

PROJETO DE TUBULAÇÃO DE REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE GÁS NATURAL EM ÁREA URBANA NO RIO DE JANEIRO

NATURAL GAS PIPELINE NETWORK PROJECT IN AN URBAN AREA IN THE CITY OF RIO DE JANEIRO

SANTOS, Cristiane Portella¹
LOPES, Diego Meireles²

Resumo: A necessidade de planejamento e controle das etapas preliminares para a execução de um projeto de tubulação de rede de distribuição de gás natural, objetivando evitar atrasos, é essencial diante de um setor de energia tão competitivo e que apresenta consumidores cada vez mais exigentes. Este artigo é um trabalho de pesquisa cujo o objetivo é demonstrar as etapas preliminares necessárias para execução de um projeto de infraestrutura de fornecimento de gás natural, apresentando o material um sistema de planejamento e controle como parte integrante do procedimento e boas práticas dos gestores de obras. Por fim, o presente trabalho traz um projeto de engenharia mecânica que objetiva o dimensionamento de uma instalação de dutos de distribuição de gás natural para abastecimento de um posto de GNV deve atender rigorosamente as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas, legislação vigente, bem como, as normas e procedimentos de grandes companhias do setor de distribuição de gás natural na município do Rio de Janeiro.

Palavras-chave: planejamento; projeto de infraestrutura; gás natural.

Abstract: The need to plan and control the preliminary steps for the execution of a piping project for the distribution of natural gas, aiming to avoid delays, is essential for such a competitive energy sector that presents increasingly demanding consumers. This article is a research work that aims to demonstrate the preliminary steps necessary to carry out a natural gas supply infrastructure project, presenting the material with a planning and control system as an integral part of the project procedure and good practices of construction project managers. Them, its demonstrates that a mechanical engineering project that aims to dimension an installation of natural gas distribution pipelines to supply a CNG station must strictly comply with the standards of the Brazilian Association of Technical Standards, national legislation, as well as the standards and procedures of large companies of the natural gas distribution sector in the city of Rio de Janeiro.

Keywords: planning; phases; infrastructure project; natural gas.

1. INTRODUÇÃO

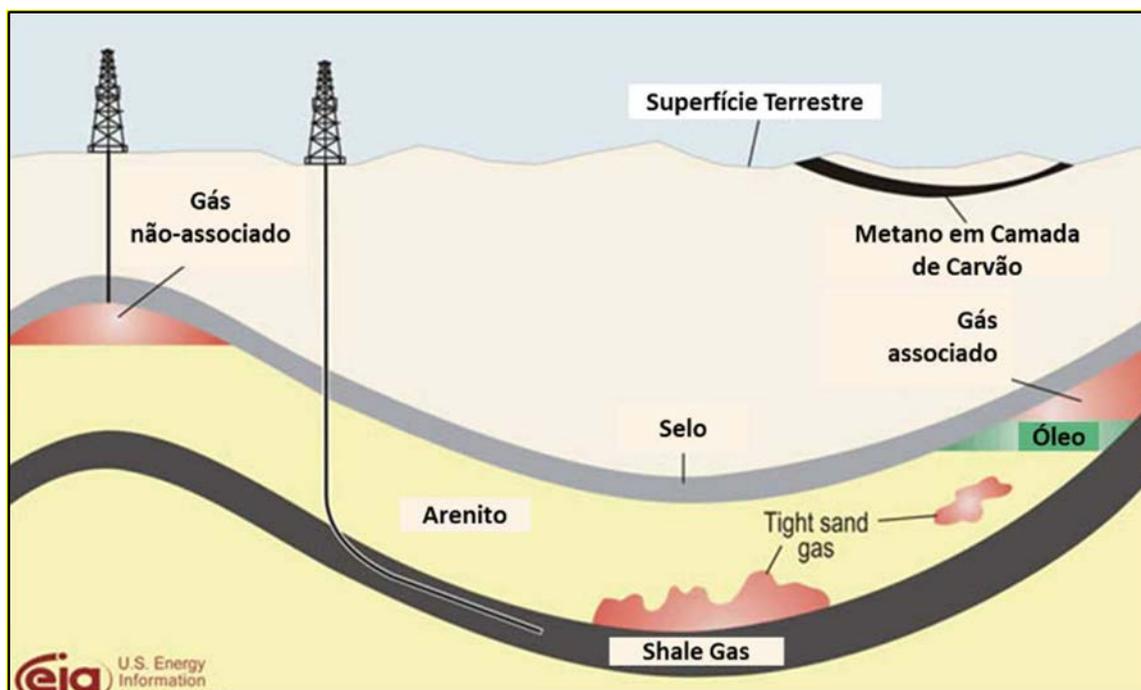
O gás natural é uma energia primária, ou seja, é encontrado na natureza em sua forma direta tal como o petróleo. Na sua forma natural, esse energético é uma mistura variada de hidrocarbonetos gasosos, cujo componente preponderante é sempre o metano (CH₄). Esse gás pode ser extraído de reservas de petróleo, sendo denominado gás natural associado, que

¹Graduanda em Engenharia Mecânica – Universidade Santa Úrsula – cristiane.santos@souusu.com.br

²Doutorando em Engenharia Mecânica e Tecnologia dos Materiais – CEFET/RJ – diego.lopes@usu.edu.br

apresenta uma proporção maior de etano, propano, butano e hidrocarbonetos mais pesados (Fig. 1). Já o gás natural extraído de reservas sem a presença de petróleo é chamado de não associado, o qual também tem maior teor de metano (ANP, 2020).

Figura 1- Seção geológica esquemática mostrando os modos de ocorrência de gás natural em subsuperfície: associado e não-associado.



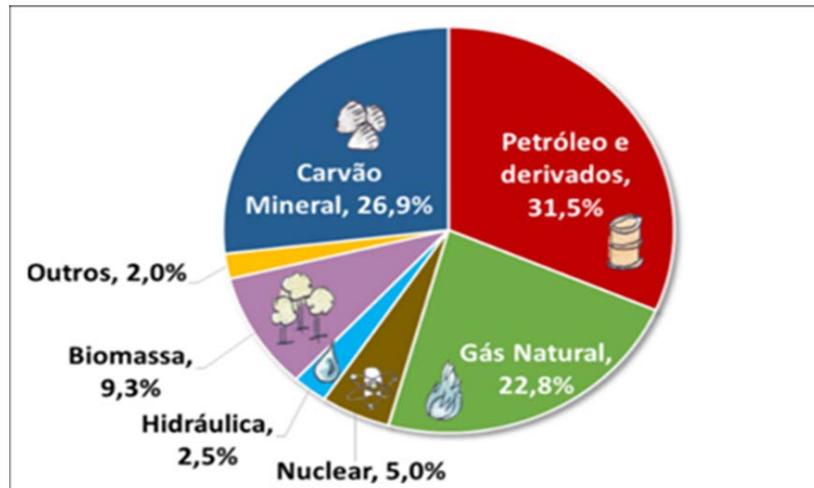
Fonte: *Energy Information Administration - EIA* (2020).

Os primeiros registros de uso do gás natural remontam a Antiguidade, mas somente a partir do século XVIII o uso do combustível se disseminou na Ásia, na Europa e nos Estados Unidos (EUA), principalmente para iluminação e cozimento de alimentos (Teixeira,2015). Ou seja, embora o gás natural seja conhecido há séculos, seu uso comercial é relativamente recente.

