

MAX MOLDES DA SILVA

**ESTUDO DE CASO PARA
DIMENSIONAMENTO DE PROJETOS DE
REDE INTERNA DE GÁS NATURAL PARA
INSTALAÇÕES RESIDENCIAIS, NÃO
RESIDENCIAIS E INDUSTRIAIS**

Manaus - Amazonas

2023

MAX MOLDES DA SILVA

**ESTUDO DE CASO PARA DIMENSIONAMENTO DE
PROJETOS DE REDE INTERNA DE GÁS NATURAL
PARA INSTALAÇÕES RESIDENCIAIS, NÃO
RESIDENCIAIS E INDUSTRIAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade do Estado do Amazonas como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro. em conformidade com as normas ABNT.

Universidade do Estado do Amazonas – UEA
Escola Superior de Tecnologia - EST
Engenharia de Controle e Automação

Orientador Prof. Dr. ALMIR KIMURA JUNIOR

Manaus - Amazonas
2023



GOVERNO DO ESTADO DO AMAZONAS

Engenharia de Controle e Automação

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

Às 15:20 horas do dia 06 de Setembro de 2023, reuniu-se na sala 5 da Escola Superior de Tecnologia – EST, da Universidade do Estado do Amazonas, a Banca Examinadora do Trabalho de Conclusão do Curso, indicada pelo docente da componente curricular TCC II, do Curso de Engenharia de Controle e Automação, sob o título “Estudo de caso para dimensionamento de projetos de rede interna de gás natural para instalações residenciais, não residenciais e industriais”, do discente Max Moldes da Silva, orientado pelo docente Almir Kimura Junior, composta pelos docentes Membros Vitor Fernando de Souza Gadelha, Luiz Alberto Queiroz Cordovil Junior e Rodrigo Araújo, para a sessão de defesa pública do citado trabalho, requisito para a obtenção do Grau de do curso de Engenharia de Controle e Automação. Abrindo a sessão o Presidente da Comissão, Prof. Almir Kimura Junior, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares do Trabalho de Conclusão de Curso, passou a palavra ao discente para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos membros da Banca Examinadora e respectiva defesa do discente. Nesta ocasião foram solicitadas algumas correções no texto escrito, as quais foram acatadas de imediato. Logo após, a Comissão se reuniu, sem a presença do discente e do público, para julgamento e expedição do resultado final. O discente foi considerado APROVADO. O resultado foi então comunicado publicamente ao aluno pela Presidente da Banca Examinadora. Nada mais havendo a tratar, o Presidente da Banca Examinadora deu por encerrado o julgamento que tem por conteúdo o teor desta Ata que, após lida e achada conforme, será assinada por todos os membros da Banca Examinadora para fins de produção de seus efeitos legais.

Manaus, 06 de Setembro de 2023.

Rodrigo Fenício Araújo
.....
Rodrigo Araújo

Luiz Alberto Queiroz Cordovil Junior
.....
Luiz Alberto Queiroz Cordovil Junior

Vitor Fernando de Souza Gadelha
.....
Vitor Fernando de Souza Gadelha

Max Moldes da Silva
.....
Max Moldes da Silva

UEA

UNIVERSIDADE
DO ESTADO DO
AMAZONAS

A minha família, meus amigos,
minha namorada e professores
que me ajudaram na
realização deste
trabalho

Agradecimentos

Gostaria de expressar minha sincera gratidão a todos que contribuíram para a conclusão deste trabalho de conclusão de curso. Esta jornada acadêmica foi desafiadora e enriquecedora, e não teria sido possível sem o apoio e incentivo de muitas pessoas.

Primeiramente, quero agradecer ao meu orientador, Dr. Almir Kimura Júnior, pela orientação valiosa, paciência e expertise compartilhada ao longo deste processo. Sua orientação foi fundamental para dar forma a este trabalho.

À minha família, amigos e entes queridos, quero expressar meu profundo agradecimento por seu apoio incondicional e encorajamento constante. Suas palavras de incentivo e compreensão foram um alicerce vital.

Também gostaria de agradecer aos meus colegas de trabalho, que compartilharam suas ideias e conhecimentos, tornando esta jornada acadêmica ainda mais rica e inspiradora.

Por último, mas não menos importante, quero agradecer a todas as fontes de pesquisa e literatura que consultei ao longo deste projeto. Suas contribuições foram fundamentais para o desenvolvimento das minhas ideias.

Este trabalho de conclusão de curso representa não apenas o fim de uma etapa, mas também o começo de uma nova jornada. Espero que as conclusões aqui apresentadas contribuam de alguma forma para o avanço do conhecimento em nossa área.

Mais uma vez, obrigado a todos que desempenharam um papel nessa conquista. Estou profundamente grato por todo o apoio e colaboração que recebi ao longo deste caminho.

*“Há aqueles que já nascem póstumos”
(Friedrich Wilhelm Nietzsche)*

Resumo

Esta monografia apresenta um estudo de caso sobre o dimensionamento de projetos de rede interna de gás natural para instalações residenciais, não residenciais e industriais. O objetivo do estudo é analisar e propor diretrizes para o adequado dimensionamento desses projetos, considerando as demandas de cada tipo de instalação e as normas técnicas vigentes. Para isso, foram realizadas pesquisas bibliográficas e entrevistas com profissionais do setor, além da análise de casos reais de instalações de gás natural. Os resultados obtidos proporcionam um embasamento teórico-prático para auxiliar na elaboração de projetos eficientes e seguros, levando em consideração aspectos como vazão, pressão, materiais utilizados, dispositivos de segurança e normas regulamentadoras.

Palavras-chaves: gás natural, rede interna, dimensionamento, instalações residenciais, instalações não residenciais, instalações industriais, estudo de caso.

Abstract

This dissertation presents a case study on the sizing of natural gas internal network projects for residential, non-residential, and industrial facilities. The aim of this study is to analyze and propose guidelines for the proper sizing of these projects, taking into account the demands of each type of installation and the current technical standards. To achieve this, literature reviews and interviews with industry professionals were conducted, along with the analysis of real cases of natural gas installations. The results obtained provide a theoretical and practical foundation to assist in the development of efficient and safe projects, considering aspects such as flow rate, pressure, materials used, safety devices, and regulatory standards.

Key-words: Natural gas, internal network, sizing, residential installations, non-residential installations, industrial installations, case study.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Tipologia com regulador de estágio único, medição individual em área comum e distribuição por prumadas individuais.	24
Figura 2 – Tipologia com reguladores de 1º e 2º estágios, medição individual em área comum e distribuição por prumadas individuais.	26
Figura 3 – Tipologia com regulador de estágio único, distribuição por prumadas coletivas e medição individual nos andares.	27
Figura 4 – Travessia em tubos através de tubo-luva	31
Figura 5 – Travessia de tubos e revestimentos externo	31
Figura 6 – Instalação de tubulação enterrada	32
Figura 7 – Reaterro de tubulação enterradas	33
Figura 8 – Isométrico residencial	40
Figura 9 – Parâmetros memória de cálculo	41
Figura 10 – Consumo geral	42
Figura 11 – Consumo por torre	42
Figura 12 – Consumo por pavimento típico	42
Figura 13 – Consumo por pavimento cobertura	43
Figura 14 – Consumo por apartamento	43
Figura 15 – Resultado simualção 01 com pressão de operação 50kPa	43
Figura 16 – Resultado simualção 02 com pressão de operação 150kPa	44
Figura 17 – Resultado simualção 02 pontos de regulagem	45
Figura 18 – Conjunto de Regulagem e Medição caso 01	46
Figura 19 – Lista de materiais CRM caso 01	47
Figura 20 – Rede interna enterrada caso 01	47
Figura 21 – Vala aberta caso 01 (vista superior)	48
Figura 22 – Vala aberta caso 01(vista frontal)	48
Figura 23 – Lista de materiais vala aberta caso 01	49
Figura 24 – Isométrico caso 02	49
Figura 25 – Consumo geral caso 02	50
Figura 26 – Perda de carga conexões caso 02	50
Figura 27 – Resultado simulação 03	51
Figura 28 – Conjunto de Regulagem e Medição Caso 02	52
Figura 29 – Lista de materiais CRM caso 02	53
Figura 30 – Isométrico caso 03	54
Figura 31 – Consumo geral caso 03	54
Figura 32 – Perda de carga conexões caso 03	54

Figura 33 – Resultado simulação 04	55
Figura 34 – Conjunto de Regulagem e Medição caso 03	56
Figura 35 – Rede interna enterrada caso 03	57
Figura 36 – Vala aberta caso 03 (vista superior)	58
Figura 37 – Vala aberta caso 03 (vista frontal)	58
Figura 38 – Lista materiais vala aberta caso 03	59
Figura 39 – Isométrico residencial folha 01	66
Figura 40 – Isométrico residencial folha 02	67
Figura 41 – Isométrico residencial folha 03	68
Figura 42 – Isométrico residencial folha 04	69
Figura 43 – Isométrico residencial folha 05	70
Figura 44 – Resultado simulação 02 parte 01	71
Figura 45 – Resultado simulação 02 parte 02	72
Figura 46 – Resultado simulação 02 parte 03	73
Figura 47 – Resultado simulação 02 parte 04	74
Figura 48 – Resultado simulação 02 parte 05	75
Figura 49 – Resultado simulação 02 parte 06	76
Figura 50 – Resultado simulação 02 parte 07	77
Figura 51 – Lista de materiais CRM caso 03 parte 01	78
Figura 52 – Lista de materiais CRM caso 03 parte 02	79
Figura 53 – Lista de materiais CRM caso 03 parte 03	79
Figura 54 – Lista de materiais CRM caso 03 parte 04	80

Lista de tabelas

Tabela 1 – Afastamento mínimo na instalação de tubos	30
Tabela 2 – Senso dos apartamentos	39
Tabela 3 – Senso dos apartamentos	39
Tabela 4 – Senso área comum	39
Tabela 5 – Senso caso 02	48
Tabela 6 – Senso caso 03	52

Lista de abreviaturas e siglas

UEA	Universidade do Estado do Amazonas
EST	Escola Superior de Tecnologia
CRM	Conjunto de Regulagem e Medição
AC	Aço carbono
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PCI	Poder Calorífico Inferior

Sumário

	Lista de ilustrações	8
	Lista de tabelas	10
	Sumário	12
1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Problema de Pesquisa	15
1.2	Objetivos	16
1.2.1	Objetivo Geral	16
1.2.2	Objetivo Específico	16
1.3	Organização do Trabalho	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	Introdução	18
2.2	Gás natural	18
2.2.1	Gás natural como fonte energética	20
2.3	Normas técnicas e regulamentações	21
2.4	Critérios de dimensionamento de rede interna de gás natural	22
2.4.1	Coleta de informações	22
2.4.2	Análise de demanda	23
2.4.3	Tipologia de rede interna	23
2.4.4	Tipologias típicas em edifícios residenciais	24
2.4.4.1	Tipologia com regulador de estágio único, medição individual em área comum e distribuição por prumadas individuais	24
2.4.4.2	Tipologia com reguladores de 1º e 2º estágios, medição individual em área comum e distribuição por prumadas individuais	25
2.4.4.3	Tipologia com regulador de estágio único, distribuição por prumadas coletivas e medição individual nos andares	27
2.4.5	Tubulação	28
2.4.5.1	Instalação da tubulação	29
2.4.5.2	Aparente	29
2.4.5.3	Embutida	30
2.4.5.4	Enterrada	31
2.4.6	Pressão de Operação	33

3	METODOLOGIA	34
3.1	Parâmetros de cálculo	34
3.2	Metologia de cálculo	35
3.2.1	Cálculo de pressão acima de 7,5 kPa	36
3.2.2	Cálculo de pressão de até 7,5kPa	37
3.2.3	Cálculo de velocidade	37
3.2.4	Fator de simultaneidade	38
4	RESULTADOS	39
4.1	Estudo de Caso 01	39
4.1.1	Definição de pontos de medição	40
4.1.2	Memória de Cálculo	41
4.1.3	Simulação 01	41
4.1.4	Simulação 02	43
4.1.4.1	Definição do conjunto de Regulagem e Medição caso 01	44
4.1.5	Detalhe da rede interna enterrada caso 01	45
4.2	Estudo de Caso 02	45
4.2.1	Simulação 03	49
4.2.1.1	Definição do conjunto de Regulagem e Medição caso 02	51
4.3	Estudo de Caso 03	52
4.3.1	Simulação 04	53
4.3.1.1	Definição do conjunto de Regulagem e Medição caso 03	56
4.3.2	Detalhe da rede interna enterrada caso 03	57
5	CONCLUSÕES	60
5.1	Trabalhos Futuros	62
	REFERÊNCIAS	64
	APÊNDICE A – ISOMÉTRICO CASO 01	66
	APÊNDICE B – RESULTADO SIMULAÇÃO 02	71
	APÊNDICE C – LISTA DE MATERIAIS CRM CASO 03	78

1 Introdução

A utilização do gás natural como fonte de energia tem se expandido consideravelmente nas últimas décadas, devido às suas características vantajosas, como a eficiência energética, baixas emissões de poluentes e versatilidade de aplicações. Nesse contexto, o dimensionamento adequado de projetos de rede interna de gás natural para instalações residenciais, não residenciais e industriais torna-se essencial para garantir a segurança, eficiência e funcionalidade desses sistemas (REIS et al., 2018).

O dimensionamento de redes internas de gás natural refere-se ao cálculo e planejamento criterioso dos elementos necessários para o transporte seguro e eficiente desse combustível dentro de uma edificação. Compreender as demandas específicas de cada tipo de instalação é fundamental para garantir a adequação dos equipamentos, tubulações e dispositivos de segurança, bem como a correta distribuição do gás aos pontos de consumo (COMGÁS, 2014).

Esta monografia tem como objetivo apresentar um estudo de caso abrangente sobre o dimensionamento de projetos de rede interna de gás natural, abordando instalações residenciais, não residenciais e industriais. Serão analisados os requisitos técnicos, normas e regulamentações aplicáveis, bem como as principais etapas e considerações para o planejamento e execução desses projetos.

Ao estudar casos reais de dimensionamento de redes internas de gás natural, será possível identificar desafios comuns enfrentados pelos profissionais responsáveis por essas instalações e explorar as soluções adotadas para garantir a segurança e eficiência energética. Além disso, serão discutidos aspectos relacionados à manutenção, inspeção e controle de qualidade desses sistemas, buscando assegurar o funcionamento adequado ao longo do tempo.

Compreender as melhores práticas e as técnicas de dimensionamento utilizadas em projetos de rede interna de gás natural é de suma importância para garantir a proteção das edificações, a segurança dos usuários e a preservação do meio ambiente. Além disso, o dimensionamento adequado contribui para a otimização do consumo de energia e redução de perdas, proporcionando benefícios econômicos tanto para os usuários finais quanto para as concessionárias de gás natural.

Ao longo desta dissertação, serão apresentados estudos de caso, análises técnicas e recomendações para o dimensionamento de redes internas de gás natural, abrangendo diferentes tipos de instalações. Espera-se que este estudo contribua para o aprimoramento dos projetos de redes internas de gás natural, promovendo a segurança, eficiência energética e sustentabilidade em diversos setores.

1.1 Problema de Pesquisa

Qual é a abordagem mais eficiente e segura para o dimensionamento de projetos de rede interna de gás natural em instalações residenciais, não residenciais e industriais, considerando as diferentes demandas de consumo e os requisitos normativos e de segurança?

A adoção de critérios específicos e diretrizes normativas no dimensionamento de projetos de rede interna de gás natural em instalações residenciais, não residenciais e industriais resultará em sistemas mais eficientes, seguros e econômicos, proporcionando um melhor aproveitamento do gás natural, reduzindo perdas e atendendo às demandas específicas de cada tipo de instalação.

A necessidade de transição para fontes de energia mais limpas e sustentáveis tem sido amplamente reconhecida em todo o mundo. Nesse contexto, o gás natural surge como uma alternativa promissora, devido à sua abundância, versatilidade e menor impacto ambiental em comparação a outros combustíveis fósseis. No entanto, a eficiência e segurança no dimensionamento de projetos de rede interna de gás natural em diferentes tipos de instalações ainda é um desafio a ser enfrentado.

A justificativa para esta monografia reside na importância de desenvolver diretrizes e práticas adequadas para o dimensionamento de projetos de rede interna de gás natural em instalações residenciais, não residenciais e industriais. Atualmente, existem lacunas no conhecimento técnico e normativo que dificultam a implementação eficiente desses projetos, o que pode resultar em desperdício de recursos, ineficiência energética e potenciais riscos de segurança.

Por meio de estudos de caso e análises aprofundadas, essa dissertação buscará preencher essas lacunas e fornecer subsídios para o aprimoramento do dimensionamento de projetos de rede interna de gás natural. Serão consideradas as características específicas de cada tipo de instalação, como perfil de consumo, demanda de equipamentos e requisitos normativos e de segurança. Além disso, serão analisadas as melhores práticas adotadas em diferentes contextos, identificando-se os desafios enfrentados e propondo estratégias para superá-los.

A relevância desta pesquisa está relacionada aos benefícios econômicos, ambientais e de segurança que podem ser alcançados por meio do dimensionamento adequado de projetos de rede interna de gás natural. A redução de perdas, o uso eficiente do gás e a garantia de um fornecimento seguro e confiável são aspectos que contribuem para a sustentabilidade energética e para a otimização dos recursos disponíveis.

Além disso, essa monografia fornecerá informações valiosas para profissionais do setor de energia, projetistas, engenheiros e tomadores de decisão, permitindo a adoção de práticas mais eficientes e direcionadas ao dimensionamento de projetos de rede interna de gás natural. Essas diretrizes podem influenciar políticas públicas, normas técnicas e

regulamentações, impactando positivamente o setor energético como um todo.

Portanto, a justificativa desta dissertação baseia-se na necessidade premente de aprimorar o dimensionamento de projetos de rede interna de gás natural, a fim de promover a eficiência, segurança e sustentabilidade energética em instalações residenciais, não residenciais e industriais. O conhecimento gerado a partir dessa pesquisa poderá contribuir significativamente para a implementação de sistemas mais eficientes, econômicos e alinhados com as demandas atuais de consumo e de redução de impactos ambientais.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Investigar e propor diretrizes para o dimensionamento eficiente e seguro de projetos de rede interna de gás natural em instalações residenciais, não residenciais e industriais, considerando as diferentes demandas de consumo e os requisitos normativos e de segurança por meio de estudos de caso.

1.2.2 Objetivo Específico

1. Analisar os critérios técnicos e normativos que influenciam no dimensionamento de projetos de rede interna de gás natural em instalações residenciais, não residenciais e industriais.
2. Avaliar as melhores práticas e diretrizes normativas existentes para o dimensionamento de projetos de rede interna de gás natural.
3. Realizar estudos de caso em instalações residenciais, não residenciais e industriais, coletando dados sobre consumo, equipamentos utilizados e requisitos normativos aplicáveis.
4. Comparar as demandas de consumo e as soluções adotadas em projetos de rede interna de gás natural em diferentes tipos de instalação.
5. Identificar os desafios enfrentados na implementação de projetos de rede interna de gás natural e propor estratégias para superá-los.
6. Analisar os benefícios econômicos e ambientais do dimensionamento adequado de projetos de rede interna de gás natural, considerando a redução de perdas e o uso eficiente do gás.
7. Desenvolver diretrizes e recomendações para o dimensionamento eficiente e seguro de projetos de rede interna de gás natural, considerando as particularidades de instalações residenciais, não residenciais e industriais.

Esses objetivos específicos contribuirão para o alcance do objetivo geral, fornecendo conhecimentos técnicos, dados empíricos e diretrizes práticas para o dimensionamento eficiente e seguro de projetos de rede interna de gás natural em diferentes tipos de instalação.

1.3 Organização do Trabalho

Este trabalho está dividido em cinco capítulos para seu melhor entendimento. A subdivisão em capítulos é a seguinte:

- Introdução (Capítulo I);
- Referencial Teórico (Capítulo II);
- Metodologia (Capítulo III);
- Resultados (Capítulo IV);
- Conclusões (Capítulo V).

No Capítulo 1 está apresentado o tema e sua contextualização no meio tecnológico, mais especificamente na área de energia, além da problemática, objetivos gerais e específicos, justificativa e motivação para o trabalho, metodologia passo-a-passo.

O Capítulo 2 deste trabalho aborda tópicos essenciais relacionados ao dimensionamento de redes internas de gás natural, utilizando estudos de caso como exemplos ilustrativos. Ele se concentra em conceitos fundamentais que são relevantes para compreender o processo de dimensionamento, considerando instalações residenciais, não residenciais e industriais.

No Capítulo 3 é feita a caracterização dos materiais empregados, detalhando sua aplicação, método de seleção e propriedades relevantes. Além disso, são elucidadas as características extraídas dos estudos de caso, incluindo informações sobre o consumo real de gás e as configurações das redes internas. Também se esclarecem os requisitos de implementação do método utilizado no processo de dimensionamento das redes internas de gás natural, fornecendo uma visão abrangente de como as análises e conclusões foram obtidas e aplicadas.

No Capítulo 4 apresentam-se os resultados obtidos com os estudos de caso apresentados e discutem-se os resultados obtidos.

No Capítulo 5 são apresentadas as conclusões finais e as sugestões de trabalhos futuros.

2 Referencial Teórico

2.1 Introdução

O dimensionamento adequado de projetos de rede interna de gás natural é um elemento essencial para garantir a eficiência energética, a segurança operacional e a otimização dos recursos em instalações residenciais, não residenciais e industriais. Nesse contexto, a revisão do referencial teórico se mostra fundamental para embasar e fundamentar a pesquisa. Diversos estudos científicos têm sido realizados com o intuito de analisar os critérios técnicos, normas regulatórias e melhores práticas relacionadas ao tema.

Segundo Johann, Simoes e Santos (2019), a determinação adequada da capacidade de vazão, a seleção criteriosa dos materiais e a consideração dos fatores de segurança são aspectos cruciais no dimensionamento eficiente de redes internas de gás natural em instalações residenciais. Além disso, a análise das normas técnicas e regulamentações vigentes é de suma importância para assegurar a conformidade com os padrões de segurança e qualidade.

No artigo de Braga e Leister (2018), foi realizada uma investigação minuciosa sobre o dimensionamento de projetos de rede interna de gás natural em instalações não residenciais. O autor destacou a importância de considerar as demandas específicas de cada instalação e os critérios técnicos adotados, resultando na proposição de diretrizes que visam a otimização dos sistemas de gás natural nessas instalações.

Diante da escassez de estudos e pesquisas, este referencial teórico tem como objetivo apresentar uma revisão crítica e abrangente dos principais artigos científicos, dissertações de mestrado e teses de doutorado relacionados ao tema de estudo de caso para dimensionamento de projetos de rede interna de gás natural. Por meio dessa revisão, pretende-se consolidar o conhecimento atualizado e embasar a análise e discussão dos resultados obtidos na pesquisa.

2.2 Gás natural

O gás natural é formado ao longo de milhões de anos pela decomposição de matéria orgânica, como plantas e animais, que são submetidos a altas pressões e temperaturas no subsolo. As reservas de gás natural são encontradas em depósitos subterrâneos terrestres (*onshore*) e marítimos (*offshore*), geralmente associadas a depósitos de petróleo. A exploração e extração do gás natural envolvem a perfuração de poços e a produção em campos específicos (REIS et al., 2018).

A composição do gás natural pode variar dependendo da localização geográfica.

No entanto, o componente predominante é o metano, que geralmente representa mais de 90% do volume total. O gás natural também pode conter pequenas quantidades de outros hidrocarbonetos, como etano, propano, butano e traços de compostos não combustíveis, como nitrogênio, dióxido de carbono e sulfeto de hidrogênio (BARBOSA; PEYERL, 2020).

Segundo Reis et al. (2018), o gás natural possui propriedades físicas e energéticas que o tornam uma fonte de energia atraente. Ele é incolor, inodoro e mais leve que o ar, o que facilita sua dispersão em caso de vazamentos. Por questões de segurança, um odorizador de enxofre é adicionado ao gás natural antes da distribuição, conferindo-lhe um cheiro característico para facilitar a detecção de vazamentos. Em termos energéticos, o gás natural possui alto poder calorífico, o que significa que contém uma grande quantidade de energia por unidade de volume.

Segundo Barbosa e Peyerl (2020), o gás natural tem uma ampla gama de aplicações em diferentes setores. No setor residencial, é utilizado para aquecimento ambiente, aquecimento de água e cocção de alimentos. No setor industrial, é utilizado como fonte de energia e matéria-prima em processos como geração de eletricidade, produção de calor, fabricação de produtos químicos, fertilizantes, plásticos, entre outros. Além disso, o gás natural também é utilizado como combustível em veículos, tanto em sua forma comprimida (GNC - Gás Natural Comprimido) quanto liquefeita (GNL - Gás Natural Liquefeito).

A infraestrutura de distribuição de gás natural envolve a construção de redes de gasodutos para transportar o gás das áreas de produção até os pontos de consumo. Essas redes são gerenciadas por concessionárias de distribuição e são conectadas a redes de distribuição internas em residências, indústrias e estabelecimentos comerciais. A distribuição do gás natural é feita por meio de pressão controlada, garantindo o fornecimento adequado aos consumidores finais (BRONZATTI; NETO, 2008).

