

# Indicadores urbanos na previsão de expansão da rede canalizada de gás natural<sup>1</sup>

Vanessa Meloni Massara,\* Murilo Tadeu Werneck Fagá\*\*  
Miguel Edgar Morales Udaeta\*\*\*

## Resumo

Este artigo tem como objetivo identificar prioridades na expansão da infra-estrutura de distribuição do gás natural. Propõe-se uma metodologia que utiliza matrizes considerando as relações entre a dinâmica urbana e as possibilidades do gás natural deslocar outras formas de energia final. Como resultado é obtida uma análise conjugada dos sistemas, propiciando a combinação de parâmetros formando pares de interesse específico, quando da aplicação do caso real, em um exemplo para o Município de São Paulo. Dos resultados, conclui-se que a metrópole apresenta distritos com grande consumo de energia para fins industriais ainda não servidos por rede de gás natural e outros, centrais, que vêm subutilizando o serviço já instalado.

**Palavras-chave:** desenvolvimento urbano, energia, gás natural, infra-estrutura, rede de distribuição.

## Abstract

This paper aims to identify expansion priorities for the natural gas infrastructure. A methodology is proposed using matrixes that consider the relations between urban dynamics and the possibility natural gas might displace other types of final energy. A conjugated analysis of the systems is carried out, furthering the combination of parameters generating pairs of specific interest, when a real case is applied in an example for the municipality of São Paulo. From the results, we come to the conclusion that the metropolis has industrial districts with high energy consumption, not yet served by a network of natural gas, and other central districts, which haven't been using the service installed in all its potential.

**Key words:** urban development, energy, natural gas, infrastructure, distribution network.

## INTRODUÇÃO

Na 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, propõe-se a análise conjunta de aspectos sociais, técnicos e econômicos associados ao processo de ocupação dos grandes centros urbanos como base para verificação de estimativas de mercado, custos e técnicas mais apropriadas para a ampliação da infra-estrutura de distribuição canalizada de gás natural.

Como respaldo ao estudo proposto, sugere-se a criação de um modelo (MASSARA *et al*, 2004; 2005) que integre a compreensão da dinâmica urbana às

<sup>1</sup> 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.

\* Doutoranda em Energia do Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia - PIPGE/USP e bolsista do PRH - ANP/04. vmassara@iee.usp.br

\*\* Professor do PIPGE/USP, Coordenador do PRH - ANP/04. murfaga@iee.usp.br

\*\*\* Professor Visitante do PRH - ANP/04. udaeta@pea.usp.br

estratégias de expansão da rede de distribuição de gás, caracterizando as possibilidades de consumo em faixas de atratividade. A metodologia desenvolve-se através da organização de 4 sistemas de informações: aspectos de qualidade de vida, planejamento urbano, projeções de demanda por estratificação em tipos de uso do solo e sistema canalizado (obra civil).

Relacionando dados sociais e consumo estimado por tipo de ocupação do solo às características de ramificação da rede, a metodologia permite classificar cada distrito que compõe uma cidade segundo a viabilidade (atratividade) de implantação da rede de distribuição de gás e os locais com potencial de adensamento da rede já existente.

Para verificação da coerência metodológica, selecionamos como exemplo o município de São Paulo, composto por 96 distritos com as mais diferentes características. Por fim, o modelo testado para o mercado paulistano será generalizado em sistema computacional, que permita sua utilização em outras cidades brasileiras, a fim de apontar as possibilidades do gás natural substituir outras formas de energia final nos usos urbanos, além de apresentar diretrizes para os Planos Diretores das cidades, visando a incorporação sustentável dessa infra-estrutura.

## METODOLOGIA

O conjunto de dados é composto por quatro sistemas de informações referentes à região de estudo, agrupados em distritos, segundo a denominação oficial do IBGE, ou, com maior nível de detalhamento, em bairros, quarteirões e unidades, conforme a disponibilidade de informações. Esses sistemas determinam quatro respectivos indicadores vinculados ao desenvolvimento urbano da cidade ao longo do tempo.

