



IBP1179_06 METODOLOGIA SISTÊMICA PARA ANÁLISE DA EXPANSÃO E DO ADENSAMENTO DA REDE CANALIZADA DE GÁS NATURAL

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

Copyright 2006, Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás - IBP

Este Trabalho Técnico foi preparado para apresentação na *Rio Oil & Gas Expo and Conference 2006*, realizada no período de 11 a 14 de setembro de 2006, no Rio de Janeiro. Este Trabalho Técnico foi selecionado para apresentação pelo Comitê Técnico do evento, seguindo as informações contidas na sinopse submetida pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho Técnico, como apresentado, não foi revisado pelo IBP. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, seus Associados e Representantes. É de conhecimento e aprovação do(s) autor(es) que este Trabalho Técnico seja publicado nos Anais da *Rio Oil & Gas Expo and Conference 2006*.

Resumo

O artigo apresenta a modelagem de quatro sistemas de informações que combinados permitem a definição da expansão ou adensamento da rede de distribuição de gás natural em um município. Os quatro grupos de dados são constituídos por indicadores de qualidade de vida, planejamento urbano, obra civil e projeções de consumo, de forma a elaborar uma classificação de atratividade à implantação ou adensamento da rede nos distritos que compõem a cidade em estudo. Neste trabalho são definidos os parâmetros utilizados, a funcionalidade da arquitetura da modelagem sistêmica como ferramenta de cálculo automático dos índices para qualquer cidade. Como exemplo será demonstrado o resultado da aplicação dessa metodologia e as premissas básicas de utilização do programa para um município da Grande São Paulo, que com sua característica urbana apresenta um grande mercado para o gás natural canalizado nos diferentes setores de consumo.

Abstract

This paper presents a systemic model for analysis of the expansion and grow up of the natural gas distribution pipeline in a city through the grouping of four systems information. The systems are composed of life quality, urban plan, gas network implementation profile and predicted consumption data, resulting a districts attractiveness ranking regarding the expansion or growing density of the natural gas distribution. On this work the parameters are defined as well as the architectural systemic model for the index automatic determination for any city. Though the analysis of a city in São Paulo Metropolitan area the program initial premises and the importance of urban parameters in the natural gas market consumption sectors are identified.

1. Introdução

A metodologia baseada em indicadores urbanos (MASSARA et al, 2005) tem como objetivo desenvolver procedimentos que permitam analisar e orientar a expansão e o adensamento da rede física de gás natural canalizado dentro de um município através do estudo da dinâmica entre diversos setores e também analisar a dinâmica urbana que determina a expansão do sistema de rede de gás natural metropolitano.

A modelagem sistêmica dos fatores envolvidos foi elaborada através das seguintes etapas:

- Identificação, caracterização e sistematização dos principais fatores intervenientes
- Definição das células de estudo conforme a disponibilidade de informações sobre os parâmetros
- Hierarquização de parâmetros quantitativos e qualitativos através da atribuição de uma escala de priorização que unifica a dimensão associada a todos os indicadores avaliados na unidade de análise para que possam ser tratados
- matematicamente
- Avaliação do sistema com a finalidade de orientar a escolha, recorrendo a diretrizes teóricas e também à aplicação de

¹ Doutoranda do Programa Interunidades de Pós Graduação em Energia – PIPGE/USP, bolsista do PRH-04/ANP. E-mail: vmassara@iee.usp.br

² Professor Visitante do PRH-04/ANP e Colaborador do PIPGE/USP

³ Professor do PIPGE/USP, Coordenador do PRH-04/ANP

de métodos de múltiplos critérios para apoiar a modelagem

- Validação de critérios de apoio a tomada de decisão para o planejamento da expansão da rede canalizada de GN através de estudos de caso em municípios do Estado de São Paulo através da comparação entre o resultado obtido através do modelo e o mapeamento da rede já implantada.

Conforme o esquema da figura 1, o modelo transformado em programa computacional permite três possibilidades: o cálculo do índice de atratividade, do índice de adensamento e a utilização simples como banco de dados.