O gás natural apresenta diversos benefícios em relação a outras fontes de energia. Ele é mais limpo em termos de emissões de poluentes, contribuindo para a redução da poluição do ar e mitigação das mudanças climáticas. Além disso, sua abundância e disponibilidade em muitas regiões tornam o gás natural uma opção de energia acessível e confiável. No entanto, existem desafios associados ao gás natural, como a necessidade de infraestrutura adequada, preocupações ambientais, riscos de vazamentos e a dependência de fontes não renováveis (BRONZATTI; NETO, 2008).

O gás natural desempenha um papel importante como fonte de energia em diferentes setores, oferecendo benefícios significativos em termos de eficiência energética e redução de emissões. O dimensionamento adequado de instalações residenciais e a utilização segura do gás natural, requerem a consideração de critérios como a carga total de gás, pressão de suprimento, dimensionamento da tubulação e conexões, além da necessidade de ventilação e exaustão adequadas. A compreensão das características e aplicações do gás natural é fundamental para promover o seu uso responsável e sustentável (CORDEIRO; BATISTA, 2018).

2.2.1 Gás natural como fonte energética

O gás natural tem se destacado como uma fonte energética versátil e sustentável, apresentando benefícios significativos em comparação com outras formas de energia. Abaixo estão algumas considerações relevantes que sustentam a importância do gás natural como fonte de energia.

- **Baixa emissão de poluentes:** Estudos têm demonstrado que o gás natural possui vantagens ambientais significativas devido à sua combustão mais limpa em comparação com outros combustíveis fósseis. De acordo com Barbosa e Peyerl (2020), a queima de gás natural resulta em emissões mais baixas de dióxido de carbono (CO_2), óxidos de nitrogênio (NO_x) e material particulado em comparação com carvão e petróleo.
- **Eficiência na geração de energia elétrica:** Usinas termelétricas a gás natural são reconhecidas por sua alta eficiência de conversão. Segundo estudo realizado Bronzatti e Neto (2008), a geração de eletricidade a partir de gás natural pode atingir eficiências superiores a 50 %, o que resulta em menor consumo de combustível e menor emissão de CO_2 por unidade de energia produzida.
- **Contribuição para a transição energética:** O gás natural desempenha um papel importante na transição energética, servindo como uma alternativa de transição para reduzir as emissões de carbono. De acordo com Barbosa e Peyerl (2020), o gás natural pode ser utilizado como um "*combustível de transição*" para substituir gradualmente os combustíveis fósseis mais intensivos em carbono, facilitando a adoção de fontes de energia renováveis de forma mais sustentável.
- **Flexibilidade de uso e disponibilidade:** O gás natural oferece flexibilidade no uso em diferentes setores, como residencial, industrial e transporte. Além disso, sua disponibilidade é uma vantagem significativa. Segundo Barbosa e Peyerl (2020), o gás natural é encontrado em abundância em várias partes do mundo, tornando-o uma opção viável para garantir o suprimento energético em muitos países.
- **Papel na diversificação da matriz energética:** A utilização do gás natural pode ajudar na diversificação da matriz energética, reduzindo a dependência de uma única fonte de energia. De acordo com Cordeiro e Batista (2018), a diversificação da matriz energética com o uso do gás natural pode melhorar a segurança energética e reduzir a vulnerabilidade a choques de preços e interrupções no fornecimento de energia.

Em suma, o gás natural como fonte energética demonstra diversas vantagens, como baixa emissão de poluentes, alta eficiência na geração de eletricidade, contribuição para a transição energética, flexibilidade de uso e disponibilidade. Esses aspectos são respaldados por pesquisas científicas e evidenciam o papel significativo que o gás natural desempenha na busca por um sistema energético mais sustentável.

2.3 Normas técnicas e regulamentações

O dimensionamento de projetos de rede interna de gás natural é uma etapa essencial para garantir a segurança, a eficiência e o desempenho adequado das instalações residenciais, não residenciais e industriais. Nesse contexto, normas técnicas e regulamentações são estabelecidas para fornecer diretrizes e critérios para o projeto, construção e operação dessas redes de distribuição interna de gás natural. Este referencial teórico apresentará algumas das principais normas e regulamentações relevantes para o estudo de caso de dimensionamento de projetos de rede interna de gás natural.

1. ABNT NBR 15526 (2016) - Redes de distribuição interna para gases combustíveis em instalações residenciais - Projeto e execução: Esta norma estabelece os requisitos mínimos exigíveis para o projeto e execução de redes de distribuição interna para gases combustíveis em instalações residenciais que não excedam a pressão de operação de 150 kPa (1,53 kgf/cm²) e que possam ser abastecidos tanto por canalização de rua como por uma central de gás conduzindo até os pontos de utilização de um sistema de tubulações. Esta norma se aplica aos seguintes gases combustíveis: gas natural (GN), gases liquefeitos de Petróleo (GLP, propano, butano) em fase de vapor e mistura ar-GLP.
2. ABNT NBR 15358 (2020) - Rede de distribuição interna para gás combustíveis em instalações de uso não residencial de até 400 kPa - Projeto e execução: Esta Norma estabelece os requisitos mínimos exigíveis para o projeto e a execução de rede de distribuição interna para gas combustível em instalações de uso não residencial, tais como processos industriais e atividades comerciais, que não excedam, a pressão de operação de 400 kPa (4,08 kgf/cm²) e que possam ser abastecidas tanto por canalização de rua como por uma central de gás.
3. ABNT NBR 15923 (2011) - Inspeção de rede de distribuição interna de gases combustíveis em instalações residenciais e instalação de aparelhos a gás para uso residencial - Procedimento: Esta norma estabelece os requisitos mínimos exigíveis para a instalação de redes de distribuição interna de gases combustíveis em instalações residenciais, conforme ABNT NBR 15526 (em suas partes aparentes), e de instalação de aparelhos a gás para uso residencial, conforme ABNT NBR 13103. Esta norma exige atendimento das regulamentações legais (leis, decretos, portarias; nos âmbitos federal, estadual ou municipal).
4. ABNT NBR 13103 (2020) - Instalação de aparelhos a gás - requisitos: Esta Norma estabelece os requisitos de projeto, construção, reforma, adequação e inspeção, para instalação de aparelhos a gás. Esta Norma estabelece os requisitos de instalação de

aparelhos a gás com pressão nominal não superior a 2,0 kPa para gás natural (GN) e 2,8 kPa para gás liquefeito de petróleo (GLP).

5. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP): A ANP é responsável pela regulação e fiscalização da indústria de petróleo, gás natural e biocombustíveis no Brasil. Ela estabelece regulamentações técnicas e operacionais para o setor, incluindo requisitos específicos para a distribuição interna de gás natural em instalações residenciais, não residenciais e industriais.
6. Normas e regulamentações locais: Além das normas nacionais, é importante considerar as normas e regulamentações locais estabelecidas pelas autoridades competentes. Essas normas podem variar de acordo com o país, estado ou município e podem incluir requisitos adicionais de segurança, inspeção e manutenção para as instalações de gás natural.

Além das normas técnicas e regulamentações, é fundamental seguir boas práticas de engenharia no dimensionamento de projetos de rede interna de gás natural. Isso inclui a contratação de profissionais qualificados, o uso de materiais e equipamentos certificados, a realização de cálculos de dimensionamento adequados e a implementação de sistemas de segurança, como válvulas de bloqueio e detecção de vazamentos.

O estudo de caso para o dimensionamento de projetos de rede interna de gás natural para instalações residenciais, não residenciais e industriais requer o cumprimento de normas técnicas e regulamentações específicas. As normas mencionadas neste referencial teórico, como a ABNT NBR 15526 (2016) , ABNT NBR 13103 (2020) e ABNT NBR 15923 (2011), fornecem diretrizes e critérios importantes para garantir a segurança e a eficiência dessas instalações. Além disso, é essencial considerar as regulamentações estabelecidas pela ANP e pelas autoridades locais. A aplicação de boas práticas de engenharia também desempenha um papel fundamental na garantia da qualidade dos projetos e na segurança das instalações de gás natural.

2.4 Critérios de dimensionamento de rede interna de gás natural

2.4.1 Coleta de informações

Nesta fase, são obtidos dados relevantes sobre a instalação residencial, como área total, número de cômodos, tipos de aparelhos a gás (por exemplo, aquecedores, fogões, fornos), estimativa de demanda de gás, entre outros.

2.4.2 Análise de demanda

Com base nas informações coletadas, é realizada uma análise da demanda de gás, levando em consideração os aparelhos a gás presentes na residência e suas respectivas taxas de consumo. Isso ajuda a determinar a capacidade de suprimento de gás necessária para atender às necessidades da instalação.

É necessário obter informações sobre o consumo de gás em relação aos aparelhos a gás que serão utilizados, a fim de determinar a demanda máxima instantânea da rede interna de distribuição. Para calcular a demanda máxima, é importante levar em consideração o poder calorífico inferior (PCI), que representa a quantidade de energia liberada ao queimar o gás.

Além disso, pode ser útil considerar a possibilidade de consumo simultâneo dos equipamentos conectados à rede interna de distribuição como uma previsão para futuros aumentos na demanda.

É essencial realizar essas análises para garantir que o dimensionamento da rede de gás atenda às demandas máximas esperadas, levando em conta fatores como o perfil de consumo, o poder calorífico inferior e possíveis aumentos na demanda no futuro.

2.4.3 Tipologia de rede interna

Segundo COMGÁS (2014), a escolha da tipologia da rede interna mais adequada ao local de instalação da distribuição de gás natural requer a consideração de vários fatores. Esses fatores incluem a utilização do imóvel (residencial, comercial ou industrial), o tipo do imóvel (casa, edifício, construção comercial ou instalação industrial) e a característica da medição do gás (coletiva ou individual).

No caso de instalações industriais, é fundamental considerar as demandas específicas desse setor. A tipologia da rede interna de distribuição de gás natural na indústria pode variar dependendo dos processos e equipamentos industriais envolvidos. A escolha adequada da tipologia da rede interna deve levar em conta fatores como pressão requerida, vazão de gás necessária e a natureza das operações industriais (COMGÁS, 2014).

Além disso, é necessário levar em conta a pressão disponibilizada na rede geral de gás natural, que deve ser compatível com as necessidades da indústria. A pressão influencia diretamente na escolha da tipologia da rede interna, uma vez que diferentes níveis de pressão são necessários para atender às demandas específicas da indústria (COMGÁS, 2014).

Segundo ABNT NBR 15526 (2016), outro aspecto importante é a localização do regulador de pressão interno, que pode ser de estágio único ou de primeiro estágio. Essa escolha depende da pressão fornecida e das exigências específicas do local de instalação industrial.

De acordo com ABNT NBR 15526 (2016), a localização da medição interna do gás também é um fator a ser considerado na indústria. A medição pode ser realizada em áreas específicas da instalação industrial, permitindo um controle preciso do consumo de gás e facilitando a gestão operacional.

Por fim, é essencial fazer uma previsão da vazão de gás necessária para atender às demandas industriais, levando em consideração não apenas as demandas atuais, mas também possíveis expansões futuras e o uso de equipamentos industriais adicionais.

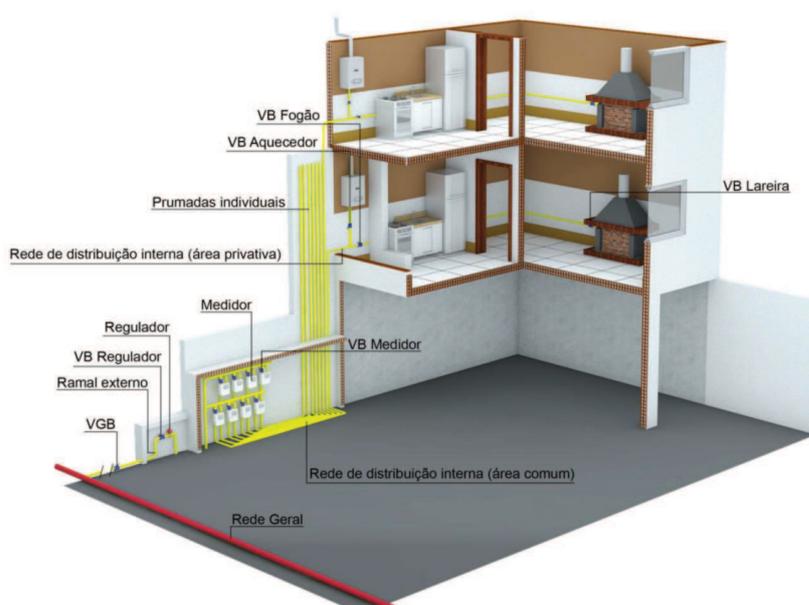
Portanto, ao escolher a tipologia da rede interna de distribuição de gás natural na indústria, é fundamental avaliar todos esses aspectos, garantindo uma instalação segura, eficiente e adequada às necessidades específicas do local e dos processos industriais envolvidos.

2.4.4 Tipologias típicas em edifícios residenciais

2.4.4.1 Tipologia com regulador de estágio único, medição individual em área comum e distribuição por prumadas individuais

Segundo (COMGÁS, 2014), a tipologia com regulador de estágio único em rede interna de gás, medição individual em área comum e distribuição por prumadas individuais é mostrado na Figura 1, que refere-se a um sistema de instalação de gás encontrado em alguns edifícios residenciais ou comerciais. Nesse tipo de configuração, o fornecimento de gás é feito de forma centralizada, mas a medição do consumo e a distribuição do gás são realizadas individualmente para cada unidade ou espaço dentro do edifício.

Figura 1 – Tipologia com regulador de estágio único, medição individual em área comum e distribuição por prumadas individuais.



Fonte: RIP COMGÁS, 2014.

De acordo com a COMGÁS (2014), o regulador de estágio único é um dispositivo utilizado para controlar a pressão do gás fornecido a cada prumada. Ele garante que a pressão seja mantida em um nível seguro e adequado para utilização nos diferentes pontos de consumo do edifício.

A medição individual em área comum é um conceito que permite a instalação de medidores individuais em um local centralizado, geralmente na área comum do edifício, para medir o consumo de gás de cada unidade ou espaço individual. Isso possibilita o controle e a cobrança individualizada do consumo, permitindo uma distribuição justa dos custos entre os usuários (COMGÁS, 2014).

Conforme a ABNT NBR 15526 (2016), a distribuição por prumadas individuais refere-se ao método pelo qual o gás é distribuído dentro do edifício. Cada unidade ou espaço individual é conectado a uma prumada de gás dedicada, que é uma tubulação vertical que fornece gás para essa unidade específica. Essa abordagem oferece maior segurança e facilidade na manutenção e reparo das instalações de gás, além de permitir o monitoramento individualizado do consumo.

Essa tipologia é comumente utilizada em edifícios residenciais multifamiliares ou em prédios comerciais com múltiplos espaços, como lojas ou escritórios. Ela oferece benefícios significativos, como a individualização do consumo de gás, a facilidade de gerenciamento dos custos e a detecção mais rápida de possíveis vazamentos.

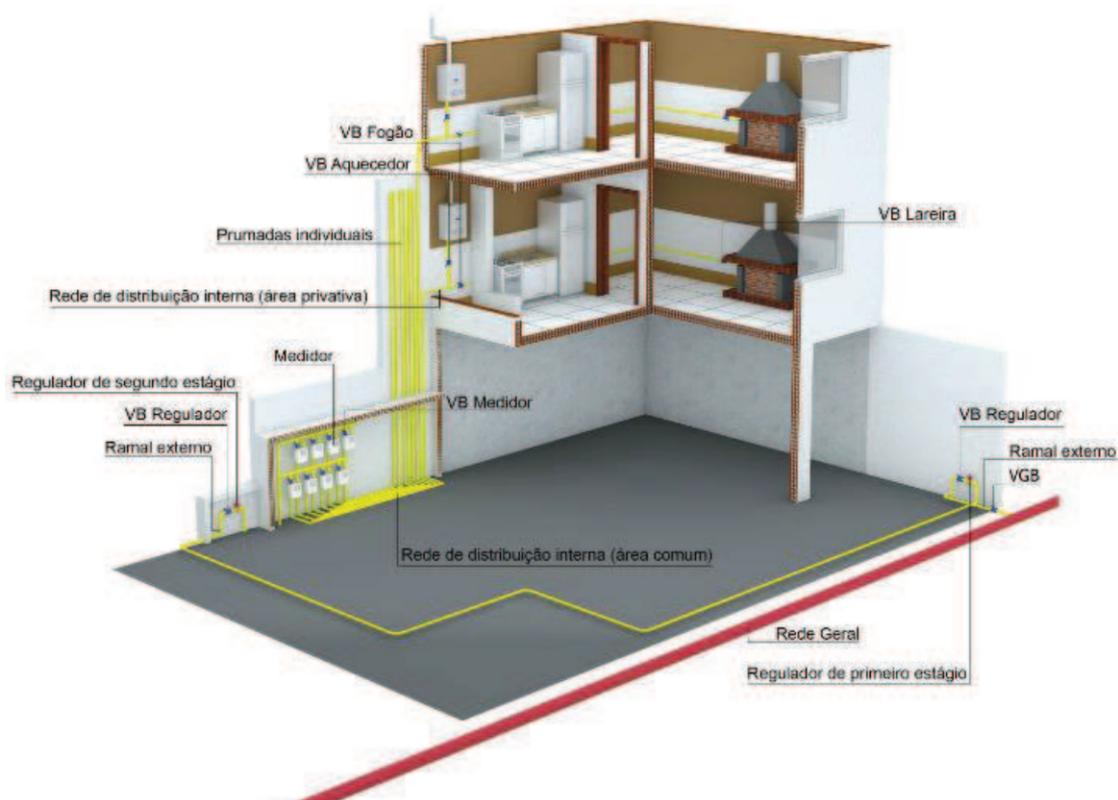
2.4.4.2 Tipologia com reguladores de 1º e 2º estágios, medição individual em área comum e distribuição por prumadas individuais

Segundo COMGÁS (2014), a tipologia de rede interna de gás com reguladores de 1º e 2º estágios, medição individual em área comum e distribuição por prumadas individuais ilustrado na Figura 2, é um sistema avançado de instalação de gás utilizado em edifícios residenciais e comerciais. Essa configuração visa garantir um fornecimento eficiente e individualizado de gás para cada unidade ou espaço dentro do edifício.

De acordo com a ABNT NBR 15526 (2016), os reguladores de 1º e 2º estágios são dispositivos utilizados para controlar a pressão do gás fornecido a cada prumada. O regulador de 1º estágio realiza uma regulagem inicial da pressão, enquanto o regulador de 2º estágio faz um ajuste mais preciso e individualizado. Esses reguladores garantem que a pressão do gás seja mantida em níveis seguros e adequados para os diversos pontos de consumo.

A medição individual em área comum é um conceito que permite a instalação de medidores individuais em um local centralizado, geralmente na área comum do edifício. Cada unidade ou espaço individual possui seu próprio medidor, o que possibilita o controle e a cobrança individualizada do consumo de gás. Isso permite uma distribuição justa dos custos entre os usuários, além de incentivar a eficiência energética e a consciência do consumo.

Figura 2 – Tipologia com reguladores de 1º e 2º estágios, medição individual em área comum e distribuição por prumadas individuais.



Fonte: RIP COMGÁS, 2014.

Conforme a ABNT NBR 15526 (2016) A distribuição por prumadas individuais refere-se ao método pelo qual o gás é distribuído dentro do edifício. Cada unidade ou espaço individual é conectado a uma prumada de gás dedicada, que é uma tubulação separada que fornece gás exclusivamente para essa unidade específica. Essa abordagem oferece maior segurança, eficiência e facilidade na manutenção e reparo das instalações de gás, além de evitar interferências entre as unidades.

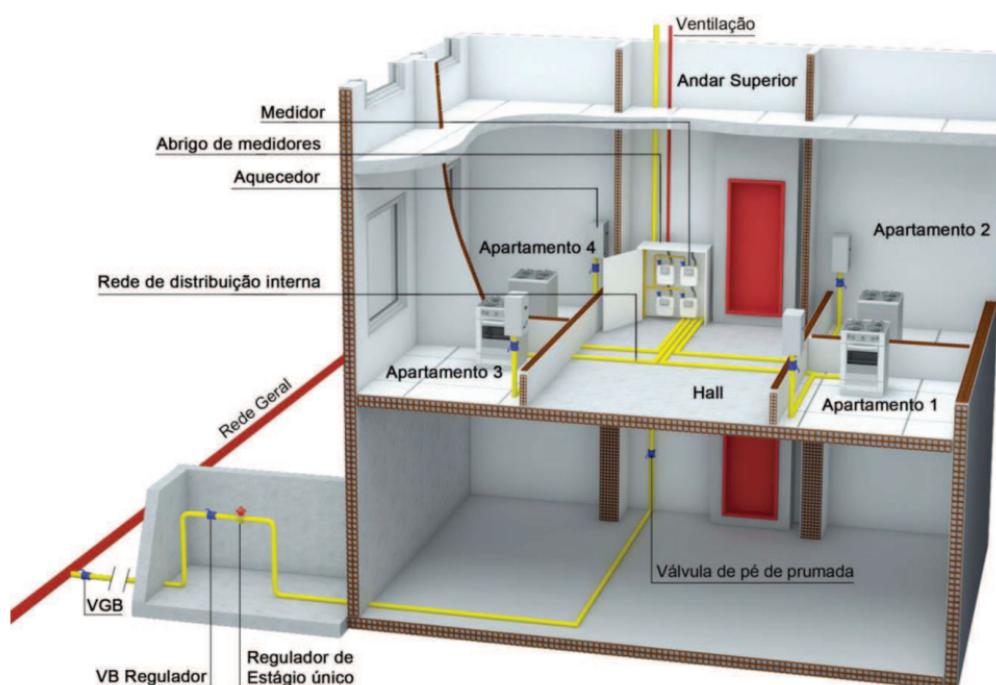
Essa tipologia de rede interna de gás proporciona benefícios significativos aos usuários. Ao contar com reguladores de múltiplos estágios, a pressão do gás é controlada de forma precisa e individualizada, garantindo um fornecimento seguro e adequado. A medição individual e a distribuição por prumadas individuais permitem um gerenciamento mais eficiente do consumo de gás, além de facilitar a detecção de possíveis vazamentos ou problemas nas instalações (COMGÁS, 2014).

No entanto, é importante ressaltar que a implementação desse sistema requer o cumprimento de normas e regulamentações específicas, bem como a participação de profissionais qualificados. É necessário garantir a segurança, o atendimento aos padrões técnicos e a conformidade com as diretrizes aplicáveis ao projetar e instalar essa tipologia de rede interna de gás em edifícios residenciais ou comerciais.

2.4.4.3 Tipologia com regulador de estágio único, distribuição por prumadas coletivas e medição individual nos andares

A tipologia de rede interna de gás com regulador de estágio único, distribuição por prumadas coletivas e medição individual nos andares, como ilustrado na Figura 3, é um sistema de instalação encontrado em alguns edifícios residenciais ou comerciais. Essa configuração visa otimizar o fornecimento de gás de forma eficiente e individualizada para cada andar ou pavimento dentro do edifício.

Figura 3 – Tipologia com regulador de estágio único, distribuição por prumadas coletivas e medição individual nos andares.



Fonte: RIP COMGÁS, 2014.

Segundo a ABNT NBR 15526 (2016), o regulador de estágio único é um dispositivo utilizado para controlar a pressão do gás fornecido nas prumadas coletivas. Ele garante que a pressão seja mantida em um nível seguro e adequado para os diversos pontos de consumo dentro de cada andar.

De acordo com COMGÁS (2014), a distribuição por prumadas coletivas refere-se ao método pelo qual o gás é distribuído dentro do edifício. Nesse sistema, um conjunto de tubulações é utilizado para fornecer gás para todos os pontos de consumo dentro de um determinado andar ou pavimento. Essa abordagem simplifica a instalação e a manutenção das instalações de gás, uma vez que todos os pontos estão conectados a uma mesma prumada.

A medição individual nos andares é um conceito que permite a instalação de medidores individuais em cada andar ou pavimento do edifício. Isso possibilita o controle e a

cobrança individualizada do consumo de gás em cada andar, permitindo uma distribuição justa dos custos entre os usuários.

Essa tipologia oferece benefícios significativos, como a facilidade na instalação e manutenção das prumadas coletivas, uma vez que todos os pontos de consumo estão conectados a uma única prumada. Além disso, a medição individual nos andares permite um melhor controle do consumo de gás e uma divisão justa dos custos entre os ocupantes de cada andar (COMGÁS, 2014).

No entanto, é importante ressaltar que a implementação desse tipo de sistema requer o cumprimento de normas e regulamentações específicas, tanto em termos de projeto quanto de instalação. É fundamental contar com profissionais qualificados e seguir as diretrizes estabelecidas para garantir a segurança e a eficiência do sistema de gás do edifício.