A cada um dos parâmetros que compõem os sistemas é atribuído um peso de 1

a 5, conforme seu valor numérico (no caso de parâmetros quantitativos) e sua importância na atração ao uso do gás (no caso de parâmetros qualitativos, que fornecem indicativos subjetivos associados às características da dinâmica urbana do distrito).

**Relacionando dados sociais e consumo estimado por tipo de ocupação do solo às características de ramificação da rede, a metodologia permite classificar cada distrito que compõe uma cidade segundo a viabilidade (atratividade) de implantação da rede de distribuição de gás e os locais com potencial de adensamento da rede já existente**

De forma resumida:

Faixa 1 – Baixa atratividade à implantação da rede;

Faixa 2 – Baixa a média atratividade à implantação da rede;

Faixa 3 – Média atratividade à implantação da rede;

Faixa 4 – Média a alta atratividade à implantação da rede;

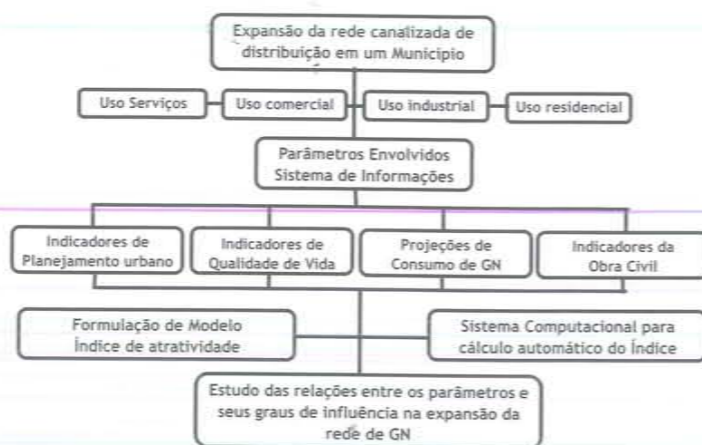
Faixa 5 – Alta atratividade à implantação da rede.

A atribuição da escala inicial de 1 a 5 está associada à utilização da escala semântica. Ao final do estudo será determinado se essa escala linear é válida ou não, através de teste e comparação com programas computacionais baseados em

análise de múltiplos critérios como o *Decisions Lens*, que também utiliza a escala de priorização como ferramenta de tomada de decisão.

A Figura 1 mostra a dinâmica entre os sistemas de informação para o cálculo do índice de atratividade à expansão da rede de gás natural.

**Figura 1**  
Interação entre os sistemas de informações visando a orientação da expansão da rede canalizada de GN



Elaboração: MASSARA, V.M., 2004.

## Indicadores de qualidade de vida

Este sistema de informações é representado por valores numéricos, distribuídos em intervalos calculados conforme sua dimensão, expressos pelos três fatores descritos a seguir.

*Índice de exclusão social (IEX)*: tem por objetivo identificar o grau de desenvolvimento social dos distritos, considerando variáveis associadas à qualidade de vida (SÃO PAULO, 2004). O índice final atribuído a cada um dos distritos foi calculado pela soma dos índices em cada campo, criando uma escala em um intervalo compreendido entre -1,00 (refletindo a pior situação de exclusão, faixa 1) e +1,00 (refletindo a melhor situação de inclusão, faixa 5).

*Índice de desenvolvimento humano (IDH)*: é uma adaptação do índice criado pelo ONU e tem como objetivo comparar o grau de desenvolvimento humano entre os distritos. Inclui variáveis como escolaridade, condições básicas de saúde e equipamentos sociais por distrito (SÃO PAULO, 2004). Esses indicadores são transformados em índices que, somados, compõem o IDH, em um intervalo que varia de 0 (faixa 1, a pior condição de desenvolvimento) até 1 (faixa 5, a melhor condição).