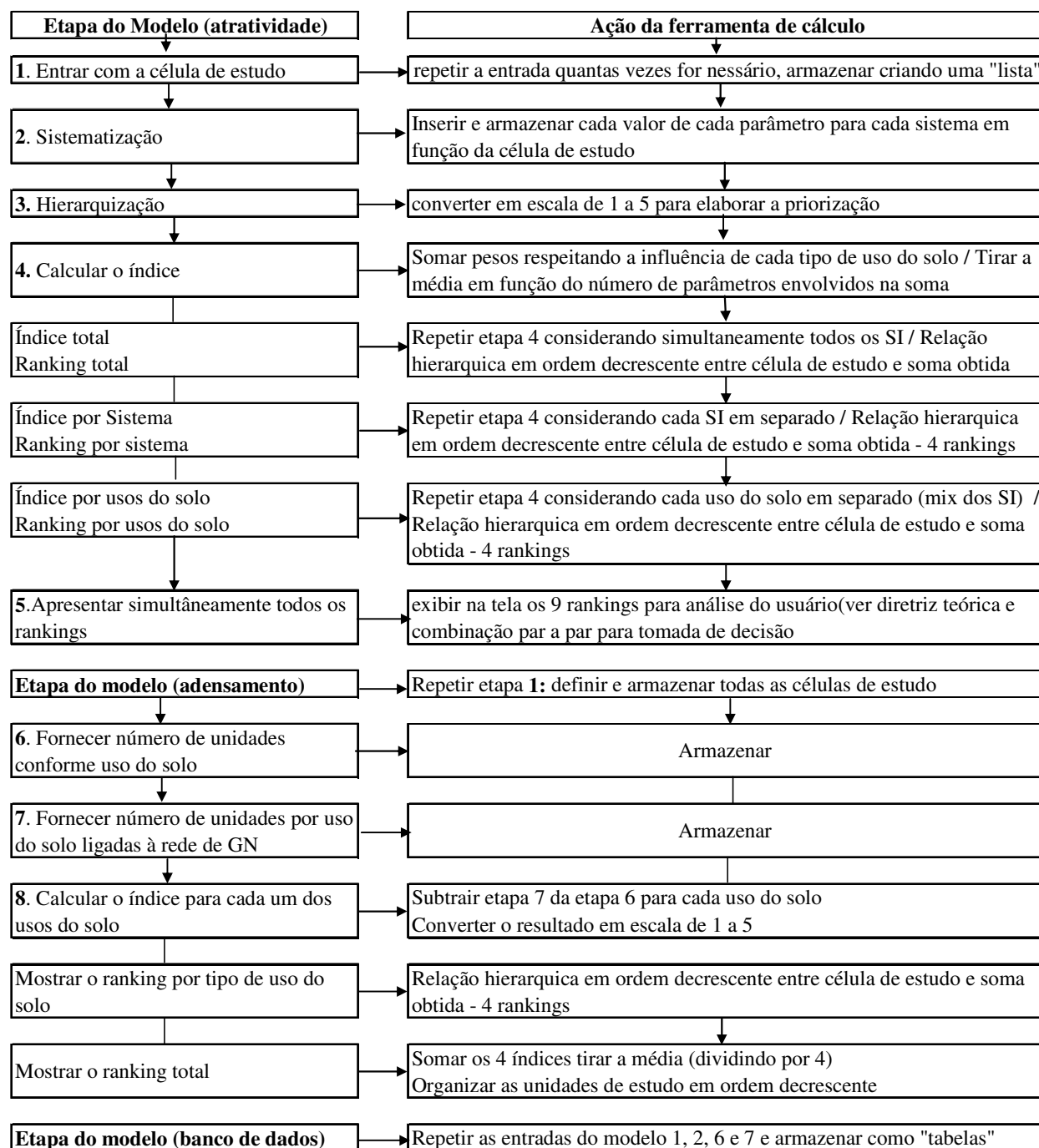


Figura 1. A relação modelo versus ferramenta computacional.

Nesta análise preliminar optou-se pela utilização de todos os parâmetros com distribuição de peso em intervalos de 1 a 5. A atribuição dessa escala está relacionada a utilização da escala semântica associada a escala cardinal (Allen, 1987). 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 (AHP - Analytic Hierarchy

Process), que também utilizam a escala de priorização como ferramenta de tomada de decisão (Saaty, 1980). Da mesma forma o algoritmo usado neste artigo para a determinação do índice de atratividade (baseado na somatória dos pesos para cada uso do solo em função da célula em estudo e na sua organização em escala ordinal) deve ser revisado e comparado a resultados obtidos segundo métodos de múltiplos critérios. Neste exemplo a escala de hierarquização utilizada é baseada na escala semântica descrita a seguir.

- Faixa 1 – Baixa atratividade (adensamento) à implantação da rede
- Faixa 2 – Baixa a Média atratividade (adensamento) à implantação da rede
- Faixa 3 – Média atratividade (adensamento) à implantação da rede
- Faixa 4 – Média a alta atratividade (adensamento) à implantação da rede
- Faixa 5 – Alta atratividade (adensamento) à implantação da rede

2. Metodologia Sistêmica

O modelo como ferramenta de cálculo deve permitir a inserção de informações em diferentes esferas geográficas. Partindo da unidade de estudo, os dados vão sendo armazenados conforme o detalhamento desejado pelo usuário, caminhando para células maiores até chegar a área do município, sempre associada às zonas da cidade (pontos cardeais), para auxiliar na orientação quanto ao direcionamento da rede.

