

**FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS DE
SERGIPE - FANESE
NÚCLEO DE PÓS-GRADUAÇÃO E EXTENSÃO – NPGE
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO “LATO SENSU”
ESPECIALIZAÇÃO MBA EM GESTÃO DE PETRÓLEO E GÁS**



**ALBERTO DA SILVA OLIVEIRA
ELCIR RICARDO NOVAIS DE SOUZA**

**METODOLOGIA DE ANÁLISE DE MERCADO PARA
OTIMIZAR A EXPANSÃO DE REDE DE GÁS NATURAL**

**Aracaju – SE
2008**

ALBERTO DA SILVA OLIVEIRA
ELCIR RICARDO NOVAIS DE SOUZA

METODOLOGIA DE ANÁLISE DE MERCADO PARA OTIMIZAR A EXPANSÃO DE REDE DE GÁS NATURAL

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Núcleo de Pós-Graduação e
Extensão da FANESE, como requisito para
obtenção do título de Especialista em
Gestão de Petróleo e Gás Natural.

Orientador: Prof. Esp. Auri José Maciel Guerra

Aracaju – SE
2008

EPIGRAFE

**“Comece fazendo o que é necessário,
depois o que é possível e de repente
você estará fazendo o impossível”.**

SÃO FRANCISCO DE ASSIS

SUMÁRIO

RESUMO

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 – Levantamento dos clientes potenciais	16
Tabela 2 – Seleção de clientes através de filtro na planilha eletrônica	17
Tabela 3 – Filtro do bloco 4,2	17
Tabela 4 – Descrição do bloco 4,2	18
Tabela 5 – Descrição geral dos blocos	18
Tabela 6 – Faixas de consumo e classificação dos blocos	20
Tabela 7 – Descrição geral dos blocos e classificações	20
Tabela 8 – Comparação dos resultados	30

LISTAS DE FIGURAS

Figura 01 - Bairro virtual.....	10
Figura 02 – Cenário a ser estudado.....	11
Figura 03 – Definição das linhas guias PPPs e PPC.....	12
Figura 04 – Configuração da malha quadriculada na planilha eletrônica.....	12
Figura 05 – Lançamento da malha quadriculada.....	13
Figura 06 – Levantamento dos clientes potenciais.....	15
Figura 07 – Curva ABC dos consumos dos blocos	19
Figura 08 – Classificação geral dos blocos de acordo com a atratividade	21
Figura 09 - Classificação geral dos blocos da APC de acordo com a atratividade	21
Figura 10 – Representação dos blocos de acordo com atratividade	21
Figura 11 – Representação dos blocos	22
Figura 12 – Nova representação gráfica dos blocos	24
Figura 13 – Exemplo de pontuação no trecho	25
Figura 14 – Pontuação dos trechos	26
Figura 15 – Trajeto melhor pontuado	27
Figura 16 – Trajeto usando o CGC e suas derivações	29
Figura 17 – Trajeto convencional e suas derivações 1	29
Figura 18 – Trajeto convencional e suas derivações 2	30
Figura 19 – Comparativo dos volumes captados	31

1. INTRODUÇÃO	07
---------------------	----

2. METODOLOGIA	09
----------------------	----

2.1 Etapas da metodologia	11
3. ANÁLISE	28
4. CONCLUSÕES	33
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	34
6. ANEXOS	36

ABSTRACT

This present work proposes a methodology of natural gas market analysis using the geometric center of consume concept. The objective is to optimize a natural gas net extension, guaranteeing, from this extension, the possibility to capture the best clients going through the shortest ways. To develop the methodology, a virtual region was created containing clients with different consume quantities and was simulated a case of natural gas net expansion by analyzing this consume quantities and the localization of the clients located at the studied area. Using the AutoCAD and EXCEL, the region was divided in groups and its geometrics centers of consume were calculated, showing the best way for the natural gas extension. Beyond the natural gas companies, others utilities can use this methodology to optimize the distribution infrastructure. Also, this work can be used to develop a specific software.

Key Words: Natural Gas Net Expansion, Market Analysis, Geometric Center of Consume, Utilities.

RESUMO

O presente trabalho propõe uma metodologia de análise do mercado de Gás Natural utilizando o conceito de centro geométrico de consumo. O objetivo é otimizar o lançamento de uma extensão de rede de gasodutos, garantindo que, a partir dela, seja possível iniciar as várias derivações que captariam os melhores clientes, percorrendo as menores distâncias. Para o desenvolvimento da metodologia foi criado um bairro virtual georeferenciado com clientes de diferentes perfis de consumo e simulada uma situação em que se deseja expandir uma rede de gás existente, levando-se em conta tais perfis e a localização dos clientes dentro da área estudada. Utilizando o AutoCAD e EXCEL, dividiu-se a região estudada em blocos e procedeu-se o cálculo dos centros geométricos de consumo dos mesmos, evidenciando assim, o melhor traçado para o lançamento da extensão da rede. Além das concessionárias de gás natural, outras utilities poderão fazer uso da metodologia apresentada para otimizar a infra-estrutura de distribuição. Adicionalmente, este trabalho poderá servir de base para o desenvolvimento de um software específico.

Palavras-chave: Expansão de Rede de Gás Natural, Análise de Mercado, Centro Geométrico de Consumo, Utilities.

1. INTRODUÇÃO

A escolha das regiões de uma cidade a ser abastecida com gás natural considera diversos fatores, entre eles, a densidade demográfica, número de lançamentos imobiliários previstos, números de indústrias e estabelecimentos comerciais existentes. Uma vez estabelecida a macro região onde será feita a expansão da rede, a decisão recai sobre a definição de quais trajetos receberão gasodutos, considerando o mercado potencial. Na definição desses trajetos reside um grande desafio para as concessionárias: o desenvolvimento de ferramentas de análise de mercado que proporcionem agilidade e garantam resultados confiáveis.

Neste sentido, o presente trabalho propõe como ferramenta de análise do mercado uma modelagem matemática que combina aos elementos de mercado, o conceito de centro geométrico de consumo para definir um traçado de gasoduto que garanta a otimização na captação de clientes potencialmente lucrativos para a empresa.

Para o desenvolvimento da metodologia, foi criado um bairro virtual georeferenciado com clientes de diferentes perfis de consumo e simulada uma situação em que se deseja expandir uma rede de gás existente, levando-se em conta tais perfis e a localização dos clientes dentro da área estudada.

Utilizando o AutoCAD e o Excel, dividiu-se a região estudada em blocos e procedeu-se o cálculo dos centros geométricos de consumo dos mesmos, evidenciando assim, o traçado que comportaria a melhor condição para, a partir dele, iniciar as várias derivações que atenderiam aos melhores clientes através das menores distâncias.

Vale salientar que as planilhas eletrônicas usadas, apesar de não serem o meio mais eficiente para os cálculos requeridos, poderão servir de base teórica para o desenvolvimento de um software específico.

Houve uma preocupação em desenvolver um texto didático de modo a facilitar a compreensão da teoria por parte do leitor. É de suma importância que o leitor consulte sempre o glossário no Anexo I, onde constarão todos os termos que ao longo do texto estão em *itálico*, além de outros termos que não estarão presente no desenvolvimento da metodologia mas complementarão os vários conceitos discutidos neste trabalho.

2. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento da metodologia foi criado um bairro virtual contendo 244 lotes de diversos formatos e tamanhos, onde foram distribuídos clientes de diferentes segmentos (residencial, comercial, veicular e industrial) e diferentes perfis de consumo. As ruas foram nomeadas para facilitar a localização espacial dos mesmos.

Nesse bairro virtual foram simulados vários cenários em que a disposição dos clientes potenciais nos lotes ora era feita de forma aleatória ora de forma estratégica para analisar determinadas situações.

Todos os cenários criados objetivaram analisar o mercado para definir qual o melhor trajeto para um gasoduto a ser lançado. A partir de tais cenários foram sendo percebidos os fatores que influenciam na definição do melhor trajeto.

Após exaustivas análises na disposição dos clientes potenciais, foi criado um único cenário que engloba todos os fatores influenciadores na definição do melhor trajeto. Este cenário será usado para explicar ao leitor a metodologia criada.