*Porcentagem de atendimento por redes prioritárias*: são consideradas "prioritárias" as redes de abastecimento de água, coleta de esgotos e iluminação pública (EMPRESA METROPOLITANA DE PLANEJAMENTO, 2003; IBGE, 2003; SÃO PAULO, 2002). Esse parâmetro é introduzido no sistema, entendendo que um distrito não será atrativo à rede de gás natural se ainda não possuir essas infra-estruturas. Sua abordagem considera a média da porcentagem de atendimento das três redes, expressas em faixas representando o percentual de cobertura da rede, em intervalos de 20%.

## Indicadores de planejamento urbano

Estes indicadores são trabalhados em uma base de dados composta por parâmetros qualitativos (uso do solo, desenvolvimento urbano e zoneamento) e quantitativos (taxa de urbanização e número de lançamentos imobiliários). Para a análise dos valores não numéricos, a estratificação em faixas foi basea-

da no mapeamento e classificação do Plano Diretor da Cidade de São Paulo, verificando os tipos de uso atuais e suas perspectivas de expansão, na intenção de elaborar um perfil dos bairros com maior tendência à aglomeração industrial (grande atrativo ao uso do gás natural), seguido dos outros usos, conforme escala de projeção de consumo, descrita a seguir.

*Uso do solo*: característica de ocupação do distrito, pelo mapa de uso do solo (SÃO PAULO, 2004), considerando a maior porcentagem de quadras com determinado tipo de uso. Embora a Prefeitura forneça várias categorias de ocupação, para efeito de projeção da atratividade ao consumo de gás natural foi elaborado um agrupamento em cinco principais usos:

Faixa 1: predominância em ocupação residencial horizontal;

Faixa 2: predominância em uso misto (comercial e residencial horizontal);

Faixa 3: predominância em ocupação residencial vertical;

Faixa 4: predominância em uso misto (comercial, serviços e residencial vertical);

Faixa 5: predominância em uso misto (residencial e industrial).

*Desenvolvimento urbano*: conforme definição do Plano Diretor do Município de São Paulo (SÃO PAULO, 2002), atribuiu-se faixas de importância com referência à projeção de atratividade ao uso do gás natural em relação a cinco descrições de "macroáreas" que correspondem às especificações quanto ao desenvolvimento urbano atual e futuro dos distritos paulistanos:

Faixa 1: proteção ambiental – limites de áreas públicas e de preservação;

Faixa 2: urbanização e qualificação urbana – áreas ocupadas predominantemente por população de baixa renda, com grande concentração de loteamentos irregulares e favelas;

Faixa 3: reestruturação e requalificação – áreas com boa infra-estrutura, mas que passam atualmente por processos de esvaziamento populacional e desocupação dos imóveis;

Faixa 4: urbanização em consolidação – áreas com condições de atrair investimentos imobiliários privados em residências e estabelecimentos comerciais e de serviço;

Faixa 5: urbanização consolidada – áreas formadas por bairros consolidados habitados por população de renda média e alta e com boas condições de urbanização.

*Zoneamento*: regra imposta pela Prefeitura que limita o uso do solo, ou seja, a destinação dos vários "pedaços" da cidade para determinados usos (comércio, serviços, moradia, indústria). Através de consulta a mapas da PRODAM (SÃO PAULO, 2004), verificou-se a predominância dessas normas de ocupação do solo, utilizando a maior porcentagem de quadras com um determinado tipo de zoneamento. Foram criadas cinco faixas para atratividade à implantação da rede, agrupadas da seguinte forma:

Faixa 1: zona exclusivamente residencial de baixa densidade / zona de proteção ambiental;

Faixa 2: zona exclusivamente residencial de média densidade / zona mista de baixa densidade;

Faixa 3: zona exclusivamente residencial de alta densidade / zona mista de média densidade / usos especiais (aeroportos, cidade universitária);

Faixa 4: zona mista de alta densidade;

Faixa 5: zona com grande ocupação industrial.