Os 4 sistemas de informações que compõem o modelo abordam aspectos sociais, técnicos e econômicos da implantação da rede canalizada de gás natural, tendo como pano de fundo, a dinâmica urbana das cidades, relacionada à sua característica enquanto área geográfica consumidora de energia.

2.1. Determinação do Índice de Atratividade à Expansão da Rede Canalizada de GN

O Sistema 1 (SI1) agrupa indicadores sobre qualidade de vida (EMPLASA, 2004) que tratam da presença de outras infra-estruturas como rede de água (AA), esgotos (CE) e iluminação pública (IP) e também de equipamentos urbanos de transporte, saúde, representados pelos índices de exclusão social (IEX) e desenvolvimento humano (IDH) entre outros, que são compreendidos neste trabalho como antecessores à rede de GN.

No Sistema 2 (SI2) são estudados indicadores de planejamento urbano (São Caetano do Sul, 2005) que tem estreita ligação com o Plano Diretor das cidades. Nestes parâmetros a célula de estudo é caracterizada por seu perfil de ocupação residencial, comercial, de prestação de serviços e industrial, o uso do solo (US) e sua perspectiva de expansão, o zoneamento (Z), bem como pelos lançamentos imobiliários (LI) da região em estudo, que pela determinação dos Códigos de Obras, devem ser equipados com instalações prediais para o gás natural, incrementando o uso desse energético e também pelas definições de áreas com maior desenvolvimento urbano (DU) e taxa de urbanização (TU).

Para o Sistema 3 (SI3) é organizada a projeção de consumo de gás natural (IBGE, 2003; SEADE, 2005), por meio de fatores como a densidade demográfica (DD) e a renda familiar (RF), associada a estratificação domiciliar (Er) e de atividades econômicas (Ec, Es, Ei), em níveis de detalhamento conforme a disponibilidade de informações desejada pelo usuário do modelo exemplificada na figura 2.

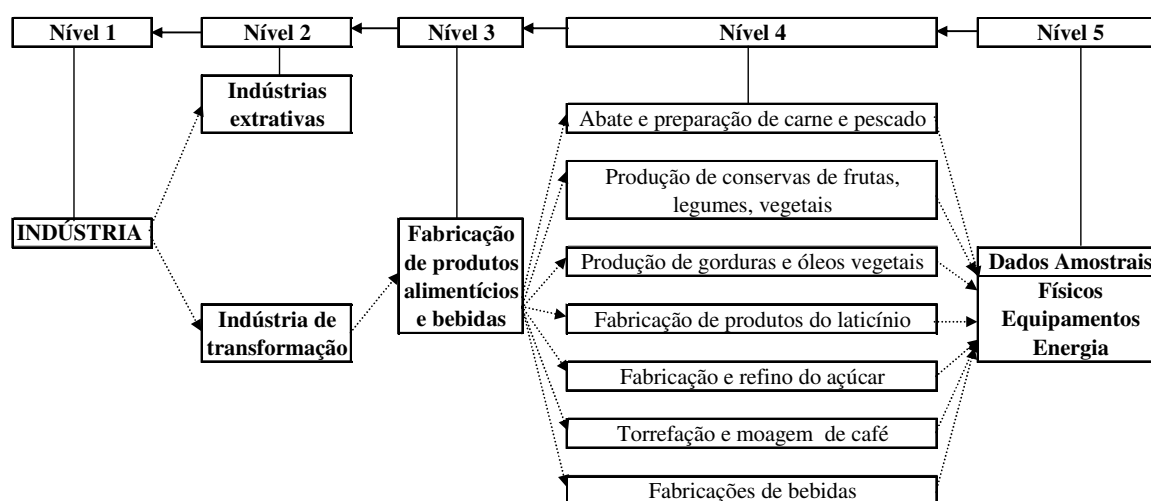


Figura 2. Exemplo da estratificação em níveis de detalhamento visando a projeção de consumo de GN.

Este método combina informações sobre consumo de energia e planejamento urbano. Nos últimos níveis (4 e 5) o modelo exige a caracterização amostral de indústrias, comércio, serviços e residências, para um levantamento

minucioso de dados físicos do imóvel, do consumo de outras fontes de energia e do número de equipamentos que podem ser convertidos ao gás natural. Porém o modelo prevê também a projeção de consumo indireta baseada nas características de uso e ocupação do solo expressas pela hipótese de que, quanto maior o número de domicílios, estabelecimentos comerciais/prestação de serviços e instalações industriais alocadas na célula em estudo, maior é a atratividade de implantação da rede canalizada de gás natural. Neste caso sugere-se a inserção pelo usuário de um peso externo que é multiplicado ao valor já digitado em função do número de unidades, para diferenciar os ramos de atividade que são mais propícios à utilização do gás natural ou que por outros motivos são mais atraentes para a concessionária.

