos industrial e prestação de serviços vêm a seguir e por fim, os usos comércio e residencial. Verifica-se que a inserção de indicadores rurais amplia a conclusão e permite destacar as cidades mais propícias ao uso do GN canalizado sob o enfoque urbano versus rural.

Gás Natural; Demanda; Método Multicritério.

1. INTRODUÇÃO

No processo de tomada de decisão para construção e ampliação das redes de infra-estrutura, diferentes fatores devem ser considerados para a priorização do atendimento a áreas que constituirão um mercado consumidor potencial para o serviço em questão. Neste trabalho, focaliza-se a importância do perfil urbano de cada bairro como base para verificação de estimativas de mercado respaldadas no estudo das relações entre questões sociais, na demanda por energia, nos planos diretores e no custo de implantação da infra-estrutura de distribuição do GN. Objetiva-se propor a verificação dos graus de influência dos diversos fatores que interferem no processo decisório sobre onde expandir a rede canalizada de gás natural mesclando conceitos de planejamento urbano, energia e engenharia civil.

Conforme definido por MASSARA (2005), os fatores considerados como intervenientes na tomada de decisão embasados na dinâmica das cidades (FORRESTER, 1969) podem ser reunidos em 4 sistemas de informação ou 5 categorias de ocupação do solo considerando:

- Existência de outras redes de infra-estrutura e equipamentos urbanos;
- Desenvolvimento Urbano, usos do solo e zoneamento;
- Possibilidades de consumo de gás natural;
- Extensões a percorrer e problemas oriundos da implantação dos dutos.

Para esta análise, foi utilizada a Região Administrativa de Araçatuba que é composta por 43 cidades. Desse total, foram selecionados municípios com mais de 20.000 habitantes e com características turísticas e de investimentos que podem ter impacto ambiental, sustentando a premissa de exigência da existência de Plano Diretor, pela Constituição Federal de 1988 e também pelo Estatuto das cidades de 2001 (o que facilita a coleta de informações), definindo oito cidades para o estudo de caso: Araçatuba, Andradina, Birigui, Guararapes, Ilha Solteira, Mirandópolis, Penápolis e Pereira Barreto. As oito cidades têm perspectivas de crescimento econômico que podem vir a incrementar o uso de gás natural no

noroeste do Estado de São Paulo. A característica econômica dessas cidades varia entre a vocação turística, industrial, agropecuária e em especial na produção de energia. Por esse último fator que se decidiu introduzir a região neste estudo, mesmo com seu diferencial agropecuário que escapa ao conceito de "Dinâmica Urbana adaptada ao estudo da Rede de Gás Natural" (MASSARA, 2005). Para essa região vários projetos estão sendo elaborados dentro da definição de "PIR".

UDAETA (1997) define o PIR como "um planejamento voltado para estabelecer a melhor alocação de recursos, que implica em: procurar o uso racional dos serviços de energia; considerar a conservação de energia como recurso energético; utilizar o enfoque dos "usos finais" para determinar o potencial de conservação e os custos e benefícios envolvidos na sua implementação; promover o planejamento com maior eficiência energética e adequação ambiental; e realizar a análise de incertezas associadas com os diferentes fatores externos e as opções de recursos. O PIR diferencia-se do planejamento tradicional na classe e na abrangência dos recursos considerados, na inclusão no processo de planejamento dos proprietários e usuários dos recursos, nos organismos envolvidos no plano de recursos e nos critérios de seleção dos recursos". Baseado nesse conceito, este trabalho pretende contribuir com o estudo energético da região no caso específico do gás natural, indicando nas 8 cidades mencionadas, qual a influência dos parâmetros fundamentados na dinâmica das cidades para essa tomada de decisão.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A tomada de decisão em um ambiente complexo normalmente envolve múltiplos critérios, dados imprecisos e/ou incompletos, múltiplos agentes de decisão etc. Para servir de apoio a esse processo surgiu na década de 70, um campo da Pesquisa Operacional denominado Apoio Multicritério à Decisão.

O *AHP* (*Analytic Hierarchy Process*) é um dos métodos multicritério mais utilizado no apoio à tomada de decisão e na resolução de conflitos negociados, em problemas com múltiplos critérios. Conforme aponta SAATY (1980), os princípios da análise lógica que fundamenta o AHP são:

- Hierarquia: consiste na técnica de organizar as idéias nascidas nas mentes humanas, de forma a facilitar a análise e a exploração de cada parte que as constitui;

- Prioridades: a mente humana também tem habilidade de perceber as relações de resultados de suas observações, comparando pares ou similares dessas observações ou fatos, utilizando determinado critério e discriminando entre os pares a intensidade ou a preferência de um sobre o outro. A aplicação do *AHP* permite entender o sistema como um todo;

- Consistência lógica: este é o terceiro princípio do *AHP*, que consiste na capacidade de estabelecer uma lógica para cada um dos elementos, relacionando o seu nível de consistência;

Segundo SAATY (1980), sua teoria "reflete o que parece ser um método natural de funcionamento da mente humana. Ao defrontar-se com um grande número de elementos, controláveis ou não, que abrangem uma situação complexa, ela os agrega em grupos, segundo propriedades comuns". A questão central do método é identificar com que peso os fatores individuais do nível mais baixo de uma hierarquia influenciam seu fator máximo, ou seja, o objetivo geral.