No início do século XXI a preocupação com os impactos ambientais das fontes fósseis incentivou investimentos em pesquisa e desenvolvimento para viabilizar em larga escala as fontes renováveis, que tem menor impacto (IEA, 2020).

Com isso, ocorreu o início de um período de transição energética mundial rumo a uma matriz diversificada (Fig.2), na qual várias fontes atuam de forma combinada para compor a oferta total. Diante da característica intermitente da maioria dessas renováveis de baixo impacto, o gás natural será importante como energia de base no período de transição. Entre os energéticos que fornecem energia constante, o gás natural é o combustível fóssil de menor impacto e, portanto, estima-se que terá um papel de destaque nos próximos anos (BEN, 2020).

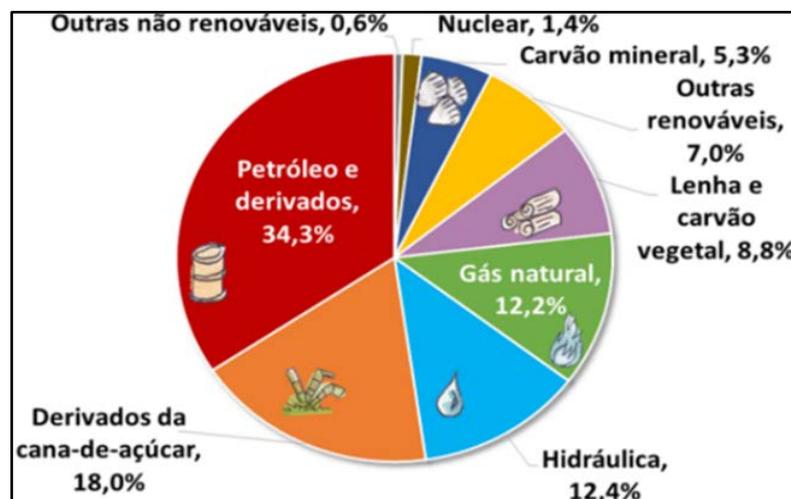
Figura 2- Matriz energética mundial



Fonte: Balanço Energético Nacional (2020)

Atualmente, o Brasil apresenta uma matriz energética bastante diversificada (Fig.3), na qual várias fontes renováveis, em maior escala, e não renováveis atuam de forma combinada para compor a oferta total de energia demanda no país. As energias eólica e solar tiveram um grande destaque nos últimos anos (BEN, 2020).

Figura 3- Matriz energética brasileira



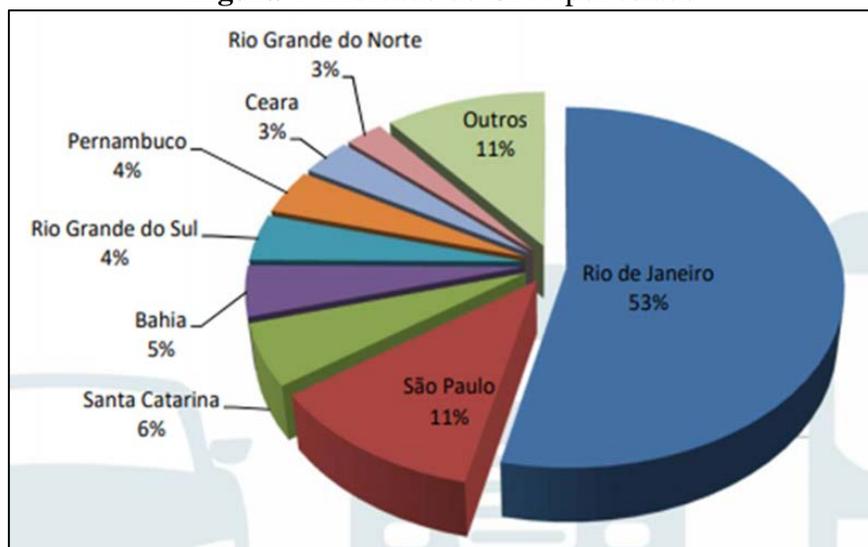
Fonte: Balanço Energético Nacional (2020)

A abertura dos setores de infraestruturas do Brasil a investimentos privados na década de 90 (noventa) ocasionou uma grande mudança de cenário na indústria de petróleo e gás natural no país até a presente data.

Os projetos de interiorização do insumo (gás natural) crescem e com eles a demanda por redes de distribuição de gás natural para atendimento dos setores industrial, residencial, comercial, gás natural veicular (GNV) e cogeração de energia elétrica.

Como combustível automotor as vantagens da utilização do GNV são significativas. Sendo destacados os ambientais e econômicos por meio de ganhos com a diminuição de custos e segurança de fornecimento. O Rio de Janeiro responde por quase 53% do consumo de GNV no país (Fig. 4), com uma malha densa terrestre, através de dutos de transporte e distribuição, que facilitam a disseminação do consumo deste combustível (FIRJAN, 2019).

Figura 4- Mercado do GNV por estado

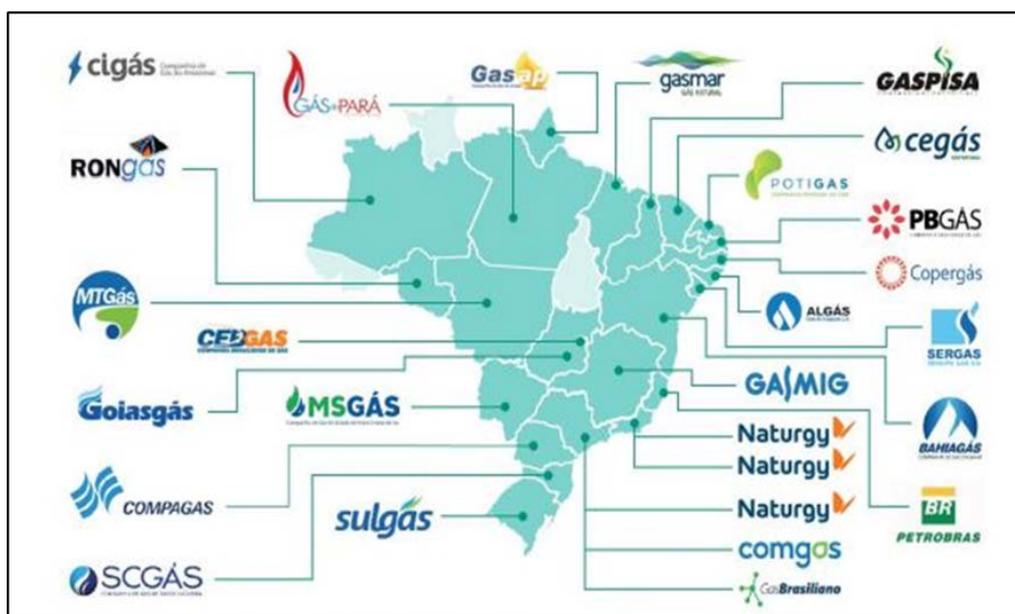


Fonte: Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro – FIRJAN (2019)

De acordo com a Associação Brasileira das Distribuidoras de Gás Canalizado, existem atualmente no país 23 companhias distribuidoras de gás canalizado no Brasil (Fig. 5), 04 na Região Norte (CIGÁS, GÁS DO PARÁ, GASAP e RONGAS), 04 na Região Centro-Oeste (CEBGAS, GOIAGÁS, MSGÁS e MTGÁS), 09 no Nordeste (ALGÁS, BAHIAGÁS, CEGÁS, COPERGÁS, GASMAR, GASPISA, PBGÁS, POTIGÁS e SERGÁS), 07 no Sudeste (BR-ES – Petrobras Distribuidora, CEG e CEG RIO (Grupo NATURGY), COMGÁS, GÁS NATURAL SÃO PAULO SUL S.A (Grupo NATURGY), GAS BRASILIANO DISTRIBUIDORA S.A, GASMIG) e 03 na Região Sul (COMPAGAS, SCGÁS e SULGÁS).