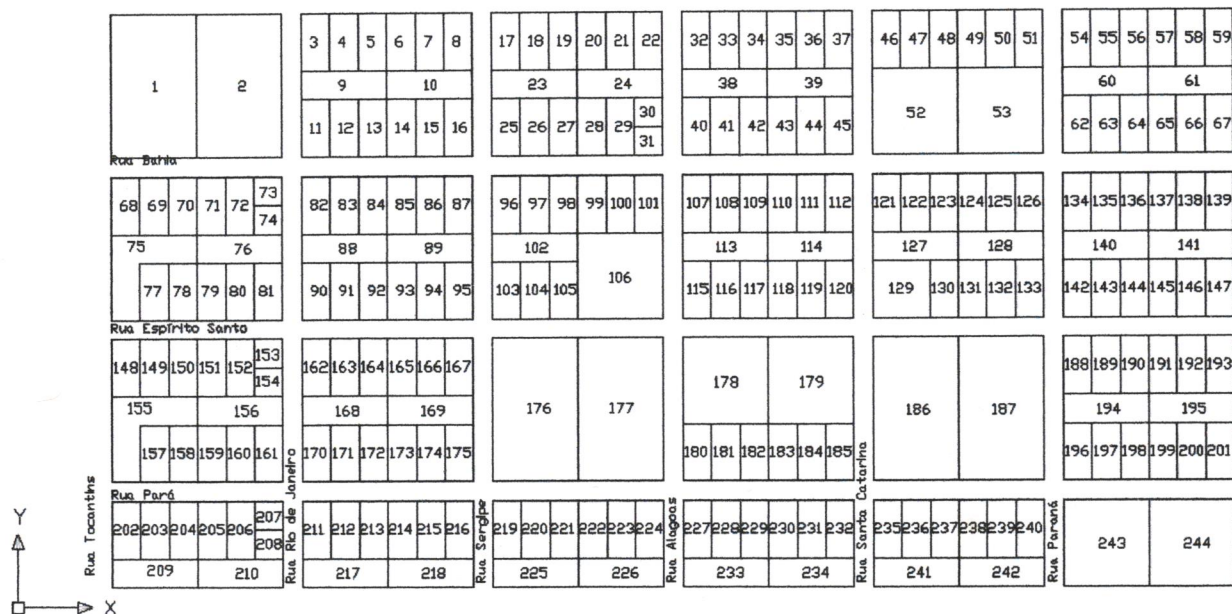


Figura 1: Bairro virtual

Seja o seguinte cenário:

- Um cliente deseja abrir um posto de GNV no lote 244 e fecha o contrato de fornecimento junto à Concessionária.
- A Concessionária sabe da necessidade de expandir a rede para atendê-lo e verificou que o gasoduto mais próximo da região está situado na rua Tocantins (chamado de *Gasoduto Supridor* e representado em verde no mapa).
- Apesar de saber que uma derivação em linha reta a partir da esquina com Rua Pará garantiria a menor distância, a Concessionária quer encontrar um traçado que, a partir dele, seja possível fazer as derivações que captarão os melhores clientes daquela região através das menores distâncias.

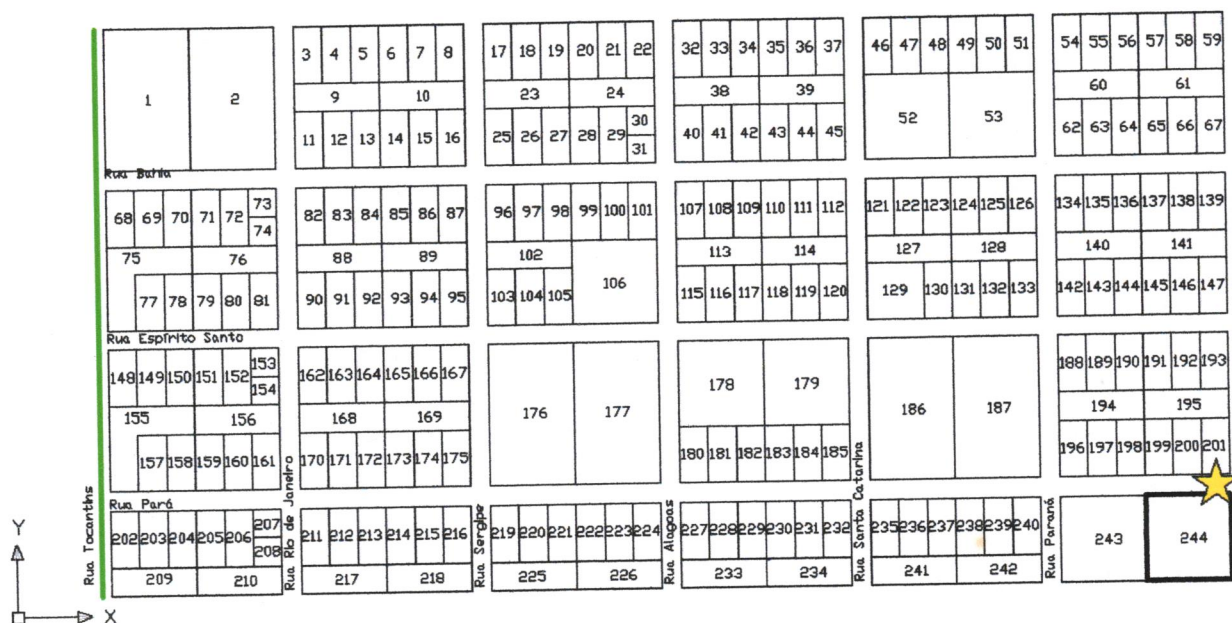


Figura 2: Cenário a ser estudado

2.1. Etapas da metodologia

Etapa 01: Definição no mapa definição do(s) *Possível(is) Ponto(s) de Partida (PPPs)* e de *Chegada (PPCs)* do gasoduto a ser lançado e definição das *linhas guias*.

PPPs :

- Esquina da Rua Tocantins com Rua Bahia;
- Esquina da Rua Tocantins com Rua Espírito Santo;
- Esquina da Rua Tocantins com Rua Pará

PPC:

- Lote 244;



Figura 3: Definição das linhas Guias, PPPs e PPC

Etapa 02: Lançamento de uma malha quadriculada que envolva a região a ser estudada.

A malha quadriculada é configurada na planilha eletrônica através da definição do ponto de origem, do tamanho dos *Blocos* e do número de linhas e colunas;

CONFIGURAÇÕES GERAIS		
Malha		
Coordenadas de origem	X	Y
	-2,5	20
Dimensão dos blocos (L)		100
Número de colunas		6
Número de linhas		3

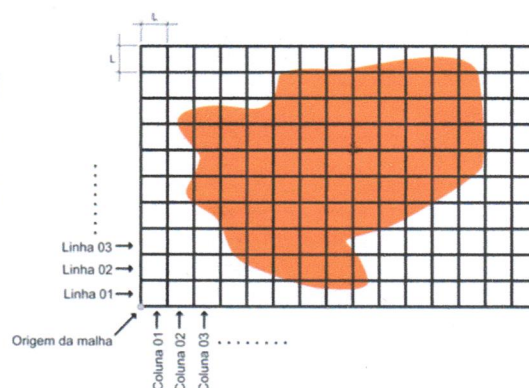


Figura 4: Configuração da malha quadriculada na planilha eletrônica

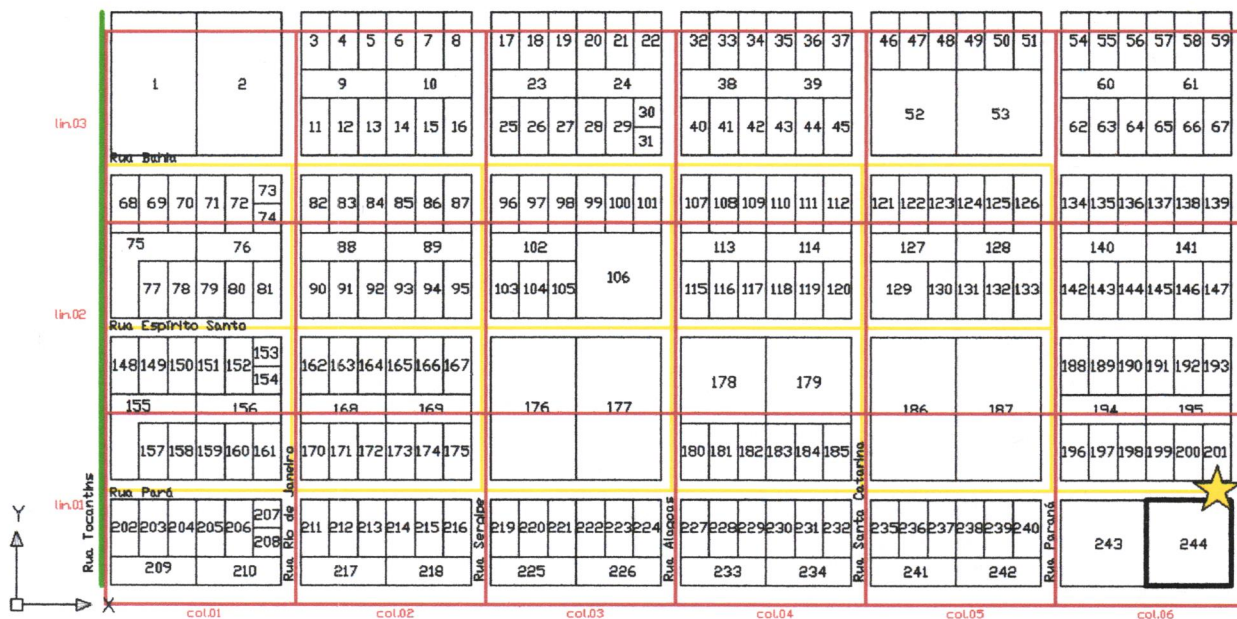


Figura 5: Lançamento da malha quadriculada

Etapas 03: Levantamento de todos os *clientes potenciais* da região em estudo, através da coleta da *estimativa de consumo (C)*, em m³/dia, e localização no mapa (x,y).