O método baseia-se no modo como a mente ocidental trata geralmente os problemas complexos, ou seja, através de conceituação e estruturação: o conflito da existência de muitos elementos de decisão, controláveis ou não e sua agregação em grupos, através das propriedades específicas comuns. O ser humano pesquisa a complexidade na decomposição para depois, com as relações encontradas, sintetizar. É o processo fundamental da percepção da complexidade, torná-la tratável analiticamente, pela decomposição e síntese.

A metodologia do *AHP* abrange três etapas: a estruturação (decomposição) do problema, os julgamentos comparativos e a síntese das prioridades.

SAATY e VARGAS (1982) explicam as fases fundamentais no processo de apoio à tomada de decisão:

- Análise do sistema em estudo: que identifica, caracteriza e hierarquiza os principais atores intervenientes, explicitando as alternativas de decisão potenciais que se pretende comparar entre si em termos dos seus méritos e desvantagens face a um conjunto de critérios de avaliação, definidos de acordo com os pontos de vista dos atores envolvidos;

- Avaliação do sistema: que tem por finalidade esclarecer a escolha, recorrendo à aplicação de métodos de múltiplos critérios para embasar a modelagem para o apoio à decisão, mostrando quais os parâmetros de maior influência.

A identificação do problema e seu diagnóstico leva em conta o levantamento de critérios (medidas reais) e subcritérios (derivados por semelhança de cada grupo de critérios). Conforme aborda SAATY (1980, 1994), para a seleção de critérios deve-se considerar três propriedades: a exaustividade, a não-redundância e a homogeneidade, definidos como:

- Exaustividade: significa que cada critério, com suas variáveis, completa na totalidade cada uma das diferentes dimensões do problema; A não-redundância, por sua vez, deve garantir que haja independência entre cada um dos níveis hierárquicos;

- Homogeneidade: quer dizer que os critérios de cada nível devem ser comparáveis, isto é, possuir uma ordem de importância similar.

A comparação par a par é feita usando uma escala própria definida por Saaty como *escala fundamental*. O ser humano tem um limite psicológico máximo para comparar elementos e julgá-los corretamente - 7 ± 2 itens. Isso implica em 9 pontos distintos de julgamento, na escala fundamental de Saaty.

Tabela.1. Escala de Valores AHP para comparação pareada. Fonte: SAATY (1980).

Atributo	Julgamento de prioridade ente pares
1	Sem priorização
3	Moderada priorização
5	Forte priorização
7	Muito forte priorização
9	Extremamente prioritário
2,4,6,8	Valores intermediários (não utilizados neste estudo)

A ordenação hierárquica é um tipo de estrutura hábil para fornecer uma visão global do problema e da relação de complexidade, que ajuda o decisor na avaliação da dimensão e conteúdo dos critérios, através da comparação homogênea dos elementos. Como consequência, o processo reduz-se a uma seqüência de comparações aos pares desses componentes identificados. A estrutura hierárquica desenvolve-se linearmente ou não, do nível mais elevado até ao nível inferior, dos conceitos e características gerais para os princípios básicos e concretos.

Por este processo, o AHP ajuda os decisores a criar um modelo das prioridades onde é atribuído o peso inicial da meta que corresponde a 100% da influência, que é distribuído a partir do primeiro nível até o nível mais detalhado, resultando em porcentagens de influência para cada critério e sub-critério elencados no modelo.

A síntese da lógica AHP é uma multiplicação linear associada a um processo de soma dos pesos (toda a influência flui para baixo). Se o usuário aumenta o peso de um critério, os fatores associados àquele critério sempre adquirirão pontuações crescentemente mais altas.

Vale ressaltar, que a abordagem do problema de decisão, sob o enfoque do Apoio Multicritério à Decisão, não visa apresentar ao decisor ou aos decisores uma solução ao seu problema, elegendo uma única verdade representada pela ação selecionada. Visa sim, apoiar o processo decisório, indicando os fatores de maior influência, sugerindo diretrizes para se alcançar o objetivo do projeto.