O serviço de distribuição de gás natural canalizado é ofertado ao consumidor final e executado pelas empresas distribuidoras e cabe, ao poder público, a regulação do setor, que vem crescendo, especialmente nos segmentos industrial e automotivo por ser uma energia mais limpa e econômica.

Figura 5 - Mapa das concessionárias de gás canalizado por região



Fonte: Associação Brasileira de Gás - ABEGAS (2020)

Por suas características de riscos físico-químicos, por ser um setor regulado e fiscalizado pelos poderes públicos e por seus aspectos técnicos econômicos que viabilizam ou não sua execução, é de suma importância os estudos preliminares e etapas envolvidas em um projeto das redes de distribuição de gás natural.

Este artigo é um trabalho de pesquisa que tem o objetivo de demonstrar as etapas preliminares necessárias para execução de um projeto de infraestrutura de fornecimento de gás natural, apresentando o material um sistema de planejamento e controle como parte integrante do procedimento e boas práticas dos gestores de obras.

2. METODOLOGIA

Os métodos utilizados no presente trabalho incluíram as seguintes etapas:

- a) Pesquisa bibliográfica sobre a origem e ocorrência geológica do gás natural e sua importância na matriz energética brasileira;
- b) Definição de um cliente hipotético. Os dados usados para a caracterização do cliente foram hipotéticos para fins deste trabalho acadêmico, porém baseados em dados adotados usualmente pela Naturgy;
- c) Pesquisa detalhada sobre as etapas necessárias para execução de um projeto de implantação de infraestrutura de fornecimento de gás natural junto a Companhia de distribuição de gás natural do Rio de Janeiro (Naturgy);

- d) Para o dimensionamento do presente estudo foram utilizadas as normas NBR-12712 e NT-200-BRA-Parte 2 (Naturgy).

3. RESULTADOS

O presente estudo está baseado no processo de elaboração de um projeto de ramal para distribuição de gás natural, passando por logradouros públicos em área urbana, na Cidade do Rio de Janeiro, RJ, para abastecimento de um posto de gás natural veicular, partindo da premissa que existe um cliente contratado e que deverá ser atendido. Os dados de vazão e pressão requeridas pelo futuro posto de Gás Natural Veicular foram dados, considerando que a equipe de projetos não realiza capitação de clientes. Cabe esclarecer que os dados de caracterização e estudo de mercado serão hipotéticos para fins deste trabalho acadêmico, porém baseados em dados adotados habitualmente para clientes e projetos deste tipo.

3.1. Caracterização do cliente (hipotético)

Os dados de caracterização do cliente utilizados (Fig. 6) são básicos e necessários para início dos trabalhos relacionados ao projeto da nova tubulação para abastecimento de um posto de Gás Natural Veicular - GNV:

Cliente (hipotético): Posto GNV.

Bairro: Vicente de Carvalho

Figura 6 - Demanda do cliente posto de combustíveis

Cliente	Equipamento a ser abastecido	Vazão requerida pelo equipamento	Pressão requerida na entrada do equipamento
Posto GNV	Compressor	800 m ³ /h	5 bar

Fonte: Próprio autor (2020)

3.1.1. Ponto de interligação

O ponto de interligação do novo ramal de distribuição foi considerado ser a menor distância até o cliente a ser atendido, a vazão de gás natural disponível e a pressão da rede existente.

Os cadastros das redes de gás natural existentes foram verificados junto à Companhia Distribuidora de Gás do Rio de Janeiro – CEG. O pedido foi formalizado através do e-mail institucional da Naturgy.

3.1.2. Escolha da pressão de fornecimento

A escolha da pressão de fornecimento é aquela requerida pelo equipamento do posto de combustíveis.

Cliente: Posto GNV.

Equipamento a ser abastecido: Compressor.

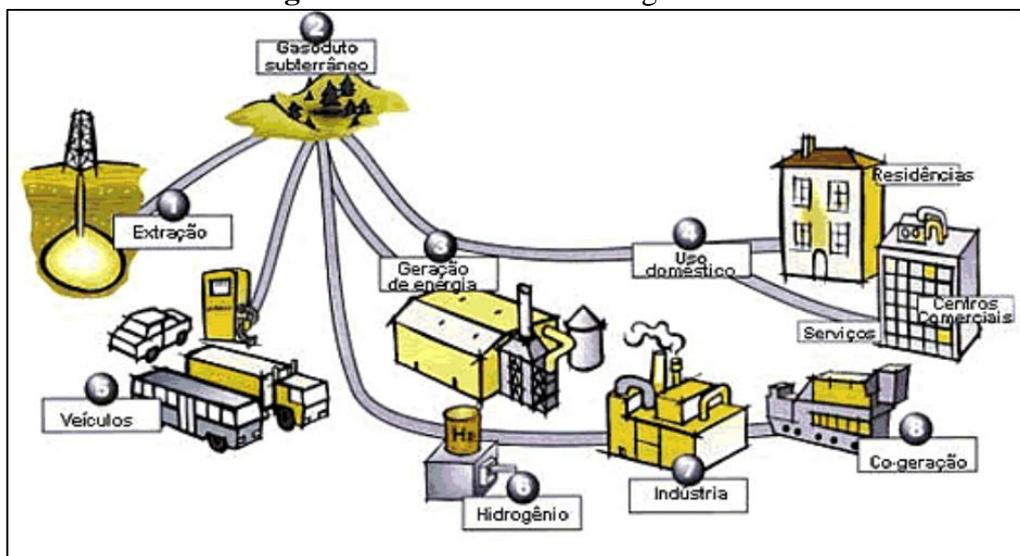
3.1.3. Escolha da vazão de fornecimento

A vazão máxima de fornecimento requerida pelo equipamento do cliente Posto GNV é de 800 m³/h. Outros clientes reais GNV e industriais na região devem ser considerados para o projeto da tubulação em logradouros públicos.

3.1.4. Escolha do traçado

O traçado deve considerar, preferencialmente, o menor percurso entre o ponto de abastecimento do cliente e o ramal de distribuição existente. Além da menor distância entre o ponto de interligação e o cliente, devem ser considerados os clientes reais e potenciais identificados na pesquisa de mercado (Fig. 7).

Figura 7- Cadeia de valor do gás natural



Fonte: Empresa de Gás do Vale do Tejo - TAGUSGAS (2018).