2.4.5 Tubulação

Segundo ABNT NBR 15358 (2020), A instalação da tubulação da rede de distribuição interna de gás deve observar as seguintes restrições:

1. Não é permitida a instalação da tubulação em:
 - Dutos de ventilação de sistemas de ar condicionado (aquecimento e resfriamento);
 - Dutos de compartimentos de resíduos ou lixo em atividade;
 - Dutos de exaustão de produtos de combustão ou chaminés;
 - Cisternas e reservatórios de água;
 - Compartimentos que contenham equipamentos elétricos (painéis elétricos, subestações);
 - Áreas contendo recipientes de combustíveis líquidos;
 - elementos estruturais (lajes, pilares, vigas) após a consolidação;
 - espaços fechados que possam acumular gás vazado;
 - escadas enclausuradas, incluindo dutos de ventilação de antecâmara; .Poços de elevador.
2. Tubulações de gás podem ser instaladas em espaços vazios sem divisões verticais (chamados "*shafts*"), destinados a acomodar outras infraestruturas da edificação. Esses espaços devem ter aberturas nas extremidades inferior e superior para ventilação, sendo que a abertura superior deve estar direcionada para o exterior da edificação.

3. Tubulações de gás também podem ser instaladas em espaços vazios limitados ao piso e ao teto do mesmo andar, destinados a acomodar outras infraestruturas da edificação. Esses espaços devem ser equipados com aberturas inferiores e superiores, cada uma com pelo menos 30 cm^2 de área. Essas restrições e diretrizes visam garantir a segurança na instalação das tubulações de gás, minimizando riscos de vazamentos e acúmulos potencialmente perigosos. Sempre é importante seguir as normas e regulamentos relevantes ao lidar com instalações de gás em edifícios.

Para a instalação da rede interna de distribuição, são permitidos os seguintes tipos de tubulação:

a) Tubos de condução de aço-carbono, podendo ser com ou sem costura, em conformidade com as normas ABNT NBR 5580 (2015), de pelo menos classe média, ABNT NBR 5590 (2017), de pelo menos classe normal, e API 5-L grau A, com espessura mínima correspondente a SCH40, conforme a ASME B36.10M (2015).

b) Tubos de condução de cobre rígido, sem costura, seguindo as especificações da ABNT NBR 13206 (2010).

c) Tubos de condução de cobre flexível, sem costura, com classes 2 ou 3, de acordo com as normas da ABNT NBR 14745 (2010).

d) Tubos de condução de polietileno (PE80 ou PE100), destinados a redes enterradas em conformidade com a ABNT NBR 14462 (2010), sendo utilizado exclusivamente em trechos enterrados e externos às projeções horizontais das edificações.

2.4.5.1 Instalação da tubulação

A tubulação da rede interna de distribuição pode ser instalada de três formas diferentes:

- **Aparente:** Nessa modalidade, a tubulação é visível e fica exposta ao ambiente, sendo fixada na parede ou muro por meio de elementos de fixação adequados.
- **Embutida:** Nesse caso, a tubulação é colocada dentro das paredes ou muros, ficando escondida atrás de acabamentos e revestimentos, conferindo um aspecto mais estético e discreto.
- **Enterrada:** Essa opção envolve a instalação da tubulação sob o solo, geralmente em valas apropriadas, proporcionando um caminho seguro e oculto para o transporte do gás.

2.4.5.2 Aparente

Segundo ABNT NBR 15358 (2020) e ABNT NBR 15526 (2016), fica vedada a colocação da tubulação da rede de distribuição interna aparente em locais que possam

facilitar o acúmulo de gás em caso de vazamento eventual, ou que impeçam a adequada inspeção e manutenção.

A disposição da tubulação da rede de distribuição interna aparente deve obedecer às distâncias mínimas indicadas na Tabela 1 .

Tabela 1 – Afastamento mínimo na instalação de tubos

Tipo	Redes em paralelo(a)	Cruzamento de redes (b)
Sistemas elétricos de até 440V isolados em eletrodutos não metálicos (a)	30mm	10mm(com isolante)
Sistemas elétricos de até 440V isolados em eletrodutos metálicos ou sem eletroduto	50mm	c
Sistemas elétricos de 440V a 12000V	1m	1m
Sistemas elétricos de mais 12000V	5m	5m
Tubulação de água quente e fria	30mm	10mm
Tubulação de vapor	50mm	10mm
Chaminés	50mm	50mm
Tubulação de gás	10mm	10mm
Outras tubulações	50mm	10mm

- a: Cabos telefônicos, de tv e de telecontrole não são considerados sistemas elétricos de potência.
- b: Considerar um afastamento suficiente para permitir a manutenção.
- c: Nestes casos, o sistema elétrico deve ser protegido por eletroduto, em uma distância de 500mm para cada lado e atender à recomendação para sistemas elétricos de potência em eletrodutos em cruzamentos.

2.4.5.3 Embutida

Segundo ABNT NBR 15358 (2020) e ABNT NBR 15526 (2016), a passagem da tubulação da rede de distribuição interna embutida através de elementos estruturais como lajes, vigas e paredes é permitida, seja em direção transversal ou longitudinal. No entanto, é crucial evitar o contato direto entre a tubulação e esses elementos estruturais, a fim de prevenir a transmissão de tensões provenientes da estrutura do edifício para a tubulação.

Para realizar travessias em paredes ou lajes, é recomendado seguir o procedimento ilustrado na Figura 4. Esse método envolve a utilização de um tubo-luva e requer que o tubo da tubulação não entre em contato com o tubo-luva, garantindo assim que possíveis movimentações estruturais não afetem a integridade da tubulação.

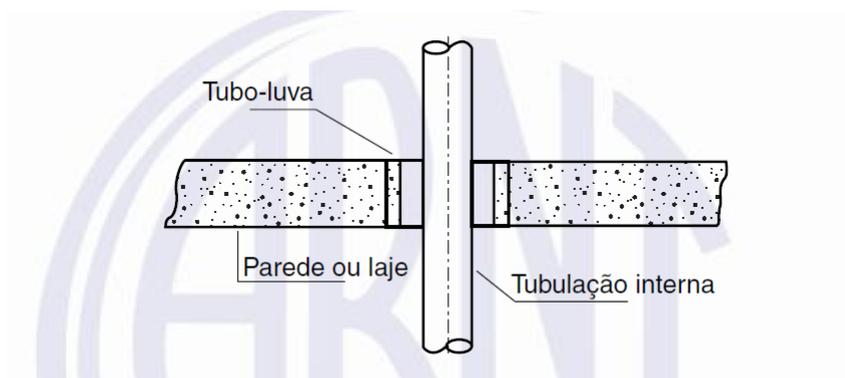


Figura 4 – Travessia em tubos através de tubo-luva

Fonte: ABNT NBR 15528/2020

Caso a tubulação precise atravessar um piso, é necessário manter o revestimento adequado exigido para tubulações enterradas. Isso deve ser mantido até uma altura de 15 cm acima do nível do piso, conforme demonstrado na Figura 5.

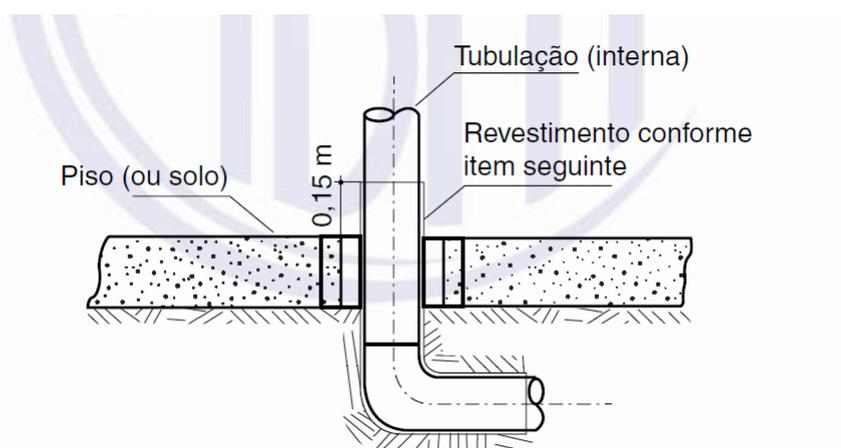


Figura 5 – Travessia de tubos e revestimentos externo

Fonte: ABNT NBR 15528/2020

Durante a instalação da tubulação entre os diferentes andares da construção, é altamente recomendável verificar a necessidade de implementar medidas de proteção contra a disseminação de fumaça e incêndios. É crucial que a tubulação embutida seja envolvida por um revestimento sólido, sem qualquer espaço vazio.

Além disso, é essencial que a tubulação utilizada para a rede interna de distribuição seja colocada de acordo com os afastamentos mínimos especificados na Figura 1.

2.4.5.4 Enterrada

Segundo ABNT NBR 15358 (2020) e ABNT NBR 15526 (2016), a tubulação enterrada necessita de um espaço de no mínimo 0,30m em relação a outras utilidades, tubulações e estruturas. No caso de tubulações metálicas, deve haver um afastamento mínimo de

5m de fontes de energia elétrica (12 000V ou superior) e seus componentes (como malhas de terra de para-raios, subestações, postes e estruturas). Caso não seja possível atender a esses afastamentos recomendados, é fundamental implementar medidas para mitigar a interferência eletromagnética causada por essas fontes sobre a tubulação de gás.

A instalação da tubulação deve ocorrer fora da projeção das edificações, ou seja, em áreas externas, e não deve passar por elementos estruturais. Além disso, a tubulação não deve compartilhar a mesma vala das redes elétricas e/ou de telecomunicações.

A profundidade mínima da tubulação deve ser de 0,60m a partir da parte superior do tubo em áreas com tráfego de veículos. Em zonas ajardinadas ou sujeitas a escavações, a profundidade mínima deve ser de 0,80 m a partir da parte superior do tubo. Em locais sem tráfego ou com tráfego de pessoas, a profundidade mínima é de 0,30m a partir da parte superior do tubo.

Se não for viável atender às profundidades prescritas, é necessário implementar mecanismos de proteção adequados, como o uso de lajes ou o envolvimento em concreto ao longo do trecho.

Para garantir a eficiência da rede de distribuição interna enterrada, é crucial evitar profundidades superiores a 1,5m para tubos de polietileno. Use-os apenas em trechos enterrados fora da projeção horizontal da edificação, fazendo conexões por soldagem, não por flanges ou roscas. Antes de preencher a vala, faça um teste de estanqueidade nos trechos com tubo de polietileno enterrado. As valas devem ter formato retangular, se possível, com largura mínima acrescida de 30cm ao diâmetro externo dos tubos de polietileno. Isso garante um sistema seguro e funcional.

Quando os tubos forem assentados diretamente no solo, o fundo da vala deve receber uma camada de no mínimo 10cm de terra limpa e compactada, servindo como base para a tubulação, conforme Figura 6.

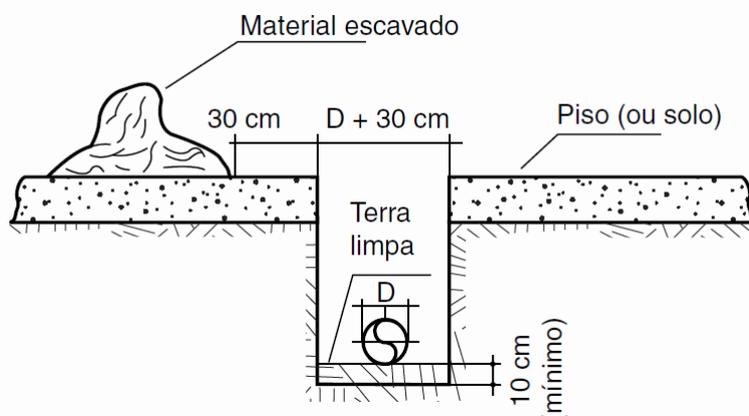


Figura 6 – Instalação de tubulação enterrada

Fonte: ABNT NBR 15528/2020

O reaterro da vala até 20cm acima da parte superior do tubo deve ser feito com material selecionado, livre de pedras ou outros objetos estranhos, e deve ser bem compactado ao redor e acima dos tubos.

O reaterro da vala deve ser concluído com um material de densidade aproximadamente igual à do terreno original, conforme Figura 7.

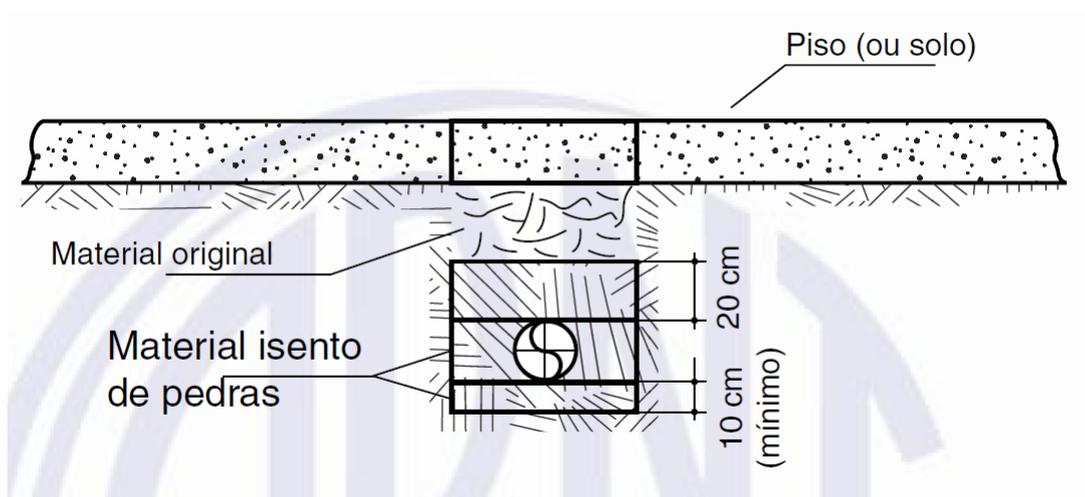


Figura 7 – Reaterro de tubulação enterradas

Fonte: ABNT NBR 15528/2020

É necessário antecipar a aplicação da fita plástica de advertência a uma distância de 20 cm abaixo da borda superior do tubo e ao longo de sua total extensão.

É aconselhável marcar a superfície a cada intervalo de 20 metros com sinais visuais, como um exemplo, para indicar a presença de tubulação de gás enterrada, bem como em cada ponto de mudança de direção.

2.4.6 Pressão de Operação

De acordo com a ABNT NBR 15526 (2016), Para o projeto e a execução de redes de distribuição interna para gases combustíveis em instalações residenciais a pressão de operação não pode exceder o valor de 150 kPa ($1,53 \text{ kgf/cm}^2$).

Em conformidade com ABNT NBR 15358 (2020), para o projeto e a execução de rede de distribuição interna para gás combustível em instalações não residencial, tais como processos industriais a pressão de operação não pode exceder 400 kPa ($4,08 \text{ kgf/cm}^2$).

3 Metodologia

Selecionar um conjunto representativo de estudos de caso que englobe instalações residenciais, não residenciais e industriais com diferentes demandas de consumo e características específicas. Esses estudos de caso serão a base empírica para a análise e avaliação do dimensionamento de projetos de rede interna de gás natural.

Foram escolhidos três estudos de caso: o primeiro, designado como "Caso 01", aborda o dimensionamento de projeto de uma rede interna de gás natural destinada a uso residencial; o segundo, denominado "Caso 02", trata do dimensionamento de projeto de uma rede interna de gás natural voltada para fins comerciais; por fim, o terceiro estudo de caso, identificado como "Caso 03", concentra-se no dimensionamento de projeto de uma rede interna de gás natural destinada à indústria.

Para cada caso escolhido foi realizada uma visita para identificar o real consumo dos equipamentos a gás e a elaboração de um projeto conceitual, mostrando o encaminhamento da rede interna de gás partindo do conjunto de regulagem e medição (CRM) até os pontos de consumo.

Após a definição do projeto conceitual, foi iniciado a elaboração de desenho com vista isométrica para dar início a definição do diâmetro da tubulação, pressão de operação, definição de regulagem.

Com o objetivo de atender a norma vigente, para uso residencial ABNT NBR 15526 (2016) e para uso não residencial e industrial ABNT NBR 15358 (2020), foram realizados Cálculos para a definição de pressão de operação e verificar os parâmetros de perda de carga entre os ponto de regulagem e consumo, como também calcular a velocidade em cada trecho da tubulação e suas perdas de velocidade de acordo com o coeficiente de atrito de cada tubulação e conexão.

Tendo a definição do diâmetro da tubulação foi calculado a vazão em cada trecho da rede para cada caso em estudo, com a definição da pressão de operação e vazão máxima admitida na entrada da rede foi definido o tipo de medidor e a regulagem de primeiro estágio que será instalada no Conjunto de regulagem e medição que será posicionado fora da edificação, para atender as normas vigentes de inalação de CRM.

3.1 Parâmetros de cálculo

Para realizar o dimensionamento adequado, foi fundamental obter informações sobre a pressão de fornecimento do duto principal de gás natural como também as características do gás, como densidade e poder calorífico do gás natural.

Para atender a ABNT NBR 15526 (2016) e a ABNT NBR 15358 (2020), foram utilizados os seguintes dados para cálculo:

- Poder calorífico inferior (PCI): $8.600 \text{ kcal}/\text{m}^3$ (nas condições de 20°C e 1 atm).
- Densidade relativa ao ar: 0,6.

Para o dimensionamento da rede interna de distribuição de gás, foram consideradas as seguintes condições:

1. A perda de carga máxima permitida para um trecho da rede que alimenta diretamente um aparelho a gás é de 10% da pressão de operação, respeitando sempre a faixa de pressão de funcionamento do aparelho a gás.
2. Para uso residencial a perda de carga máxima permitida para um trecho da rede que alimenta um regulador de pressão é de 30% da pressão de operação, também respeitando a faixa de pressão de funcionamento do regulador de pressão.
3. Para uso não residencial e industrial a perda de carga máxima admitida para uma rede que fornece gás a um regulador de pressão é de 20% da pressão de operação. Isso também deve estar em conformidade com a faixa de pressão de funcionamento do regulador de pressão.
4. A velocidade máxima permitida na rede de distribuição é de 20 m/s.

3.2 Metodologia de cálculo

Com a definição dos equipamentos em uso, foi necessário determinar a potência total computada (C) a ser instalada no trecho considerado, que é realizado através da soma das potências nominais dos aparelhos a gás que ele abastece.

No caso do cálculo do consumo da rede de distribuição interna que atende várias unidades habitacionais, é permitido utilizar o fator de simultaneidade (F).

Para calcular a potência adotada (A), basta multiplicar o fator de simultaneidade (F) pela potência computada (C), como segue:

$$A = \frac{F \cdot C}{100} \quad (3.1)$$

Em que:

- A é a potencia adotada, expressa em quilocalorias por hora (kcal/h);
- F é o fator de simultaneidade (adimensional);
- C é a potencia computada, expressa em quilocalorias por hora (kcal/h).

Para calcular a vazão de gás (Q), dividindo-se a potência adotada pela eficiência calorífica do gás (PCI), como indicado na fórmula a seguir:

$$Q = \frac{A}{PCI} \quad (3.2)$$

Em que:

- Q é a vazão de gás, expressa em normal metros cúbicos por hora (Nm^3/h);
- PCI é o poder calorífico inferior, expresso em quilocalorias por metro cúbico ($kcal/m^3$).

O comprimento total deve ser calculado pela soma do trecho horizontal, do trecho vertical e das perdas de carga localizadas. Para calcular as perdas de carga localizadas, é necessário levar em consideração os valores fornecidos pelos fabricantes das conexões e válvulas, ou então utilizar as informações estabelecidas na literatura técnica reconhecida.

Inicialmente, você deve selecionar um diâmetro interno inicial (D) para determinar o comprimento equivalente total (L) da tubulação. Isso envolve a adição dos trechos retos juntamente com os comprimentos equivalentes das conexões e válvulas.

Nos trechos verticais deve-se considerar uma variação de pressão:

- Gás natural (GN): ganho em trecho ascendente ou perda em trecho descendente.

$$\Delta P = 1,38 \cdot 10^{-2} \cdot H \cdot (S - 1) \quad (3.3)$$

Em que:

- ΔP é a perda de pressão, expressa em quilopascals (kpa);
- H é a altura de trecho vertical, expressa em metros (m);
- S é a densidade relativa do gás em relação ao ar.

3.2.1 Cálculo de pressão acima de 7,5 kPa

Para calcular o dimensionamento em redes com pressão de operação superior a 7,5k Pa, é necessário empregar a seguinte fórmula

$$PA^2 - PB^2 = \frac{4,67 \cdot 10^5 \cdot S \cdot L \cdot Q^{1,82}}{D^{4,82}} \quad (3.4)$$

Em que:

- Q é a vazão de gás, expressa em normal metros cúbicos por hora (Nm^3/h);
- D é o diâmetro interno do tubo, expresso em milímetros (mm);
- L é o comprimento do trecho da tubulação, expresso em metros (m);

- S é a densidade relativa do gás em relação ao ar (adimensional);
- PA é a pressão de entrada de cada trecho, expressa em quilopascals (kPa);
- PB é a pressão de saída de cada trecho, expressa em quilopascals (kPa).

3.2.2 Cálculo de pressão de até 7,5kPa

Para calcular o dimensionamento em redes com pressão de operação de até 7,5 kPa, é necessário utilizar a seguintes fórmula:

$$Q^{0,9} = \frac{2,22 \cdot 10^{-2} \cdot H \cdot D^{4,8}}{S^{0,4} \cdot L^{0,5}} \quad (3.5)$$

Em que:

- Q é a vazão de gás, expressa em normal metros cúbicos por hora (Nm^3/h);
- D é o diâmetro interno do tubo, expresso em milímetros (mm);
- H é a perda de carga máxima admitida, expressa em quilopascals (kPa);
- L é o comprimento do trecho da tubulação, expresso em metros (m);
- S é a densidade relativa do gás em relação ao ar (adimensional);
- PA é a pressão de entrada de cada trecho, expressa em quilopascals (kPa);
- PB é a pressão de saída de cada trecho, expressa em quilopascals (kPa).

3.2.3 Cálculo de velocidade

Para calcular a velocidade, deve-se empregar a seguinte fórmula:

$$V = 354 \cdot Q \cdot (P + 1,033)^{-1} \cdot D^{-2} \quad (3.6)$$

Em que:

- V é a velocidade, expressa em metros por segundo (m/s);
- Q é a vazão do gás na pressão de operação, expressa em normal metros cúbicos por hora (Nm^3/h);
- P é a pressão manométrica de operação, expressa em quilogramas força por centímetro quadrado (kgf/cm^2);
- D é o diâmetro interno do tubo, expresso em milímetros (mm).

3.2.4 Fator de simultaneidade

Para utilizar o fator de simultaneidade é necessário considerar as seguintes condições:

1. O fator de simultaneidade não é aplicável no dimensionamento de rede interna de uma unidade domiciliar.
2. O fator de simultaneidade não é aplicável no dimensionamento de rede interna de uso não residencial e industrial.
3. O fator de simultaneidade não é aplicável em situações envolvendo caldeiras e outros dispositivos a gás de alto consumo.

O fator de simultaneidade pode ser obtido através das seguintes equações(C , em quilocalorias por hora):

$$C < 21.000 \quad F = 100 \quad (3.7)$$

$$21.000 \leq C < 576.720 \quad F = \frac{100}{1 + 0,001\left(\frac{C}{60} - 349\right)^{0,8712}} \quad (3.8)$$

$$576.720 \leq C < 1.200.000 \quad F = \frac{100}{1 + 0,4705\left(\frac{C}{60} - 1055\right)^{0,19931}} \quad (3.9)$$

$$C \geq 1.200.00 \quad F = 23 \quad (3.10)$$

4 Resultados

4.1 Estudo de Caso 01

No âmbito do estudo de dimensionamento da rede interna de gás destinada ao uso residencial, iniciou-se o processo pela coleta de dados relativos à configuração da edificação residencial em questão. Esta edificação compreende quatro torres, cada uma com quinze pavimentos. Em cada pavimento, com exceção do último, estão dispostos quatro apartamentos, enquanto o último pavimento de cada torre acomoda apenas dois apartamentos, totalizando, assim, 232 unidades habitacionais.

Durante a inspeção técnica realizada, constatou-se que a edificação residencial em análise dispõe de uma rede interna de gás liquefeito de petróleo (GLP). Foi observado que cada torre desta edificação é servida por uma rede interna de gás independente, a qual é alimentada por uma central de gás específica. Diante desse contexto, surgiu a necessidade de calcular e conceber uma rede interna de gás que possibilitasse a interligação entre as redes internas de gás já existentes.

Para realizar o dimensionamento com precisão, além da inspeção técnica, tornou-se imperativo determinar o consumo máximo total da edificação residencial. Este cálculo foi realizado de maneira minuciosa, envolvendo uma análise detalhada dos dispositivos presentes em cada apartamento e nas áreas de uso comum da edificação residencial.

Tabela 2 – Senso dos apartamentos

Descrição	Qtde	Potência Unitária (<i>kcal/h</i>)	Potência Adotada (<i>kcal/h</i>)
Fogão Convencional	232	9.630,26	2.234.221,25
Churrasqueira a gás	232	5.875,00	1.363,00

Tabela 3 – Senso dos apartamentos

Descrição	Qtde	Potência Unitária (<i>kcal/h</i>)	Potência Adotada (<i>kcal/h</i>)
Fogão Convencional	05	9.630,26	48.151,32

Tabela 4 – Senso área comum

Para prosseguir com o processo, foi conduzida uma metódica avaliação da rede interna já existente, com o objetivo de quantificar os comprimentos das tubulações, estabelecer as conexões e identificar os dispositivos de segurança já instalados nessa rede.