Neste trabalho, o método AHP é utilizado através do Programa Decision Lens (SAATY, 2006), visando o estudo de qual a importância dos parâmetros selecionados na avaliação de áreas passíveis de receber a rede canalizada de gás natural.

3. METODOLOGIA

3.1 A Priorização dos Parâmetros sob o Método de Análise Hierárquica

O método AHP usa a combinação par a par para definir qual a porcentagem de importância de cada fator, relacionando todos simultaneamente.

O método pode ser utilizado com respaldo na experiência de um grupo de “votantes” que por seu conhecimento no assunto abordado fazem a comparação par a par atribuindo os pesos por sensibilidade de importância de um fator em relação ao outro.

Para a distribuição dos valores nas 5 faixas principais da escala pareada (1,3, 5, 7 e 9), conforme a escala pré-definida descrita na tabela 1, também pode ser utilizada a associação de valores numéricos à escala de importância (UDAETA et al, 2007), distribuídos segundo sua grandeza, conceito este que é a base da composição de informações utilizada neste trabalho.

Vale lembrar que embora a atribuição da escala Saaty permita linearizar valores de diferentes grandezas e unidades ainda é necessário verificar se todos os parâmetros envolvidos na comparação podem ser tratados da mesma forma. Por exemplo, sabemos que o parâmetro taxa de urbanização tem como limite máximo 100% mas o parâmetro estratificação domicílios que hoje apresenta um certo valor máximo, amanhã pode ter esse valor alterado para mais ou menos. Essa diferença entre os valores mínimos e máximos serem fixos ou não conforme o conceito de cada parâmetro, faz com que seja feita uma conversão de todas as unidades em porcentagem antes da atribuição da escala. Utilizando os valores coletados e atribuídos os pesos para cada parâmetro, a matriz de dados está pronta para ser inserida no Programa Decision Lens que faz as combinações dos parâmetros par a par automaticamente.

3.2 O Programa Decision Lens e a Estrutura para Análise da Importância dos Parâmetros na Implantação do Gás Natural

A utilização do método AHP está estrutura em três níveis de hierarquia, que podem ser desmembrados em outros subníveis conforme a necessidade do projeto. Dentro do programa, está fase corresponde a etapa *build model*. Para a inserção dos dados, o primeiro estágio é a montagem do esquema hierárquico (*create a tree view*). No nível mais alto desse esquema está a definição do objetivo a alcançar (que pode ser mais do que um). No programa DL é chamado de *decision goal*. No nível imediatamente abaixo, são alocados os critérios definidos

pelo usuário que darão respaldo à busca de soluções para chegar ao objetivo proposto. Esse critérios podem ser decompostos em vários sub-critérios.

A estrutura AHP adaptada ao estudo da rede canalizada de GN fundamentada na dinâmica das cidades pode ser resumida em:

- **Meta:** definir grau de influência de parâmetros baseados na dinâmica das cidades na seleção de áreas passíveis a receber a rede canalizada de gás natural.

- **Critérios:**

- 1º. Agrupamento (sistemas de informação): Qualidade de Vida (QV); Planejamento Urbano (PU); Projeção de Consumo (PC); Obra Civil (OC);

- 2º. Agrupamento (categorias de ocupação do solo): Uso Residencial (Ures); Uso Comercial (Ucom); Uso Serviços (Userv); Uso Industrial (U ind); Uso Agropecuário (Uagro).

- **Sub-critérios:**

- Índice de Desenvolvimento Humano (IDH); Atendimento por Redes Prioritárias (água- AAA e esgoto - ACE); Zoneamento (Z); Desenvolvimento Urbano (DU); Taxa de Urbanização (TU); Usos do Solo (USres, UScom, USServ, USind, USagro); Renda Familiar (RF); Densidade Demográfica (DD); Estratificação Domiciliar (Eres); Estratificação de atividades (Ecom, Eserv, Eind); Distância do último ponto com rede de GN (D); Extensão das vias a servir (E) e Incidência de vias de grande tráfego (T).

Na fase seguinte são inseridos os participantes, que nesta utilização correspondem aos 8 municípios da Região Administrativa de Araçatuba já mencionados.

Feito isso a matriz de combinações está definida. A resolução dessa matriz (chamada matriz quadrática) resulta no auto-vetor de prioridades, o qual expressa as importâncias relativas de cada critério ou peso.

Para esse cálculo, a matriz é elevada ao quadrado, dividindo-se a soma de cada linha pela soma dos elementos da matriz, normalizando os resultados (SAATY, 1980). Como resultado obtém-se um auto-vetor de prioridades para ordenação. A operação se repete até que a diferença entre o resultado normalizado da última operação seja muito próximo ao resultado da operação precedente. A modelagem para comparações paritárias é calculada na forma matricial (SAATY, 1991), satisfazendo as relações:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{pmatrix} \quad \begin{matrix} a) a_{ij} = \alpha; \\ b) a_{ji} = 1/\alpha; \\ c) a_{ii} = 1 \end{matrix} \quad (1)$$

Expressão 1. Algoritmo do método AHP. Fonte: SAATY, 1980.