Nesse item, a definição de "zona mista" corresponde à combinação dos usos residencial, comercial e serviços.

*Taxa de urbanização*: porcentagem da área total do distrito, ocupada por uso urbano (residências mescladas a comércio e indústrias), em relação à população total (SÃO PAULO, 2004), representada em intervalos de 20%.

*Lançamentos imobiliários residenciais e no setor de serviços*: relacionado à exigência do Código de Obras de prever instalações prediais para gás nas novas construções, o que incrementa o consumo de gás natural. Para atribuição do peso de atratividade da rede, elaborou-se o agrupamento em cinco faixas, tendo em vista o maior e o menor número de lançamentos por distrito, considerando o levantamento elaborado pela Empresa Brasileira de Estudos de Patrimônio (2004).

### Potencial de consumo de gás natural

Neste sistema são armazenados dados provenientes de informações do IBGE sobre a ocupação dos

bairros combinados a informações da distribuidora de gás que serve a região em estudo. Os parâmetros são todos numéricos, possibilitando a criação das cinco faixas através da simples divisão dos valores obtidos, listadas a seguir.

*Estratificação por setores de consumo*: consiste no desmembramento do bairro em domicílios e nas diversas atividades econômicas segundo o Cadastro Nacional (IBGE, 2003), agrupados em setores de consumo baseado na contagem do número de estabelecimentos na unidade de estudo mais propícios à utilização do gás natural, como hotéis, hospitais, centros empresariais, supermercados e indústrias cerâmica, química e metalúrgica, entre outras.

*Densidade demográfica*: corresponde ao quociente entre o número de pessoas residentes e a área do distrito (SEADE, 2004), tendo em vista que maior concentração populacional gera demanda por energia.

*Renda familiar*: corresponde ao número médio de salários mínimos nos domicílios do distrito (SÃO PAULO, 2004), considerando a influência da relação "renda versus consumo de energia".

### Obra civil – implantação dos dutos

A função do sistema de informações que contém os indicadores da obra civil é a de representar valores associados ao custo da obra civil, como extensão dos dutos e seu diâmetro, assim como apontar diretrizes de interdição de vias de grande importância no distrito. Assim como no sistema anterior, as cinco faixas são elaboradas por simples divisão dos valores obtidos, expressos por quatro fatores:

*Extensão da rede de distribuição*: distância entre o distrito a servir e a área de cobertura atual da concessionária.

*Extensão da ramificação*: somatório das vias internas do bairro a servir.

Vale ressaltar que nesses dois parâmetros as faixas são consideradas em ordem inversa, ou seja, quanto menor a distância, maior o peso. Assim, distritos localizados na área já parcialmente servida por gás canalizado recebem Índice 5, expressando a melhor condição de atratividade.

*Densidade Construída:* é obtida pelo quociente entre a área construída por tipo de uso do solo (residencial, comercial, serviços e industrial) e a área do distrito, fornecido através do Cadastro de Imóveis da Prefeitura (SÃO PAULO, 2004). Em distritos com grande densidade construída industrial, supõe-se menor investimento com ramificações (capilaridade da rede de distribuição).

*Vias de tráfego com grande importância:* mesmo com a evolução do processo construtivo, e estando a interdição de uma mesma quadra limitada a dois dias, esse parâmetro indica a importância do distrito como ligação entre bairros e outros municípios e a especial atenção que deve ser dada ao plano de interdição. O número de vias é obtido por simples consulta a qualquer mapeamento de ruas, contabilizando avenidas e ruas de maior extensão do distrito.

## Resultados – estudo de caso na cidade de São Paulo

Através da atribuição de pesos relacionados à atratividade do gás natural, foram analisados três distritos da zona norte da Cidade de São Paulo.