A partir das informações obtidas na avaliação da rede interna das quatro torres, foi elaborado um esboço do desenho isométrico, englobando o Conjunto de Regulagem e Medição (CRM) e a nova rede interna que será responsável por interligar as torres. Com

base em todos esses dados, foi concebido um projeto conceitual minucioso que detalha o trajeto da nova rede interna que efetuará a interconexão com a rede interna preexistente. A Figura 8 apresenta a representação isométrica dessa nova rede interna.

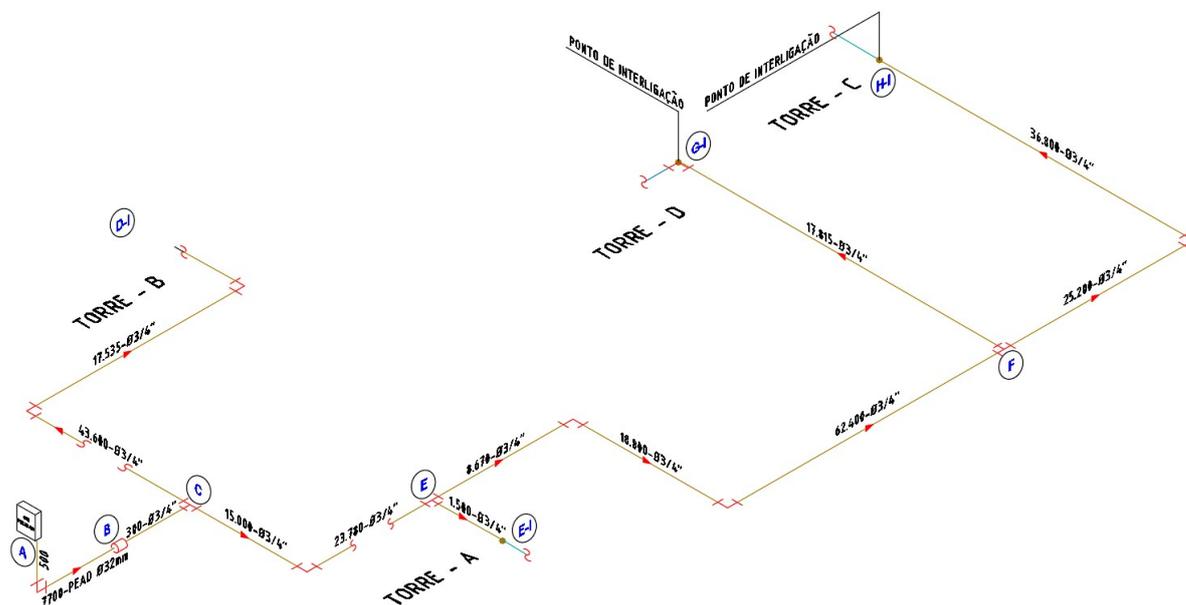


Figura 8 – Isométrico residencial

Fonte: Autor

Para determinar de forma precisa o diâmetro adequado da tubulação para a nova rede interna, bem como para estabelecer os parâmetros de regulagem e pressão de operação, foi fundamental conduzir um cálculo detalhado, em conformidade com as diretrizes previamente estabelecidas ABNT NBR 15526 (2016).

4.1.1 Definição de pontos de medição

Com o propósito de efetuar o cálculo das variações de pressão em cada segmento da nova rede interna, bem como na rede interna existente, foram estabelecidos os pontos nos quais serão realizados os cálculos relativos à variação de pressão, perda de carga entre os reguladores e a velocidade do fluxo de gás.

A definição dos pontos foi realizada da seguinte maneira:

- Ponto inicial;
- Pontos de redução;
- Pontos de derivação (Tê);
- Ponto de interligação.

Para realizar o cálculo das pressões, vazões e velocidades, será empregada uma planilha no ambiente Microsoft Excel, utilizando as equações previamente descritas no capítulo 3.

4.1.2 Memória de Cálculo

A partir do desenho isométrico completo da rede interna, contendo a identificação de todos os pontos, conforme apresentado no Apêndice A, foi criada uma planilha de cálculos utilizando as fórmulas detalhadas no capítulo 3.

A finalidade da memória de cálculo é estabelecer os seguintes parâmetros em cada trecho da rede interna: diâmetro da tubulação, pressão de operação, perda de carga entre reguladores e velocidade do fluxo. A Figura 9 ilustra os parâmetros considerados para a simulação, com uma pressão de operação de 50 kPa. É importante destacar que a pressão de operação para edificações residenciais não deve ultrapassar 150 kPa.

Dimensionamento de Instalações Residenciais de Gás conforme ABNT NBR 15526:2016

Estudo de caso: CASO 01

Nº Aptos: 232
Consumo Adotado: 43,50 Sm³/h
Edificação: Prédio - 04 unid
Data: 21/06/2023

Dados Gerais da Instalação

Tipo de Gás: GN	Pressão Inicial: 50 kPa	Pressão Atmosférica: 101,5 kPa
PCI (Kcal/m ³): 8600	Densidade: 0,66	Metodologia do Fsim: ABNT NBR 15526
Tipo de Rede: Rede fornece gás a equipamento(s)	Vel. Max (m/s): 20	
Lim. Perda de Carga: 30 %	Pressão Aparelhos a Gás (KPa): 2,2	
Material: Aço-Carbono NBR 5590	Classe de Material: Normal	

Legenda: Cuidado (Amarelo), Limite ultrapassado (Vermelho), Caminho Crítico 1,44%

Figura 9 – Parâmetros memória de cálculo

Fonte: Autor

4.1.3 Simulação 01

No cenário da simulação 01, optou-se por uma configuração de rede interna que envolve três reguladores. O primeiro estágio é representado pelo regulador AP40 OPSO (Válvula de Bloqueio por Sobpressão), que será instalado no Conjunto de Regulagem e Medição. Sua função é realizar a primeira regulagem, reduzindo a pressão de 600 kPa (pressão inicial no duto de gás) para 50 kPa, que é a pressão de operação da edificação residencial. Isso será alcançado utilizando tubulações de rede interna com um diâmetro nominal de 1" e fazendo uso da rede interna já existente, que possui um diâmetro nominal de 3/4".

Para a segunda etapa de regulagem, empregaremos um regulador do modelo CB57407, conhecido como BP 4203 OPSO, que possui uma vazão de 30 m³/h. Com as configurações

de regulagem estabelecidas anteriormente e a pressão de operação planejada, os dados de consumo serão inseridos no simulador para análise.

Uma vez que as configurações de regulagem foram estabelecidas antecipadamente, juntamente com a pressão de operação definida, os dados de consumo serão introduzidos no simulador.

A Figura 10 ilustra o consumo total da edificação residencial.

Descrição	Qtde	Potência unitária (kCal/h)	Potência Adotada (kCal/h)
Fogão convencional	232	9.630,26	2.234.221,25
Fogão convencional	5	9.630,26	48.151,32
Churrasqueira a gás	232	5.875,00	1.363.000,00
	469		3.645.372,57

Figura 10 – Consumo geral

Fonte: Autor

A Figura 11 apresenta o consumo total de cada torre.

Descrição	Qtde	Potência unitária (kCal/h)	Potência Adotada (kCal/h)
CONSUMO POR PAVIMENTO TÍPICO			
Churrasqueira a gás	4	5.875,00	23.500,00
Fogão convencional	4	9.630,26	38.521,06
		TOTAL	62.021,06

Figura 11 – Consumo por torre

Fonte: Autor

A Figura 12 exibe o consumo total por pavimento típico.

Descrição	Qtde	Potência unitária (kCal/h)	Potência Adotada (kCal/h)
CONSUMO POR PAVIMENTO TÍPICO			
Churrasqueira a gás	4	5.875,00	23.500,00
Fogão convencional	4	9.630,26	38.521,06
		TOTAL	62.021,06

Figura 12 – Consumo por pavimento típico

Fonte: Autor

A Figura 13 ilustra o consumo total por pavimento cobertura.

Descrição	Qtde	Potência unitária (kCal/h)	Potência Adotada (kCal/h)
CONSUMO POR PAVIMENTO COBERTURA			
Churrasqueira a gás	2	5.875,00	11.750,00
Fogão convencional	2	9.630,26	19.260,53
		TOTAL	31.010,53

Figura 13 – Consumo por pavimento cobertura

Fonte: Autor

Descrição	Qtde	Potência unitária (kCal/h)	Potência Adotada (kCal/h)
CONSUMO POR APARTAMENTO			
Churrasqueira a gás	1	5.875,00	5.875,00
Fogão convencional	1	9.630,26	9.630,26
		TOTAL	15.505,26

Figura 14 – Consumo por apartamento

Fonte: Autor

A Figura 14 apresenta o consumo total por apartamento.

Na simulação 01, com uma pressão de operação de 50kPa, os resultados indicaram, conforme ilustrado na Figura 15, uma velocidade máxima de 32,75 m/s. É importante destacar que esse valor excede o limite permitido pela norma, que estabelece um máximo de 20 m/s.

DIMENSIONAMENTO														
Trecho	Consumo				Comprimento Tubulação			Pressão			Diâmetro		Verificação	
Pto. Inicial -Final	Potência Calculada (Kcal/h)	Fator Simul.(%)	Potência Adotada (Kcal/h)	Q (Nm ³ /h)	L (m)	Comp. Conexão (m)	L total (m)	Pressão inicial (Kpa)	Perda de carga (Kpa)	Pressão final (Kpa)	φ Nominal (mm)	φ Nominal (pol)	Perda de carga (%)	Velocidade (m/s)
A - B	3.645.373	23	838.436	97,49	8,20	0,90	9,10	50,00	4,79	45,21	25	1 "		32,51
B - C	3.645.373	23	838.436	97,49	0,30	1,70	2,00	45,21	1,08	44,13	25	1 "		32,75
C - D-I	928.196	23,9643	222.436	25,86	61,54	3,50	65,04	44,13	3,17	40,96	25	1 "		8,88
C - E	2.717.176	23	624.951	72,67	38,78	4,30	43,08	44,13	14,32	29,81	25	1 "		27,07
E - E-I	908.936	24,0462	218.564	25,41	1,50	1,70	3,20	29,81	0,17	29,65	25	1 "		9,48
E - F	1.808.241	23	415.895	48,36	89,87	5,20	95,07	29,81	16,98	12,83	25	1 "		20,69
F - G-I	908.936	24,0462	218.564	25,41	17,82	2,60	20,42	12,83	1,22	11,61	25	1 "		10,99
F - H-I	899.305	24,0879	216.624	25,19	62,00	2,60	64,60	12,83	3,85	8,99	25	1 "		11,15

Figura 15 – Resultado simulação 01 com pressão de operação 50kPa

Fonte: Autor

4.1.4 Simulação 02

Na simulação 02, foi adotada a tipologia de rede interna com três reguladores, sendo o primeiro estágio composto por um APS2 OPSO (Válvula de Bloqueio por Sobpressão), que realiza a primeira regulagem de 600kPa (pressão inicial no duto de gás) para 150kPa, pressão de operação da edificação residencial. Esta configuração utiliza a tubulação da

rede interna nova com um diâmetro nominal de 1" e a rede interna existente com um diâmetro nominal de 3/4".

Para o segundo estágio de regulagem, foi empregada uma reguladora modelo CB57407, conhecida como BP 4203 OPSO, com uma vazão de $30 \text{ m}^3/\text{h}$. Os valores de consumo adotados na primeira simulação foram mantidos.

Os resultados da simulação 02, com uma pressão de operação de 150kPa, estão representados na Figura 16, onde se observa uma velocidade máxima de 19,23 m/s. É relevante destacar que esse valor atende ao máximo permitido por norma, estabelecido em 20 m/s.

Prosseguindo com a simulação 02, todos os pontos identificados no desenho isométrico do Apêndice A foram monitorados. A Figura 17 oferece um resumo dos pontos onde estão localizadas as válvulas reguladoras de segundo estágio. Todos os pontos da simulação 02 estão detalhados no Apêndice B.

Com base nos resultados obtidos na simulação 02, foi possível dar continuidade ao dimensionamento da rede interna nova, estabelecendo os seguintes parâmetros:

1. Pressão de operação: 150kPa;
2. Regulador de primeiro estágio: APS2 OPSO;
3. Regulador de segundo estágio : BP 4203;
4. Diâmetro da tubulação : DN 1";
5. Topologia da rede: Regulagem com três estágios.

DIMENSIONAMENTO														
Trecho	Consumo				Comprimento Tubulação			Pressão			Diâmetro		Verificação	
Pto. Inicial-Final	Potência Calculada (Kcal/h)	Fator Simul.(%)	Potência Adotada (Kcal/h)	Q (Nm ³ /h)	L (m)	Comp. Conexão (m)	L total (m)	Pressão inicial (Kpa)	Perda de carga (Kpa)	Pressão final (Kpa)	φ Nominal (mm)	φ Nominal (pol)	Perda de carga (%)	Velocidade (m/s)
A - B	3.645.373	23	838.436	97,49	8,20	0,90	9,10	150,00	2,86	147,14	25	1"		19,18
B - C	3.645.373	23	838.436	97,49	0,30	1,70	2,00	147,14	0,63	146,51	25	1"		19,23
C - D-I	928.196	23,9643	222.436	25,86	61,54	3,50	65,04	146,51	1,85	144,66	25	1"		5,14
C - E	2.717.176	23	624.951	72,67	38,78	4,30	43,08	146,51	8,13	138,38	25	1"		14,82
E - E-I	908.936	24,0462	218.564	25,41	1,50	1,70	3,20	138,38	0,09	138,29	25	1"		5,18
E - F	1.808.241	23	415.895	48,36	89,87	5,20	95,07	138,38	8,86	129,52	25	1"		10,24
F - G-I	908.936	24,0462	218.564	25,41	17,82	2,60	20,42	129,52	0,60	128,92	25	1"		5,39
F - H-I	899.305	24,0879	216.624	25,19	62,00	2,60	64,60	129,52	1,88	127,65	25	1"		5,38

Figura 16 – Resultado simulação 02 com pressão de operação 150kPa

Fonte: Autor

4.1.4.1 Definição do conjunto de Regulagem e Medição caso 01

Na simulação 02, o valor máximo da vazão foi registrado no trecho "A-B" alcançando $97,49 \text{ m}^3/\text{h}$. Para medir essa vazão, foi selecionado um medidor rotativo G100, com

Trecho	Consumo				Comprimento Tubulação			Pressão			Diâmetro		Verificação		
	Pto. Inicial-Final	Potência Calculada (Kcal/h)	Fator Simul.(%)	Potência Adotada (Kcal/h)	Q (Nm ³ /h)	L (m)	Comp. Conexão (m)	L total (m)	Pressão inicial (Kpa)	Perda de carga (Kpa)	Pressão final (Kpa)	φ Nominal (mm)	φ Nominal (pol)	Perda de carga (%)	Velocidade (m/s)
TORRE B -															
D1 - D-RA	494.049	28,7145	141.863	16,50	0,91	2,00	2,91	144,29	0,12	144,17	20	3/4 "	3,89%	5,31	
D3 - D3-SG	9.630	100	9.630	1,12	14,68	3,40	18,08	5,81	0,06	5,74	15	1/2 "	17,94%	1,46	
SALÃO DE FESTAS -															
D6 - D6-SF	9.630	100	9.630	1,12	2,20	1,40	3,60	5,40	0,02	5,38	15	1/2 "	23,16%	1,46	
D6 - D6-CP	9.630	100	9.630	1,12	18,32	3,40	21,72	5,40	0,07	5,33	15	1/2 "	23,91%	1,47	
D1 - D-RB	434.147	31,1878	135.401	15,74	0,90	2,00	2,90	144,29	0,11	144,18	20	3/4 "	3,88%	5,06	
TORRE A -															
E1 - E-RA	465.158	29,8511	138.855	16,15	0,77	2,00	2,77	137,98	0,11	137,87	20	3/4 "	8,09%	5,33	
E1 - E-RB	443.778	30,7587	136.500	15,87	0,80	2,00	2,80	137,98	0,11	137,87	20	3/4 "	8,09%	5,24	
SALÃO DE FESTAS -															
E5 - E5-SF	9.630	100	9.630	1,12	9,53	2,90	12,43	6,67	0,04	6,63	15	1/2 "	5,31%	1,45	
TORRE D -															
G1 - G-RA	185.880	50,2182	93.346	10,85	0,10	1,50	1,60	128,50	0,03	128,46	20	3/4 "	14,36%	3,73	
G2 - G2-SF	9.630	100	9.630	1,12	3,77	1,90	5,67	6,64	0,02	6,61	15	1/2 "	5,53%	1,45	
G3 - G-RB	288.908	39,7941	114.968	13,37	0,10	1,50	1,60	128,31	0,05	128,26	20	3/4 "	14,49%	4,60	
G6 - G-RC	134.824	58,2106	78.482	9,13	0,10	1,50	1,60	128,20	0,02	128,17	20	3/4 "	14,55%	3,14	
G6 - G-RD	299.324	39,0009	116.739	13,57	0,32	2,20	2,52	128,20	0,08	128,12	20	3/4 "	14,59%	4,67	
TORRE C -															
H1 - H-RA	465.158	29,8511	138.855	16,15	0,56	2,00	2,56	125,99	0,11	125,89	20	3/4 "	16,08%	5,61	
H1 - H-RB	434.147	31,1878	135.401	15,74	0,56	2,00	2,56	125,99	0,10	125,89	20	3/4 "	16,07%	5,47	
H7 - H7-S	9.630	100	9.630	1,12	7,05	2,40	9,45	6,02	0,03	5,98	15	1/2 "	14,54%	1,46	
TESTE DOS RAMAIS INTERNOS DOS APARTAMENTOS -															
H3-15 - H3-15A	5.875	100	5.875	0,68	1,00	0,90	1,90	3,61	0,00	3,61	15	1/2 "	48,43%	0,90	
H4-15 - H4-15A	5.875	100	5.875	0,68	1,00	0,60	1,60	3,94	0,00	3,94	15	1/2 "	43,70%	0,90	

Figura 17 – Resultado simulação 02 pontos de regulagem

Fonte: Autor

uma capacidade de vazão máxima de $160 \text{ m}^3/\text{h}$. A Figura 18 exhibe o desenho em vista frontal do projeto do Conjunto de Regulagem e Medição.

A Figura 19 apresenta a lista de materiais necessários para a montagem do Conjunto de Regulagem e Medição, utilizando um medidor rotativo G100 em conjunto com a reguladora de primeiro estágio APS2.

4.1.5 Detalhe da rede interna enterrada caso 01

Com a definição do traçado da rede interna, tornou-se necessário enterrar parte dela. A Figura 20 exhibe os detalhes dessa porção da rede interna que foi subterrânea.

Para a implantação da rede interna subterrânea, optou-se pelo Método Destrutivo (MD), que envolve a abertura de valas. As Figuras 21 e 22 apresentam detalhes desse processo de escavação.

A Figura 23 exhibe a relação de materiais necessários para a instalação da rede interna subterrânea.

4.2 Estudo de Caso 02

Iniciamos o processo de dimensionamento da rede interna de gás para uso não residencial com a coleta de informações sobre a estrutura de uma edificação comercial.

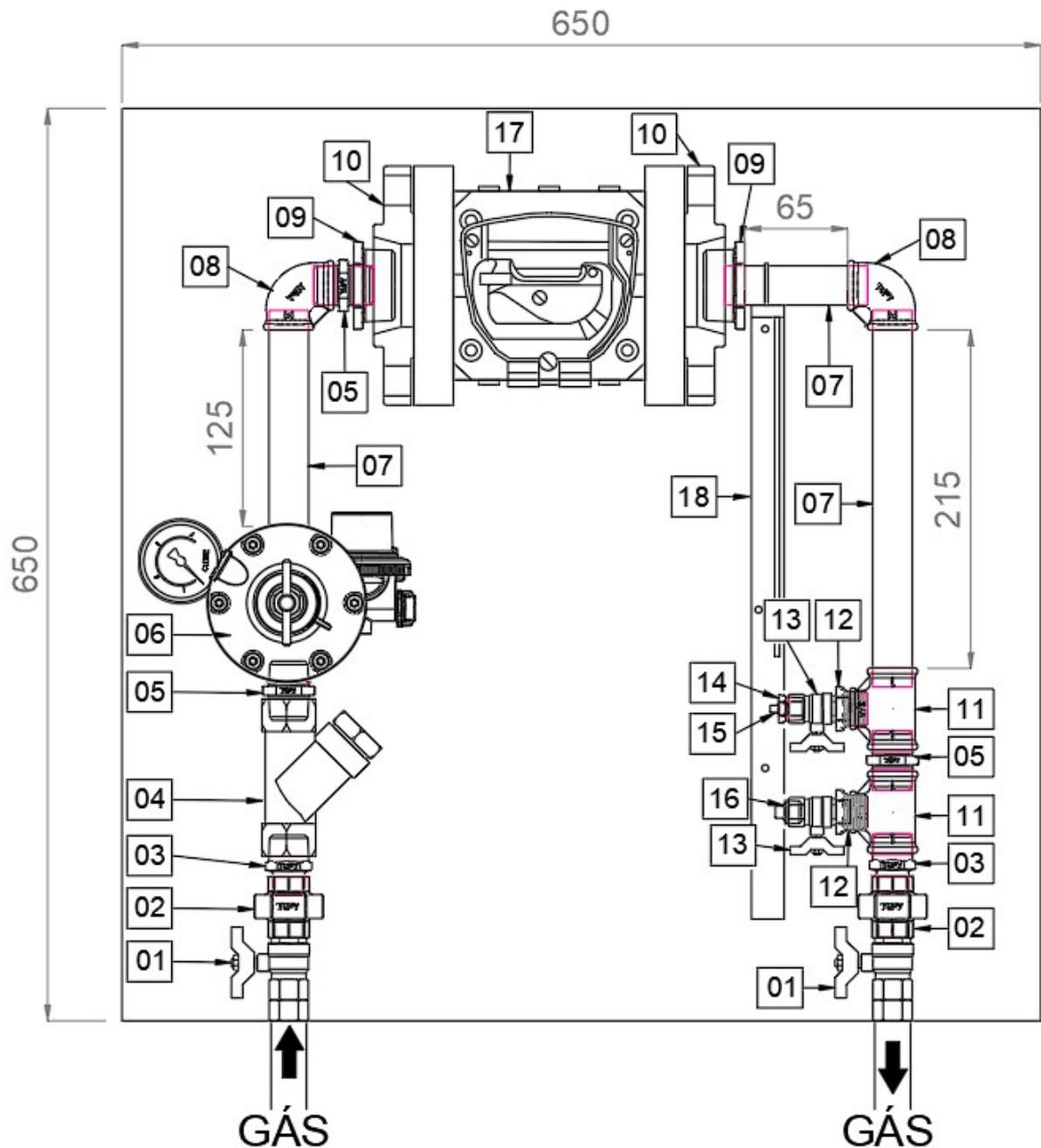


Figura 18 – Conjunto de Regulação e Medição caso 01

Fonte: Autor

Para este fim, uma visita técnica foi conduzida para avaliar as características da edificação em questão. Durante essa inspeção, foi observado que a edificação comercial analisada ainda não dispõe de uma rede interna de gás em funcionamento.