Sendo: a=comparação para a par entre critérios e α = valor da intensidade (importância) do critério.

Para a determinação dos graus de influência foram elaborados três tipos de determinação considerando:

- Influência de todos os parâmetros simultaneamente
- Influência por grupos de Sistemas de Informação;
- Influência por grupos de Usos do Solo.

Segundo o conceito definido por MASSARA et al (2005; 2006) os parâmetros são reunidos conforme a tabela 2:

Tabela 2. Agrupamento dos parâmetros para determinação da % de influência no estudo da rede de GN.

Sistemas de Informação				Usos do Solo				
QV	PU	PC	OC	US res	US com	US serv	US ind	US agro
IDH	Z	RF	D	IDH	IDH	IDH	US ind	US agro
AAA	DU	DD	E	AAA	AAA	AAA	D	D
ACE	TU	E res	T	ACE	ACE	ACE		E
	US res	E com		US res	US com	US serv		
	US com	E serv		RF	RF	RF		
	US serv	E ind		DD	DD	DD		
	US ind			E res	E com	E serv		
	US agro			D	D	D		
				E	E	E		
				T	T	T		

Elaboração: MASSARA, 2005.

Nota: As siglas são descritas no texto acima.

3.3. Estudo de Caso: A Região Administrativa de Araçatuba

Araçatuba, a mais desenvolvida de todas as cidades da região, tem na pecuária um dos destaques de sua economia, concentrando o maior número de pecuaristas do Brasil. A agricultura também tem importância, especialmente na produção de tomate rasteiro, na fruticultura representada pela produção de abacaxi, goiaba e acerola, (UDAETA et al, 2004). É também de Araçatuba que sai boa parte do milho, arroz, soja, feijão e tomate que abastecem várias regiões do Estado.

A cidade abriga importantes indústrias alimentícias, metalúrgicas, de curtume e de aparelhos de precisão além da concessionária de gás que serve o oeste do Estado de São Paulo. No âmbito rural se destaca pela produção de açúcar, álcool anidro e hidratado por 2 usinas localizadas em seu território, que devem aumentar para 12, nos próximos 5 anos.

No âmbito comercial, a cidade recebe consumidores de várias cidades da região, principalmente de Guararapes, Birigüi e Penápolis. Também a hidrovía Tietê/Paraná é um dos aspectos favoráveis de Araçatuba pois, além de aproximá-la das relações comerciais com o Mercosul, é um fator de atração para investimentos no setor turístico e de transportes. Rota do Gasoduto Bolívia/Brasil, a cidade já oferece gás natural como fonte de energia para indústrias, empresas e frotas de veículos. É cercada por rodovias que dão acesso a quatro estados brasileiros. Possui também um aeroporto internacional e ferrovia privatizada que permite a ligação do porto de Santos à Bolívia e de lá, ao Oceano Pacífico, pelo Chile (SEADE, 2006; UDAETA, 2004; 2007).

A cidade de Birigüi, tem como atividade econômica predominante a industrial representada pela produção de calçados, metalurgia, móveis e confecção, sendo o maior pólo de produção de calçados infantis do Brasil. As fábricas de Birigüi ficam no meio da cidade, causando oscilações de energia em outros usos, além de ter uma forte característica sazonal de operação das fábricas e consequente variação do consumo de energia durante o ano, (UDAETA et al, 2004).

A cidade de Ilha Solteira, caracteriza-se pela pecuária extensiva e apenas em pequena parte pela cultura de cereais e algodão. Teve seu desenvolvimento impulsionado pela construção da Usina Hidrelétrica. Carente de apoio por parte de centros maiores, precisou desenvolver uma infra-estrutura mínima para a construção de alojamentos e vilas operárias. Até então, o povoado possuía uma rede urbana precária, ou quase inexistente, porque a ocupação da região foi marcada pela pecuária extensiva, pequenos latifúndios, baixa densidade populacional e grande distância dos centros mais significativos (SEADE, 2006).

Hoje as principais atividades econômicas do município são por ordem hierárquica, a energia elétrica, a pecuária e a agricultura. A tendência de desenvolvimento está voltada ainda para a Indústria e o Turismo (UDAETA et al, 2004).