Fases do levantamento dos clientes potenciais:

- Imprimir o mapa (formado por lotes) da região a ser levantada;
- Numerar os lotes (Codificar);
- Percorrer os logradouros dos lotes a serem levantados;
- Anotar as características do cliente potencial (fotografar também, se possível);
- Estimar o consumo, em m³/dia, através do deslocamento do combustível usado pelo cliente, fazendo a equivalência energética. Por exemplo, 1 Kg de GLP $\approx$ 1,26 m³ de GN. Se um cliente consome 13Kg de GLP por dia, sua estimativa de consumo de GN será de $13 \times 1,26 = 16,38$ m³ de GN por dia
- Localizar o cliente no mapa tomando como referência o *Ponto de Entrada no Lote*.

- Análise e filtragem dos dados colhidos em campo para a inserção num sistema informatizado, criando um banco de dados.

Exemplos de Levantamento de Clientes Potenciais:

- Padaria São Domingos: Cliente Comercial, Padaria médio porte, Localizado no lote 178 de coordenadas (322,5;165,0), Estimativa de consumo de 30 m³/dia.
- Edifício Jangada: Cliente Residencial, Edifício de 8 pavimentos tipo, sendo 04 unidades habitacionais por pavimento, sendo um total de 32 unidades habitacionais, Padrão construtivo alto, Localizado no lote 186 de coordenadas (437,5;80,0), Estimativa de consumo de 20 m³/dia.
- Fábrica de Bolos Delícia: Cliente Industrial, Localizado no lote 31 de coordenadas (295,0;255,0), Estimativa de consumo de 15 m³/dia.

Sugestões:

- A etapa de levantamento em campo dos clientes potenciais, pode ser feita por estagiários e os dados anotados em formulários de múltipla escolha (marcar "x"). Isso diminuiria o custo para a Concessionária, além de conferir maior velocidade ao processo. Os dados levantados podem ser analisados (juntamente com as fotografias) por um engenheiro, que ficaria responsável por filtrar e inserir os dados num sistema informatizado.
- A estimativa de consumo de GN pelo cliente, é precedida da obtenção da quantidade diária consumida do energético que será deslocado. Para obter tal informação é preciso perguntar alguém. Essa solicitação está sujeita a alguns empecilhos: o fornecimento da informação pode ser negado ou a informação pode

ser não ser do conhecimento da pessoa abordada. Para otimizar essa fase é preciso que a concessionária comece a criar tabelas contendo médias de estimativas de consumo dos clientes dos vários segmentos, relacionando com suas características. As tabelas poderão orientar a coleta de dados (pelo estagiário) e a análise e filtragem dos dados (pelo engenheiro). Para exemplificar isso, estão expostas no Anexo II algumas tabelas que podem ser usadas para estimar o consumo de edifícios residenciais a partir de suas características.



Figura 6: Levantamento dos clientes potenciais.

Tabela 1: Levantamento dos clientes potenciais

Clientes Potenciais

Código	Coordenadas*		Consumo m ³ /d	X * C	Y * C	Coluna	Linha	Pertencente à malha	Atratividade Individual	Infra-estruturado
	X	Y								
1	22,5	250,0	20,0	450,00	5.000,00	1	3	Dentro	Sim	Não
2	95,0	292,5	40,0	3.800,00	11.700,00	1	3	Dentro	Sim	Não
3	95,0	315,0	0,5	47,50	157,50	1	3	Dentro	Não	Não
4	122,5	335,0	0,2	24,50	67,00	2	4	Fora	Não	Não
5	137,5	335,0	0,3	41,25	100,50	2	4	Fora	Não	Não
6	152,5	335,0	0,1	15,25	33,50	2	4	Fora	Não	Não
7	167,5	335,0	0,7	117,25	234,50	2	4	Fora	Não	Não
8	182,5	335,0	0,7	127,75	234,50	2	4	Fora	Não	Não
9	95,0	292,5	0,2	19,00	58,50	1	3	Dentro	Não	Não
10	195,0	292,5	0,3	58,50	87,75	2	3	Dentro	Não	Não
11	107,5	250,0	0,4	43,00	100,00	2	3	Dentro	Não	Não

232	382,5	80,0	0,4	153,00	32,00	4	1	Dentro	Não	Não
233	295,0	37,5	0,4	118,00	15,00	3	1	Dentro	Não	Não
234	395,0	37,5	0,4	158,00	15,00	4	1	Dentro	Não	Não
235	407,5	80,0	0,4	163,00	32,00	5	1	Dentro	Não	Não
236	422,5	80,0	10,0	4.225,00	800,00	5	1	Dentro	Sim	Não
237	437,5	80,0	10,0	4.375,00	800,00	5	1	Dentro	Sim	Não
238	452,5	80,0	10,0	4.525,00	800,00	5	1	Dentro	Sim	Não
239	467,5	80,0	0,4	187,00	32,00	5	1	Dentro	Não	Não
240	482,5	80,0	0,4	193,00	32,00	5	1	Dentro	Não	Não
241	395,0	37,5	0,4	158,00	15,00	4	1	Dentro	Não	Não
242	495,0	37,5	0,3	148,50	11,25	5	1	Dentro	Não	Não
243	495,0	37,5	25,0	12.375,00	937,50	5	1	Dentro	Sim	Não
244	582,5	80,0	4.000,0	2.330.000,00	320.000,00	6	1	Dentro	Sim	Não

Os dados de entrada no EXCEL estão representados pelos cabeçalhos verdes e os dados calculados (de saída) estão representados pelos cabeçalhos azuis.

Através do cruzamento dos dados dos clientes potenciais com os dados usados na configuração da malha quadriculada, a planilha informa: i) a ponderação das coordenadas tendo como peso o consumo do cliente; ii) se o cliente está ou não dentro da malha quadriculada; iii) o posicionamento do cliente na malha quadriculada; iv) o bloco ao qual cada cliente pertence (coluna e linha) e v) se o cliente possui *atratividade individual*.

Etapa 04: Seleção dos clientes que sejam simultaneamente pertencentes à malha lançada e que possuam *atratividade individual*.

Tabela 2: Seleção dos clientes através de filtro na planilha eletrônica

Clientes Potenciais

Código	Coordenadas*		Consumo m³/dia	X * C	Y * C	Coluna	Linha	Pertencente à malha	Atribuição Individual	Infra-estruturada
1	22,5	250,0	20,0	450,00	5.000,00	1	3	Dentro	Sim	Não
2	95,0	292,5	40,0	3.800,00	11.700,00	1	3	Dentro	Sim	Não
30	295,0	280,0	10,0	950,00	2.800,00	3	3	Dentro	Sim	Não
31	295,0	255,0	15,0	4.425,00	3.825,00	3	3	Dentro	Sim	Não
52	395,0	292,5	50,0	19.750,00	14.625,00	4	3	Dentro	Sim	Não
53	467,5	250,0	25,0	11.687,50	6.250,00	5	3	Dentro	Sim	Não
62	507,5	250,0	10,0	5.075,00	2.500,00	6	3	Dentro	Sim	Não
85	152,5	250,0	85,0	12.962,50	21.250,00	2	3	Dentro	Sim	Não
106	295,0	207,5	40,0	11.800,00	8.300,00	3	2	Dentro	Sim	Não
122	422,5	250,0	3,0	1.267,50	750,00	5	3	Dentro	Sim	Não
129	415,0	165,0	60,0	24.900,00	9.900,00	5	2	Dentro	Sim	Não
152	67,5	165,0	10,0	675,00	1.650,00	1	2	Dentro	Sim	Não
166	167,5	165,0	10,0	1.675,00	1.650,00	2	2	Dentro	Sim	Não
175	195,0	100,0	25,0	4.875,00	2.500,00	2	1	Dentro	Sim	Não
176	237,5	165,0	40,0	9.500,00	6.600,00	3	2	Dentro	Sim	Não
177	267,5	165,0	40,0	10.700,00	6.600,00	3	2	Dentro	Sim	Não
178	322,5	165,0	30,0	9.675,00	4.950,00	4	2	Dentro	Sim	Não
179	367,5	165,0	40,0	14.700,00	6.600,00	4	2	Dentro	Sim	Não
180	307,5	80,0	2,5	768,75	200,00	4	1	Dentro	Sim	Não
186	437,5	80,0	20,0	8.750,00	1.600,00	5	1	Dentro	Sim	Não
187	495,0	100,0	20,0	9.900,00	2.000,00	5	1	Dentro	Sim	Não
190	537,5	165,0	15,0	8.062,50	2.475,00	6	2	Dentro	Sim	Não
206	67,5	80,0	20,0	1.350,00	1.600,00	1	1	Dentro	Sim	Não
224	282,5	80,0	30,0	8.475,00	2.400,00	3	1	Dentro	Sim	Não
225	195,0	37,5	20,0	3.900,00	750,00	2	1	Dentro	Sim	Não
236	422,5	80,0	10,0	4.225,00	800,00	5	1	Dentro	Sim	Não
237	437,5	80,0	10,0	4.375,00	800,00	5	1	Dentro	Sim	Não
238	452,5	80,0	10,0	4.525,00	800,00	5	1	Dentro	Sim	Não
243	495,0	37,5	25,0	12.375,00	937,50	5	1	Dentro	Sim	Não
244	582,5	80,0	4.000,0	2.330.000,00	320.000,00	6	1	Dentro	Sim	Não

Os clientes residenciais multi-familiares estão representados em cinza claro, os residenciais uni-familiares em hachura cinza, os comerciais em cinza escuro, o industrial em preto e o veicular em branco com fonte negrita.