3.2. Etapas principais de execução de um projeto de rede

Um projeto de execução de infraestrutura de fornecimento de gás natural é constituído fundamentalmente de duas etapas principais: (1) anteprojeto ou caracterização e (2) projeto básico ou de dimensionamento de rede (Fig. 8).

Figura 8- Etapas de execução de um projeto de rede de distribuição de gás natural.

Anteprojeto	Projeto Básico/Executivo
Estudo de mercado	Escolha do material do duto
Licenciamento ambiental	Cálculo do diâmetro teórico e determinação da perda de carga
Zoneamento urbano	Dimensionamento da rede de distribuição
Classe de locação	Determinação da tensão admissível
Licenças urbanísticas	Determinação da espessura mínima requerida de parede e diâmetro nominal do duto
	Determinação da Tensão Circunferencial (Sc)
	Determinação da Tensão Longitudinal (Sl)
	Determinação da Velocidade do Gás
	Profundidade de enterramento
	Afastamentos
	Proteções
	Sinalização
	Válvulas

Fonte: Próprio autor (2021)

O anteprojeto ou caracterização inclui as seguintes etapas: (1) Estudo de mercado; (2) Licenciamento ambiental; (3) Zoneamento urbano; (4) Classe de locação; (5) Licenças urbanísticas.

O projeto básico ou de dimensionamento inclui as seguintes etapas: é constituído por (1) Escolha do material do duto; (2) Cálculo do diâmetro teórico e determinação da perda de carga (3) Dimensionamento da rede de distribuição; (4) Determinação da tensão admissível; (5) Determinação da espessura mínima requerida de parede e diâmetro nominal do duto; (6) Determinação da Tensão Circunferencial (Sc); (7) Determinação da Tensão Longitudinal (Sl); (8) Determinação da Velocidade do Gás; (9) Profundidade de enterramento; (10) Afastamentos; (11) Proteções (12) Sinalização; e (13) Válvulas.

A seguir estão apresentadas detalhadamente as etapas do anteprojeto e do projeto básico. Serão levados em consideração diversos aspectos para a conclusão do projeto, estudo de viabilidade técnica, licenças e permissões urbanísticas, estudos de análise de risco e estudos ambientais para fins de instalação de dutos em logradouros públicos.

3.2.1. Anteprojeto ou Caracterização

O anteprojeto é constituído pelas etapas: (1) Estudo de mercado; (2) Licenciamento ambiental; (3) Zoneamento urbano; (4) Classe de locação; (5) Licenças urbanísticas.

3.2.1.1 Pesquisa de Mercado

A pesquisa de mercado constatou que, embora o mercado residencial esteja saturado naquela região, existe outro posto de combustível em construção naquele bairro e este deverá ser considerado no projeto como potencial cliente. Este cliente em potencial está localizado na Rua Angélica Mota nº 0 no bairro Olaria, Rio de Janeiro-RJ. Não foram identificados nas imediações do futuro ramal, potenciais clientes industriais.

3.2.1.2. Licenciamento Ambiental

De acordo com o caput do art. 225 da Constituição Federal o Poder Público e a coletividade têm a obrigação de atuar na defesa e na preservação do meio ambiente tendo em vista o direito das gerações presentes e futuras ao meio ambiente ecologicamente equilibrado (Fig. 9).

O inciso V do §1º incumbe ao Poder Público “controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente”. Já o inciso IV do art. 9º e o art. 10 da Lei nº 6.938/81 dispõem sobre a exigibilidade do licenciamento ambiental para as atividades potencial ou efetivamente causadoras de impacto ambiental, ou seja, de acordo com esta lei, desde 1981, o licenciamento ambiental é uma exigência para a instalação e o funcionamento das atividades econômicas potencial ou efetivamente poluidoras em todo o território nacional, sendo por isso considerado o mais importante instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente.

De acordo com Faria e Correia (2014), “O licenciamento ambiental é um dos mecanismos mediante o qual o Poder Público procura efetivar o direito fundamental ao meio ambiente ecologicamente equilibrado.

Ocorre que a maioria das atividades poluidoras se encontra nas cidades, de maneira que esse mecanismo serve para proteger a qualidade ambiental urbana. Para cumprir ainda melhor esse papel é necessário que o licenciamento se articule de forma mais direta com os instrumentos da política urbana, a exemplo do estudo de impacto de vizinhança, das licenças urbanísticas e do zoneamento urbano”.

No Município do Rio de Janeiro, o licenciamento ambiental é realizado de forma solidária entre o Instituto Estadual do Ambiente e a Secretaria Municipal do Meio Ambiente do Rio de Janeiro.

Figura 9- Rede conceitual de distribuição de gás natural



Fonte: Companhia Distribuidora de Gás – (Naturgy Argentina – 2020)

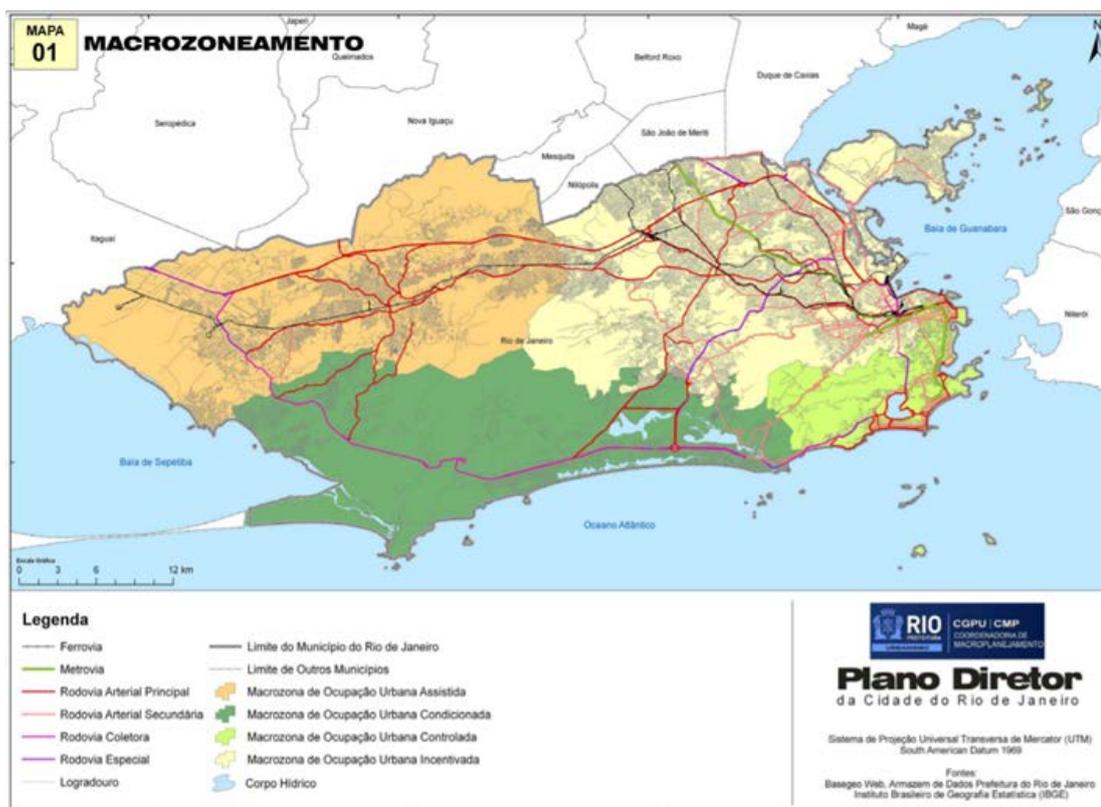
3.2.1.3. Zoneamento urbano

O zoneamento urbano é um instrumento do planejamento urbano e fica a cargo das Prefeituras Municipais, Lei complementar nº 111/2011 – Plano Diretor. As redes de distribuição de gás natural são consideradas instalações de infraestrutura e a caracterização do zoneamento urbano é parte integrante do processo de licenciamento ambiental na determinação das permissões de instalações de ramais de distribuição de gás natural. No caso da Cidade do Rio de Janeiro, as informações de zoneamento urbano devem ser conseguidas através da Secretaria Municipal de Urbanismo –SMU.