Guararapes, que já foi distrito de Araçatuba (SEADE, 2006), mescla uma característica industrial, e agropecuária. Possui indústrias de alimentos ligadas ao setor pecuário que é bastante difundido em seu território e com a instalação de uma usina de produção de álcool carburante, uma expansão da cultura de cana de açúcar. O comércio é pouco difundido na região.

A cidade de Andradina, também conhecida como a terra do rei do Gado, tem como atividade dominante a pecuária. Andradina conta com terminal na Hidrovía Tietê-Paraná, que possibilita a interligação com outras regiões do Estado, o sul de Minas Gerais e o Paraná. Assim como o Terminal Hidroviário, o Terminal Ferroviário da Noroeste e o Aeroporto Municipal oferecem acesso alternativo ao município e região (UDAETA et al, 2007).

Pereira Barreto que já foi distrito de Penápolis, é uma Estância Turística conhecida por ser o segundo maior canal artificial do Mundo. Sua principal atividade é a agropecuária com destaque para a criação de gado de corte. Na agricultura, destacam-se na produção de milho, laranja e melão. Em virtude da construção da Usina Hidrelétrica de Três Irmãos e do Canal de Pereira Barreto, formou-se ao redor da cidade um enorme lago de água doce. A cidade, então, transformou-se numa ilha, o que provocou uma enorme mudança em sua economia e paisagem. O turismo e a pesca esportiva passaram, a partir de então, a integrar o rol das atividades econômicas do Município e com isso houve grande investimento em restaurantes e pousadas (SEADE, 2006).

Penápolis que já foi distrito de Bauru (SEADE, 2006), tem como produção agrícola alta concentração da cultura de cana-de-açúcar. As demais culturas estão distribuídas entre o milho, tomate, arroz, soja e algodão. Na lavoura permanente, destacam-se banana, borracha, café e coco-da-baía. A pecuária também tem grande importância no município. A produção industrial está diversificada entre açúcar e álcool, calçados, couros, laticínios, embalagens, implementos agrícolas e irrigação, predominando empresas familiares. O comércio, embora diversificado, não é criativo e pouco se utiliza dos instrumentos de marketing disponíveis. O setor de serviços tem se ampliado consideravelmente, com escolas de informática e idiomas.

Mirandópolis (município com menor disponibilidade de informação) que já foi distrito de Valparaíso, sofreu grande influência da colônia japonesa. Hoje concentra sua atividade em agricultura, com ínfima participação industrial. O comércio e a prestação de serviços também é pouco difundido na cidade (SEADE, 2006).

Todos os municípios com exceção da Araçatuba, têm predominância residencial horizontal e pequena concentração de comércio e serviços.

Também não possuem rede canalizada de gás natural, mesmo Araçatuba, que possui rede pontual em certa porção do território, foi considerada neste estudo como caso de expansão e analisada em conjunto com as demais cidades.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Influência de Todos os Parâmetros Simultaneamente

Esta análise considera a influência de todos os municípios em conjunto sem a divisão em sistemas ou categorias de ocupação do solo.