Como objetivo, propôs-se mostrar que distritos periféricos com consumo de energia predominantemente industrial que ainda não possuem rede, ou são parcialmente servidos pela distribuição de gás natural, apresentam perfil de atratividade superior a outros bairros já cobertos pelo serviço, apontando novos núcleos de consumo, passíveis de expansão da infraestrutura. Através do mercado gerado pelo consumo industrial, outros usos cotidianos, como residencial, comercial e serviços, podem ser criados mesmo que em bairros de menor poder aquisitivo.

A análise conjugada dos sistemas propicia a combinação de parâmetros formando pares de interesse específico. Por exemplo, quando o enfoque é social, a relação densidade demográfica e distribuição de renda ganha interesse com o objetivo de melhorar a qualidade de vida em áreas com maior concentração populacional e menor renda familiar. No âmbito técnico, a densidade construída representada pela verticalização residencial ou concentração industrial, bem como a distância do distrito a ser

servido daquele que já possui a rede, são aspectos determinantes.

Já no critério econômico, a distribuição de renda (desta vez sob o ponto de vista da relação de proporcionalidade entre consumo e renda), a ocupação do solo (médio ou alto padrão residencial, escritórios, etc.), o custo de ramificação da rede (expresso pela densidade construída por tipologia de uso) e a vocação imobiliária do bairro (tendência à ocupação de espaços vazios por pólos industriais ou a transformação de domicílios horizontais em verticais) serão preponderantes.

A verificação de cada bairro é relacionada com o levantamento análogo de seu entorno, tendo como base sua distância euclidiana da área já servida. Essa observação é de suma importância para os distritos da periferia, que podem mostrar, no estudo numérico, inadequação à expansão da rede, mas que na análise conjunta dos distritos ao redor, com melhores índices de atratividade, podem vir a oferecer, a médio prazo, novos eixos de consumo.

Na amostra apresentada através da Figura 2, que utiliza a escala de valores com base na criação de cinco faixas de atratividade, é apresentado um exemplo da relação entre esses parâmetros. O índice de atratividade é expresso como a somatória de todos os pesos nas diversas categorias estudadas.

Nessa análise preliminar, optou-se pela utilização de todos os parâmetros com distribuição de peso em intervalos de 1 a 5. No decorrer do estudo, a formulação de hipóteses e a verificação detalhada dos "pares de características que se combinam", através da aplicação do método de múltiplos critérios (AHP: *Analytic Hierarchy Process*) para apoiar a modelagem, irão definir o grau de influência que deverá ser atribuído a cada parâmetro de acordo com suas características (como, por exemplo, o consumo industrial que pode ou não ter maior influência na atratividade quando comparado ao residencial e talvez deva ter um diferencial nos pesos iniciais de 1 a 5, enfatizando essa maior importância). É também intenção da pesquisa evidenciar a controvérsia entre o menor investimento no suprimento industrial com grandes consumos versus o maior investimento na ramificação para servir outros usos em menor escala, mas que podem resultar em maior retorno às concessionárias.

Figura 2

Resumo da influência de parâmetros urbanos para a atratividade ao uso do gás natural canalizado

Sistema	Parâmetro	São Domingos	Vila Maria	Limão
1	Índice de exclusão social	2	2	2
	Índice de desenvolvimento humano	3	2	3
	% de atendimento por redes prioritárias	5	5	5
2	Uso do solo	3	4	4
	Desenvolvimento urbano	4	4	4
	Zoneamento	3	5	4
	Taxa de urbanização	5	5	5
	Lançamentos imobiliários	1	2	1
3	Projeção de consumo residencial	4	5	3
	Projeção de consumo com. e serviços	3	5	3
	Projeção de consumo industrial	5	4	5
	Densidade demográfica	2	2	3
	Renda familiar	3	2	3
4	Extensão da rede de distribuição	4	4	4
	Extensão da ramificação	5	4	5
	Densidade construída residencial	1	1	1
	Densidade construída com. e serviços	2	2	2
	Densidade construída industrial	1	3	3
	Vias de tráfego intenso	4	4	4
	<b>Índice de atratividade parcial por distrito</b>	<b>60,0</b>	<b>65,0</b>	<b>64,0</b>
<b>Índice de atratividade médio do município</b>	<b>47,5</b>	<b>47,5</b>	<b>47,5</b>	