Propõe-se que a utilização do programa sempre tenha início no nível 5 (4 para residências) que utiliza a verificação in loco de cada unidade, segundo amostragem. Neste caso, a entrada dessas características faz um “looping” dentro do programa, ou seja, se repete tantas vezes quantas forem as unidades amostrais digitadas, sempre relacionada ao grau de estratificação anterior (o grau 3 para residências e o grau 4 para os outros usos). Caso não haja informações suficientes os graus iniciais também determinam o índice de atratividade mas com menor precisão, já que não trabalham diretamente com projeção de consumo de energia. Desta forma o usuário acessa o programa no nível da pesquisa in loco, trabalhando com informações sobre consumo de energia, equipamentos e características do setor e verifica se possui os dados questionados. Em caso negativo, passa automaticamente para o nível acima onde é exigido menor detalhamento dos dados e assim sucessivamente até chegar ao nível 1 onde basta informar para a área de estudo:

- O número de instalações industriais
- O número de estabelecimentos comerciais e de prestação de serviços
- O número de domicílios

Assim como para os outros parâmetros já descritos, todos os pesos referentes a cada fator são somados indicando o “Índice de Atratividade” à rede de GN dentro da célula de estudo, segundo os usos do solo (R-residencial, C-comercial, S-serviços e I-industrial).

O Sistema 4 (SI4) apresenta parâmetros que indiretamente representam indicadores de custo da obra civil (São Caetano do Sul, 2005; SEADE, 2005), para a implantação dos dutos subterrâneos como a distância da área a servir da última área servida (D), a soma da extensão de ruas para a célula de estudo (ER) e o plano de interdição da vias (T) que é baseado no levantamento das vias de grande tráfego na região onde deve ser implantada a rede. O parâmetro DC representa a densidade construída em metros quadrados de construção pela área de estudo, visando apontar a concentração de edificações por tipo de uso do solo (DCr, DCC, DCs e DCi) e assim a necessidade de ramificar a rede, tornando sua implantação mais onerosa (caso dos usos residencial, comercial e serviços) ou não (como por exemplo, na predominância do uso industrial).