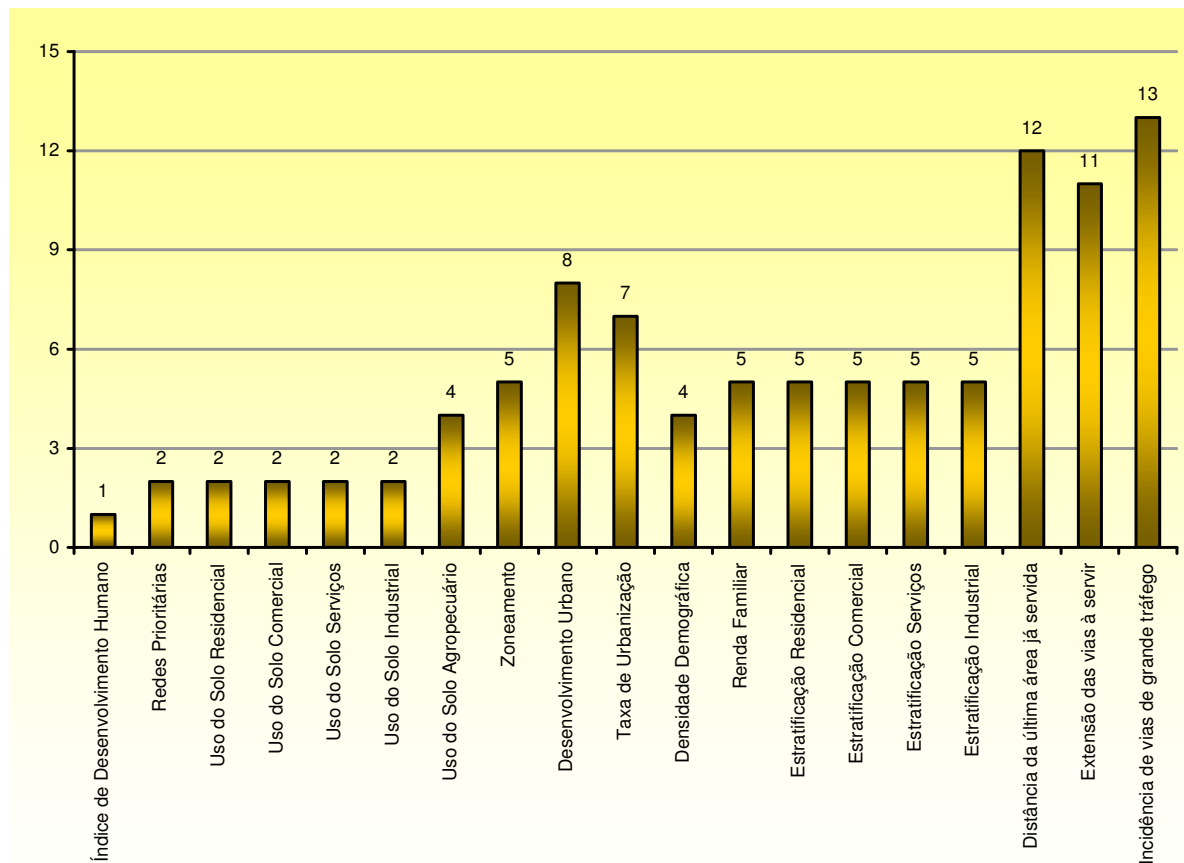


Gráfico 1. Graus de Influência global (em %) dos parâmetros que interferem na expansão da rede de gás natural na Região Administrativa de Araçatuba.

Fonte de dados: UDAETA et al, 2007; SEADE, 2006; IBGE, 2007.

O gráfico 1, apresenta a porcentagem de influência de cada parâmetro. Verifica-se que são mais bem classificados àqueles vinculados a obra civil aqui representados pelas extensões internas dos municípios, pela incidência de vias de grande tráfego e pela variação da distância entre eles o a rede já implantada, o que para a maioria das cidades é representado pela distância ao Gasbol.

O parâmetro de maior importância é a incidência de vias de grande tráfego marcado pela forte presença nas 8 cidades de avenidas cortando seus territórios bem como rodovias e estradas intermunicipais. Destaca-se a seguir, a influência de indicadores de planejamento urbano como o desenvolvimento urbano, representando que todos os municípios estão em fase de sofisticação de usos e urbanização em consolidação. O parâmetro taxa de urbanização é de suma importância já que alguns dos municípios têm representativa taxa rural, como o caso de Andradina e sua predominância agropecuária. O zoneamento também tem expressiva importância, baseada na existência de concentração industrial com destaque para Araçatuba e seus 4 distritos industriais. Já renda familiar, densidade demográfica e estratificação de domicílios e atividades produtivas, apresentaram influências similares.

Entre os usos do solo, a introdução da característica agropecuária marca e diferencia os municípios em estudo, destacando a “Terra do Rei o Gado” (Andradina). Os indicadores de qualidade de vida junto aos outros usos do solo são aqueles de menor influência, quando comparados a outros parâmetros.

4.2 Influência por Grupos de Sistema de Informação e Categorias de Ocupação do Solo

Considerando-se os mesmos parâmetros porém com a introdução do agrupamento em critérios (os 4 sistemas

de informação e as 5 categorias de ocupação do solo) e sub-critérios (seus respectivos parâmetros demonstrados na tabela 2), foi elaborada a árvore de hierarquia, resultando nos gráficos 2a e 2b. Essas divisões tornam as porcentagens de influência dos parâmetros diferente do caso anterior, enfatizando o seu agrupamento.

Na análise dos oito municípios da região administrativa de Araçatuba, o resultado por sistemas de informação (gráfico 2a) ressalta o sistema obra civil como o grupo de parâmetros mais importante, seguido da projeção de consumo de gás e dos indicadores de planejamento urbano (18% a mais de influência do que o segundo grupo). A qualidade de vida tem participação ínfima, já que todos os municípios têm praticamente a mesma condição de atendimento por rede de água e esgoto e também IDH semelhantes.

No estudo por categorias de ocupação (gráfico 2b), a inserção do agrupamento “uso do solo agropecuário” determina a grande importância das áreas com pastagens e agricultura (em especial de cana-de-açúcar) que modifica totalmente o perfil da região quando da comparação com áreas metropolitanas eminentemente urbanas. As outras 4 categorias tem a influência predominante representada respectivamente pelo uso industrial seguido da prestação de serviços e por fim do comércio e residencial. A variação entre cidades com vocação turística, industrial ou agropecuária gera o diferencial da análise bem como as diferentes taxas de urbanização, a existência de áreas predominantemente industriais e a pequena incidência de edificações verticais.