Fonte: EMBRAESP, 2004 / EEMPLASA, 2003 / PRODAM, 2004 / SEADE, 2004 / SEMPLA/ 2002

uso", explicando como funcionará o programa e a simplificação da atribuição de pesos para cada parâmetro em cidades de menor porte que não dispõem de plano diretor, mapeamento e tabulações usados na coleta dos dados.

Dessa forma, pretende-se identificar as possibilidades de, em um futuro próximo, utilizar o gás natural canalizado em bairros próximos ao centro e em outros periféricos com a mesma intensidade e facilidade com que atualmente utilizamos, por exemplo, a energia elétrica, gerando empregos, desenvolvimento da nossa indústria e maior qualidade de vida para a população, independentemente de sua condição social.

## CONCLUSÕES

Dentre os parâmetros estudados na metodologia, o potencial de consumo de gás natural industrial foi o principal alicerce da demonstração.

São também determinantes da atratividade o potencial de consumo de GN, os usos residencial, comercial e serviços e a combinação uso do solo residencial e uso industrial com probabilidade de incremento, bem como a proximidade dos bairros já servidos que conseguiram suplantar os baixos índices de renda familiar, desenvolvimento humano e urbano e, também, de inclusão social.

Outro ponto marcante do trabalho é a verificação de que vários distritos centrais estão subutilizando a infra-estrutura de GN. Bairros do centro histórico da cidade de São Paulo que se caracterizam por baixa renda, uso misto com grande predominância de indústrias e problemas com a evasão populacional, que já ocorre há alguns anos, evidenciam o não aproveitamento da rede existente, como também outros distritos, de melhor renda e ocupação sofisticada, que apresentam potencial para adensamento dessa infra-estrutura, apontando a importância da abordagem desse aspecto na aplicação da metodologia em desenvolvimento.

Junto ao sistema computacional para cálculo automático do índice de atratividade para qualquer cidade brasileira será elaborado um "manual de

## REFERÊNCIAS

- EMPRESA BRASILEIRA DE ESTUDOS DE PATRIMÔNIO. *Relatório anual sobre número de lançamentos imobiliários por região*. São Paulo: Embraesp, 2004.
- EMPRESA METROPOLITANA DE PLANEJAMENTO. *Sumário de Dados da Grande São Paulo*. São Paulo: Emplasa, 2003.
- FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. *Pesquisa Municipal Unificada*. São Paulo: Seade, 2004.
- IBGE. *Cadastro Nacional das Atividades Econômicas*. Rio de Janeiro: IBGE, 2003.
- MASSARA, V. M.; FAGÁ, M. T. W. *Distritos industriais como alicerces da expansão da rede de gás natural em usos residenciais e comerciais*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM PETRÓLEO E GÁS, 3., 2005, p.1-6.
- MASSARA, V. M.; FAGA, M. T. W.; SANTOS, E. M. *Ampliação de mercado para o gás natural utilizando informações urbanas – Estudo de caso nos distritos paulistanos*. *Rio Oil & Gas Expo and Conference*, p. 1-7, out. 2004.
- SANTOS, E. M.; et al. *Gás natural: estratégias para uma nova energia no Brasil*. São Paulo: Anablume, 2002.
- SÃO PAULO (SP). DEPARTAMENTO DE PROCESSAMENTO DE DADOS. *Sumário de Dados 2004*. São Paulo: Prodam, 2004.
- SÃO PAULO (SP). SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO URBANO. *Plano Diretor estratégico do Município de São Paulo 2002-2012*. São Paulo: Sempla, 2002.