De acordo com o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável do Município do Rio de Janeiro-RJ vigente na presente data, através do endereço eletrônico <http://www.rio.rj.gov.br/web/smu/exibeconteudo?id=2879239>.

O Zoneamento contém as macrozonas de restrição à ocupação urbana determinadas pela Lei complementar nº 111/2011 – Plano Diretor, que se constituem por áreas agrícolas, áreas com condições físicas adversas à ocupação, áreas impróprias à urbanização e áreas destinadas à proteção do meio ambiente (Fig. 10).

Figura 10- Mapa de macrozoneamento do município do Rio de Janeiro



Fonte: Secretaria Municipal de Planejamento Urbano do Rio de Janeiro – SMPU (2020).

Também estão definidas as macrozonas do Decreto n° 28.801/07, que tem por objetivo orientar a expansão da ocupação urbana, as ações de planejamento urbano, a regulamentação e a aplicação dos instrumentos da Política Urbana, além de indicar as prioridades na distribuição dos investimentos. Apresenta também as zonas, centros de bairro e logradouros comerciais do Decreto 322/76.

O Regulamento de Zoneamento da cidade; as zonas dos Projetos de Estruturação Urbana (PEUs), introduzidos no planejamento urbano da cidade pelo Plano Urbanístico Básico da Cidade do Rio de Janeiro (PUBRIO), aprovado pelo Decreto n° 1.269/77; as zonas ambientais criadas com as Áreas de Preservação e as Áreas de Especial Interesse (AEI), que se classificam conforme sua destinação, promulgadas por leis específicas ou através dos PEUs. Este amplo conjunto de normas compõe o zoneamento da cidade.

3.2.1.4. Classe de locação

De acordo com a norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, NBR 12712, a unidade de classe de locação é classificada de acordo com uma locação que se estende

por 200 (duzentos) metros de cada lado da linha de centro de qualquer trecho contínuo e desenvolvido de 1600 metros de gasoduto.

Para a definição da classe de locação é considerada a densidade populacional aplicável a um segmento específico de 1600 metros de gasoduto (Fig. 11).

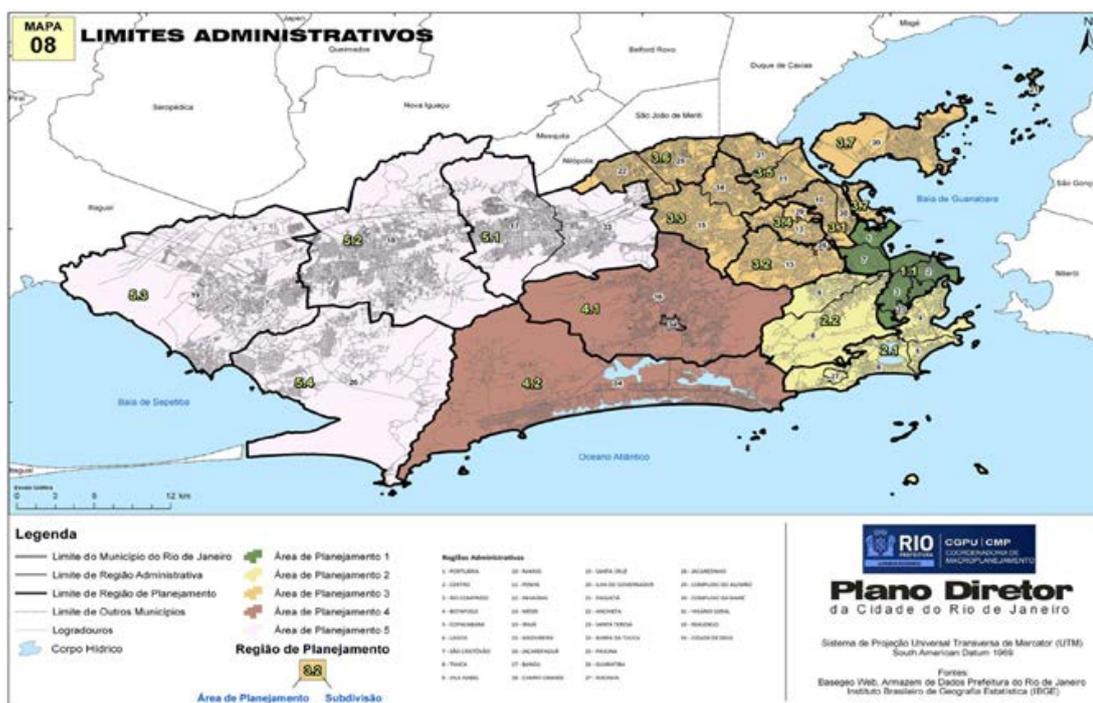
Deve-se determinar a classe de locação para fins dos cálculos dos projetos de tubulação de gás natural, bem como para o licenciamento ambiental.

De acordo com a Norma NBR-12712, a determinação da Classe de Locação é fundamental para a determinação da espessura da parede dos dutos, determinação da pressão de ensaio e distribuição de válvulas.

3.2.1.5. Licença Urbanística

Além da licença ambiental, é necessário solicitar a licença de obras para construção em logradouro público. No Município do Rio de Janeiro, o órgão responsável pela concessão deste licenciamento é a Prefeitura Municipal através da Secretaria Municipal de Obras, Secretaria Municipal de Urbanismo, Companhia de Engenharia de Tráfego – CET Rio e Fundação Rio Águas. As licenças de obras são emitidas pelas Coordenadorias e Gerências de Licenciamento e Fiscalização da SMU.

Figura 1- Mapa de limites administrativos do município do Rio de Janeiro



Fonte: Secretaria Municipal de Planejamento Urbano do Rio de Janeiro – SMPU (2020).

A Figura 12 mostra os principais problemas enfrentados nos processos de licenciamento no Brasil, com destaque para a morosidade dos trâmites processuais.

Figura 2- Principais problemas enfrentados no processo de licenciamento no Brasil



Fonte: Confederação Nacional da Indústria (2013)

3.2.2. Projeto básico ou de dimensionamento

O projeto básico ou de dimensionamento inclui as seguintes etapas: (1) Escolha do material do duto; (2) Cálculo do diâmetro teórico e determinação da perda de carga (3) Dimensionamento da rede de distribuição; (4) Determinação da tensão admissível; (5) Determinação da espessura mínima requerida de parede e diâmetro nominal do duto; (6) Determinação da Tensão Circunferencial (S_c); (7) Determinação da Tensão Longitudinal (S_l); (8) Determinação da Velocidade do Gás; (9) Profundidade de enterramento; (10) Afastamentos; (11) Proteções (12) Sinalização; e (13) Válvulas.