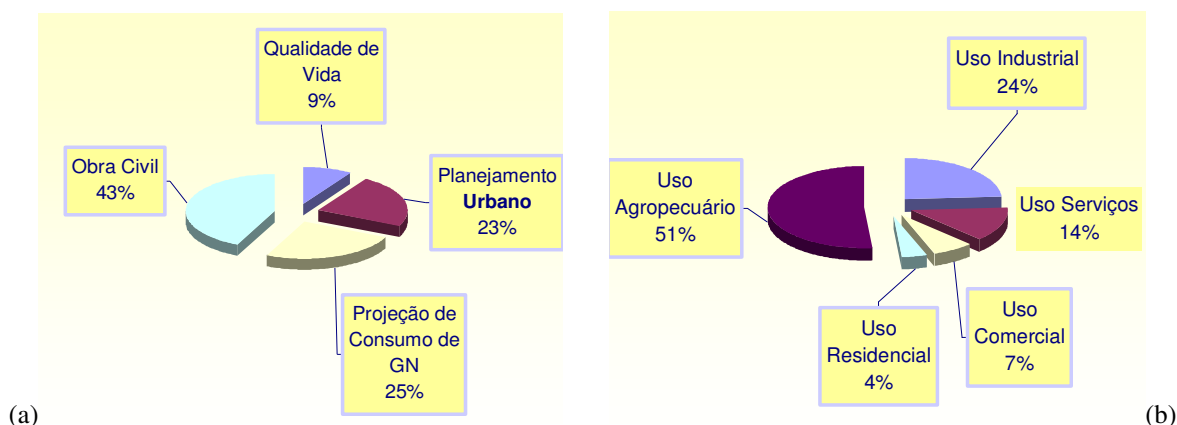


Gráfico 2. Graus de Influência (em %) dos parâmetros que interferem na expansão da rede de gás natural na Região Administrativa de Araçatuba (a) Por Sistemas de Informação (b) Por Categorias de Ocupação do Solo. Fonte de dados: UDAETA et al, 2007; SEADE, 2006; IBGE, 2007.

A opção entre a escolha deste ou daquele parâmetro como determinante, está sempre associada aos diferentes compromissos de tomada de decisão, porém o estudo dos graus de influência permite o detalhamento de cada parâmetro e torna mais clara a interpretação do reflexo que cada fator pode ter na expansão da infra-estrutura de gás, destacando os parâmetros que merecem maior atenção por apresentarem situações extremas de atração ou não atração à rede.

De acordo com o perfil levantado nas cidades e expresso pelos 19 parâmetros do gráfico 1, os municípios mais propícios a expansão da rede canalizada de gás natural são aqueles com maior característica urbana, marcada por uso residencial com tendência a verticalização, maior número de distritos de cunho industrial, menor atividade agropecuária (já que para usos rurais e a travessia de longos percursos sem demanda, o uso do GN canalizado não é a melhor solução) e maior proximidade do trajeto do GASBOL, sendo em ordem decrescente: Araçatuba, Birigui, Penápolis, Ilha Solteira, Guararapes, Pereira Barreto, Mirandópolis e Andradina.

5. CONCLUSÕES

As diferenças entre essa região e áreas próximas aos centros urbanos são várias, a começar pelas pequenas densidades demográficas dos municípios do oeste paulista bem como pelo baixo poder aquisitivo predominante, pela grande margem de uso rural que destaca parâmetros que em áreas metropolitanas são em geral de baixa influência como a taxa de urbanização e a incidência de vias de grade tráfego, além da ampliação do conceito de dinâmica urbana propriamente dito, obrigando a inclusão de parâmetros como o uso agropecuário para uma análise mais abrangente dessas cidades que mesclam a ocupação urbana com a rural, ampliando o horizonte de debate sobre as possibilidades de expansão do uso de gás natural enquanto rede canalizada.

Como mostra o Gráfico 1, as extensões para implantação dos dutos, o tamanho do território e a grande incidência de vias arteriais de tráfego intramunicipal são os fatores de maior atenção na tomada de decisão sobre onde implantar a rede.

Situação confirmada pelo Gráfico 2a, que mostra maior influência dos parâmetros agrupados no sistema “obra civil” e praticamente a mesma importância entre indicadores de projeção de consumo e planejamento urbano, com ênfase nas possibilidades de desenvolvimento.