Para realizar um dimensionamento preciso, além da visita técnica, tornou-se essencial determinar o consumo máximo total da edificação não residencial. Esse cálculo foi conduzido de maneira minuciosa, abarcando uma análise detalhada dos equipamentos

LISTA DE MATERIAL MEDIDOR G 100 ROTATIVO						
ITEM	DENOMINAÇÃO	Ø	NORMA E GRAU	ESP.(mm)	UNID.	QTD.
1	VALV. ESF. LATÃO M-F BSP - BORBOLETA	3/4"	UNE-EN 12.164 E 12.165	-	pç	2
2	UNIÃO ASSENTO CONICO F/F - BSP	3/4"	ABNT NBR 6943, ISO 49, EN 10242	-	pç	2
3	NIPLE DUPLO DE REDUÇÃO ROSCA BSP	1" x 3/4"	ABNT NBR 6590, ISO 5922, EN 1542	-	pç	2
4	FILTRO "Y" BSP - BAIXA PRESSÃO * Mesh 300 (50 microns)	1"	ASTM A-106 GR.B / ANSI B36.10	-	pç	1
5	NIPLE DUPLO ROSCA BSP	1"	ABNT NBR 6590, ISO 5922, EN 1542	-	pç	3
6	VÁLVULA REGULADORA CLESSE - APS2 OPSO	1"	NBR 15526 / NBR 15590	-	pç	1
7	TUBO AÇO CARBONO S/ COST. SCH. 40	1"	ASMT A-106 GR.B / ANSI B36.10	-	m	0,40
8	COTOVELO 90° ROSCA BSP	1"	ABNT NBR 6590, ISO 5922, EN 1542	-	pç	2
9	BUCHA DE REDUÇÃO BAIXA PRESSÃO ROSCA BSP	2" x 1"	ABNT NBR 6590, ISO 5922, EN 1542	-	pç	2
10	FLANGE ROSCADO 150 LBS BSP	2"	ABNT NBR 6590, ISO 5922, EN 1542	-	pç	2
11	TÊ DE REDUÇÃO BAIXA PRESSÃO ROSCA BSP	1" x 3/4"	ABNT NBR 6590, ISO 5922, EN 1542	-	pç	2
12	BUCHA DE REDUÇÃO BAIXA PRESSÃO ROSCA BSP	3/4" x 1/2"	ABNT NBR 6590, ISO 5922, EN 1542	-	pç	2
13	VALV. ESF. LATÃO M-F BSP - BORBOLETA	1/2"	UNE-EN 12.164 E 12.165	-	pç	2
14	BUCHA DE REDUÇÃO BAIXA PRESSÃO ROSCA BSP	1/2" x 1/4"	ABNT NBR 6590, ISO 5922, EN 1542	-	pç	1
15	BUJÃO ROSCA BSP	1/4"	ABNT NBR 6590, ISO 5922, EN 1542	-	pç	1
16	BUJÃO ROSCA BSP	1/2"	ABNT NBR 6590, ISO 5922, EN 1542	-	pç	1
17	MEDIDOR ROTATIVO FMR G100	2"	-	-	pç	1
18	SUPORTE CANTONEIRA TIPO L	150x100mm	-	-	pç	1

Figura 19 – Lista de materiais CRM caso 01

Fonte: Autor

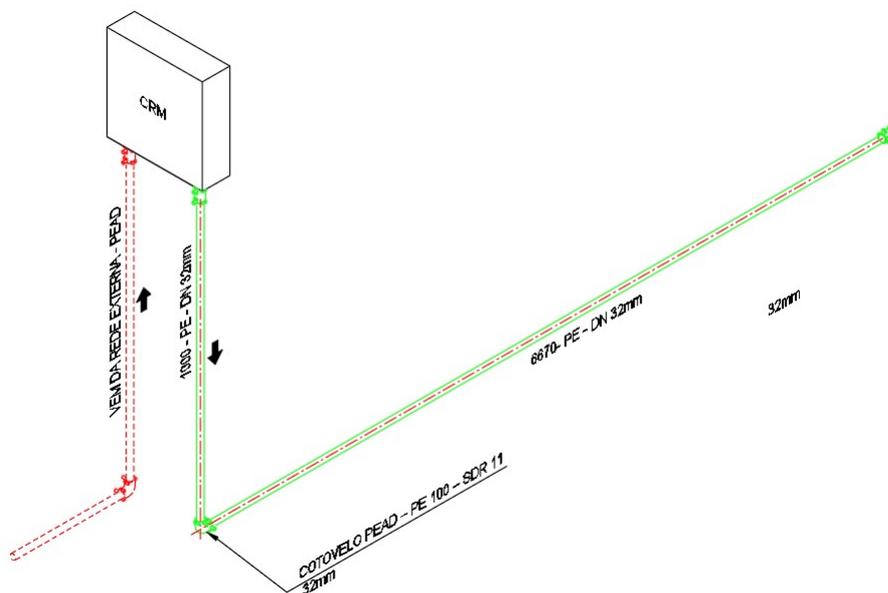


Figura 20 – Rede interna enterrada caso 01

Fonte: Autor

presentes nas instalações da edificação.

Como a edificação comercial não possui rede interna existente, foi elaborado um esboço do desenho isométrico, contemplando o Conjunto de Regulagem e Medição (CRM) e a rede interna que interligará os equipamentos. Com base em todos os dados coletados, foi

LISTA DE MATERIAL						
ITEM	DENOMINAÇÃO	DIMENSÕES	FORNEC.	NORMA / GRAU	UNID.	QUANT.
1	TUBO PEAD – PE 100 – SDR 11	Ø32mm	POLIERG	NBR 14462	m	07,67
2	TRANSIÇÃO DE AÇO x PEAD	Ø32mmx1"	GEORG FISHER	NBR 14462	un	02
3	LUVA DE PEAD – PE 100 – SDR 11	Ø32mm	GEORG FISHER	NBR 14462	un	02
4	COTOVELO PEAD – PE 100 – SDR 11	Ø32mm	GEORG FISHER	NBR 14462	un	01
5	FITA DE AVISO	-	-	-	m	06,22
6	PLACA DE CONCRETO	0,30x0,50x0,07m	-	-	un	08

Figura 23 – Lista de materiais vala aberta caso 01

Fonte: Autor

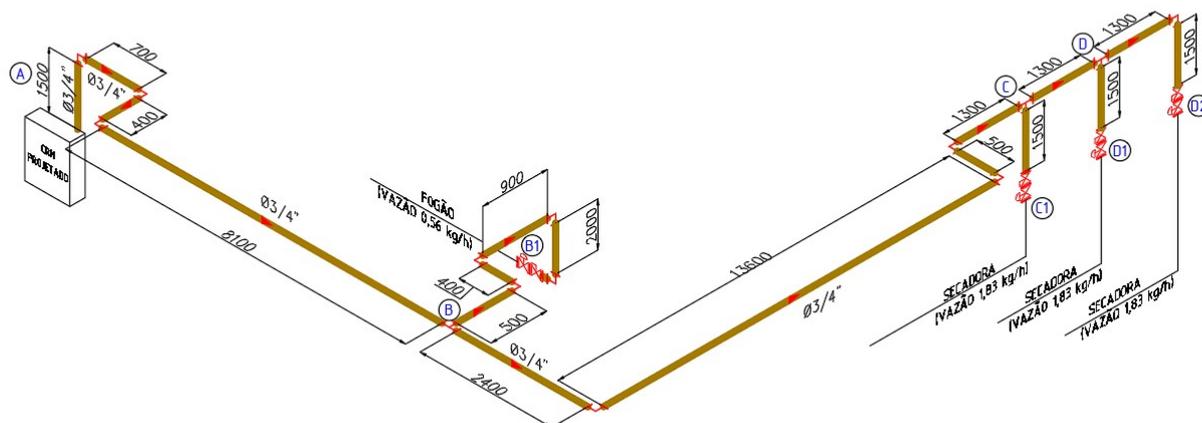


Figura 24 – Isométrico caso 02

Fonte: Autor

configurações de regulagem e pressão de operação, foi necessário conduzir uma análise de cálculo conforme especificado pelas diretrizes da ABNT NBR 15358 (2020).

4.2.1 Simulação 03

Foi adotada a tipologia de rede interna com duas etapas de regulagem. Na primeira etapa, utilizou-se uma válvula de bloqueio por sobressão do tipo AP40 OPSO, instalada no Conjunto de Regulagem e Medição, para efetuar a primeira regulagem de 600 kPa (pressão inicial no duto de gás) para 50 kPa, que é a pressão de operação requerida para a edificação industrial. Isso foi realizado através da tubulação da nova rede interna com diâmetro nominal de 3/4".

Para a regulação nos equipamentos, foram empregadas quatro reguladoras de estágio único, responsáveis por ajustar a pressão de 50 kPa para 22 mbar, que corresponde à pressão de consumo de cada equipamento.

Após a configuração das regulagens e com uma possível pressão de operação definida, procedeu-se à inserção dos dados de consumo no simulador. A Figura 25 apresenta o consumo total da edificação não residencial.

Tabela de Consumo dos Equipamentos					
Item	Descrição	Qtde (unid)	Vazão unit. (m³/h / kg/h)	Tipo de Gás	Potência Total unit. (kcal/h)
1	Fogão	1	0,56	GLP	12.544,00
2	Secadora	3	1,83	GLP	122.976,00
Total					135.520,00

Figura 25 – Consumo geral caso 02

Fonte: Autor

EQUIVALÊNCIA DA PERDA DE CARGA DAS CONEXÕES EM METROS							
TRECHO	DN	C90	TENR	TE90	VES	Subtotal	
A	B	3/4"	3,00	1,00	-	2,22	
B	B1	3/4"	4,00	1,00	-	2,93	
B	C	3/4"	3,00	2,00	-	2,34	
C	C1	3/4"	-	1,00	-	0,13	
C	D	3/4"	-	2,00	-	0,24	
D	D1	3/4"	-	1,00	-	0,13	
D	D2	3/4"	1,00	1,00	-	0,83	

Figura 26 – Perda de carga conexões caso 02

Fonte: Autor

A Figura 26 ilustra a equivalência da perda de carga das conexões, expressa em metros.

Após o preenchimento de todos os campos no simulador, os resultados obtidos são apresentados na Figura 27.

A velocidade máxima calculada foi de 9,51 m/s no trecho "A-B", em conformidade com o valor máximo de 20 m/s estipulado pela norma. Portanto, esse parâmetro está em conformidade. Quanto à perda de carga entre reguladores, os resultados foram os seguintes:

- Trecho "B-B1" Perda de carga de 6,72 %;
- Trecho "D-D1" Perda de carga de 16,65 %;

Pto. inicial	Pto. final	Pot. calculada [Kcal]	Fator simul. [%]	Vazão computada [Nm ³ /h]	PA [kPa]	PB [kPa]	Comp. conexão [m]	Comp. horiz. [m]	Comp. ascendente [m]	Comp. descendente [m]	Comp. total [m]	Diâmetro ØPol.	Diâmetro interno [mm]	ΔP [kPa]	Perda de carga [%]	Perda de Carga Reguladora (%)	Ponto de Regulagem	Ponto de Consumo	Velocidade [m/s]
A	B	135.520	100,00	17,83	50,00	46,67	2,22	9,20	1,50		12,92	3/4"	20,96	0,01	6,65%				9,51
B	B1	12.544	100,00	1,65	46,67	46,64	2,93	1,80		2,00	6,73	3/4"	20,96	- 0,01	0,07%	6,72%	A	B1	0,88
B	C	122.976	100,00	16,18	46,67	41,92	2,34	17,80			20,14	3/4"	20,96	-	10,18%				8,92
C	C1	40.992	100,00	5,39	41,92	41,86	0,13			1,50	1,63	3/4"	20,96	- 0,01	0,15%				2,97
C	D	81.984	100,00	10,79	41,92	41,74	0,24	1,30			1,54	3/4"	20,96	-	0,44%				5,95
D	D1	40.992	100,00	5,39	41,74	41,68	0,13			1,50	1,63	3/4"	20,96	- 0,01	0,15%	16,65%	A	D1	2,98
D	D2	40.992	100,00	5,39	41,74	41,61	0,83	1,30		1,50	3,63	3/4"	20,96	- 0,01	0,31%	16,78%	A	D2	2,98

Figura 27 – Resultado simulação 03

Fonte: Autor

- Trecho "D-D2" Perda de carga de 16,78 %.

Os valores de perda de carga entre o regulador de primeiro estágio e o regulador de estágio único ficaram abaixo do limite máximo permitido pela norma, que é de 20%. Portanto, o dimensionamento foi aprovado.

Com o resultado da simulação 03, tornou-se possível prosseguir com o dimensionamento da rede interna, incluindo a definição dos seguintes parâmetros:

1. Pressão de operação : 50kPa;
2. Regulador de primeiro estágio: AP40 OPSO;
3. Regulador de estágio único;
4. Diâmetro da tubulação: DN 3/4";
5. Topologia da rede: Regulagem com dois estágios.

4.2.1.1 Definição do conjunto de Regulagem e Medição caso 02

Com a realização da simulação 03, foi obtido o valor máximo de vazão no trecho "A-B", que foi de 17,83 m³/h. Com base nesse valor, foi selecionado um medidor do tipo diafragma G4, com capacidade máxima de vazão de 50 m³/h. A Figura 28 apresenta o desenho frontal do projeto do Conjunto de Regulagem e Medição.

Na Figura 29, encontra-se a relação de materiais necessários para a montagem do Conjunto de Regulagem e Medição, considerando a utilização de um medidor do tipo diafragma G4 em conjunto com a reguladora de primeiro estágio AP40.

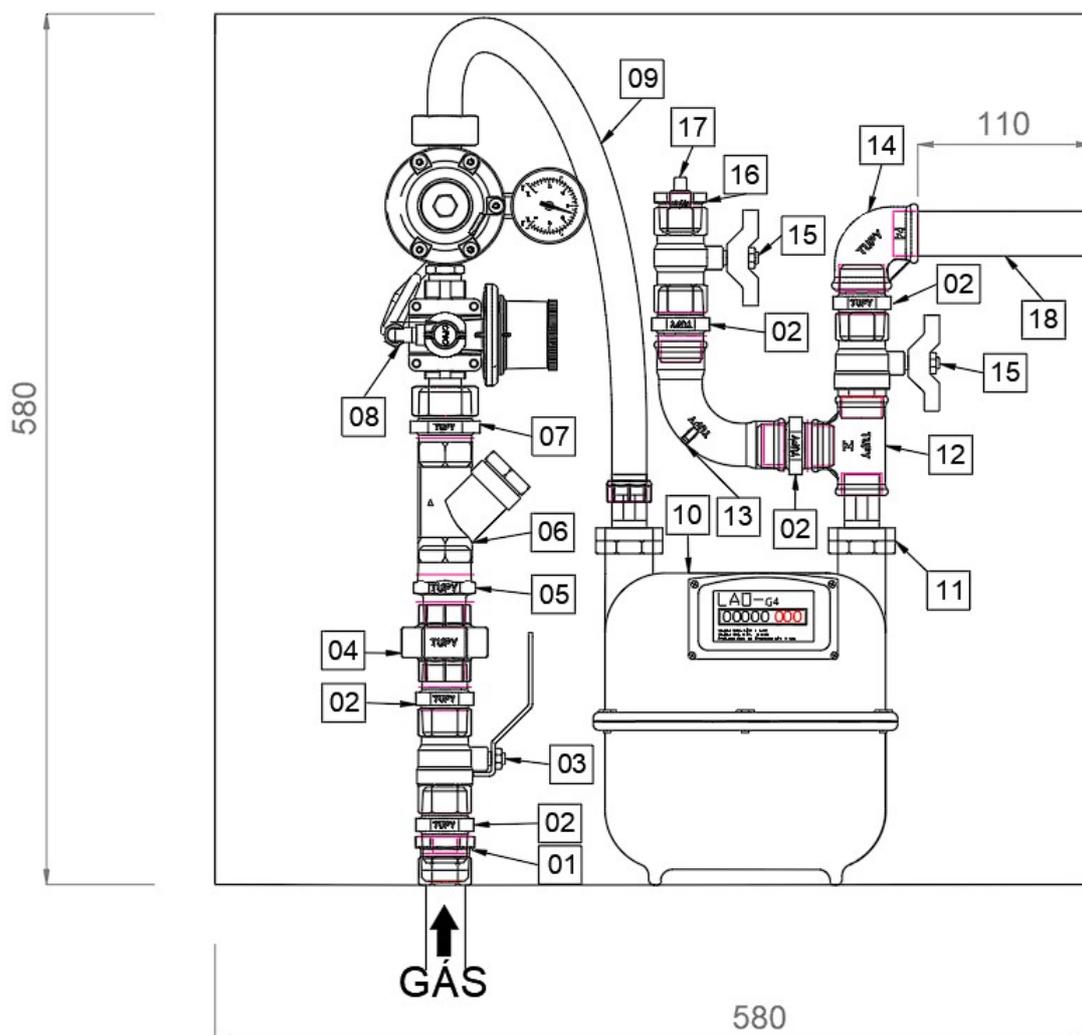


Figura 28 – Conjunto de Regulação e Medição Caso 02

Fonte: Autor

4.3 Estudo de Caso 03

O processo de dimensionamento da rede interna de gás para uso em uma instalação industrial teve início com a coleta de informações sobre a estrutura da edificação industrial. Durante a visita técnica realizada, constatou-se que a edificação industrial em questão não possui uma rede interna de gás em funcionamento.

Para realizar o dimensionamento de forma precisa, além da visita técnica, tornou-se essencial determinar o consumo máximo total da edificação não residencial. Esse cálculo foi conduzido com rigor, abrangendo uma análise minuciosa dos equipamentos presentes nas instalações da edificação industrial.

Descrição	Qtde	Potência Unitária (Kg/h)	Potência Adotada (kcal/h)
caldeira Industrial	01	128,00	2.867.200

Tabela 6 – Senso caso 03

LISTA DE MATERIAL MEDIDOR G4						
ITEM	DENOMINAÇÃO	Ø	NORMA E GRAU	ESP.(mm)	UNID.	QTD.
1	BUCHA DE REDUÇÃO BAIXA PRESSAO ROSCA BSP	1"x3/4"	ABNT NBR 6590, ISO 5922, EN 1542	-	pç	1
2	NIPLE DUPLO ROSCA BSP	3/4"	ABNT NBR 6943, ISO 49, EN 10242	-	pç	5
3	VALV. ESF. LATÃO F-F BSP - HASTE	3/4"	UNE-EN 12.164 E 12.165	-	pç	1
4	UNIÃO FÊMEA / FÊMEA TIPO CÔNICA ROSCA BSP	3/4"	ABNT NBR 6943, ISO 49, EN 10242	-	pç	1
5	NIPLE DUPLO REDUÇÃO BSP	1"x3/4"	ABNT NBR 6590, ISO 5922, EN 1542	-	pç	1
6	FILTRO "Y" BSP - BAIXA PRESSÃO	1"	ASTM A-106 GR.B / ANSI B36.10	-	pç	1
7	NIPLE DUPLO ROSCA BSP	1"	ABNT NBR 6943, ISO 49, EN 10242	-	pç	1
8	VÁLVULA REGULADORA CLESSE - AP40 OPSO	1"	ABNT NBR 6590, ISO 5922, EN 1542	-	pç	1
9	TUBO FLEXÍVEL M/F (GIRATÓRIA) ROSCA BSP - 500mm 0a 1 kgf/cm ²	1"x1.1/4"	ABNT NBR 14177	-	pç	1
10	MEDIDOR CRM LAO G4	1.1/4"	ABNT NBR 6590, ISO 5922, EN 1542	-	pç	1
11	PORCA/TUBETE ROSCA LATÃO E ARRUELA BSP	1.1/4"x3/4"	ABNT NBR 6590, ISO 5922, EN 1542	-	pç	1
12	TÊ RETO BAIXA PRESSÃO ROSCA BSP	3/4"	ABNT NBR 6590, ISO 5922, EN 1542	-	pç	1
13	CURVA RL F/F ROSCA BSP	3/4"	ABNT NBR 6590, ISO 5922, EN 1542	-	pç	1
14	COTOVELO 90° ROSCA BSP	3/4"	ABNT NBR 6590, ISO 5922, EN 1542	-	pç	1
15	VALV. ESF. LATÃO F-F BSP - BORBOLETA	3/4"	UNE-EN 12.164 E 12.165	-	pç	2
16	BUCHA DE REDUÇÃO BAIXA PRESSÃO ROSCA BSP	3/4"x1/4"	ABNT NBR 6590, ISO 5922, EN 1542	-	pç	1
17	BUJÃO ROSCA BSP	1/4"	ABNT NBR 6590, ISO 5922, EN 1542	-	pç	1
18	TUBO AÇO CARBONO S/ COST. SCH. 40	3/4"	ASMT A-106 GR.B / ANSI B36.10	-	m	0,11

Figura 29 – Lista de materiais CRM caso 02

Fonte: Autor

Dado que a edificação industrial em questão não possui uma rede interna existente, foi elaborado um esboço do desenho isométrico que inclui o Conjunto de Regulagem e Medição (CRM) e a rede interna que irá conectar os equipamentos. Todos esses dados foram utilizados para criar um projeto conceitual detalhado, descrevendo o traçado da rede interna que fará a interligação com os pontos de consumo. A Figura 30 apresenta a representação da rede interna em uma vista isométrica. Além disso, foram identificados os pontos onde será calculada a pressão, a perda de carga e a velocidade.

4.3.1 Simulação 04

Optou-se pela configuração de rede interna com duas regulagens, começando com a instalação de uma válvula de bloqueio por sobressão (APSO) de primeiro estágio no Conjunto de Regulagem e Medição (CRM). Essa válvula efetuará a primeira regulagem, reduzindo a pressão de 600 kPa (pressão inicial no duto de gás) para 400 kPa, que será a pressão de operação da edificação industrial. Para esse cenário, foi selecionada uma tubulação de diâmetro nominal de 2" para o trecho enterrado e de 1.1/2" para o trecho aparente da rede interna nova.

A regulagem no equipamento em questão será realizada por uma única reguladora de pressão, que reduzirá a pressão de 400 kPa para 22 mbar, que é a pressão de consumo necessária para a caldeira industrial.

Após estabelecer essas configurações de regulagem e considerando uma pressão de

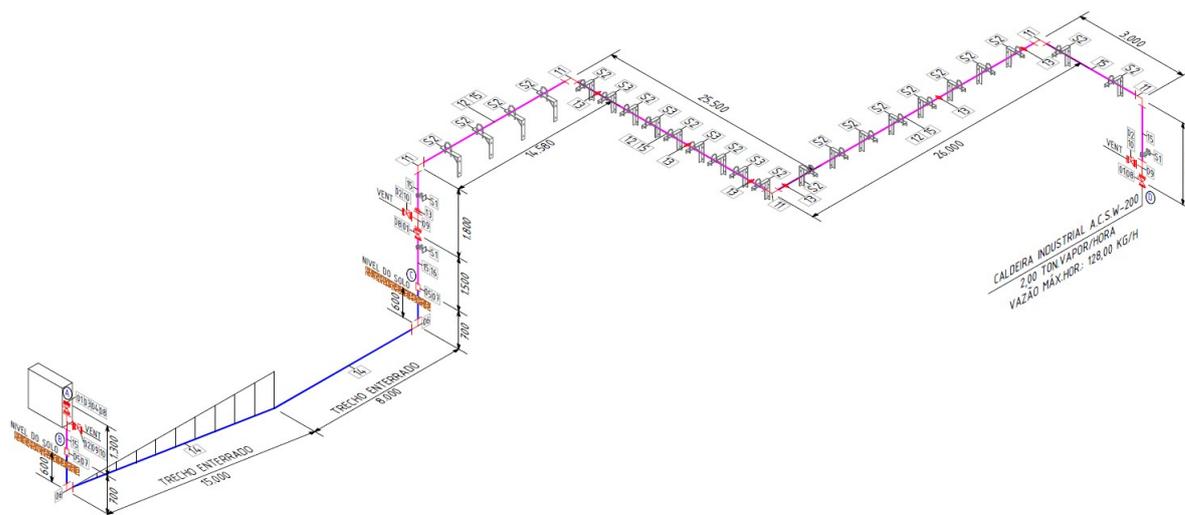


Figura 30 – Isométrico caso 03

Fonte: Autor

operação viável, foram inseridos os dados de consumo no simulador. A Figura 31 exhibe o consumo total da edificação industrial nesse contexto.

Tabela de Consumo dos Equipamentos					
Item	Descrição	Qtde (unid)	Vazão unit. (m³/h / kg/h)	Tipo de Gás	Potência Total unit. (kcal/h)
1	Caldeira Industrial	1	128	GLP	2.867.200,00
Total					2.867.200,00

Figura 31 – Consumo geral caso 03

Fonte: Autor

A Figura 32 ilustra a conversão das perdas de carga nas conexões para unidades de medida em metros.

EQUIVALÊNCIA DA PERDA DE CARGA DAS CONEXÕES EM METROS

TRECHO	DN	C90	VES	Subtotal
A B	1.1/2"	-	-	-
B C	2"	2,00	-	3,76
C D	1.1/2"	5,00	3,00	7,08

Figura 32 – Perda de carga conexões caso 03

Fonte: Autor

Após fornecer todos os dados necessários no simulador, conseguimos obter um conjunto de resultados, como pode ser visualizado na Figura 33. Estes resultados compreendem uma série de informações relevantes para o dimensionamento da rede interna de gás na instalação industrial em questão.

Pto. inicial	Pto. final	Pot. calculada [Kcal]	Fator simul. [%]	Vazão computada [Nm ³ /h]	PA [kPa]	PB [kPa]	Comp. conexão [m]	Comp. horiz. [m]	Comp. ascendente [m]	Comp. descendente [m]	Comp. total [m]	Diâmetro Pol. [mm]	Diâmetro interno [mm]	ΔP [kPa]	Perda de carga [%]	Perda de Carga Reguladora (%)	Ponto de Regulagem	Ponto de Consumo	Velocidade [m/s]
A	B	2.867.200	100,00	377,26	400,00	376,82	-	69,08		1,30	70,38	1.1/2"	40,94	- 0,01	5,79%				16,34
B	C	2.867.200	100,00	377,26	376,82	369,16	3,76	69,08	0,60	0,60	74,04	2"	52,48	-	2,04%	7,71%	A	C	10,10
C	D	2.867.200	100,00	377,26	369,16	339,87	7,08	69,08	3,30	1,75	81,21	1.1/2"	40,94	0,01	7,93%				17,70

Figura 33 – Resultado simulação 04

Fonte: Autor

A análise dos resultados obtidos revela que a velocidade máxima calculada no trecho "A-B" foi de 16,34 metros por segundo (m/s). Esse valor encontra-se dentro dos limites estabelecidos pela norma, que determina um valor máximo aceitável de 20 m/s. Portanto, pode-se concluir que o primeiro parâmetro relacionado à velocidade está em conformidade com os padrões normativos.