No presente estudo foi empregada a Norma Brasileira NBR 12.712 – PROJETO DE SISTEMAS DE TRANSMISSÃO E DISTRIBUIÇÃO DE GÁS COMBUSTÍVEL, que fixa as condições mínimas exigíveis para o projeto, para a especificação de equipamentos e materiais, para a fabricação de componentes e para o ensaio dos sistemas de transmissão e distribuição de gás combustível por dutos. Outras normas aplicáveis utilizadas neste trabalho são a NT-200-BRA-Parte 1 - CRITÉRIOS E PROCEDIMENTOS TÉCNICOS DE DISTRIBUIÇÃO - Projeto e Dimensionamento de Redes e Ramais, da empresa NATURGY, Concessionária responsável pela Distribuição de Gás Natural do Estado do Rio de Janeiro, e a NT-200-BRA Parte 2 - CRITÉRIOS E PROCEDIMENTOS TÉCNICOS DE DISTRIBUIÇÃO – Materiais a serem utilizados em redes e ramais. Além da Norma Brasileira, NBR-12712 e NT-200-BRA-

Parte 1 e 2, foi utilizado neste trabalho o livro Tubulações Industriais – Materiais, Projeto e Montagem, do autor Pedro C. Silva Telles e outras referências técnicas.

3.2.2.1. Escolha do material do duto

Existe no mercado de tubulações para transporte de gás natural, uma gama de materiais disponíveis. Os materiais para dutos, mais utilizados em instalações em logradouro público são o polietileno e o aço carbono.

Atualmente, em áreas urbanas, os dutos de polietileno são preferencialmente utilizados por sua maior flexibilidade, facilidade de instalação e custo, todavia, a utilização deste material para transporte de derivados de petróleo, como o gás natural, é limitada a baixas (até 0,05 Bar) e médias pressões (entre 0,05 Bar e 4,2 Bar).

As Normas aplicáveis utilizadas para escolha do material do duto são a NBR-12712 e NT-200-BRA-Parte 2.

3.2.2.2 Cálculo do diâmetro teórico e determinação da perda de carga

O dimensionamento dos dutos deve levar em consideração as perdas de carga localizadas devidas a curvas, joelhos, niples, válvulas, redutores, contadores etc., e as lineares ocorridas ao longo da tubulação.

Os princípios físicos e termodinâmicos do escoamento permitem estabelecer diferentes correlações para quantificar as perdas de carga.

Os princípios fundamentais são: princípio fundamental da hidrostática, conservação da massa conservação da quantidade de movimento e da energia.

3.2.2.3. Dimensionamento da rede de distribuição

Existem algumas fórmulas para o dimensionamento das redes de distribuição de gás natural. De acordo com a NT-200-BRA – Parte 1, no caso do dimensionamento de redes de abastecimento de gás combustível é comum a utilização das fórmulas de Renouard simplificadas, válidas para uma combinação limitada de unidades.

Foi considerada no presente estudo a fórmula de Renouard simplificada para médias e altas pressões (superiores a 50mbar), conforme NT-200-BRA.

$$P_A^2 - P_B^2 = 48600 \times S \times L \times Q^{1,82} \times D^{-4,82} \quad (\text{Eq.1})$$

Onde,

P_A – Pressão absoluta em bar (ou mbar) no início da tubulação.

P_B – Pressão absoluta em bar (ou mbar) no final da tubulação.

$P_A - P_B$ – Perda de carga em bar (ou mbar).

$P_A^2 - P_B^2$ – Perda de carga quadrática (bar^2).

Q – Vazão em m^3/h .

D – Diâmetro do duto em mm.

L – Comprimento do duto em km.

P – bar ou mbar.

$dc(S)$ – Densidade fictícia, ou corrigida, correspondente à densidade real afetada de um coeficiente em função da viscosidade:

Gás natural $dc = 0,62$

3.2.2.4. Determinação da tensão admissível

Devem ser verificadas as tensões admissíveis dos tipos de aço, de acordo com o Anexo D da NBR 12712/2002 que é baseado na tensão mínima de escoamento especificada dos materiais (S_y).

3.2.2.5. Determinação da espessura mínima requerida de parede e diâmetro nominal do duto

A espessura de parede requerida, para tubos e demais componentes de tubulação, para resistir à pressão interna, de acordo com a NBR 12712 deve ser calculada pela fórmula:

$$e = \frac{P \cdot D}{2 \cdot S_y \cdot F \cdot E \cdot T}$$

(Eq.2)

Onde,

P = pressão de projeto (kPa)

D = diâmetro externo (mm)

S_y = tensão mínima de escoamento especificada (kPa) - (Valor mínimo recomendado para fins de projeto pela NBR 12.712/2002)

F = fator de projeto determinado (Recomendado para Classe 4) – Item 7.2.2 da NBR 12.712/2002

E = fator de eficiência da junta (longitudinal ou helicoidal) (adimensional) – Item 7.3 NBR 12.712/2002

T = fator de temperatura determinado (adimensional).

e = espessura mínima de parede requerida, calculada

A Escolha da espessura deve ser conforme Tabela 6 da Norma NBR 12712/2002.

3.2.2.6. Determinação da Tensão Circunferencial (Sc)

De acordo com a NBR 12712 a tensão circunferencial é a “tensão normal na parede do tubo, atuando perpendicularmente a um plano contendo seu eixo longitudinal; a menos que seja expressamente dito em contrário, o termo “tensão circunferencial” refere-se à tensão circunferencial de membrana provocada pela pressão interna (hoop stress)”. Seguindo a Norma NBR 12.7127/2002, deveremos utilizar a fórmula de Barlow para o cálculo da tensão circunferencial.

$$Sc = P \cdot D / (2e) \quad (\text{Eq.3})$$

3.2.2.7. Determinação da Tensão Longitudinal (Sl)

Da norma NBR 12712 temos que a tensão longitudinal é a “Tensão normal na parede do tubo, atuando paralelamente ao eixo longitudinal.”. Seguindo a citada norma, utilizaremos a fórmula para dutos totalmente restringidos (enterrados).

$$Sl = 0,3 \times Sc \quad (\text{Eq.4})$$

As tensões: circunferencial e longitudinal calculadas deverão ser menores que a tensão mínima de escoamento especificada na norma NBR12712 para o Tubo de Aço selecionado para o projeto. Deverá ser considerada para fins dos cálculos a pressão de teste, maior que a pressão normal de operação.

3.2.2.8. Determinação da Velocidade do Gás

Para atendimento da Norma técnica NT-200 BRA – Parte 1, a velocidade do gás não poderá exceder a 20 m/s. Uma velocidade acima de 20 m/s poderá ocasionar formação de gelo nas paredes do duto. Para fins deste trabalho será utilizada a fórmula:

$$v = 353 \times \frac{Q}{P \times D^2} \quad (\text{Eq.5})$$

Onde:

v – velocidade em m/s

Q – Vazão em m³/h

P – pressão absoluta no final da rede

D – diâmetro interno do duto em mm

Considera-se como premissa, para fins do cálculo da velocidade, o diâmetro interno como sendo a diferença entre o diâmetro externo e a espessura, especificados. Sendo a pressão variável considerada para o cálculo da velocidade do gás, deveremos considerar para o presente trabalho a pressão durante o horário de maior consumo da região (horário de pico) e a pressão fora do horário de maior consumo.