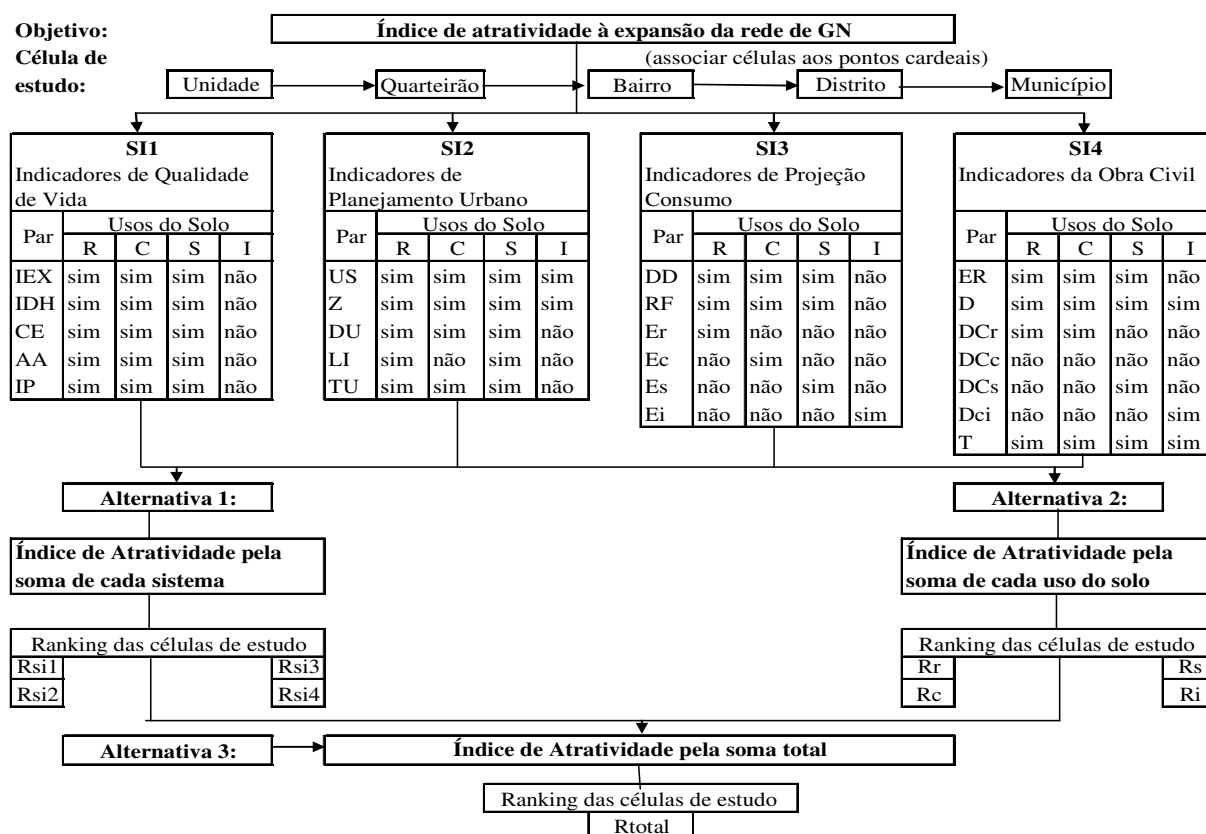


Figura 3. Diagrama de blocos simplificado (atratividade).

A figura 3 representa o esquema simplificado do modelo visando a elaboração do “ranking de atratividade à rede de GN”. Em detalhe, nota-se a divisão de cada um dos 4 sistemas e seus parâmetros em usos do solo (R, C, S e I) na intenção de demonstrar que nem todos os parâmetros entram no cálculo do índice de atratividade. Por exemplo, o número de lançamentos imobiliários só interessa para os usos residencial (R) e serviços (S), onde aparece “sim” e não deve entrar na soma do índice para os usos comercial (C) e industrial (I), representado no esquema por “não”.

O índice de atratividade pode ser apresentado em 3 alternativas. A alternativa 1, considera a soma dos índices obtidos para cada sistema de informações. Já a alternativa 2, combina os sistemas de informações, separando os índices por usos do solo. A alternativa 3 corresponde a soma simultânea dos 4 sistemas e 4 tipos de uso do solo fornecendo um único indicador e um único ranking.

2.2. Determinação do Índice de Adensamento da Rede Canalizada de GN

O índice de atratividade é utilizado para a análise de locais onde a rede de gás natural inexistente. Para o estudo de áreas onde a rede já foi instalada, propõe-se o índice de adensamento, que tem a intenção de comparar o número total de unidades domiciliares e de atividades econômicas com o número das unidades já ligadas à rede e GN.

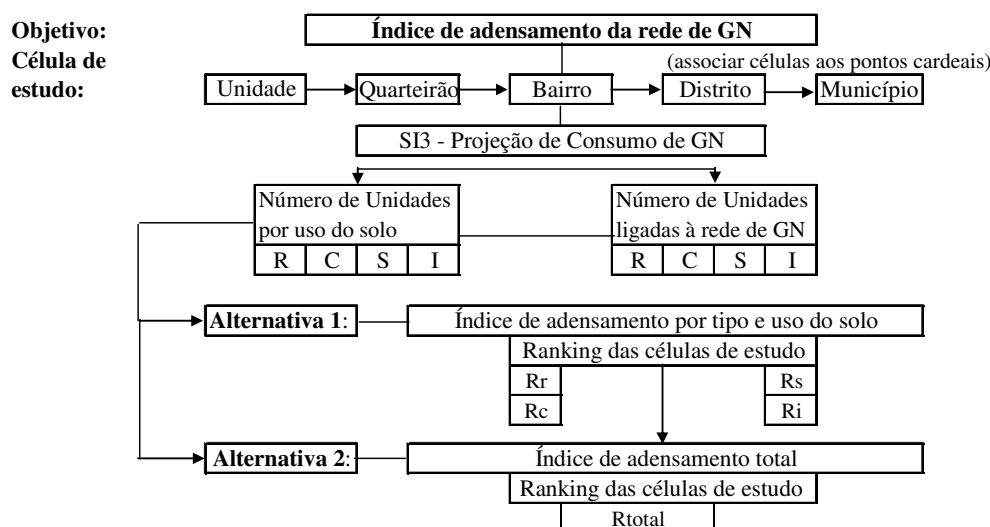


Figura 4. Diagrama de blocos simplificado (adensamento).

Aqui também o resultado da subtração é transformado em escala de 1 a 5 e organizado em ranking, propiciando 2 alternativas: 4 rankings para cada um dos usos do solo e um ranking total, conforme mostra a figura 4.