No que diz respeito à perda de carga entre os reguladores, os resultados indicam que ela se encontra dentro dos limites aceitáveis estabelecidos pela norma. Isso demonstra que o dimensionamento da rede interna de gás atende aos requisitos normativos em relação a esse parâmetro específico.

- Trecho "B-C" Perda de carga de 7,71 %;

Os resultados relativos à perda de carga entre o regulador de primeiro estágio e o regulador de estágio único demonstraram que esses valores encontram-se abaixo do limite máximo permitido pela norma, que é de 20

Com base nos resultados obtidos na simulação 04, foi possível prosseguir com o dimensionamento da rede interna, com a definição dos parâmetros a seguir:

1. Pressão de operação: 400kpa;
2. Regulador de primeiro estágio - APS2 OPSO;
3. Regulador de estágio único;
4. Diâmetro da tubulação: DN 2" e DN 1.1/2";
5. Topologia da rede: Regulagem com dois estágios.

4.3.1.1 Definição do conjunto de Regulagem e Medição caso 03

Durante a simulação 03, registramos o valor máximo de vazão, que ocorreu no trecho "A-B" e atingiu um total de 377,26 metros cúbicos por hora (m^3/h). Em resposta a essa medida, optamos por empregar um medidor rotativo G250, cuja capacidade máxima de vazão é de 400 metros cúbicos por hora (m^3/h). Para ilustrar melhor, a Figura 34 apresenta uma representação frontal do projeto do Conjunto de Regulagem e Medição.

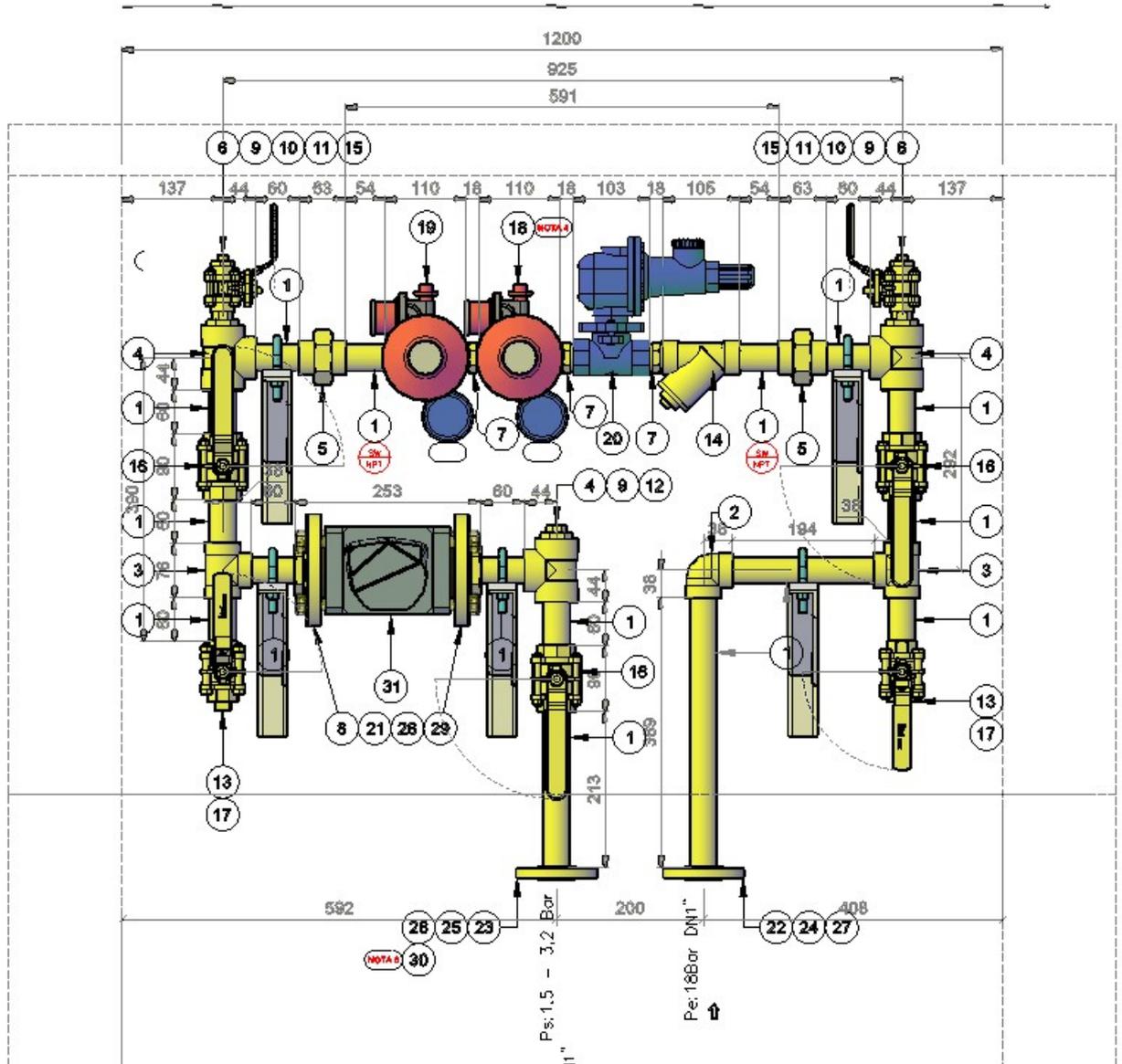


Figura 34 – Conjunto de Regulagem e Medição caso 03

Fonte: Autor

No Apêndice C, você pode encontrar uma lista abrangente de materiais necessários para a montagem do Conjunto de Regulagem e Medição, que inclui o uso de um medidor rotativo G250 em conjunto com a reguladora de primeiro estágio APS2. Essa lista deta-

lhada abrange todos os componentes e itens necessários para a configuração desse sistema específico de regulagem e medição.

4.3.2 Detalhe da rede interna enterrada caso 03

Conforme parte integrante do projeto da rede interna, houve a necessidade de implementar uma porção da rede interna de gás de forma subterrânea. A Figura 35 apresenta em detalhes os componentes e especificações relacionados a essa porção subterrânea da rede interna. Essa representação fornece informações detalhadas sobre como a rede interna enterrada foi planejada e dimensionada, considerando aspectos essenciais de segurança e eficiência.

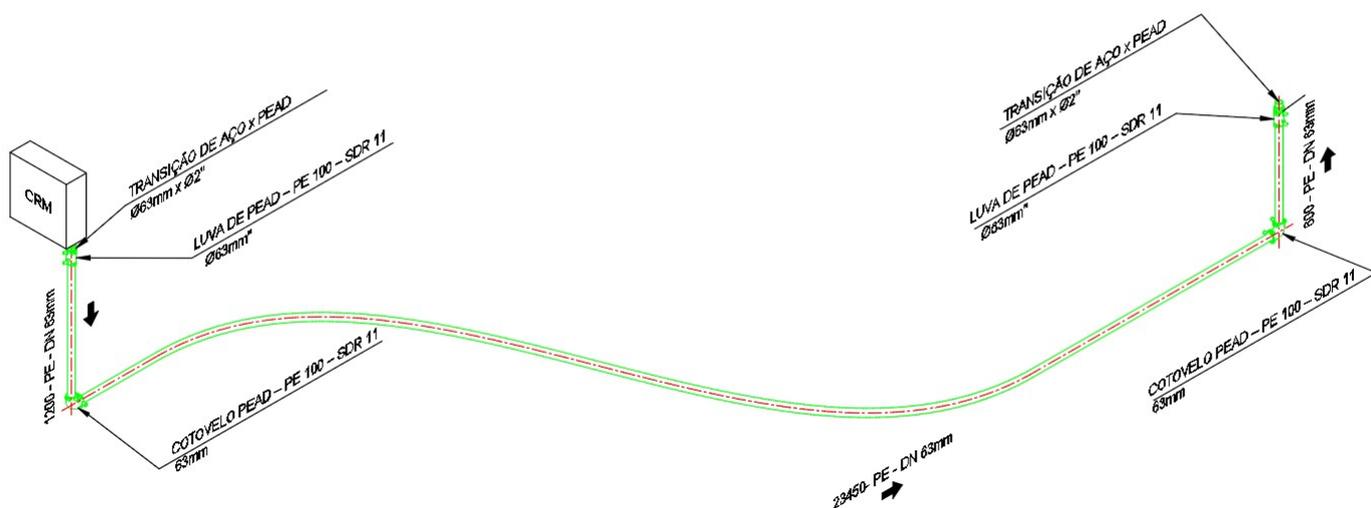


Figura 35 – Rede interna enterrada caso 03

Fonte: Autor

Para a implementação da rede interna enterrada, optou-se pelo Método Destrutivo (MD). Esse método envolve a execução de uma escavação em vala aberta, como ilustrado nas Figuras 36 e 37. Essas representações fornecem detalhes específicos sobre a técnica de escavação utilizada, incluindo dimensões, profundidade e outras características relevantes do processo. O Método Destrutivo foi escolhido com base em considerações técnicas e de segurança para assegurar a adequada instalação da rede interna enterrada na edificação industrial em questão.

Na Figura 38, é apresentada uma lista detalhada dos materiais necessários para a instalação da rede interna enterrada. Esta relação inclui todos os componentes e elementos essenciais para a implementação bem-sucedida da rede enterrada, abrangendo tubulações,

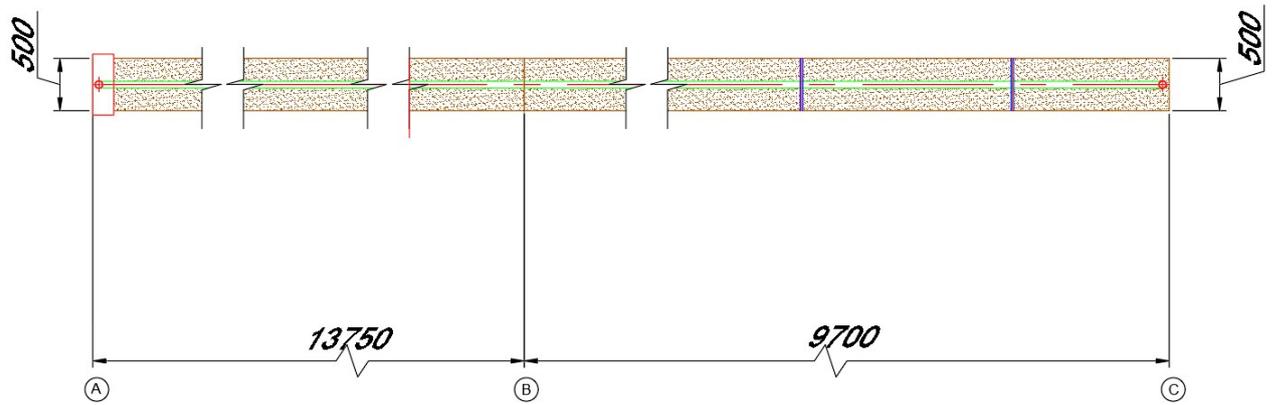


Figura 36 – Vala aberta caso 03 (vista superior)

Fonte: Autor

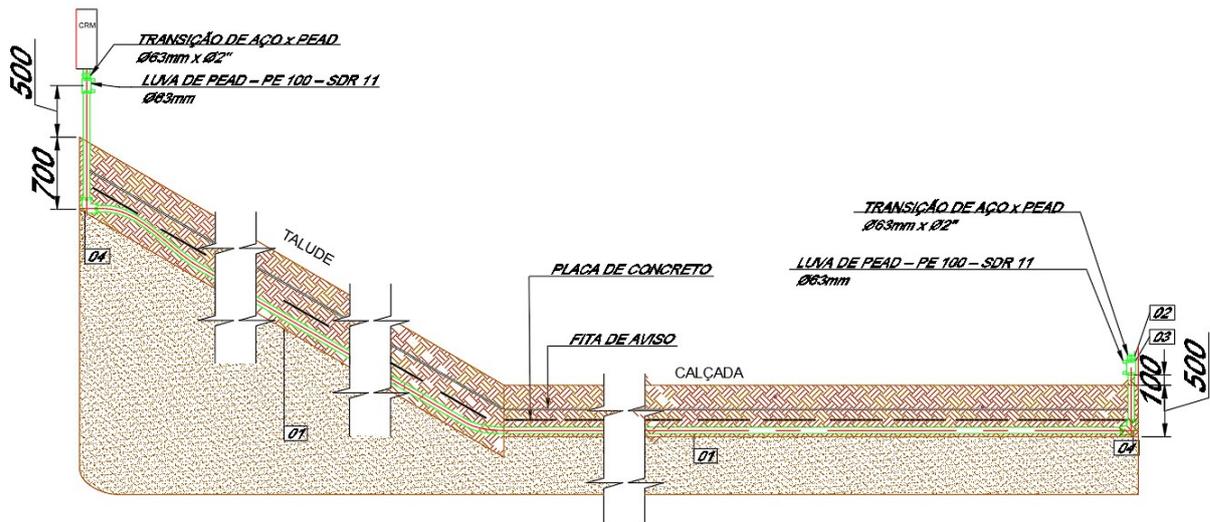


Figura 37 – Vala aberta caso 03 (vista frontal)

Fonte: Autor

conexões, acessórios e demais itens requeridos para o correto funcionamento e segurança do sistema de gás na edificação industrial em questão.

LISTA DE MATERIAL						
ITEM	DENOMINAÇÃO	DIMENSÕES	FORNEC.	NORMA / GRAU	UNID.	QUANT.
1	TUBO PEAD – PE 100 – SDR 11	Ø63mm	FGS	NBR 14462	m	25,25
2	TRANSIÇÃO DE AÇO x PEAD	Ø63mmxØ2"	GEORG FISHER	NBR 14462	un	02
3	LUVA DE PEAD – PE 100 – SDR 11	Ø63mm	GEORG FISHER	NBR 14462	un	02
4	COTOVELO PEAD – PE 100 – SDR 11	Ø63mm	GEORG FISHER	NBR 14462	un	02
5	FITA DE AVISO	-	-	-	m	23,45
6	PLACA DE CONCRETO	0,30x0,50x0,07m	-	-	un	35

Figura 38 – Lista materiais vala aberta caso 03

Fonte: Autor

5 Conclusões

A dissertação aqui apresentada abordou uma análise minuciosa e comparativa de três estudos de caso relacionados ao dimensionamento de redes internas de gás, contemplando desde edifícios residenciais até instalações industriais. Esses estudos evidenciam a complexidade e a importância crítica do dimensionamento preciso dessas redes, enfatizando a necessidade de atender aos requisitos específicos de cada tipo de projeto. A análise detalhada desses critérios revelou a complexidade e a necessidade de aderir a regulamentos específicos, como a ABNT NBR 15526 (2016) para rede interna de gás para edificação residencial e a ABNT NBR 15358 (2020) para a edificação não residencial e industrial, para assegurar que essas redes atendam aos padrões de segurança e eficiência.

No Estudo de Caso 01, voltado para uma rede de gás residencial, destacamos a complexidade inerente à infraestrutura residencial de grande escala. Com quatro torres e um total de 232 apartamentos, as demandas de consumo de gás eram significativas. O estudo mostrou que a escolha cuidadosa da pressão de operação e a configuração adequada dos reguladores são fundamentais para atender às necessidades de segurança e eficiência. A primeira simulação, com uma pressão de operação de 50kPa, demonstrou a importância de garantir que a velocidade máxima do gás não exceda os limites normativos, destacando a necessidade de revisar e ajustar a pressão para atender a esses critérios. A segunda simulação, com pressão de operação de 150kPa, mostrou-se mais eficaz em termos de velocidade e perda de carga atendendo às normas estabelecidas. Em ambos os casos, a criação de um Conjunto de Regulagem e Medição (CRM) e três estágios de regulagem foi fundamental para definir as diretrizes de dimensionamento como também definir a melhor forma de dispor a tipologia da tubulação, sendo que nesse caso foi necessário enterrar parte do trecho da rede interna nova, pois sem essa diretriz seria impossível a interligação das redes internas existentes e o duto de gás.

No Estudo de Caso 02, que se concentrou em uma rede de gás não residencial em uma edificação comercial, as demandas eram mais modestas em comparação com o estudo anterior. No entanto, ficou claro que o projeto personalizado ainda era essencial. A simulação realizada com uma pressão de operação de 50kPa demonstrou que a eficiência da rede poderia ser mantida com uma configuração eficaz de reguladores de pressão, mostrando que, mesmo em casos com menor consumo, a abordagem técnica correta é crucial.

No Estudo de Caso 03, que envolveu a criação de uma rede interna de gás para uma instalação industrial com uma caldeira de alta potência, nos deparamos com desafios técnicos significativos. A necessidade de lidar com uma pressão de operação mais elevada (400kPa) exigiu uma abordagem ainda mais precisa e a instalação de reguladores especí-

ficos para essa pressão. A simulação mostrou que, com o dimensionamento cuidadoso da rede e a escolha adequada dos reguladores, era possível atender aos requisitos de segurança e eficiência dessa instalação industrial crítica.

Em todos os três estudos realizados, foram identificados desafios significativos a serem superados. Por exemplo, no caso 01, destacou-se a necessidade de realizar um estudo detalhado antes das simulações, visando identificar o percurso mais curto para a tubulação e minimizar o número de conexões. Isso foi essencial para evitar perdas de carga e potenciais vazamentos, além de exigir uma precisa definição dos pontos de regulagem, garantindo pressão e vazão adequadas em cada dispositivo da edificação.

Os maiores desafios foram observados no caso 03, em que, primeiramente, foi necessário enfrentar a complexidade da definição do traçado da rede devido à localização da edificação industrial em um terreno cercado por taludes. Isso dificultou a interligação do duto de gás à nova rede interna, que precisou ser enterrada. Para resolver essa questão, um estudo detalhado da área, incluindo mapeamento topográfico e sondagem, foi imprescindível para determinar o caminho mais adequado e solucionar interferências. Além disso, o segundo desafio foi desenvolver um sistema de regulagem que atendesse à demanda de pressão e vazão para suprir o consumo da caldeira de alta potência.

Em todos os três estudos de caso, uma constante ficou evidente: a estrita conformidade com as normas e regulamentos de segurança é fundamental. Além disso, a análise detalhada das necessidades específicas de cada projeto e a consideração das particularidades de cada tipo de edifício ou instalação desempenharam um papel crucial no sucesso desses empreendimentos. Cada estudo proporcionou lições valiosas, abrangendo desde a necessidade de ajustar a pressão de operação até a importância de criar um Conjunto de Regulagem e Medição (CRM) personalizado, adaptado às demandas específicas.

Ao analisar os três casos, tornou-se evidente que houve uma substancial otimização dos recursos de execução, uma vez que, em cada fase do projeto, priorizou-se a busca pelo encaminhamento mais eficiente, sempre aderindo estritamente às diretrizes normativas.

Como resultado da acumulação de experiências, foi estabelecida a seguinte diretriz para o dimensionamento eficiente: em um primeiro momento, é essencial conduzir uma inspeção técnica abrangente, cujo objetivo seja a identificação de todos os equipamentos a gás, bem como a detecção de possíveis desafios ao longo do trajeto da rede interna e a localização precisa do duto de gás. Com base nessa delimitação, é necessário elaborar um esboço isométrico da rede e catalogar os pontos onde os parâmetros relevantes serão monitorados. A partir dessa etapa, torna-se possível determinar os pontos de regulagem, com o Centro de Regulagem e Medição (CRM) desempenhando o papel de ponto inicial para o processo de regulagem, permitindo que os demais pontos sejam adaptados de acordo com as especificações relacionadas à tipologia da rede. Após a definição de todos os pontos de monitoramento e regulagem, é iniciada a simulação, que segue com os seguintes parâmetros iniciais: pressão de operação mínima de 50 kPa e diâmetro nominal mínimo

de 1/2". Uma vez estabelecidos todos esses parâmetros, o processo de dimensionamento é considerado concluído.

Em resumo, esses estudos de caso ilustram a complexidade inerente ao dimensionamento de redes internas de gás e enfatizam a importância de um projeto minucioso e da aderência rigorosa às normas. Eles servem como um lembrete constante de que a excelência no projeto e dimensionamento é essencial para garantir um fornecimento confiável e seguro de gás em uma variedade de aplicações, independentemente do tamanho ou complexidade do projeto.

5.1 Trabalhos Futuros

No horizonte dos estudos futuros sobre redes internas de gás, várias áreas de pesquisa e desenvolvimento se delineiam como cruciais para atender às crescentes demandas de segurança, eficiência e sustentabilidade. A integração de energias renováveis nos sistemas de gás surge como uma prioridade, visando uma transição para fontes mais limpas de energia, como biogás e hidrogênio, nas redes internas de edifícios residenciais e comerciais.

A automação e a Internet das Coisas (IoT) prometem desempenhar um papel cada vez mais significativo na gestão das redes internas de gás. Estudos futuros devem explorar como essas tecnologias podem ser implementadas para proporcionar controle em tempo real, detectando vazamentos e otimizando o consumo, contribuindo assim para a segurança e eficiência.

O armazenamento de gás emerge como uma área de interesse crescente, especialmente em relação ao armazenamento de energia. A pesquisa futura pode se concentrar na viabilidade e eficácia de sistemas de armazenamento de gás em uma variedade de contextos, incluindo aplicações residenciais, comerciais e industriais.

Sistemas de monitoramento contínuo para redes internas de gás também apresentam grande potencial. A implementação de sensores e algoritmos avançados pode permitir a detecção antecipada de problemas de segurança e eficiência, como vazamentos, contribuindo para uma resposta mais rápida e eficaz.

Além disso, estudos futuros devem considerar uma avaliação mais aprofundada do impacto ambiental das redes internas de gás, incluindo a análise das emissões de gases de efeito estufa e outras externalidades. Isso é fundamental à medida que a sustentabilidade se torna uma preocupação global cada vez mais premente.

Educação e treinamento são aspectos fundamentais, pois profissionais da indústria de gás precisam estar preparados para lidar com as complexidades em constante evolução das redes internas. Portanto, pesquisas futuras podem se concentrar no desenvolvimento de programas eficazes para capacitar engenheiros e técnicos.

Por fim, é essencial estender essas pesquisas para contextos de países em desenvolvimento, que enfrentam desafios específicos relacionados ao fornecimento de gás seguro e

confiável, levando em consideração suas limitações de recursos e infraestrutura.

Em resumo, o futuro dos estudos sobre redes internas de gás está repleto de oportunidades para inovação e melhoria. Abordar esses tópicos e desafios em evolução é crucial para garantir que esses sistemas continuem a atender às necessidades energéticas de forma responsável e eficaz em um mundo em constante transformação.

Referências

- 13103, N. *Instalação de aparelhos a gás, requisitos*. Rio de Janeiro - RJ, 2020. Citado 2 vezes nas páginas 21 e 22.
- 13206, N. *Tubos de cobre leve, médio e pesado, sem costura, para condução de fluidos-Requisitos*. Rio de Janeiro - RJ, 2010. Citado na página 29.
- 14462, N. *Sistemas para distribuição de gás combustível para redes enterradas- tubos de polietileno PE 80 e PE 100- requisitos*. Rio de Janeiro - RJ, 2010. Citado na página 29.
- 14745, N. *Tubo de cobre sem costura flexível para condução de fluidos-Requisitos*. Rio de Janeiro - RJ, 2010. Citado na página 29.
- 15358, N. *ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rede de distribuição interna para gás combustível em instalações de uso não residencial de até 400 kPa - Projeto e execução*. Rio de Janeiro - RJ, 2020. Citado 10 vezes nas páginas 21, 28, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 49 e 60.
- 15526, N. *ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Redes de distribuição interna para gases combustíveis em instalações residenciais - Projeto e execução*. Rio de Janeiro - RJ, 2016. Citado 15 vezes nas páginas 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 40 e 60.
- 15923, N. *Inspeção de rede de distribuição interna de gases combustíveis em instalações residenciais e instalação de aparelhos a gás para uso residencial ? Procedimento*. Rio de Janeiro - RJ, 2011. Citado 2 vezes nas páginas 21 e 22.
- 5580, N. *Tubos de Aço-carbono para usos comuns na condução de fluidos - Especificações*. Rio de Janeiro - RJ, 2015. Citado na página 29.
- 5590, N. *Tubos de Aço-carbono com ou sem solda longitudinal, pretos ou galvanizados-Requisitos*. Rio de Janeiro - RJ, 2017. Citado na página 29.
- B36.10M, A. *Welded and Seamless Wrought Steel Pipe*. New York - NY, 2015. Citado na página 29.
- BARBOSA, M. O.; PEYERL, D. O gás natural associado à transição energética e a descentralização da geração de energia no brasil. *Oportunidades e Desafios do Gás Natural e do Gás Natural Liquefeito no Brasil*, p. 18, 2020. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 20.
- BRAGA, A. C.; LEISTER, A. Uma análise do mercado do transporte dutoviário de petróleo seus derivados e gás natural no brasil. *Caminhos de Geografia*, v. 19, n. 67, p. 234–252, 2018. Citado na página 18.
- BRONZATTI, F. L.; NETO, A. I. Matrizes energéticas no brasil: cenário 2010-2030. *Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, v. 28, p. 13–16, 2008. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 20.