Etapa 05: Descrição dos blocos através da seleção dos clientes pertinentes, somatório dos consumos e definição do *Centro Geométrico de Consumo (CGC)*;

Ex: Bloco 4,2

Tabela 3: Filtro do bloco 4,2

Clientes Potenciais

Código	Coordenadas*		Consumo m³/dia	X * C	Y * C	Coluna	Linha	Pertencente à malha	Atribuição Individual	Infra-estruturada
178	322,5	165,0	30,0	9.675,00	4.950,00	4	2	Dentro	Sim	Não
179	367,5	165,0	40,0	14.700,00	6.600,00	4	2	Dentro	Sim	Não

Tabela 4: Descrição do bloco 4,2

Blocos

Descrição		Consumo Total	Somatório coordenadas		Centróide de consumo	
Coluna	Linha	m³/dia	$\sum(X * C)$	$\sum(Y * C)$	X (m)	Y (m)
4	2	70,0	24.375,00	11.550,00	348,2143	165,0000

Tabela 5: Descrição geral dos blocos

Blocos

Descrição		Consumo Total	Somatório coordenadas		Centróide de consumo	
Coluna	Linha	m³/dia	$\sum(X * C)$	$\sum(Y * C)$	X (m)	Y (m)
1	1	20,0	1.350,00	1.600,00	67,5000	80,0000
1	2	10,0	675,00	1.650,00	67,5000	165,0000
1	3	60,0	4.250,00	16.700,00	70,8333	278,3333
2	1	45,0	8.775,00	3.250,00	195,0000	72,2222
2	2	10,0	1.675,00	1.650,00	167,5000	165,0000
2	3	85,0	12.962,50	21.250,00	152,5000	250,0000
3	1	30,0	8.475,00	2.400,00	282,5000	80,0000
3	2	120,0	32.000,00	21.500,00	266,6667	179,1667
3	3	25,0	7.375,00	6.625,00	295,0000	265,0000
4	1	2,5	768,75	200,00	307,5000	80,0000
4	2	70,0	24.375,00	11.550,00	348,2143	165,0000
4	3	50,0	19.750,00	14.625,00	395,0000	292,5000
5	1	95,0	44.150,00	6.937,50	464,7368	73,0263
5	2	460,0	222.900,00	83.900,00	484,5652	182,3913
5	3	28,0	12.955,00	7.000,00	462,6786	250,0000
6	1	0,0	2.330.000,00	320.000,00	- - -	- - -
6	2	15,0	8.062,50	2.475,00	537,5000	165,0000
6	3	10,0	5.075,00	2.500,00	507,5000	250,0000

Etapla 06: Definição da *Amplitude Padrão de Consumo*;

Para facilitar a definição da *Amplitude Padrão de Consumo* é aconselhável fazer uma Curva ABC dos consumos dos blocos.

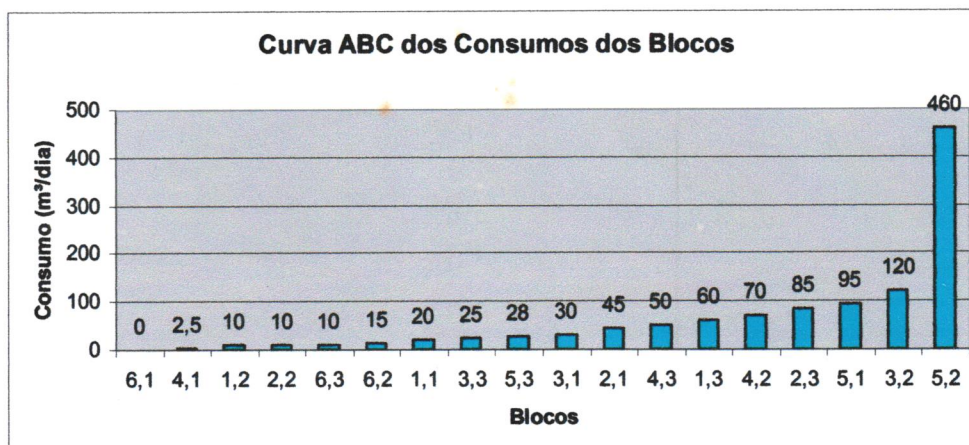


Figura 7: Curva ABC dos consumos dos blocos

O Limitante Inferior (LI) e Limitante Superior (LS) da Amplitude Padrão, adotados para o caso em estudo foram 10 e 120, respectivamente.

Para a definição desses parâmetros podem ser usadas medidas de dispersão como desvio médio, desvio padrão, etc, sendo importante aliar isso ao bom senso e à experiência do projetista.

Etapa 07: Classificação dos blocos em 07 níveis de atratividade (relativos à faixa de consumo a qual pertencem).

A *Amplitude Padrão de Consumo* é dividida em 05 faixas iguais, chamadas de “Faixas Comuns”, nomeadas “E” a “A” e classificadas como de atratividade de 01 a 05, respectivamente.

Os blocos com valores inferiores ao *Limitante Inferior da Amplitude Padrão* pertencem à faixa “F” e têm atratividade 00 (zero). Já os blocos com valores superiores ao *Limitante Superior da Amplitude Padrão* pertencem à *Faixa Especial*, são classificados como A⁺ e têm pontuação especial (explicada na Etapa 08).

Os valores de LI e LS, respectivamente, 10 e 120 m³/dia, geraram as seguintes faixas de consumo que serão usadas para classificar os blocos.

Tabela 6: Faixas de consumo e classificação dos blocos

Faixas:

A+	>120	120
A	120	98
B	98	76
C	76	54
D	54	32
E	32	10
F	10	0

Tabela 7: Descrição geral dos blocos e classificação

Blocos							
Categoria de consumo	Descrição		Consumo Total	Somatório coordenadas		Centróide de consumo	
	Colun	Linha	m ³ /dia	$\sum(X * C)$	$\sum(Y * C)$	X (m)	Y (m)
E	1	1	20,0	1.350,00	1.800,00	67,5000	80,0000
E	1	2	10,0	675,00	1.850,00	67,5000	165,0000
C	1	3	80,0	4.250,00	16.700,00	70,8333	278,3333
D	2	1	45,0	8.775,00	3.250,00	195,0000	72,2222
E	2	2	10,0	1.675,00	1.850,00	167,5000	165,0000
B	2	3	85,0	12.962,50	21.250,00	152,5000	250,0000
E	3	1	30,0	8.475,00	2.400,00	282,5000	80,0000
A	3	2	120,0	32.000,00	21.500,00	266,6667	179,1667
E	3	3	25,0	7.375,00	6.625,00	295,0000	265,0000
F	4	1	2,5	768,75	200,00	307,5000	80,0000
C	4	2	70,0	24.375,00	11.550,00	348,2143	165,0000
D	4	3	50,0	19.750,00	14.625,00	395,0000	292,5000
B	5	1	95,0	44.150,00	6.937,50	464,7368	73,0263
A	5	2	460,0	222.900,00	83.900,00	484,5652	182,3913
E	5	3	28,0	12.955,00	7.000,00	462,6786	250,0000
F	6	1	0,0	2.330.000,00	320.000,00	---	---
E	6	2	15,0	8.062,50	2.475,00	537,5000	165,0000
E	6	3	10,0	5.075,00	2.500,00	507,5000	250,0000

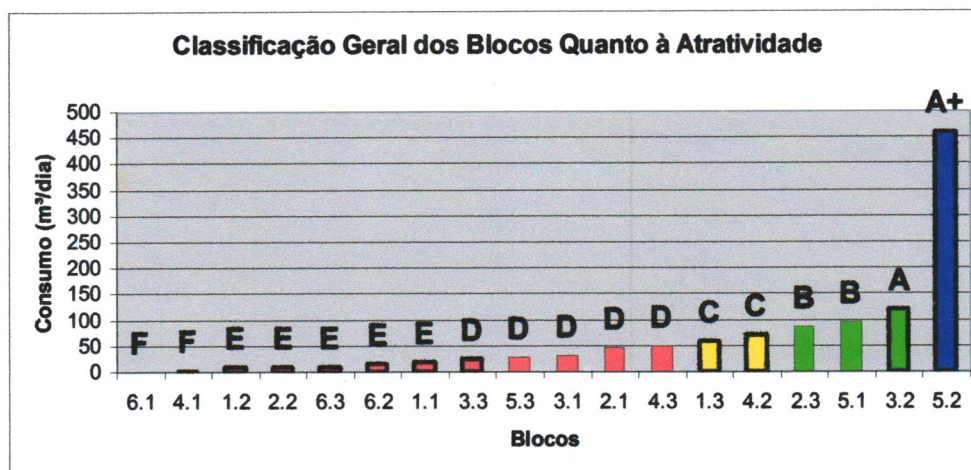


Figura 8: Classificação geral dos blocos de acordo com a atratividade

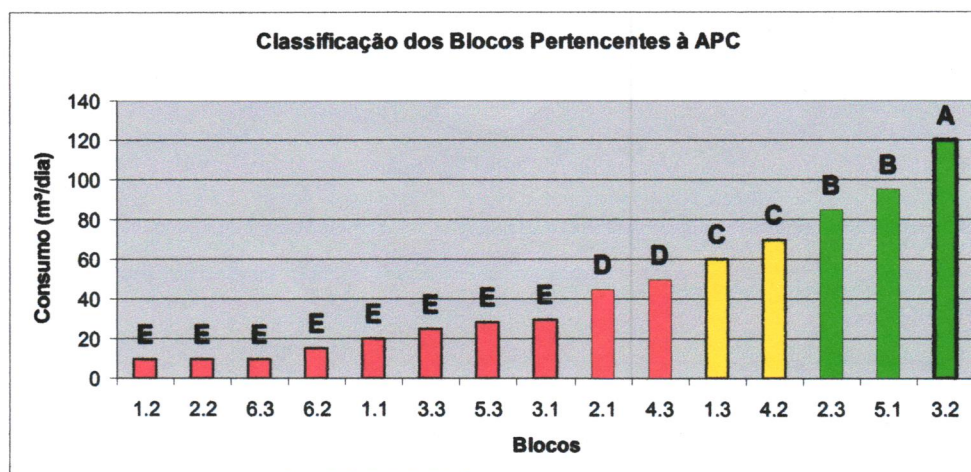


Figura 9: Classificação dos blocos da APC de acordo com a atratividade

Etapa 08: Representação dos blocos no mapa através de círculos posicionados em seus respectivos centros geométricos de consumo.