No Gráfico 2b fica clara a grande influência da atividade agropecuária da região. Esse fator amplia a análise mas em primeira avaliação não atrai a rede canalizada de GN, dado o vasto território a percorrer sem demanda que justifique o investimento na obra civil. Porém o centro das cidades e seus distritos industriais podem ser atrativos mesmo que para expansão em pequenas porções do território.

Este método também serve de base para a verificação da coerência metodológica de seleção dos parâmetros proposta por MASSARA et al (2005; 2006) na elaboração de um modelo para análise da expansão e do adensamento da rede de gás natural.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da Agência Nacional do Petróleo – ANP, da Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP e do Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT por meio do Programa de Recursos Humanos da ANP para o Setor Petróleo e Gás – PRH-ANP/MCT.

Os autores agradecem também o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP no Projeto: Novos Instrumentos de Planejamento Energético Regional Visando o Desenvolvimento Sustentável-Fase 2, que permitiu a utilização do Programa Decision Lens.

7. REFERÊNCIAS

- FORRESTER, J. W.. **Urban Dynamics**. Cambridge, M.I.T. Press, 1969, 285p.
- FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. **Pesquisa Municipal Unificada**. São Paulo, SEADE, 2006, 43p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades**. Endereço de Acesso: <http://www.ibge.gov.br>, 2007.
- MASSARA, V.M.. **Dinâmica Urbana na Otimização da Expansão da Infra-Estrutura de Gás Natural**. São Paulo, 2005, 78p. Texto de Qualificação (Doutorado em Energia). Orientador: Murilo Tadeu Werneck Fagá, Programa Interunidades de Pós Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, 2005.
- MASSARA, V.M. ; UDAETA, M. E.M.; FAGÁ, M. T.W.. Metodologia Sistêmica para Análise da Expansão e do Adensamento da Rede Canalizada de Gás Natural. In: Rio Oil & Gas Expo and Conference. Rio de Janeiro, **Trabalhos Técnicos**, IBP, 2006, p. 1-8.
- SAATY, T. **Decision Lens- Manual de Uso**. Londres, 2006, 113p.
- SAATY, T.. **The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation**. Londres, McGraw-Hill, 1980, 320 p.
- SAATY, T.; VARGAS, L.G. **The Logic of Priorities, Applications in Business, Energy, Healthy, Transportation**. Boston, Kluwer-Nijhoff, 1982, 237p.
- SAATY, T.. **Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process**. Pittsburg, RWS, 1994, 314p.
- UDAETA, M.E.M.. **Planejamento Integrado de Recursos Energéticos - PIR para o Setor Elétrico (Pensando o Desenvolvimento Sustentável)**. São Paulo, 1997, 384 p..Tese (Doutorado em Engenharia). Orientador: Lineu Bélico dos Reis , Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1997.
- UDAETA, M.E.M.. **Relatório Final -Resultados do Projeto: Novos Instrumentos de Planejamento Energético Regional Visando o Desenvolvimento Sustentável- Fase 1**. São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004, 20p.
- UDAETA, M.E.M et al. **Planejamento Integrado de Recursos Energéticos na USP**. Endereço de Acesso: <http://www.seeds.usp.br/pir/>, 2007.

ANALYTIC HIERARCHY PROCESS USING URBAN DYNAMICS, TECHNICAL AND SOCIAL PARAMETERS FOR THE NATURAL GAS EXPANSION FORECAST

This paper analyzes through the use of Decision Lens software based on AHP (analytic hierarchy process), the influence of several parameters in the expansion of the natural gas distribution pipeline network. The method allows that, when different factors contributes to the decision making process, the relative contribution of each one be determined, offering all the system characteristics, including all the elements so that an alteration in one of them will be reflected in all the others. The logic based on pair combination, created by Saaty in the end of the 70th, allows the verification of relationships as demographic density and distribution of family income,

residential and industrial concentration, distance between areas that can be served and others that are effectively attended by natural gas, defining through in the attribution of a priorities scale, the decisive aspects in the selection of areas that must receive the natural gas expansion. As case study, eight municipal districts of the administrative area of Araçatuba were selected, near to Gasbol itinerary and with perspectives of economic growth that may increase the use of natural gas in the northwest of the State of São Paulo. The economic characteristic of the studied cities is among tourist, industrial, agricultural vocation and especially in energy production. As conclusion, is identified that the indicators of the civil work cost are decisive for the network expansion, overcoming the projection of natural gas consumption, the urban planning and life quality indicators. In the land uses studies, the insert of rural use determines the largest importance, modifying all the area profile when the comparison with metropolitan areas eminently urban. Industrial and services use follows and finally, the commercial and residential uses. The insert of rural indicators enlarges the conclusion and allows to highlight the most attractiveness for the natural gas network pipeline use considering the focus urban versus rural.

Natural Gas, Demand, Multicriteria Analysis

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste artigo.