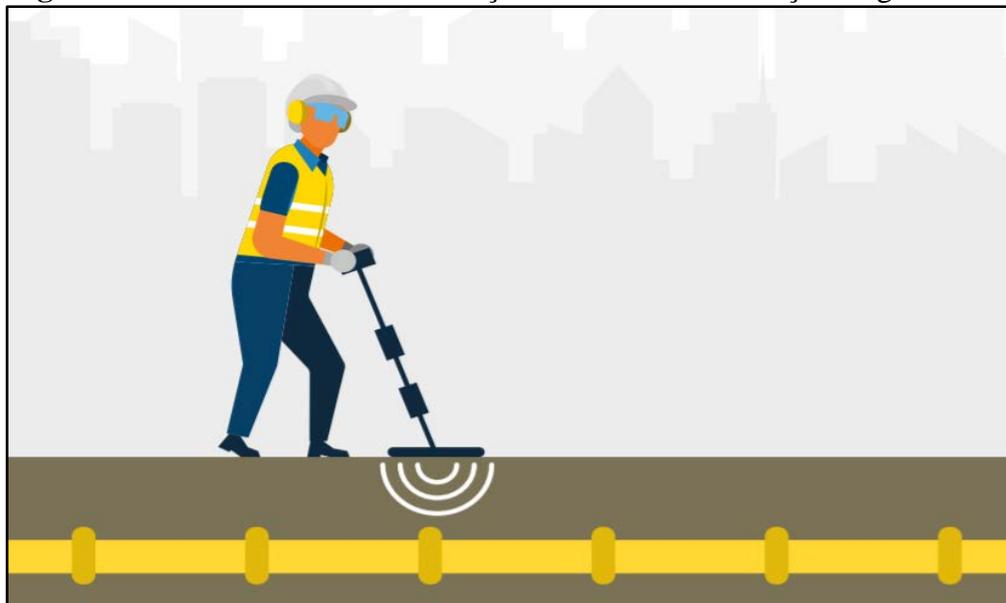
3.2.2.9. Profundidade de enterramento

A profundidade mínima exigida para enterramento do tubo varia conforme classe de locação. Devem ser respeitados os parâmetros estabelecidos no item 8.1 da norma NBR 12712/2002.

Em locais onde a profundidade mínima não possa ser respeitada, o duto deve possuir proteção mecânica, inclusive os dutos enterrados.

Em rios ou canais sujeitos à dragagem, a cobertura mínima em relação à cota de dragagem deve ser de no mínimo 2000 mm. Pode ser exigida profundidade maior que a estabelecida na NBR 12712/2002 por exigência dos órgãos ambientais (Fig. 13).

Figura 3- Monitoramento e manutenção de rede de distribuição de gás natural



Fonte: Companhia Distribuidora de Gás – Naturgy (2020).

3.2.2.10. Afastamentos

O afastamento entre o ramal de distribuição e as habitações deverá ser o maior possível, segundo a NBR-12712/2002. Portanto, o afastamento mínimo para outras instalações enterradas deverá ser de 0,30 m. Quando não for possível respeitar o afastamento mínimo serão

utilizadas proteções como encamisamento, instalação de material separador ou colocação de suportes.

3.2.2.11. Proteções

Segundo a Resolução nº 15/2009 do Conselho Estadual do Ambiente – CONEMA aduz que é requerido que os trechos de ramais de distribuição que operem a pressão superior a 4,2 bar, em classe de locação 4, sejam dotados de proteção por placas de concreto armado, 50 cm acima da geratriz superior da tubulação, e fita plástica que alerte sobre a existência da tubulação de gás abaixo.

As placas de concreto armado servirão também para reduzir a influência da carga de tráfego, distribuindo-a uniformemente por uma área maior e, conseqüentemente, baixando sua magnitude.

O capítulo 12 da norma NBR 12712/2002 trata das proteções de tubulações enterradas quanto a cargas externas.

3.2.2.12. Sinalização

De acordo com o capítulo 13 da NBR 12712/2002 devem ser utilizadas ao longo de todo traçado, acima da geratriz do duto, fitas de sinalização alertando para a presença de tubulação de gás.

3.2.2.13. Válvulas

Para a instalação de válvulas na tubulação, deve ser respeitado o estabelecido nos capítulos 17 e 19 da norma NBR 12712/2002.

3.2.3. Cronograma de Trabalho

Os trabalhos para a elaboração do Projeto seguirão as seguintes etapas:

O anteprojeto ou caracterização inclui as seguintes etapas: (1) Estudo de mercado; (2) Licenciamento ambiental; (3) Zoneamento urbano; (4) Classe de locação; (5) Licenças urbanísticas.

O projeto básico ou de dimensionamento inclui as seguintes etapas: é constituído por (1) Escolha do material do duto; (2) Cálculo do diâmetro teórico e determinação da perda de carga (3) Dimensionamento da rede de distribuição; (4) Determinação da tensão admissível; (5) Determinação da espessura mínima requerida de parede e diâmetro nominal do duto; (6)

Determinação da Tensão Circunferencial (Sc); (7) Determinação da Tensão Longitudinal (Sl); (8) Determinação da Velocidade do Gás; (9) Profundidade de enterramento; (10) Afastamentos; (11) Proteções (12) Sinalização; e (13) Válvulas.

A Execução da obra, Fig. 14 deve atender todas as condicionantes elencadas nas licenças, e garantir que o projeto de dimensionamento e de sinalização de rodovias sejam atendidos pela legislação vigente.

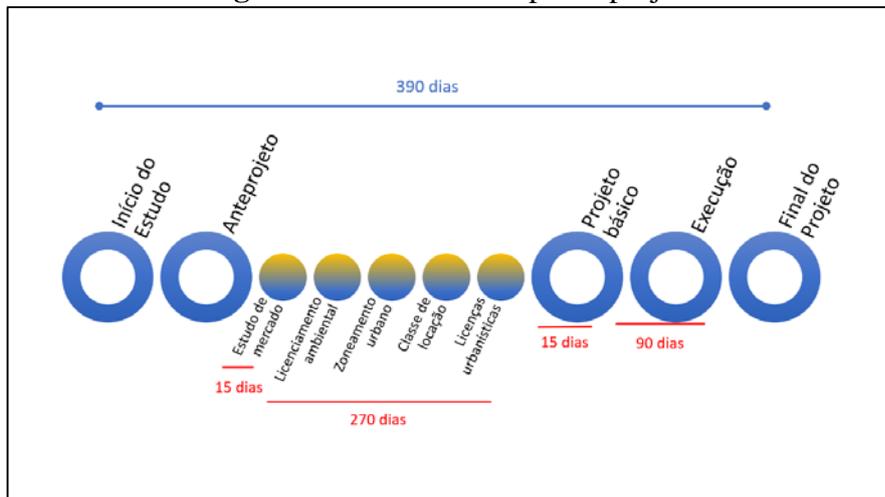
Figura 14- Execução da obra



Fonte: Companhia de gás de São Paulo - COMGAS (2021)

Na Fig. 15 as etapas foram sequenciadas e separadas em dias, para demonstrar a duração estimada do projeto.