2.3. Diretriz para Tomada de Decisão entre as Alternativas

O modelo tem como objetivo funcionar como ferramenta auxiliar na tomada de decisão sobre onde implantar a rede canalizada dentro de um município. Para tal, oferece vários rankings de atratividade e adensamento, com diferentes enfoques para que o usuário, seja da concessionária ou prefeitura, escolha a prioridade segundo o interesse da empresa/instituição (por exemplo, áreas com maior consumo industrial, ou com maior tendência a ocupação residencial). Porém, tendo em vista a possibilidade de que uma célula de estudo apareça em diferentes posições em cada um dos rankings, o modelo orienta o desempate através da organização dos fatores que notadamente têm maior influência no retorno do investimento:

- 1º. Considerar o distrito com maior projeção de consumo (soma geral SI3)
- 2º. Considerar o distrito com maior índice para obra civil (soma geral SI4)
- 3º. Considerar o distrito com maior índice para planejamento urbano (soma geral SI2)
- 4º. Considerar o distrito com maior índice para qualidade de vida (soma geral SI1)
- 5º. Considerar proximidade entre zonas da cidade através dos pontos cardeais (ver predominância de zonas nos primeiros lugares)
- 6º. Considerar o maior peso atribuído ao parâmetro uso do solo - predominância industrial (dentro do SI2 selecionar células de estudo que tenham recebido peso 5 nesse fator)
- 7º. Considerar o maior peso atribuído ao parâmetro zoneamento (dentro do SI2 selecionar células de estudo que tenham recebido peso 5 nesse fator)
- 8º. Considerar o maior peso atribuído ao parâmetro lançamentos imobiliários (dentro do SI2 selecionar células de estudo que tenham recebido peso 5 nesse fator)

- 9º. Considerar o maior peso atribuído ao parâmetro densidade demográfica (dentro do SI3 selecionar células de estudo que tenham recebido peso 5 nesse fator)
- 10º. Considerar o maior peso atribuído ao parâmetro renda familiar (dentro do SI3 selecionar células de estudo que tenham recebido peso 5 nesse fator)

Para maior detalhamento da influência dos parâmetros na tomada de decisão, sugere-se a combinação de parâmetros *par a par* calculados separadamente para cada célula de estudo, com base no método de múltiplos critérios o *AHP- Analytic Hierarchy Process* (Saaty, 1980), fase em estudo.

2.4. O Modelo como Banco de Dados

Antes da hierarquização dos parâmetros os dados inseridos em cada sistema de informações podem ser utilizados como banco de dados sobre indicadores urbanos de um município com a intenção de apoiar às Prefeituras e outras concessionárias na análise da expansão de outras infra-estruturas e de equipamentos urbanos.

3. Estudo de caso

Para este estudo foi selecionada a cidade de São Caetano do Sul composta por 15 bairros, que nos últimos anos apresentam um processo de aumento da concentração demográfica, da renda familiar, da densidade construída e consequentemente do consumo de energia atraindo a implantação da rede subterrânea de gás natural na intenção de servir mercados basicamente de uso misto - residencial alto padrão com comércio e serviços - mostrando que esse tipo de ocupação pode ser preponderante na criação de novos mercados. Para simplificar a demonstração foram especificadas as seguintes características:

- Célula de estudo: bairros, identificados na figura 6 (a) por letras (de A a O)
- Cálculo: índice de atratividade
- Nível de estratificação para a projeção de consumo de GN (SI3): nível 1
- Peso externo: somente para uso industrial igual a 2, identificado na figura 5 por “(p2)”
- Alternativa: 3 (único indicador e ranking total)

3.1. Os sistemas de informações – análise dos índices e o ranking total

Na análise dos indicadores de qualidade de vida (SI1), verifica-se o empate entre vários distritos. Esse banco de dados tem relevância em municípios com grande variação de condições de infra-estrutura como por exemplo, na cidade de São Paulo. Para São Caetano que quando comparado a outras cidades apresenta peso elevado em todos os itens, é necessária uma análise bem detalhada considerando o município individualmente de forma a relacionar os bairros que o compõe, que embora possam ter bons índices de qualidade de vida, apresentam diferenças na comparação entre si.

Para o SI2 (indicadores de planejamento urbano), os valores traduzem que a melhor combinação de atratividade em um bairro é a de ocupação do solo mista, incluindo além das residências, comércio e serviços e também a ocupação industrial, mesmo que de pequeno porte. Outros parâmetros de destaque são o número de lançamentos imobiliários e o zoneamento dos bairros com atribuição de peso 4 e 5, indicando possibilidade de expansão nessas áreas do uso residencial vertical e industrial. Já a taxa de urbanização é desprezível e o desenvolvimento urbano tem pouca expressividade na alteração do cálculo do índice.