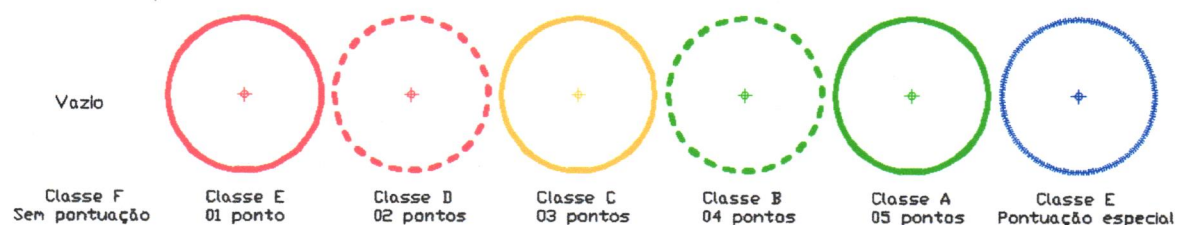


Figura 10: Representação dos blocos de acordo com a atratividade

OBS: Os círculos usados devem possuir área equivalente à área do bloco (L^2), portanto seu raio é calculado através da seguinte equação:

$$R = \frac{L}{\sqrt{\pi}} \quad (1)$$

Como o $L=100$ m, os círculos usados têm raio 56,42m e área de 10.000 m².

OBS: O cálculo da pontuação (P) dos blocos A⁺ é feita usando-se a *Estimativa de Consumo* do bloco (C), o *Limitante Superior da Amplitude Padrão* (LS) e a *largura da Faixa Comum* (f).

$$P = \left(\left(\frac{C - LS}{f} \right) + 1 \right) + 5 \quad (2)$$

O bloco 5,2, com 460 m³/dia, é um bloco A⁺ e obteve 21 pontos de atratividade.

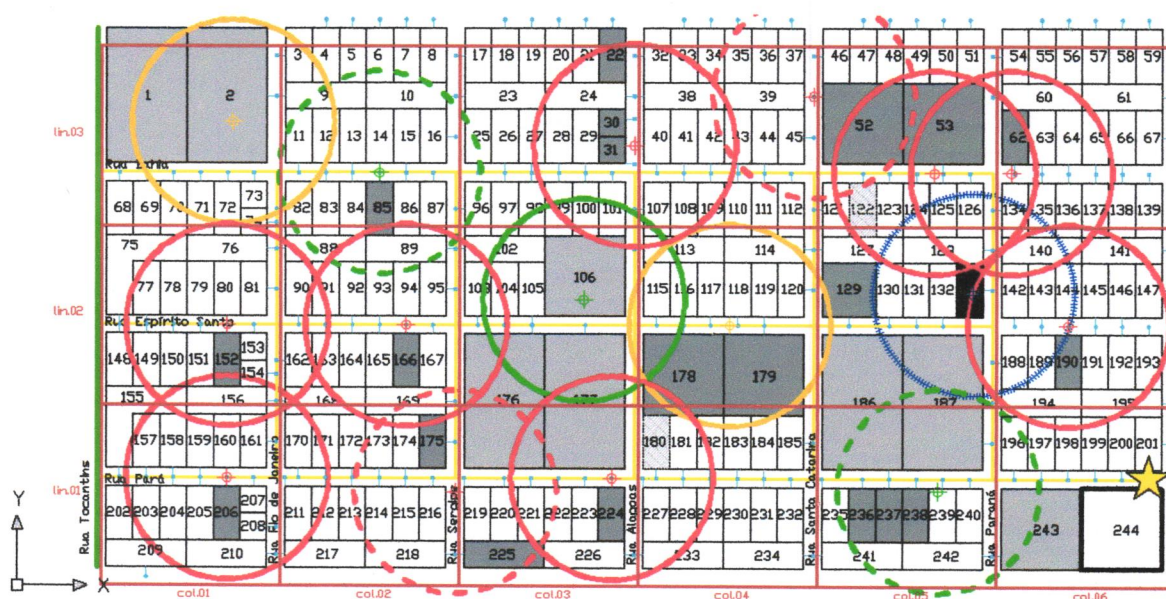


Figura 11: Representação dos blocos

O bloco 5,2 é formado por dois *Clientes Potenciais* (Tabela 2): O de código 129 com 60 m³/dia e do de código 133 com 400 m³/dia. Note que o círculo azul não engloba o ponto de

ligação do cliente 129 com a rede pois o centro geométrico de consumo é fortemente atraído pelo maior cliente. Para evitar que clientes menores (mas com consumo representativo dentro da região estudada) dentro de um *Bloco Especial* sejam ofuscados pelos maiores foi criado o seguinte procedimento analítico:

Verificar se o bloco é comum ou A⁺.

Se for comum, pontuar de 0 a 5 conforme a faixa em que se encontra.

Encerrar análise.

Se for A⁺, pontuar usando proporção e soma com 5 pontos.

Verificar se há cliente especial.

Se não houver cliente especial, manter configuração gráfica e de pontos anterior.

Encerrar análise.

Se houver cliente especial

Fazer o isolamento (representando por um círculo de metade da área comum e dobrando a pontuação).

Somar os clientes remanescentes, agrupando-os e formando um novo bloco.

Retornar ao item inicial.

- Foi encontrado um bloco A⁺ (Bloco 5,2).
- Como já foi visto, ele representa 21 pontos.
- O cliente 133, com consumo de 400 m³/dia, representa mais de 50% do consumo total do bloco (*Cliente especial*), devendo ser isolado.

- 400 m³/dia correspondem a 18 pontos.
- O cliente 133, deve ser representado por um círculo de área igual a 5.000 m² (R=39,89m) e ter sua pontuação dobrada para 36.
- Do bloco original, resta apenas o cliente 129 com consumo de 60 m³/dia.
- Tal cliente encontra-se na faixa “C” e deve ter pontuação 03.

OBS: Note que a pontuação se manteria constante se os círculos tivessem a mesma área padrão de 10.000m²: 18 + 03 = 21 pontos.



Figura 12: Nova representação gráfica dos blocos

Etapa 09: Nomear os nós e pontuar cada trecho;

A pontuação do trecho (P_t) é feita através da média ponderada das pontuações dos sub-trechos (P_{st}), tendo como peso o comprimento dos sub-trechos (d).

$$Pt = \left(\frac{\sum (P_{st} \times d)}{\sum d} \right) \quad (3)$$

Ex: No trecho 13-14, temos: 13,92 m no círculo "E" (01 ponto), 18,33 m no vazio (00 ponto), 21,22 m no círculo "C" (03 pontos) e 31,53 m na intersecção dos círculos "C" e "C" (06 pontos). A pontuação calculada foi 3,14.

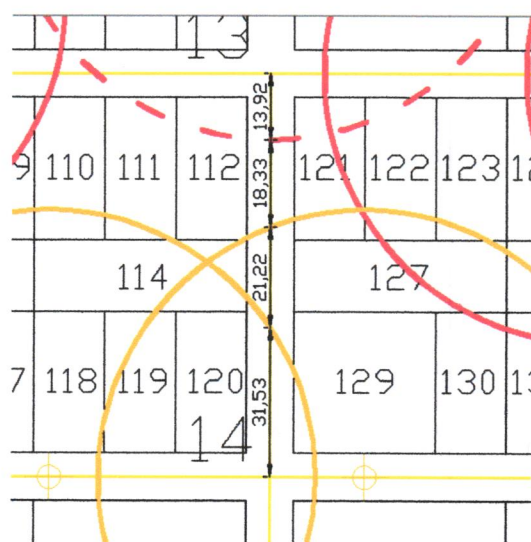


Figura 13: Exemplo de pontuação de trecho

01	2,19	04	4,69	07	1,10	10	1,29	13	2,09	16
		1,38		2,26		3,37		3,14		2,7
02	0,84	05	1,13	08	4,53	11	5,41	14	15,15	17
		1,16		1,72		3,34		2,97		10,78
03	0,84	06	1,41	09	1,81	12	0,44	15	3,45	18



Figura 14: Pontuação dos trechos

Etapa 10: Analisar os diversos trajetos possíveis através da equação 4 e adotar o melhor pontuado.