COMGÁS. *RIP - Regulamento de Instalações Prediais*. São Paulo - SP, 2014. Citado 7 vezes nas páginas 14, 23, 24, 25, 26, 27 e 28.

CORDEIRO, L. T.; BATISTA, L. Análise multicritério do projeto de dimensionamento de tubulações de redes de gás natural sob condições de incerteza da evolução da carga. *XIII SIMMEC-Simpósio de Mecânica Computacional*, p. 1–14, 2018. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 20.

JOHANN, D.; SIMOES, A. F.; SANTOS, E. M. dos. Barreiras tecnológicas para utilização de gases combustíveis para aquecimento de água no setor residencial no Brasil. *Revista Tecnologia e Sociedade*, v. 15, n. 38, 2019. Citado na página 18.

REIS, H. L. et al. Gás natural. *Recursos minerais de Minas Gerais. Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (CODEMGE)*, Belo Horizonte, p. 1–39, 2018. Citado 3 vezes nas páginas 14, 18 e 19.

APÊNDICE A – Isométrico Caso 01

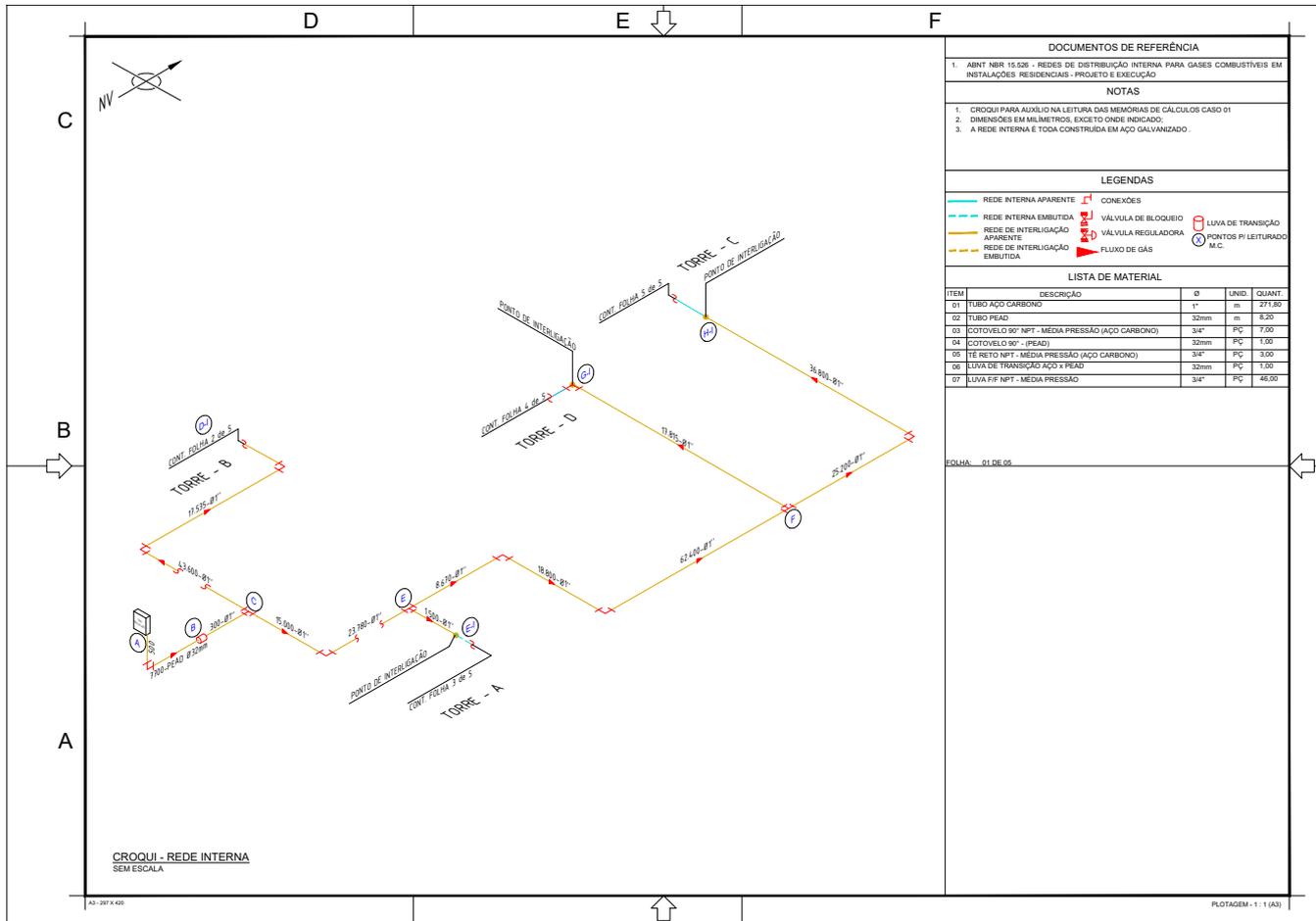


Figura 39 – Isométrico residencial folha 01

Fonte: Autor

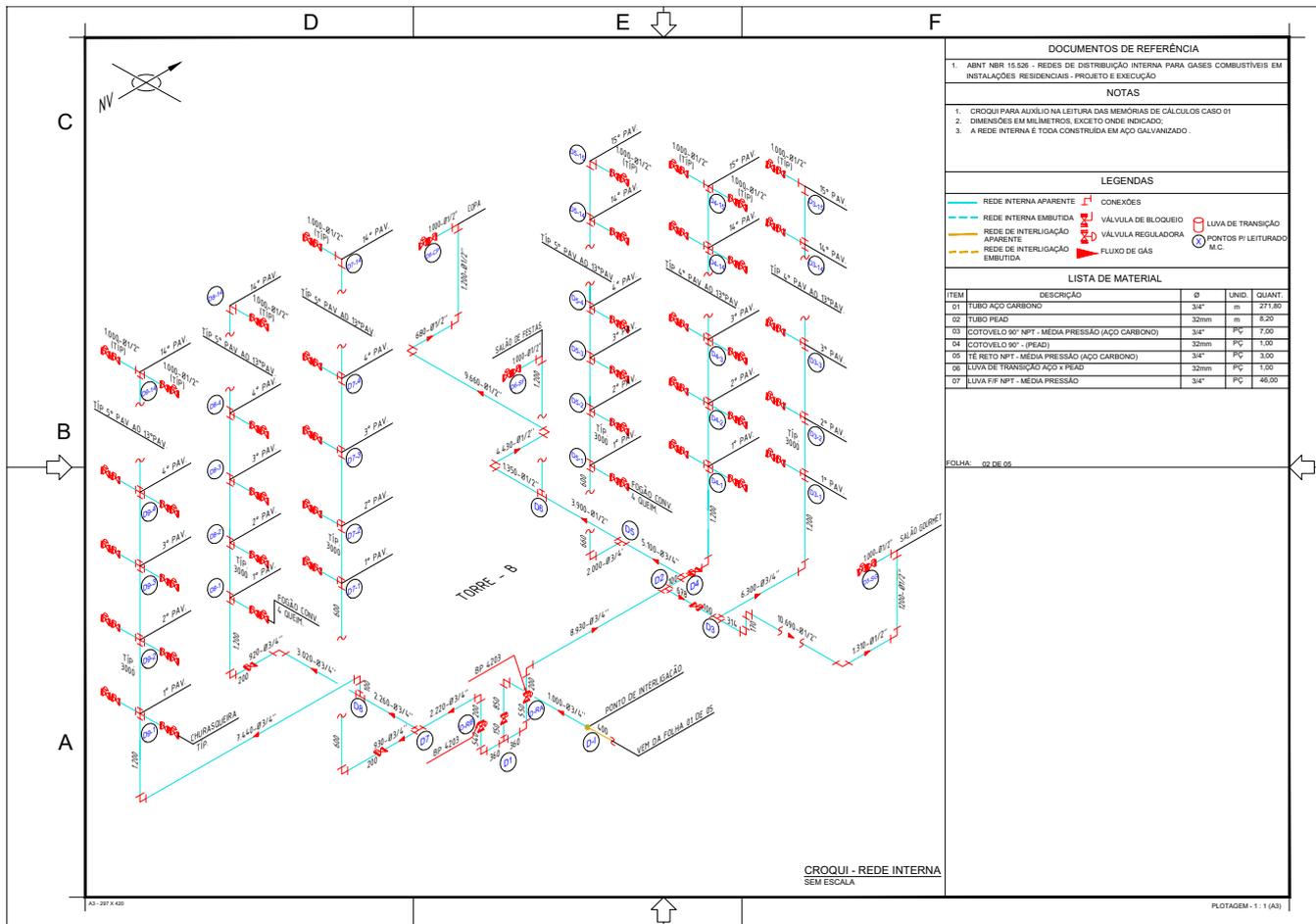


Figura 40 – Isométrico residencial folha 02

Fonte: Autor

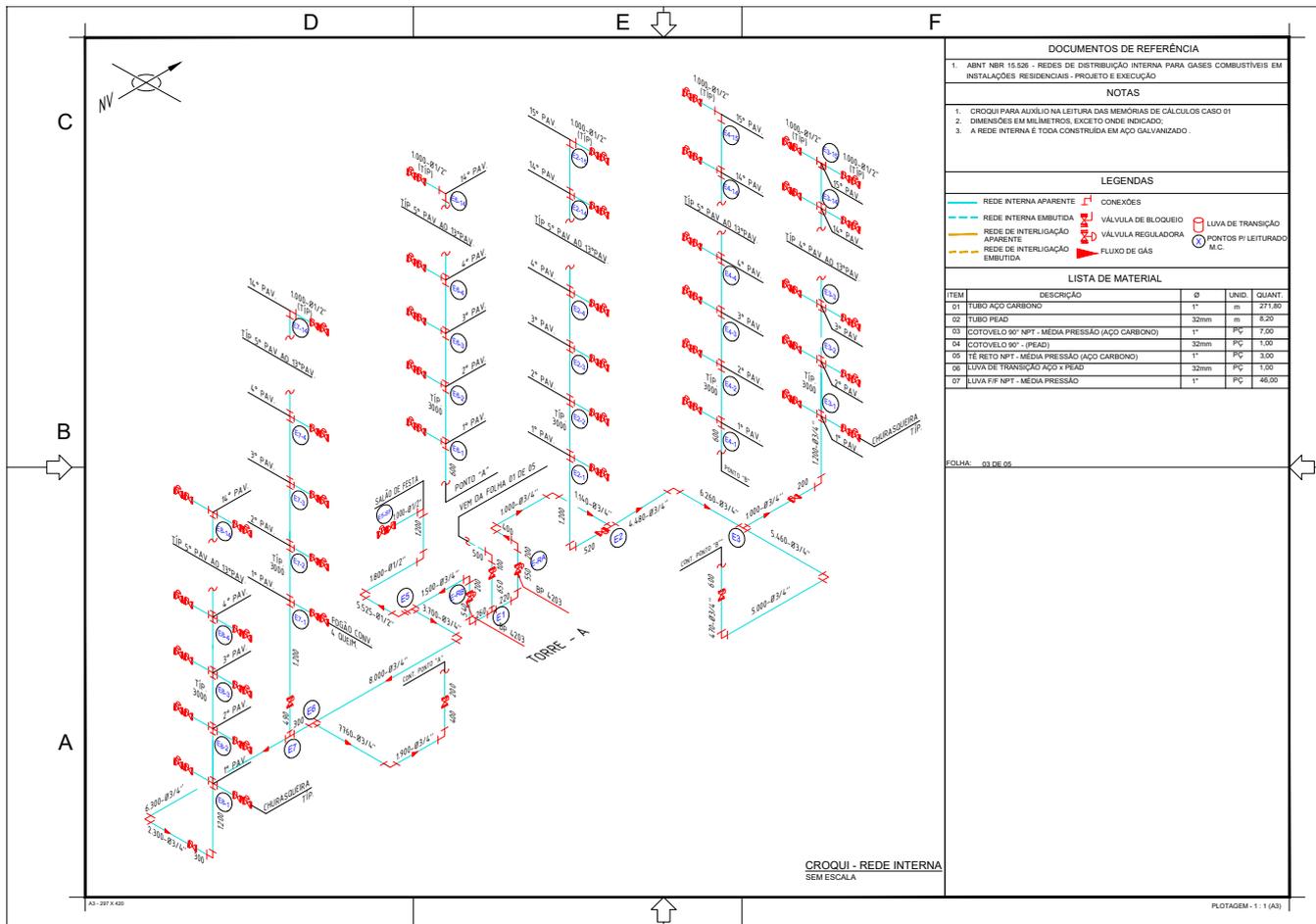


Figura 41 – Isométrico residencial folha 03

Fonte: Autor

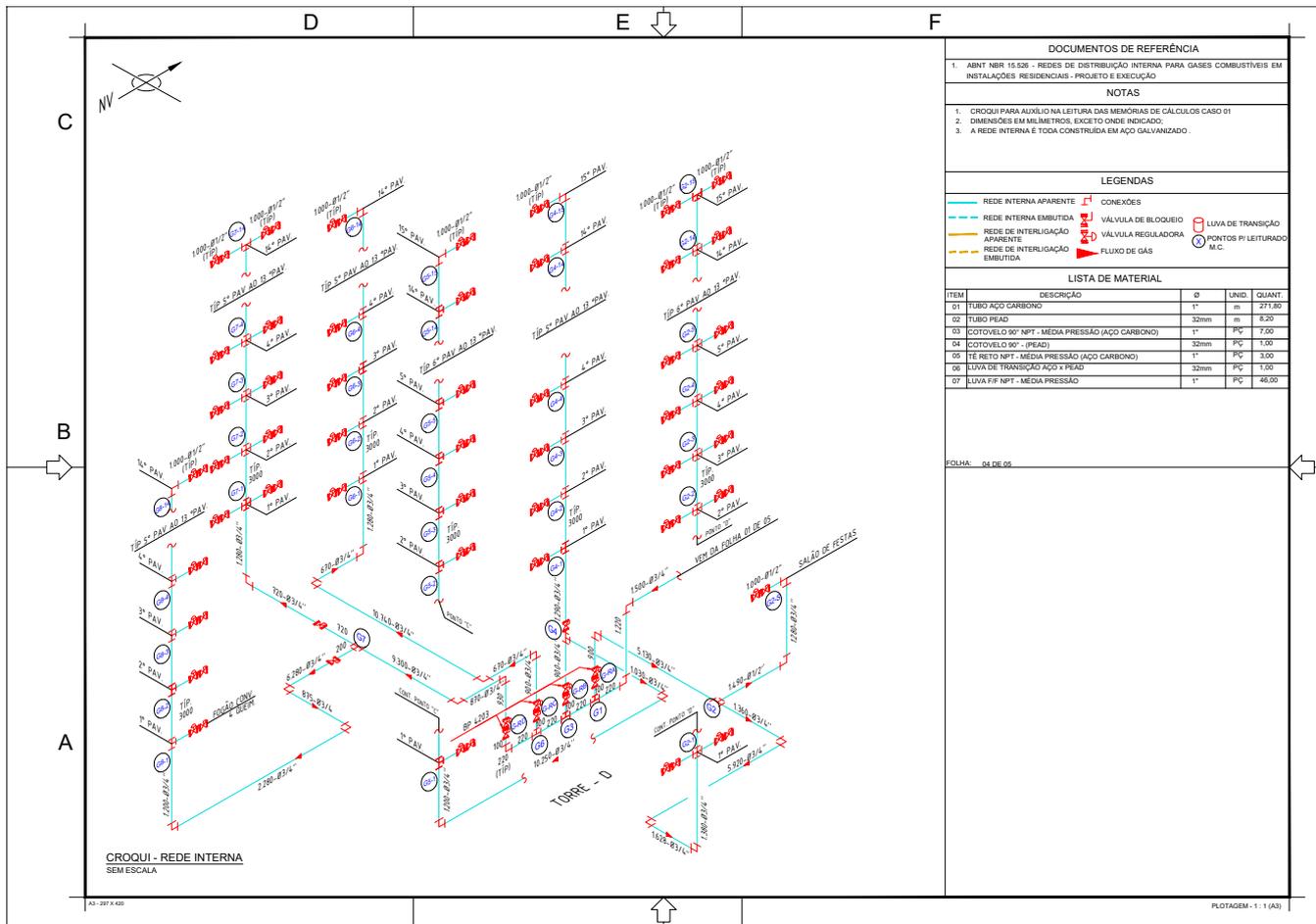


Figura 42 – Isométrico residencial folha 04

Fonte: Autor

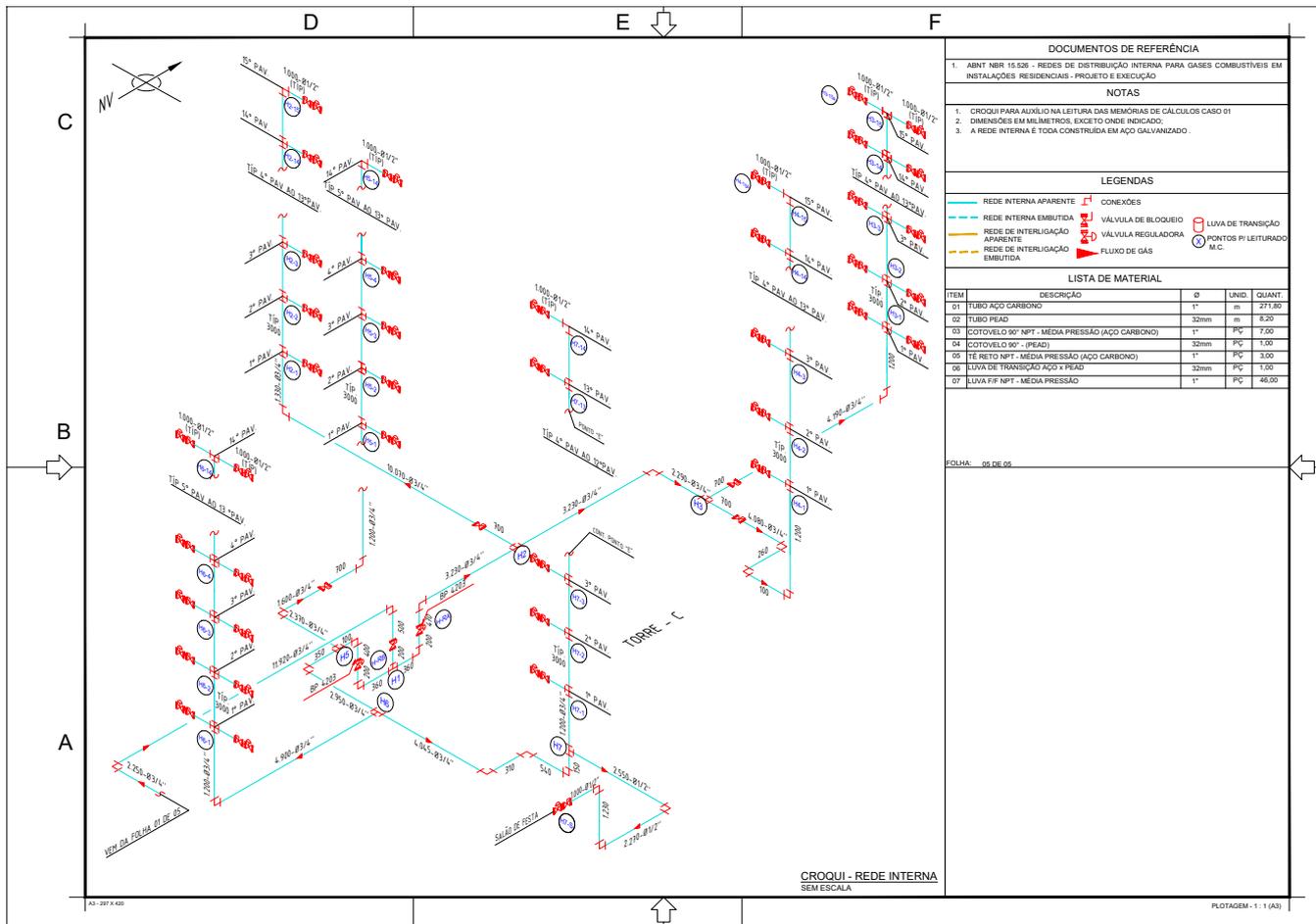


Figura 43 – Isométrico residencial folha 05

Fonte: Autor

APÊNDICE B – Resultado simulação 02

DIMENSIONAMENTO														
Trecho	Consumo				Comprimento Tubulação			Pressão			Diâmetro		Verificação	
	Pto. Inicial - Final	Potência Calculada (Kcal/h)	Fator Simul. (%)	Potência Ajustada (Kcal/h)	Q (Nm³/h)	L (m)	Comp. Conexão (m)	L total (m)	Pressão Inicial (Kpa)	Perda de carga (Kpa)	Pressão final (Kpa)	φ Nominal (mm)	φ Nominal (pol)	Perda de carga (%)
A - B	3.645.373	23	838.436	97,49	8,20	0,90	9,10	150,00	2,86	147,14	25	1"		19,18
B - C	3.645.373	23	838.436	97,49	0,30	1,70	2,00	147,14	0,63	146,51	25	1"		19,23
C - D-1	928.196	23,9643	222.436	25,86	61,54	3,50	65,04	146,51	1,85	144,66	25	1"		5,14
C - E	2.717.176	23	624.951	72,67	38,78	4,30	43,08	146,51	8,13	138,38	25	1"		14,82
E - E-1	908.936	24,0462	218.564	25,41	1,50	1,70	3,20	138,38	0,09	138,29	25	1"		5,18
E - F	1.808.241	23	415.895	48,36	89,87	5,20	95,07	138,38	8,86	129,52	25	1"		10,24
F - G-1	908.936	24,0462	218.564	25,41	17,82	2,60	20,42	129,52	0,60	128,92	25	1"		5,39
F - H-1	899.305	24,0879	216.624	25,19	62,00	2,60	64,60	129,52	1,88	127,65	25	1"		5,38
TORRE B -														
D1 - D1	928.196	23,9643	222.436	25,86	2,00	2,20	4,20	144,66	0,38	144,29	20	3/4"		8,31
D1 - D-RA	494.049	28,7145	141.863	16,50	0,91	2,00	2,91	144,29	0,12	144,17	20	3/4"	3,89%	5,31
D-RA - D2	494.049	28,7145	141.863	16,50	9,13	2,00	11,13	7,00	1,06	5,94	20	3/4"		12,14
D2 - D3	154.084	54,8669	84.541	9,83	0,78	2,80	3,58	5,94	0,13	5,81	20	3/4"		7,24
D3 - D3-SG	9.630	100	9.630	1,12	14,68	3,40	18,08	5,81	0,06	5,74	15	1/2"	17,94%	1,46
D3 - D3-1	144.454	56,4809	81.589	9,49	7,50	2,00	9,50	5,81	0,34	5,47	20	3/4"		7,01
D3-1 - D3-2	134.824	58,2106	78.482	9,13	3,00	2,60	5,60	5,47	0,20	5,27	20	3/4"		6,76
D3-2 - D3-3	125.193	60,0704	75.204	8,74	3,00	2,60	5,60	5,27	0,19	5,08	20	3/4"		6,48
D3-3 - D3-4	115.563	62,0775	71.739	8,34	3,00	2,60	5,60	5,08	0,17	4,91	20	3/4"		6,19
D3-4 - D3-5	105.933	64,2526	68.065	7,91	3,00	2,60	5,60	4,91	0,16	4,75	20	3/4"		5,88
D3-5 - D3-6	96.303	66,6215	64.158	7,46	3,00	2,60	5,60	4,75	0,14	4,61	20	3/4"		5,56
D3-6 - D3-7	86.672	69,2157	59.991	6,98	3,00	2,60	5,60	4,61	0,13	4,48	20	3/4"		5,20
D3-7 - D3-8	77.042	72,0761	55.529	6,46	3,00	2,60	5,60	4,48	0,11	4,36	20	3/4"		4,82
D3-8 - D3-9	67.412	75,2559	50.731	5,90	3,00	2,60	5,60	4,36	0,10	4,26	20	3/4"		4,41
D3-9 - D3-10	57.782	78,8285	45.548	5,30	3,00	2,60	5,60	4,26	0,09	4,18	20	3/4"		3,96
D3-10 - D3-11	48.151	82,9004	39.918	4,64	3,00	2,60	5,60	4,18	0,07	4,11	20	3/4"		3,47
D3-11 - D3-12	38.521	87,6439	33.761	3,93	3,00	2,60	5,60	4,11	0,06	4,05	20	3/4"		2,94
D3-12 - D3-13	28.891	93,404	26.985	3,14	3,00	2,60	5,60	4,05	0,04	4,01	20	3/4"		2,35
D3-13 - D3-14	19.261	100	19.261	2,24	3,00	2,60	5,60	4,01	0,03	3,98	20	3/4"		1,68
D3-14 - D3-15	9.630	100	9.630	1,12	3,00	2,00	5,00	3,98	0,02	3,96	20	3/4"		0,84
D2 - D4														
D2 - D4-1	339.964	36,2163	123.122	14,32	0,10	2,60	2,70	5,94	0,20	5,74	20	3/4"		10,55
D4 - D4-1	176.250	51,528	90.818	10,56	1,20	3,50	4,70	5,74	0,21	5,53	20	3/4"		7,80
D4-1 - D4-2	164.500	53,2374	87.575	10,18	3,00	2,60	5,60	5,53	0,24	5,29	20	3/4"		7,53
D4-2 - D4-3	152.750	55,0841	84.141	9,78	3,00	2,60	5,60	5,29	0,22	5,07	20	3/4"		7,25
D4-3 - D4-4	141.000	57,0873	80.493	9,36	3,00	2,60	5,60	5,07	0,21	4,86	20	3/4"		6,95
D4-4 - D4-5	129.250	59,2701	76.607	8,91	3,00	2,60	5,60	4,86	0,19	4,67	20	3/4"		6,63
D4-5 - D4-6	117.500	61,661	72.452	8,42	3,00	2,60	5,60	4,67	0,18	4,50	20	3/4"		6,28
D4-6 - D4-7	105.750	64,2957	67.993	7,91	3,00	2,60	5,60	4,50	0,16	4,34	20	3/4"		5,91
D4-7 - D4-8	94.000	67,2199	63.187	7,35	3,00	2,60	5,60	4,34	0,14	4,20	20	3/4"		5,49
D4-8 - D4-9	82.250	70,4933	57.981	6,74	3,00	2,60	5,60	4,20	0,12	4,08	20	3/4"		5,04
D4-9 - D4-10	70.500	74,1975	52.309	6,08	3,00	2,60	5,60	4,08	0,10	3,97	20	3/4"		4,56
D4-10 - D4-11	58.750	78,4488	46.089	5,36	3,00	2,60	5,60	3,97	0,09	3,89	20	3/4"		4,02
D4-11 - D4-12	47.000	83,4277	39.211	4,56	3,00	2,60	5,60	3,89	0,07	3,82	20	3/4"		3,42
D4-12 - D4-13	35.250	89,4588	31.534	3,67	3,00	2,60	5,60	3,82	0,05	3,77	20	3/4"		2,75
D4-13 - D4-14	23.500	97,4364	22.898	2,66	3,00	2,60	5,60	3,77	0,04	3,73	20	3/4"		2,00
D4-14 - D4-15	11.750	100	11.750	1,37	3,00	2,60	5,60	3,73	0,02	3,71	20	3/4"		1,03
D4 - D5														
D4 - D5	163.714	53,3564	87.352	10,16	5,10	2,60	7,70	5,74	0,31	5,43	20	3/4"		7,51
D5 - D5-1	144.454	56,4809	81.589	9,49	3,00	2,60	5,60	5,43	0,21	5,22	20	3/4"		7,03
D5-1 - D5-2	134.824	58,2106	78.482	9,13	3,00	2,60	5,60	5,22	0,20	5,02	20	3/4"		6,77
D5-2 - D5-3	125.193	60,0704	75.204	8,74	3,00	2,60	5,60	5,02	0,19	4,84	20	3/4"		6,49
D5-3 - D5-4	115.563	62,0775	71.739	8,34	3,00	2,60	5,60	4,84	0,17	4,66	20	3/4"		6,21
D5-4 - D5-5	105.933	64,2526	68.065	7,91	3,00	2,60	5,60	4,66	0,16	4,51	20	3/4"		5,90
D5-5 - D5-6	96.303	66,6215	64.158	7,46	3,00	2,60	5,60	4,51	0,14	4,36	20	3/4"		5,57
D5-6 - D5-7	86.672	69,2157	59.991	6,98	3,00	2,60	5,60	4,36	0,13	4,23	20	3/4"		5,22
D5-7 - D5-8	77.042	72,0761	55.529	6,46	3,00	2,60	5,60	4,23	0,11	4,12	20	3/4"		4,83
D5-8 - D5-9	67.412	75,2559	50.731	5,90	3,00	2,60	5,60	4,12	0,10	4,02	20	3/4"		4,42
D5-9 - D5-10	57.782	78,8285	45.548	5,30	3,00	2,60	5,60	4,02	0,09	3,93	20	3/4"		3,97
D5-10 - D5-11	48.151	82,9004	39.918	4,64	3,00	2,60	5,60	3,93	0,07	3,86	20	3/4"		3,48
D5-11 - D5-12	38.521	87,6439	33.761	3,93	3,00	2,60	5,60	3,86	0,06	3,81	20	3/4"		2,95
D5-12 - D5-13	28.891	93,404	26.985	3,14	3,00	2,60	5,60	3,81	0,04	3,76	20	3/4"		2,36
D5-13 - D5-14	19.261	100	19.261	2,24	3,00	2,60	5,60	3,76	0,03	3,73	20	3/4"		1,68
D5-14 - D5-15	9.630	100	9.630	1,12	3,00	2,00	5,00	3,73	0,02	3,71	20	3/4"		0,84
SALÃO DE FESTAS -														
D5 - D6	19.261	100	19.261	2,24	3,90	2,60	6,50	5,43	0,04	5,40	20	3/4"		1,66
D6 - D6-SF	9.630	100	9.630	1,12	2,20	1,40	3,60	5,40	0,02	5,38	15	1/2"	23,16%	1,46
D6 - D6-CP	9.630	100	9.630	1,12	18,32	3,40	21,72	5,40	0,07	5,33	15	1/2"	23,91%	1,47

Figura 44 – Resultado simulação 02 parte 01

Fonte: Autor

DIMENSIONAMENTO														
Trecho	Consumo				Comprimento Tubulação			Pressão			Diâmetro		Verificação	
	Pto. Inicial -Final	Potência Calculada (Kcal/h)	Fator Simul.(%)	Potência Adotada (Kcal/h)	Q (Nm³/h)	L (m)	Comp. Conexão (m)	L total (m)	Pressão inicial (Kpa)	Perda de carga (Kpa)	Pressão final (Kpa)	φ Nominal (mm)	φ Nominal (pol)	Perda de carga (%)
D1 - D-RB	434.147	31,1878	135.401	15,74	0,90	2,00	2,90	144,29	0,11	144,18	20	3/4 "	3,88%	5,06
D-RB - D7	434.147	31,1878	135.401	15,74	2,42	2,00	4,42	7,00	0,39	6,61	20	3/4 "		11,50
D7 - D7-1	134.824	58,2106	78.482	9,13	2,33	3,50	5,83	6,61	0,20	6,41	20	3/4 "		6,69
D7-1 - D7-2	125.193	60,0704	75.204	8,74	3,00	2,60	5,60	6,41	0,19	6,23	20	3/4 "		6,41
D7-2 - D7-3	115.563	62,0775	71.739	8,34	3,00	2,60	5,60	6,23	0,17	6,06	20	3/4 "		6,13
D7-3 - D7-4	105.933	64,2526	68.065	7,91	3,00	2,60	5,60	6,06	0,16	5,90	20	3/4 "		5,82
D7-4 - D7-5	96.303	66,6215	64.158	7,46	3,00	2,60	5,60	5,90	0,14	5,75	20	3/4 "		5,50
D7-5 - D7-6	86.672	69,2157	59.991	6,98	3,00	2,60	5,60	5,75	0,13	5,63	20	3/4 "		5,15
D7-6 - D7-7	77.042	72,0761	55.529	6,46	3,00	2,60	5,60	5,63	0,11	5,51	20	3/4 "		4,77
D7-7 - D7-8	67.412	75,2559	50.731	5,90	3,00	2,60	5,60	5,51	0,10	5,41	20	3/4 "		4,36
D7-8 - D7-9	57.782	78,8285	45.548	5,30	3,00	2,60	5,60	5,41	0,09	5,33	20	3/4 "		3,92
D7-9 - D7-10	48.151	82,9004	39.918	4,64	3,00	2,60	5,60	5,33	0,07	5,26	20	3/4 "		3,43
D7-10 - D7-11	38.521	87,6439	33.761	3,93	3,00	2,60	5,60	5,26	0,06	5,20	20	3/4 "		2,91
D7-11 - D7-12	28.891	93,404	26.985	3,14	3,00	2,60	5,60	5,20	0,04	5,16	20	3/4 "		2,33
D7-12 - D7-13	19.261	100	19.261	2,24	3,00	2,60	5,60	5,16	0,03	5,13	20	3/4 "		1,66
D7-13 - D7-14	9.630	100	9.630	1,12	3,00	2,00	5,00	5,13	0,02	5,11	20	3/4 "		0,83
D7 - D8	299.324	39,0009	116.739	13,57	2,26	2,60	4,86	6,61	0,33	6,29	20	3/4 "		9,95
D8 - D8-1	134.824	58,2106	78.482	9,13	5,34	4,20	9,54	6,29	0,32	5,97	20	3/4 "		6,71
D8-1 - D8-2	125.193	60,0704	75.204	8,74	3,00	2,60	5,60	5,97	0,19	5,78	20	3/4 "		6,44
D8-2 - D8-3	115.563	62,0775	71.739	8,34	3,00	2,60	5,60	5,78	0,17	5,61	20	3/4 "		6,15