Na verificação do índice oriundo dos indicadores de projeção de consumo (SI3), destaca-se o número de estabelecimentos com atividade econômica industrial e de prestação de serviços. Vale ressaltar conforme descrito no item 2.1., que a estratificação pode assumir vários níveis de detalhamento que favorecem a precisão da análise. Neste exemplo, o nível 1 foi selecionado, por fornecer uma resposta coerente e de fácil demonstração.

Para o último sistema, o SI4 (indicadores da obra civil), a verticalização e concentração de indústrias, comércio e serviços, representada pelas densidades construídas por uso do solo são determinantes, bem como a pequena distância da área a servir do último ponto já servido por gás natural (que neste caso é a rede de alta pressão que circunda o município). Neste item os pesos são aplicados de forma contrária aos outros parâmetros, ou seja, quanto maior a distância (D) e extensão das vias (ER) menor é o peso atribuído.

Conforme evidencia a figura 5 de maneira geral há uma concordância entre os valores nos 4 sistemas quando analisamos os índices em separado e os bairros com maior soma, o que permite o uso coerente do indicador geral representado pelo conjunto de todos os sistemas e usos do solo mas vale ressaltar, que quanto maior o detalhamento elaborado para o SI3 (projeção de consumo) maior o grau de precisão obtido, principalmente para as últimas colocações do ranking. Também interfere no cálculo do índice, a atribuição do peso externo que depende do setor que o usuário quiser ressaltar na projeção de consumo.

Área (zona vda cidade/pontos cardeais)		norte	norte	centro	oeste	centro	leste	centro	centro	oeste	oeste	sul	sul	sul	sul	leste
Parâmetro	Bairro	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Índice de Desenvolvimento Humano		4	4	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	4	4	5
Índice de Exclusão Social		3	2	5	5	5	5	4	5	4	4	4	4	4	4	4
Índice de Atendimento por rede de abastecimento de água		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Índice de Atendimento por rede de coleta de esgotos		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Índice de Atendimento por rede de iluminação pública		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
ÍNDICE DE ATRATIVIDADE 1		4,4	4,2	5,0	5,0	5,0	5,0	4,8	5,0	4,6	4,6	4,8	4,8	4,6	4,6	4,8
Uso do Solo		5	5	4	3	4	4	2	3	2	2	1	2	2	2	3
Zoneamento		5	5	4	4	4	4	2	4	5	5	1	2	4	4	4
Desenvolvimento Urbano		3	3	3	4	4	5	5	4	4	4	1	5	4	4	5
Taxa de Urbanização		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Lançamentos Imobiliários		4	1	3	5	5	3	1	2	1	1	2	3	1	1	2
ÍNDICE DE ATRATIVIDADE 2		4,4	3,8	3,8	4,2	4,4	4,2	3,0	3,6	3,4	3,4	2,0	3,4	3,2	3,2	3,8
Domicílios		1	1	3	4	3	3	3	2	3	4	3	3	3	3	2
Estabelecimentos comerciais		4	1	2	2	1	4	2	1	2	2	1	2	2	3	0
Estabelecimentos de serviços		1	0	5	1	3	3	1	0	1	1	1	1	2	2	1
Instalações industriais (p2)		6	6	6	6	6	6	6	4	6	6	4	6	6	6	4
ÍNDICE DE ATRATIVIDADE 3		3,1	2,2	4,0	3,5	3,2	3,8	3,0	1,8	3,0	3,2	2,0	3,0	3,3	3,5	1,8
Distância da área já servida		5	5	5	3	4	4	2	3	3	3	3	2	1	1	2
Extensão das vias do distrito		2	1	3	3	5	4	4	4	4	2	3	2	3	3	5
Incidência de vias de grande tráfego		5	5	5	3	3	3	2	3	4	4	1	2	3	4	3
Densidade Construída -Residencial		2	2	3	4	5	5	4	3	3	2	2	3	3	3	4
Densidade Construída -Comercial/Serviços		2	2	5	4	4	4	2	4	3	3	1	3	4	3	3
Densidade Construída -Industrial		5	5	3	3	3	3	1	2	4	4	1	1	2	2	2
ÍNDICE DE ATRATIVIDADE 4		3,5	3,3	4,0	3,3	4,0	3,8	2,5	3,2	3,5	3,0	1,8	2,2	2,7	2,7	3,2
ÍNDICE DE ATRATIVIDADE total		15,4	13,6	16,8	16,0	16,6	16,8	13,3	13,5	14,5	14,2	10,7	13,4	13,7	14,0	13,6
RANKING TOTAL		4º	9º	1º	3º	2º	1º	12º	10º	5º	6º	13º	11º	8º	7º	9º
Desempepe pela diretriz qualitativa		5º	10º	1º	4º	3º	2º	14º	12º	6º	7º	15º	13º	9º	8º	11º

Figura 5. O índice de atratividade (alternativa 3).