A *pontuação do trajeto (PT)* é feita através da média ponderada das *pontuações dos trechos (Pt)* tendo como peso o *comprimento dos trechos (D)*.

$$PT = \left(\frac{\sum (Pt \times D)}{\sum D} \right) \quad (4)$$

O melhor trajeto obteve pontuação de 6,426 e está indicado a seguir.

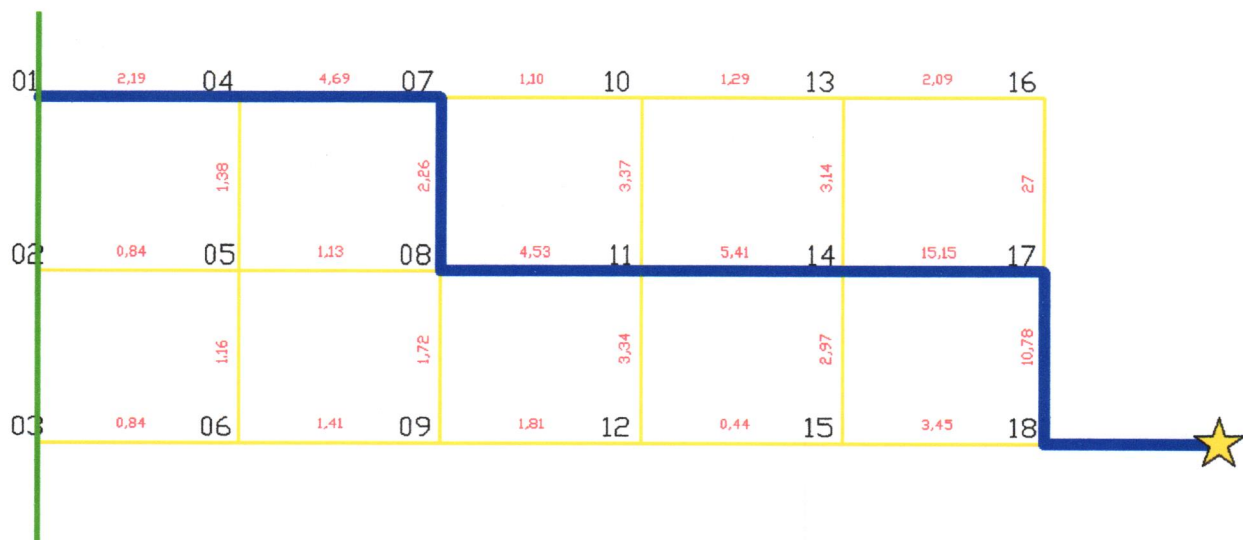


Figura 15: Trajeto melhor pontuado

OBS: A análise dos vários trajetos foi relativamente simples, pois o caso em estudo não oferece muitas possibilidades de caminhos. Para o estudo de uma gama maior de possibilidades faz-se necessário usar algoritmos como ferramenta facilitadora.

3. ANÁLISE

Nesta seção será apresentada uma comparação entre o Trajeto Principal determinado pela Teoria do Centro Geométrico de Consumo (CGC) e Trajeto Principal Convencional (Derivação em linha reta do gasoduto tronco pela Rua Pará).

A comparação será feita através da quantidade de tubulação (em metros) que seria necessária para atender aos melhores clientes (considerou-se, nesse caso, clientes com consumo acima de 20 m³/dia), representados na figura por colunas de cor verde escuro.

Supôs-se que os clientes menos interessantes, representados em verde claro, só viabilizariam suas interligações após a captação dos clientes em verde escuro situados em suas proximidades.

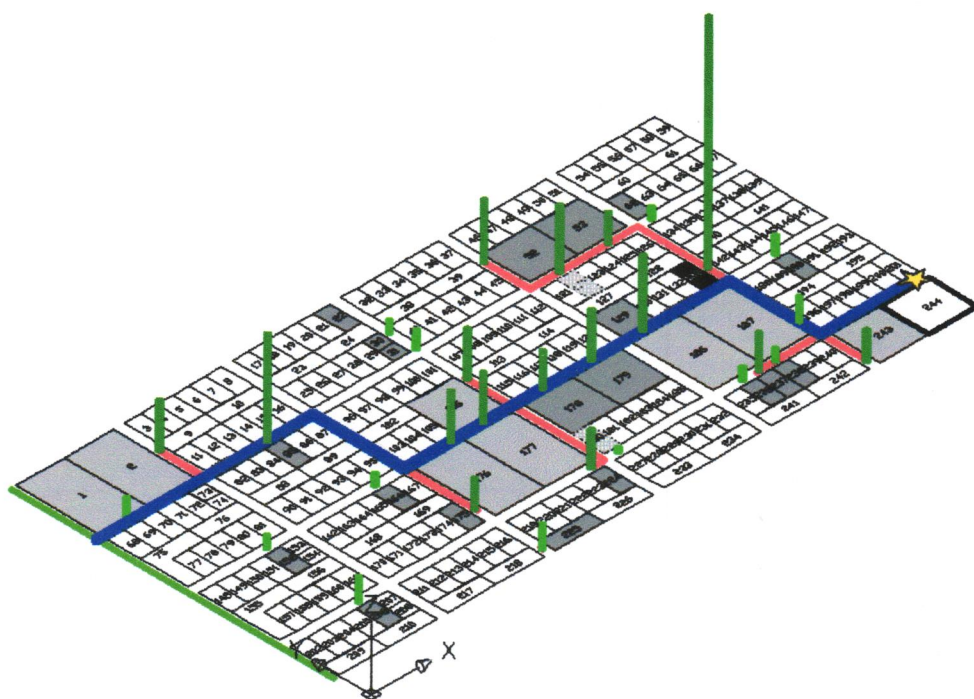


Figura 16: Trajeto usando o CGC e suas derivações

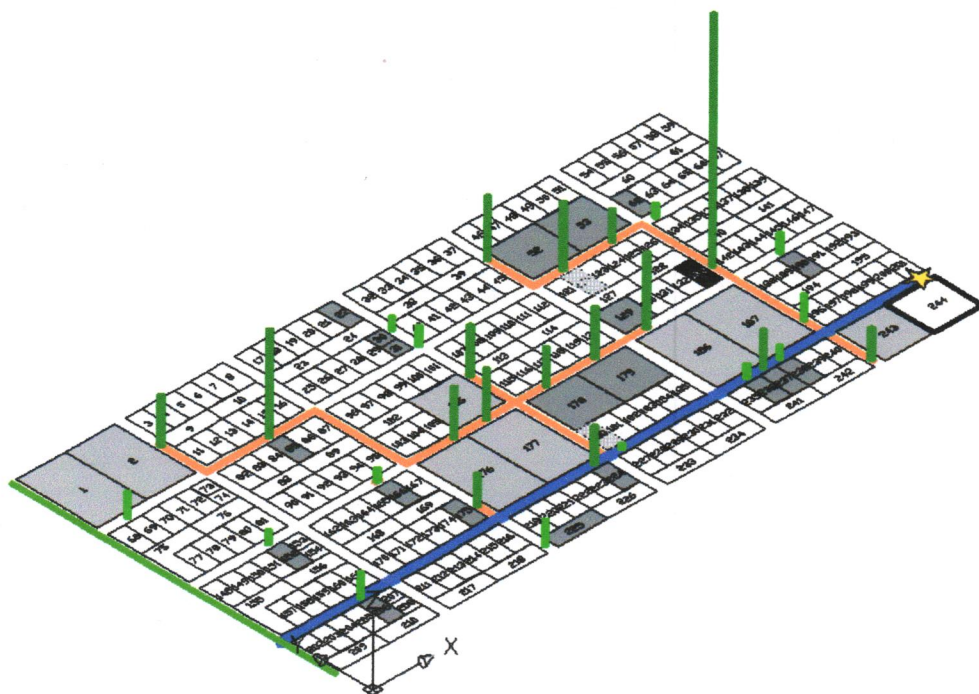


Figura 17: Trajeto Convencional e suas derivações 1

OBS: Poderiam ter sido escolhidos outros caminhos para as derivações, já que existem várias maneiras para interligar cada cliente. Além disso, na prática, essas derivações, são feitas à medida que os clientes vão sendo captados, não sendo possível prever quem será ligado primeiro.

Tabela 8: Comparação dos resultados

	Trajeto CGC	Trajeto Convencional
Trecho Principal	750,0 m	580,0 m
Derivações	582,5 m	960,0 m

- O Trajeto Principal CGC requer uma quantidade maior de tubulação (170,0 m a mais), mas essa diferença é compensada durante a fase das derivações em que ele demandará apenas 582,5 m de tubo contra 960,0 m do Trajeto Convencional (ou seja, 40% a menos).