Figura 15- Linha do tempo do projeto



Fonte: Próprio autor (2021)

4. CONCLUSÕES

Face a todo o exposto as principais conclusões apresentadas neste artigo são:

As principais etapas de um projeto de implantação de infraestrutura de fornecimento de gás natural são: (1) definição de um anteprojeto e (2) elaboração de um projeto básico e executivo para apresentação aos órgão competentes para autorização do projeto.

Cabe ressaltar que o anteprojeto é composto de no mínimo das seguintes atividades: (1) estudo de mercado baseado na caracterização do usuário; (2) obtenção das licenças ambientais junto ao INEA (Instituto Estadual do Ambiente); (3) verificação do zoneamento urbano; (4) definição da classe de locação; e (5) obtenção das licenças urbanísticas junto à prefeitura;

Além disso, o projeto básico inclui as seguintes etapas de dimensionamento é constituído por: (1) Escolha do material do duto; (2) Cálculo do diâmetro teórico e determinação da perda de carga (3) Dimensionamento da rede de distribuição; (4) Determinação da tensão admissível; (5) Determinação da espessura mínima requerida de parede e diâmetro nominal do duto; (6) Determinação da Tensão Circunferencial (S_c); (7) Determinação da Tensão Longitudinal (S_l); (8) Determinação da Velocidade do Gás; (9) Profundidade de enterramento; (10) Afastamentos; (11) Proteções (12) Sinalização; e (13) Válvulas;

Um projeto de engenharia mecânica para o dimensionamento de uma instalação de dutos de distribuição de gás natural para abastecimento de um posto de GNV deve atender rigorosamente as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas, bem como, a legislação vigente e normas e procedimentos de grandes companhias do setor de distribuição de gás natural.

Em suma, o gás natural deve ser utilizado de forma segura e confiável, por se tratar de um produto inflamável e cujo processo de combustão pode gerar gases tóxicos. Portanto, este tipo de projeto requer um cuidadoso estudo preliminar para evitar desperdícios, garantir a segurança evitando sanções oriundas dos Órgãos fiscalizadores e procura massificar as boas práticas para este tipo de projeto com a abertura do mercado de gás natural;

Com desafios econômicos e técnicos ainda não ajustados, a função do gás natural ganha importância no atual cenário, como matriz energética menos poluidora que os demais combustíveis fósseis e capacitado à realizar a transição para a era da energia renovável.

REFERÊNCIAS

ABEGAS. **Distribuição e Consumo de Gás Natural no Brasil**. Disponível em: <http://www.abegas.org.br/imp_noticia_view.php?CodNot=4287&CodEditoria=6>. Acesso em: 01 de maio de 2021.

ABEGAS. **Sentindo efeitos da pandemia, consumo de gás natural recua 25% em abril na comparação de 12 meses**. Disponível em: <http://www.abegas.org.br/imp_noticia_view.php?CodNot=4287&CodEditoria=6>. Acesso em: 28 de setembro de 2021.

ALDAZ-CARROLL, E. **Regional approaches to better standards systems**. Washington D.C.: World Bank, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 14724: Informação e Documentação - Trabalhos Acadêmicos* - Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

_____. *NBR 6023: Informação e Documentação - Referências* - Elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

_____. *NBR 12712: Projeto de sistemas de transmissão e distribuição de gás combustível*. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

BEN. Balanço Energético Nacional. 2019.

BRASIL. **Resolução CONEMA nº 15 de 22/09/2009**. Estabelece critérios para o licenciamento ambiental, e dá outras providências.

_____. **Constituição da República Federativa do Brasil (1988)**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 16/05/2021.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Proposta da indústria para o aprimoramento do licenciamento ambiental**. Brasília, 2013. Disponível em: <http://www.amchamrio.com.br/src/releases/prop_diretrizes-lic_CNI.pdf>. Acesso em 20/05/2021.

COMGAS. **Orientações e suporte para obras**. Disponível em: <<https://www.comgas.com.br/suporte-obras>>. Acesso em: 28 de setembro de 2021.

COSTA, Fernando. A Economia Brasileira será uma Economia do Petróleo. **Blog Cidadania & Cultura**, São Paulo, 30, novembro. 2017. Disponível em: <https://fernandonogueiracosta.wordpress.com/2017/11/30/a-economia-brasileira-sera-uma-economia-do-petroleo/>. Acesso em: 12/04/2021.

DA SILVA TELLES, Pedro Carlos. *Tubulações Industriais*. 10 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2005.

ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. **Natural Gas Explained**. Washington, 2020. Disponível em: <<https://www.eia.gov/energyexplained/natural-gas/>>. Acesso em: 11/06/2021.

EPE. Plano Decenal de Expansão de Energia 2029. 2019.

ESCOLA DA VIDA. Livro Eletrônico – **Curso Básico de Mecânica dos Fluidos**. Disponível em: <http://www.escoladavida.eng.br/mecflubasica/aula2_unidade3.htm>. Acesso em: 15 de maio de 2021.

FARIA, Talden Queiroz, CORREIA, Arícia Fernandes. **Revista Fórum Municipal & Gestão das Cidades**, periódico nº 3, 01 de janeiro de 2014. Fórum Municipal & Gestão das Cidades. Disponível em:< <http://www.editoraforum.com.br/ef/index.php/conteudo- revista/?conteudo=99899>>. Acesso em: 15 de maio de 2021.

FIRJAN. **Perspectivas do Gás Natural no Rio de Janeiro**. Disponível em:< <https://www.firjan.com.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=2C908A8A67606F020167796A6A433593>>. Acesso em: 08 de outubro de 2021.

GRUPO NATURGY. **NT-200-BRA - Parte 1: Critérios e Procedimentos Técnicos de Distribuição - Projeto e Dimensionamento de Redes e Ramais**. Rio de Janeiro: GN, 2002.

IEA. Agência Internacional de Energia. Gas 2020.

RIO DE JANEIRO. Prefeitura Municipal. Lei Complementar nº 111.2011, de 01 de fevereiro de 2011. Secretaria Municipal de Planejamento Urbano. Dados Estatísticos, Mapas e Relatórios. Disponível em: < <https://www.rio.rj.gov.br/web/smu/informacoes-urbanisticas>>. Acesso em: 15 maio 2021.

SAAD, Flávia. **Como medir o tamanho da tubulação de gás de alta pressão**. Disponível em: <<http://www.manutencaoesuprimentos.com.br/conteudo/5669-como-medir-o-tamanho-da-tubulacao-de-gas-de-alta-pressao/>>. Acesso em: 15 de maio de 2021.

SILVA, Cristiano Lôbo da; ROCHA, João Henrique de M. V. **Elaboração e apresentação de trabalhos de conclusão de curso de graduação**. 2. ed. Feira de Santana: SOMESB/FTC - Faculdade de Tecnologia e Ciências de Feira de Santana, 2002.

TAGUSGAS. **Rede de distribuição Tagusgás**. Disponível em:<<http://www.tagusgas.pt/rede-de-distribuicao-tagusgas>>. Acesso em: 24 de novembro de 2021.

TEIXEIRA, João Pedro Braga. **Gás Natural: o energético mais competitivo**. Rio de Janeiro, 2015