Como diretriz de “zona da cidade” a receber a rede de GN, indica-se a coincidência de posições entre 4 bairros com direcionamento predominante (C, D, E, F) respectivamente nas zonas centro, centro-oeste e centro-leste da cidade.

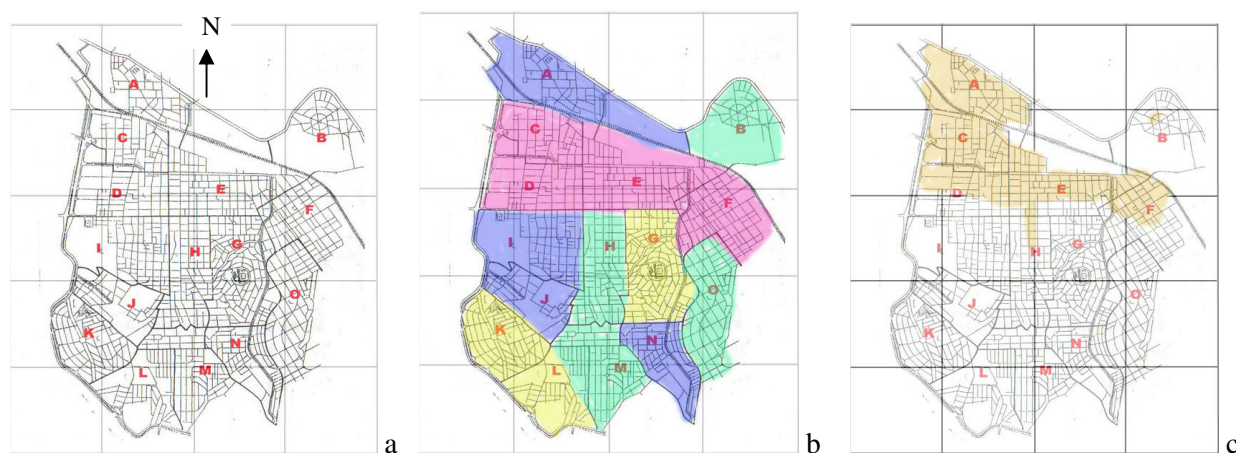


Figura 6. Os bairros do Município (a). Simplificação da classificação obtida por regiões da cidade (b). Esboço da área já atendida pela rede de GN (c).

Legenda:	 Esboço das áreas já servidas pela rede de GN
 Primeiro grupo de atratividade à rede de GN	 Segundo Grupo de atratividade à rede de GN
 Terceiro Grupo de atratividade à rede de GN	 Quarto Grupo de atratividade à rede de GN

A figura 6(a) mostra os bairros do município em estudo e seus bairros representados por letras na cor vermelha para comparação com a tabela anterior. Já a figura 6(b) apresenta a homogeneidade na classificação dos distritos vizinhos em ordem de “atratividade à implantação da rede de gás natural”, segundo a pontuação obtida nos quatro sistemas e em conjunto. A área na cor rosa e parte da área em azul que representa a região onde estão os distritos melhor posicionados no ranking, correspondem a real expansão da rede no Município (b). A figura 6(c) mostra a área efetivamente coberta pela concessionária, validando a resposta obtida pelo modelo.

4. Conclusões

O modelo baseado em indicadores urbanos tem apresentado resultados coerentes quando testado em cidades do Estado de São Paulo, demonstrando ser uma ferramenta de cálculo de bom grau de precisão, fácil compreensão e utilização como auxiliar no processo de tomada de decisão sobre a expansão e adensamento da rede canalizada de gás natural nas cidades brasileiras.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – 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.

6. Referências

- Allen, Edward. *Techniques of attitude scale construction*. New York, Appleton Century Crofts, 1987.
- Empresa Metropolitana de Planejamento. *O perfil institucional da Região Metropolitana de São Paulo*. São Paulo, EMPLASA, 2004.
- Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. *Pesquisa Municipal Unificada*. São Paulo, SEADE, 2005.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Cadastro Nacional das Atividades Econômicas*. Rio de Janeiro, IBGE, 2003.
- Massara, Vanessa Meloni; Fagá, Murilo Tadeu Werneck; Udaeta, Miguel Edgar Morales. *Introdução de Indicadores Urbanos para Otimizar a Expansão da Rede Canalizada de Gás Natural Metropolitano*. Revista Petro & Química, São Paulo, n. 277, p. 82-86, 2005.
- Saaty, Thomas. *The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation*. Londres, McGraw-Hill, 1980.
- São Caetano do Sul (cidade). *Síntese dos bairros*, Prefeitura Municipal, São Caetano do Sul, 2005.