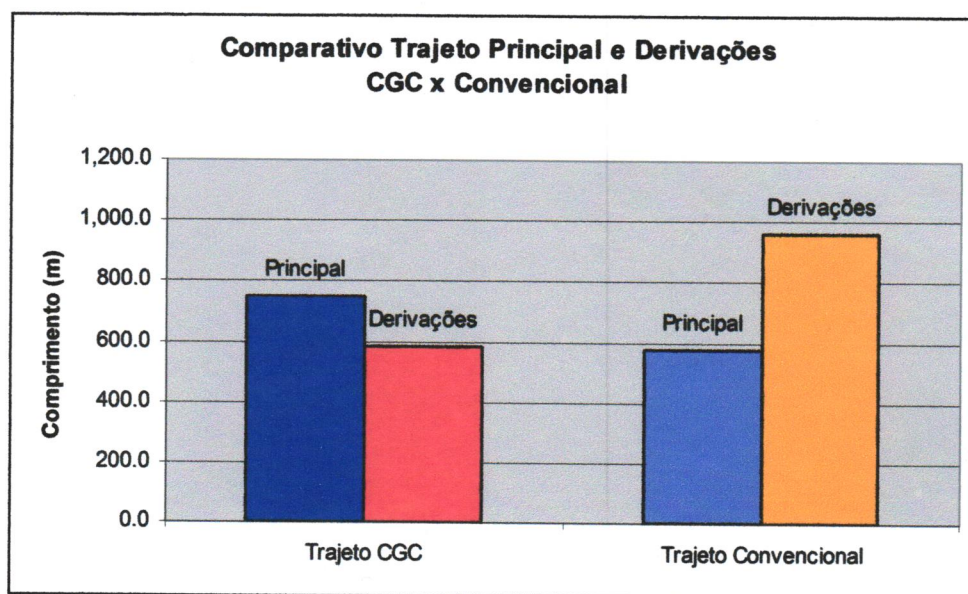


Figura 18: Trajeto Convencional e suas derivações 2

- Enquanto o Trajeto Principal Convencional capta, sem a necessidade de derivações, 102,5 m³/dia, o Trajeto Principal CGC capta 335,0 m³/dia (mais de 03 vezes o volume do Trajeto convencional).

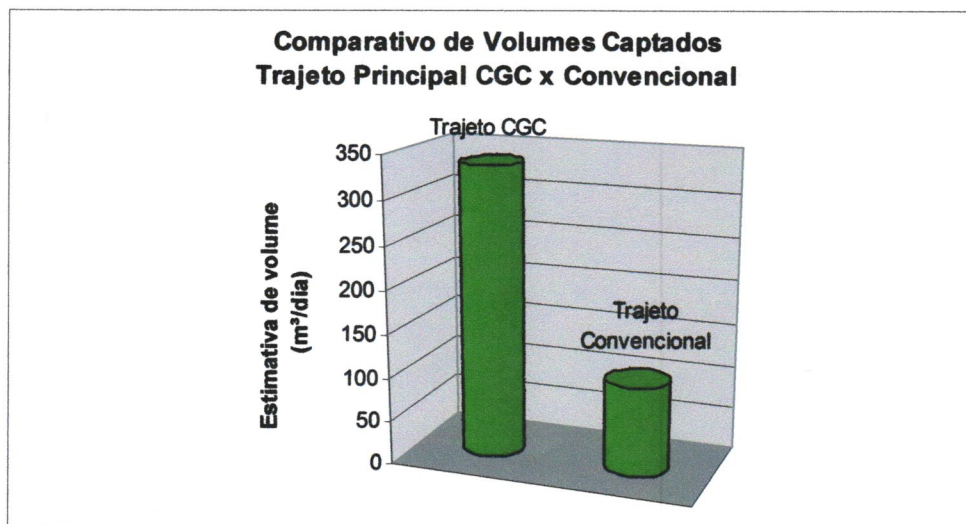


Figura 19: Comparativo de volumes captados

- Para interligar o principal cliente da região (código 133, com consumo estimado de 400 m³/dia) a partir do Trajeto Principal CGC seria necessário percorrer apenas 20,0 m, enquanto que a partir do Trajeto Principal Convencional, a distância seria de 105,0 m (05 vezes maior).
- As derivações a partir do Trajeto Principal Convencional teriam maiores diâmetros de tubulação que os das derivações a partir do Trajeto Principal CGC , pois teriam que atender a maiores volumes, gerando assim maior custo.

Portanto, apesar do Trajeto Principal CGC demandar um investimento inicial um pouco maior que o Trajeto Principal Convencional, ele é mais interessante sob diversos outros aspectos que o elegem como a melhor opção para a Concessionária.

4. CONCLUSÃO

A análise do resultado obtido com a metodologia apresentada neste trabalho evidenciou a aplicabilidade do conceito de centro geométrico de consumo como ferramenta eficaz para a análise de mercado e otimização da expansão de rede de gasodutos, na medida em que utiliza como critério de decisão o grau de atratividade dos clientes combinado à localização. Como tais parâmetros são comuns a outras utilities, seus fundamentos podem ser estendidos para áreas como energia elétrica, telefonia, água e saneamento.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, F. R. A.; MENEZES, E. B. Análise de mercado para otimizar a expansão de rede de gás natural. Artigo Técnico. *Rio Pipeline* 2007.
- MASSARA, V. M.; FAGA, M. T. W. A dinâmica urbana na otimização da implantação de infraestrutura de gás natural. *Petro & Química*, n. 289 - 2006, p. 55-59.
- MOURA, M. C.; FONTES A. A. ; RIBEIRO; C. A. A. S. Determinação da melhor rota para coleta seletiva de lixo no campus da Universidade Federal de Viçosa utilizando sistemas de informações geográficas. In: *Anais X SBSR*, Foz do Iguaçu, 21-26 de Abril 2001, INPE, p. 1119-1125.
- BC PROJETOS. Mercado potencial de gás natural em Alagoas. Relatório Técnico. Maceió, Alagoas - 2000.
- OLIVEIRA M. V. S.; CORREIA, E. A. Gasoduto de distribuição de gás natural para o município de Feira de Santana. 2005. Tese (Especialização em Engenharia de Gás Natural) - Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- MELO, J. P. Cenários do gás canalizado no estado de São Paulo, São Paulo, Artliber Editora, 2002.
- LORENA, L. A. N. Análise Espacial de Redes com Aplicações em Sistemas de Informações Geográficas. INPE. São José dos Campos, São Paulo.
- BANDEIRA, M. I. V. Q. B, Metodologia de priorização da expansão da rede de distribuição de gás natural com base na sintaxe espacial: uma aplicação no Setor Residencial em Fortaleza, Dissertação de Mestrado, Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2005.

PRAÇA, E. R. Distribuição de gás natural no Brasil: um enfoque crítico e de minimização de custos. Dissertação de Mestrado, Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2003.

ANEXOS

ANEXO I - GLOSSÁRIO

ESTIMATIVA DE CONSUMO DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS

Amplitude Padrão de Consumo (APC): Intervalo, em m^3/dia , que contém os blocos com consumos considerados atrativos para a concessionária, excluídos os blocos com consumos considerados bastante acima da média da região estudada (blocos especiais). Os valores extremos desse intervalo são chamados de Limitante Inferior da Amplitude Padrão de Consumo (LI) e Limitante Superior da Amplitude Padrão de Consumo (LS).

Atratividade individual: Parâmetro usado para determinar se um cliente potencial é viável ou não de ser captado pela concessionária considerando que já houvesse rede de gás no seu logradouro. A análise é feita através da estimativa de consumo do cliente, em m^3/dia . Um cliente é dito como atrativo individualmente quando o seu consumo é superior a uma quantidade mínima de consumo estabelecida pela distribuidora. Esta quantidade mínima está relacionada com a garantia de retorno financeiro em tempo desejável pela concessionária para cobrir os custos de interligação, tais como tubos, válvulas, mão-de-obra, etc. Este tempo desejável pode estar relacionado com o tempo restante de concessão e/ou a parâmetro internos da empresa, por exemplo. É possível ainda que a Concessionária tenha interesse em ligar um cliente com consumo não significativo se o intuito seja fazer ação de marketing, isto é, divulgar o gás natural como solução energética.

- **Atratividade Coletiva:** Parâmetro usado para determinar se um bloco é atrativo ou não para a Concessionária. A análise é feita através da

estimativa de consumo do bloco em m³/dia. Um bloco é dito como atrativo quando sua estimativa de consumo é superior a um valor mínimo estabelecido pela Concessionária (Ver *Limitante Inferior da Amplitude Padrão de Consumo*, “LI”). Esse valor mínimo é definido de empírica (através do bom senso e experiência do projetista) com a relação do volume de GN a ser consumido e a área do bloco em que

Blocos: Unidades formadoras da malha quadriculada. Possuem o formato de um quadrado e são nomeados de acordo com a coluna e linha que ocupam na malha quadriculada, respectivamente.

Centro Geométrico de Consumo (CGC): é a média ponderada das coordenadas (x,y) dos clientes do bloco tendo como peso o consumo (C) em m³/dia.

$$X = \left(\frac{\sum (x \times C)}{\sum C} \right); Y = \left(\frac{\sum (y \times C)}{\sum C} \right)$$

Cliente Potencial: Cliente com probabilidade de vir a consumir Gás Natural no futuro.

Cliente Infra-estruturado: Cliente potencial que possui rede de gás disponível em seu logradouro, necessitando apenas que seja executado um ramal para ligá-lo. O cliente infraestruturado não deve fazer parte do estudo de mercado, portanto o projetista deve filtrar a coluna “Infra-estruturado” na planilha eletrônica “Clientes Potenciais” usando apenas os clientes “Não Infra-estururados”.

- **Clientes Efetivos:** Clientes que foram captados (conquistados) e passaram a consumir Gás Natural.

Cliente Especial: Cliente Potencial que pertence a um bloco especial A+ e que represente mais de 50% do consumo desse. Sua representação deverá ser com círculo de metade da área dos círculos padrões usados e ter sua pontuação dobrada.

Comprimento do Trecho (D): distância entre os dois nós consecutivos.

Comprimento do Sub-trecho (d): distância entre os dois sub-nós consecutivos.

Estimativa de consumo (C): Provável volume de Gás Natural (em m³/dia) que um consumiria caso se tornasse um cliente efetivo.

Faixa Especial: Faixa que contém os blocos com consumo maiores que o LS da APC, ou seja, blocos com um consumo bastante acima da média da região estudada. O bloco pertencente a esta faixa é chamado de bloco Bloco Especial (A⁺).

Gasoduto Supridor: Gasoduto que dará origem ao gasoduto que será lançado (objeto de estudo), podendo este último estar perpendicular, oblíquo ou na mesma direção que aquele. No caso em estudo ele encontra-se perpendicular à direção de expansão da rede.

Linhas guias: Possíveis encaminhamentos para o gasoduto a ser lançado, localizados nos eixos das vias. Apesar das linhas guias estarem situadas no eixo das vias, isso não significa que o

gasoduto a ser lançado necessariamente deverá ficar no centro da rua. Cada concessionária tem seu padrão definido e o da ALGÁS, por exemplo, é a linha d'água (rente ao meio-fio).

Nós: Intersecção ou extremidade de linhas guias.

Ponto de Entrada no Lote: Ponto onde a rede (representada pela linha guia) sofrerá a derivação e que representará a localização espacial do lote. Cabe à pessoa que faz a coleta de dados em campo definir o ponto. Estes pontos estão representados nas figuras pela cor azul claro, juntamente com o ramal de ligação no lote.

Pontuação do Trajeto (P_T): Média ponderada das pontuações dos trechos (P_t) tendo como peso o comprimento (D) dos mesmos.

Pontuação do Trecho (P_t): é a média ponderada das pontuações dos sub-trechos usando como peso o comprimento (d) dos mesmos.

Pontuação dos Sub-trechos (P_{st}): é o somatório das pontuações de todos os círculos que o envolvem.

Possível(is) Ponto(s) de Chegada (PPC(s)): Ponto(s) escolhido(s) pelo projetista para e que será(ão) estudado(s) com o intuito de eleger, entre eles, o Exato Ponto de Chegada (EPC). O número de PPCs pode variar de 1 a n . Haverá apenas um PPC, quando a expansão de rede já possui um alvo definido (um cliente recém-contratado, por exemplo). Neste caso, o PPC é automaticamente eleito o EPC. Haverá mais de um PPC quando a expansão de rede não estiver

atrelada a um alvo definido, mas apenas definida uma direção de expansão ou região a ser infraestruturada. Esse tipo de expansão pode estar associado a fatores como: Cumprimento, por parte da Distribuidora, das metas de expansão previstas no contrato de concessão (Geralmente expressas em “Km de rede construída / ano”); Cumprimento do volume de serviço acordado em contrato com empresas terceirizadas (Geralmente expressas em “Km de rede construída / mês”), etc.

- **Exato Ponto de Chegada (EPC):** Ponto eleito entre os Possíveis Pontos de Chegada (PPCs) após estudo dos mesmos. O EPC é definido sem necessidade de estudo quando existe apenas um PPC.

Possível(is) Ponto(s) de Partida (PPP(s)): Ponto(s) escolhido(s) pelo projetista para e que será(ão) estudado(s) com o intuito de eleger, entre eles, o Exato Ponto de Partida (EPP). Quando há apenas um PPP, automaticamente ele é eleito o EPP. O número de PPPs pode variar de 1 a n. Haverá apenas um PPP, quando o gasoduto supridor estiver paralelo à direção de expansão ou quando o gasoduto supridor estiver perpendicular à direção de expansão e o projetista achar conveniente adotar apenas um PPP, apesar de possuir mais possibilidades. Haverá mais de um PPP quando o gasoduto supridor estiver perpendicular à direção de expansão e o projetista achar conveniente adotar mais de um PPP dentre as possibilidades detectadas.

- **Exato Ponto de Partida (EPP):** Ponto eleito entre os Possíveis Pontos de Partidas (PPPs) após estudo dos mesmos. O EPP é definido sem necessidade de estudo quando existe só um PPP.

Limitante Inferior da Amplitude Padrão de Consumo (LI): É o valor de consumo, em m^3/dia , a partir do qual um bloco é considerado atrativo, ou seja, blocos com consumos inferiores ao LI não são considerados atrativos para a concessionária.

Limitante Superior da Amplitude Padrão de Consumo (LS): É o valor de consumo, em m^3/dia , a partir do qual um bloco passa a pertencer à Faixa Especial. O bloco pertencente a esta faixa é chamado de bloco especial já que possui um consumo bastante acima da média da região estudada.

Largura da Faixa Comum (f): Quinta parte da diferença entre LS e LI.

Sub-nó: Pontos de intersecção entre os círculos (melhorar) e as linhas guias.

Sub-trecho: Segmentos dos trechos gerados pelos sub-nós.

Trecho: Segmento da linha guia situado entre dois nós consecutivos;

**ANEXO II – ESTIMATIVA
DE CONSUMO DE
EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS**

ESTIMATIVA DE CONSUMO DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS

Para definir qual o consumo de um edifício residencial basta classificá-lo de acordo com o padrão construtivo* e usar sua área** para obter o consumo por apto*** na tabela abaixo e multiplicar o valor pelo número de aptos do edifício.

		Área (m²)	Consumo por Apto (m³/dia)
Padrão	Alto	Até 60	0.045
		61 a 80	0.150
		81 a 100	0.270
		101 a 120	0.420
		121 a 180	0.600
		Maior que 180	0.810
	Médio	Até 60	0.055
		61 a 80	0.198
		81 a 100	0.308
		101 a 120	0.440
		121 a 180	0.594
	Baixo	Até 60	0.075
		61 a 80	0.195
		81 a 100	0.300
		101 a 120	0.405

Ex: Um edifício de padrão médio com aptos de 75m² de área e 32 unidades habitacionais, teria um consumo de 0,198m³/dia por apto e um total de 6,34 m³/dia.

OBS*: Para classificar o edifício, identificá-lo com as características abaixo:

- **Alto:** Forro em laje de concreto, de madeira ou PVC / Revestimento com emboço e reboco, material cerâmico, material metamínico (fórmica), azulejos decorados, especiais (aço inoxidável, alumínio granito) / Piso com tábuas corridas, mármore, cerâmica decorada ou granito / Esquadrias de alumínio anodizado, de madeira em estilo ou ferro batido / Instalação hidrossanitária interna, completa e com aquecimento central ("boiler") / Aparelhos sanitários de louça de cor, válvula de descarga automática, armário de embutir guarnecido de alumínio, bancada para pia em mármore, granito ou aço inoxidável, com armário revestido de fórmica ou azulejo; tanque de louça com coluna de aço inoxidável e metais cromados / Instalação elétrica embutida trifásica / Soleira e peitoril em mármore, alumínio granito ou madeira / Pintura com impermeabilizante, epóxi, óleo, verniz, esmalte, enceramento ou PVA / Vidros tipo fantasia canelado fume, blindex.
- **Médio:** Forro de gesso ou laje / Revestimento com emboço e reboco, azulejo de primeira qualidade, pastilhas, chapisco rústico / Piso de taco de madeira, ladrilho cerâmico, marmorite, plástico vinílico (plaviflex) ou lajotão colonial / Esquadria de madeira sob medida ou de ferro / Instalação hidrossanitária interna e completa, com abastecimento de água fria e quente / Instalação elétrica embutida ou semi-embutida / Soleira e peitoril em cerâmica, mármore branco ou madeira / Pintura plástica, a óleo ou esmalte nas esquadrias / Vidros transparentes de 3 mm ou fantasia canelado.

- **Baixo:** Revestimento com embosso tipo “paulista” ou camurçado, azulejo de 2ª qualidade / Piso cimentado, ladrilho hidráulico ou cerâmica vermelha/ Esquadria padronizada de madeira ou ferro / Instalação hidrossanitária interna incompleta com abastecimento de água fria / Aparelhos sanitários de louça branca de 2ª qualidade, caixa de descarga externa (tipo popular), armário de sobrepor em plástico, bancada para a pia da cozinha em cimento ou marmorite, tanque com revestimento cimentado, metais niquelados / Instalação elétrica aparente ou semi-embutida / Soleira e peitoril em cimento, marmorite ou cerâmica vermelha / Pintura com caiação e óleo na esquadria / Vidros transparentes comuns.

OBS:** Caso não seja possível obter informação a respeito da área do edifício, poderá ser usada a tabela seguinte como forma de estimar um valor.

Área (m²)	Aptos por pavimento
Até 60	Mais de 6
61 a 80	5
81 a 100	4
101 a 120	3
121 a 180	2
Maior que 180	1

OBS*:** Os valores expostos na foram encontrados através de estudos com clientes do banco de dados da ALGÁS.