D8-3 - D8-4	105.933	64,2526	68.065	7,91	3,00	2,60	5,60	5,61	0,16	5,45	20	3/4 "		5,84
D8-4 - D8-5	96.303	66,6215	64.158	7,46	3,00	2,60	5,60	5,45	0,14	5,31	20	3/4 "		5,52
D8-5 - D8-6	86.672	69,2157	59.991	6,98	3,00	2,60	5,60	5,31	0,13	5,18	20	3/4 "		5,17
D8-6 - D8-7	77.042	72,0761	55.529	6,46	3,00	2,60	5,60	5,18	0,11	5,07	20	3/4 "		4,79
D8-7 - D8-8	67.412	75,2559	50.731	5,90	3,00	2,60	5,60	5,07	0,10	4,97	20	3/4 "		4,38
D8-8 - D8-9	57.782	78,8285	45.548	5,30	3,00	2,60	5,60	4,97	0,09	4,88	20	3/4 "		3,94
D8-9 - D8-10	48.151	82,9004	39.918	4,64	3,00	2,60	5,60	4,88	0,07	4,81	20	3/4 "		3,45
D8-10 - D8-11	38.521	87,6439	33.761	3,93	3,00	2,60	5,60	4,81	0,06	4,75	20	3/4 "		2,92
D8-11 - D8-12	28.891	93,404	26.985	3,14	3,00	2,60	5,60	4,75	0,04	4,71	20	3/4 "		2,34
D8-12 - D8-13	19.261	100	19.261	2,24	3,00	2,60	5,60	4,71	0,03	4,68	20	3/4 "		1,67
D8-13 - D8-14	9.630	100	9.630	1,12	3,00	2,00	5,00	4,68	0,02	4,66	20	3/4 "		0,83
D8 - D9-1	164.500	53,2374	87.575	10,18	8,74	4,00	12,74	6,29	0,52	5,77	20	3/4 "		7,50
D9-1 - D9-2	152.750	55,0841	84.141	9,78	3,00	2,60	5,60	5,77	0,22	5,55	20	3/4 "		7,22
D9-2 - D9-3	141.000	57,0873	80.493	9,36	3,00	2,60	5,60	5,55	0,21	5,34	20	3/4 "		6,92
D9-3 - D9-4	129.250	59,2701	76.607	8,91	3,00	2,60	5,60	5,34	0,19	5,15	20	3/4 "		6,60
D9-4 - D9-5	117.500	61,661	72.452	8,42	3,00	2,60	5,60	5,15	0,18	4,97	20	3/4 "		6,25
D9-5 - D9-6	105.750	64,2957	67.993	7,91	3,00	2,60	5,60	4,97	0,16	4,82	20	3/4 "		5,88
D9-6 - D9-7	94.000	67,2199	63.187	7,35	3,00	2,60	5,60	4,82	0,14	4,68	20	3/4 "		5,47
D9-7 - D9-8	82.250	70,4933	57.981	6,74	3,00	2,60	5,60	4,68	0,12	4,55	20	3/4 "		5,02
D9-8 - D9-9	70.500	74,1975	52.309	6,08	3,00	2,60	5,60	4,55	0,10	4,45	20	3/4 "		4,53
D9-9 - D9-10	58.750	78,4488	46.089	5,36	3,00	2,60	5,60	4,45	0,09	4,36	20	3/4 "		4,00
D9-10 - D9-11	47.000	83,4277	39.211	4,56	3,00	2,60	5,60	4,36	0,07	4,30	20	3/4 "		3,41
D9-11 - D9-12	35.250	89,4588	31.534	3,67	3,00	2,60	5,60	4,30	0,05	4,24	20	3/4 "		2,74
D9-12 - D9-13	23.500	97,4364	22.898	2,66	3,00	2,60	5,60	4,24	0,04	4,21	20	3/4 "		1,99
D9-13 - D9-14	11.750	100	11.750	1,37	3,00	2,60	5,60	4,21	0,02	4,19	20	3/4 "		1,02
TORRE A -														
E-1 - E1	918.566	24,005	220.502	25,64	1,25	2,20	3,45	138,29	0,31	137,98	20	3/4 "		8,46
E1 - E-RA	465.158	29,8511	138.855	16,15	0,77	2,00	2,77	137,98	0,11	137,87	20	3/4 "	8,09%	5,33
E-RA - E2	465.158	29,8511	138.855	16,15	2,74	3,40	6,14	7,00	0,56	6,44	20	3/4 "		11,82
E2 - E2-1	144.454	56,4809	81.589	9,49	1,72	3,50	5,22	6,44	0,19	6,25	20	3/4 "		6,96
E2-1 - E2-2	134.824	58,2106	78.482	9,13	3,00	2,60	5,60	6,25	0,20	6,05	20	3/4 "		6,71
E2-2 - E2-3	125.193	60,0704	75.204	8,74	3,00	2,60	5,60	6,05	0,19	5,86	20	3/4 "		6,43
E2-3 - E2-4	115.563	62,0775	71.739	8,34	3,00	2,60	5,60	5,86	0,17	5,69	20	3/4 "		6,15
E2-4 - E2-5	105.933	64,2526	68.065	7,91	3,00	2,60	5,60	5,69	0,16	5,53	20	3/4 "		5,84
E2-5 - E2-6	96.303	66,6215	64.158	7,46	3,00	2,60	5,60	5,53	0,14	5,39	20	3/4 "		5,52
E2-6 - E2-7	86.672	69,2157	59.991	6,98	3,00	2,60	5,60	5,39	0,13	5,26	20	3/4 "		5,17
E2-7 - E2-8	77.042	72,0761	55.529	6,46	3,00	2,60	5,60	5,26	0,11	5,14	20	3/4 "		4,79
E2-8 - E2-9	67.412	75,2559	50.731	5,90	3,00	2,60	5,60	5,14	0,10	5,04	20	3/4 "		4,38
E2-9 - E2-10	57.782	78,8285	45.548	5,30	3,00	2,60	5,60	5,04	0,09	4,96	20	3/4 "		3,93
E2-10 - E2-11	48.151	82,9004	39.918	4,64	3,00	2,60	5,60	4,96	0,07	4,89	20	3/4 "		3,45
E2-11 - E2-12	38.521	87,6439	33.761	3,93	3,00	2,60	5,60	4,89	0,06	4,83	20	3/4 "		2,92
E2-12 - E2-13	28.891	93,404	26.985	3,14	3,00	2,60	5,60	4,83	0,04	4,79	20	3/4 "		2,33
E2-13 - E2-14	19.261	100	19.261	2,24	3,00	2,60	5,60	4,79	0,03	4,76	20	3/4 "		1,67
E2-14 - E2-15	9.630	100	9.630	1,12	3,00	2,00	5,00	4,76	0,02	4,74	20	3/4 "		0,83

Figura 45 – Resultado simulação 02 parte 02

Fonte: Autor

DIMENSIONAMENTO														
Trecho	Consumo				Comprimento Tubulação			Pressão			Diâmetro		Verificação	
Pto. Inicial -Final	Potência Calculada (Kcal/h)	Fator Simul.(%)	Potência Adotada (Kcal/h)	Q (Nm³/h)	L (m)	Comp. Conexão (m)	L total (m)	Pressão inicial (Kpa)	Perda de carga (Kpa)	Pressão final (Kpa)	φ Nominal (mm)	φ Nominal (pol)	Perda de carga (%)	Velocidade (m/s)
E2 - E3	320.704	37,4786	120.195	13,98	10,74	3,30	14,04	6,44	0,99	5,45	20	3/4 "		10,33
E3 - E3-1	176.250	51,528	90.818	10,56	2,40	3,50	5,90	5,45	0,26	5,19	20	3/4 "		7,82
E3-1 - E3-2	164.500	53,2374	87.575	10,18	3,00	2,60	5,60	5,19	0,24	4,95	20	3/4 "		7,56
E3-2 - E3-3	152.750	55,0841	84.141	9,78	3,00	2,60	5,60	4,95	0,22	4,72	20	3/4 "		7,28
E3-3 - E3-4	141.000	57,0873	80.493	9,36	3,00	2,60	5,60	4,72	0,21	4,52	20	3/4 "		6,98
E3-4 - E3-5	129.250	59,2701	76.607	8,91	3,00	2,60	5,60	4,52	0,19	4,32	20	3/4 "		6,65
E3-5 - E3-6	117.500	61,661	72.452	8,42	3,00	2,60	5,60	4,32	0,18	4,15	20	3/4 "		6,30
E3-6 - E3-7	105.750	64,2957	67.993	7,91	3,00	2,60	5,60	4,15	0,16	3,99	20	3/4 "		5,93
E3-7 - E3-8	94.000	67,2199	63.187	7,35	3,00	2,60	5,60	3,99	0,14	3,85	20	3/4 "		5,51
E3-8 - E3-9	82.250	70,4933	57.981	6,74	3,00	2,60	5,60	3,85	0,12	3,73	20	3/4 "		5,06
E3-9 - E3-10	70.500	74,1975	52.309	6,08	3,00	2,60	5,60	3,73	0,10	3,63	20	3/4 "		4,57
E3-10 - E3-11	58.750	78,4488	46.089	5,36	3,00	2,60	5,60	3,63	0,09	3,54	20	3/4 "		4,03
E3-11 - E3-12	47.000	83,4277	39.211	4,56	3,00	2,60	5,60	3,54	0,07	3,47	20	3/4 "		3,43
E3-12 - E3-13	35.250	89,4588	31.534	3,67	3,00	2,60	5,60	3,47	0,05	3,42	20	3/4 "		2,76
E3-13 - E3-14	23.500	97,4364	22.898	2,66	3,00	2,60	5,60	3,42	0,04	3,38	20	3/4 "		2,00
E3-14 - E3-15	11.750	100	11.750	1,37	3,00	2,60	5,60	3,38	0,02	3,36	20	3/4 "		1,03
E3 - E4-1	144.454	56,4809	81.589	9,49	12,13	4,20	16,33	5,45	0,58	4,86	20	3/4 "		7,05
E4-1 - E4-2	134.824	58,2106	78.482	9,13	3,00	2,60	5,60	4,86	0,20	4,66	20	3/4 "		6,80
E4-2 - E4-3	125.193	60,0704	75.204	8,74	3,00	2,60	5,60	4,66	0,19	4,48	20	3/4 "		6,52
E4-3 - E4-4	115.563	62,0775	71.739	8,34	3,00	2,60	5,60	4,48	0,17	4,30	20	3/4 "		6,23
E4-4 - E4-5	105.933	64,2526	68.065	7,91	3,00	2,60	5,60	4,30	0,16	4,15	20	3/4 "		5,92
E4-5 - E4-6	96.303	66,6215	64.158	7,46	3,00	2,60	5,60	4,15	0,14	4,00	20	3/4 "		5,59
E4-6 - E4-7	86.672	69,2157	59.991	6,98	3,00	2,60	5,60	4,00	0,13	3,87	20	3/4 "		5,23
E4-7 - E4-8	77.042	72,0761	55.529	6,46	3,00	2,60	5,60	3,87	0,11	3,76	20	3/4 "		4,85
E4-8 - E4-9	67.412	75,2559	50.731	5,90	3,00	2,60	5,60	3,76	0,10	3,66	20	3/4 "		4,43
E4-9 - E4-10	57.782	78,8285	45.548	5,30	3,00	2,60	5,60	3,66	0,09	3,57	20	3/4 "		3,99
E4-10 - E4-11	48.151	82,9004	39.918	4,64	3,00	2,60	5,60	3,57	0,07	3,50	20	3/4 "		3,49
E4-11 - E4-12	38.521	87,6439	33.761	3,93	3,00	2,60	5,60	3,50	0,06	3,45	20	3/4 "		2,96
E4-12 - E4-13	28.891	93,404	26.985	3,14	3,00	2,60	5,60	3,45	0,04	3,41	20	3/4 "		2,37
E4-13 - E4-14	19.261	100	19.261	2,24	3,00	2,60	5,60	3,41	0,03	3,38	20	3/4 "		1,69
E4-14 - E4-15	9.630	100	9.630	1,12	3,00	2,00	5,00	3,38	0,02	3,36	20	3/4 "		0,84
E1 - E-RB	443.778	30,7587	136.500	15,87	0,80	2,00	2,80	137,98	0,11	137,87	20	3/4 "	8,09%	5,24
E-RB - E5	443.778	30,7587	136.500	15,87	1,70	2,00	3,70	7,00	0,33	6,67	20	3/4 "		11,59
SALÃO DE FESTAS -														
E5 - E5-SF	9.630	100	9.630	1,12	9,53	2,90	12,43	6,67	0,04	6,63	15	1/2 "	5,31%	1,45
E5 - E6	434.147	31,1878	135.401	15,74	11,70	3,30	15,00	6,67	1,31	5,36	20	3/4 "		11,64
E6 - E6-1	134.824	58,2106	78.482	9,13	10,86	4,20	15,06	5,36	0,50	4,86	20	3/4 "		6,78
E6-1 - E6-2	125.193	60,0704	75.204	8,74	3,00	2,60	5,60	4,86	0,19	4,67	20	3/4 "		6,50
E6-2 - E6-3	115.563	62,0775	71.739	8,34	3,00	2,60	5,60	4,67	0,17	4,50	20	3/4 "		6,22
E6-3 - E6-4	105.933	64,2526	68.065	7,91	3,00	2,60	5,60	4,50	0,16	4,34	20	3/4 "		5,91
E6-4 - E6-5	96.303	66,6215	64.158	7,46	3,00	2,60	5,60	4,34	0,14	4,20	20	3/4 "		5,58
E6-5 - E6-6	86.672	69,2157	59.991	6,98	3,00	2,60	5,60	4,20	0,13	4,07	20	3/4 "		5,22
E6-6 - E6-7	77.042	72,0761	55.529	6,46	3,00	2,60	5,60	4,07	0,11	3,96	20	3/4 "		4,84
E6-7 - E6-8	67.412	75,2559	50.731	5,90	3,00	2,60	5,60	3,96	0,10	3,86	20	3/4 "		4,43
E6-8 - E6-9	57.782	78,8285	45.548	5,30	3,00	2,60	5,60	3,86	0,09	3,77	20	3/4 "		3,98
E6-9 - E6-10	48.151	82,9004	39.918	4,64	3,00	2,60	5,60	3,77	0,07	3,70	20	3/4 "		3,49
E6-10 - E6-11	38.521	87,6439	33.761	3,93	3,00	2,60	5,60	3,70	0,06	3,65	20	3/4 "		2,95
E6-11 - E6-12	28.891	93,404	26.985	3,14	3,00	2,60	5,60	3,65	0,04	3,60	20	3/4 "		2,36
E6-12 - E6-13	19.261	100	19.261	2,24	3,00	2,60	5,60	3,60	0,03	3,57	20	3/4 "		1,68
E6-13 - E6-14	9.630	100	9.630	1,12	3,00	2,00	5,00	3,57	0,02	3,55	20	3/4 "		0,84
E6 - E7	299.324	39,0009	116.739	13,57	0,30	2,60	2,90	5,36	0,19	5,17	20	3/4 "		10,05
E7 - E7-1	134.824	58,2106	78.482	9,13	1,69	2,80	4,49	5,17	0,16	5,01	20	3/4 "		6,77
E7-1 - E7-2	125.193	60,0704	75.204	8,74	3,00	2,60	5,60	5,01	0,19	4,82	20	3/4 "		6,50
E7-2 - E7-3	115.563	62,0775	71.739	8,34	3,00	2,60	5,60	4,82	0,17	4,65	20	3/4 "		6,21
E7-3 - E7-4	105.933	64,2526	68.065	7,91	3,00	2,60	5,60	4,65	0,16	4,49	20	3/4 "		5,90
E7-4 - E7-5	96.303	66,6215	64.158	7,46	3,00	2,60	5,60	4,49	0,14	4,35	20	3/4 "		5,57
E7-5 - E7-6	86.672	69,2157	59.991	6,98	3,00	2,60	5,60	4,35	0,13	4,22	20	3/4 "		5,22
E7-6 - E7-7	77.042	72,0761	55.529	6,46	3,00	2,60	5,60	4,22	0,11	4,11	20	3/4 "		4,83
E7-7 - E7-8	67.412	75,2559	50.731	5,90	3,00	2,60	5,60	4,11	0,10	4,01	20	3/4 "		4,42
E7-8 - E7-9	57.782	78,8285	45.548	5,30	3,00	2,60	5,60	4,01	0,09	3,92	20	3/4 "		3,97
E7-9 - E7-10	48.151	82,9004	39.918	4,64	3,00	2,60	5,60	3,92	0,07	3,85	20	3/4 "		3,48
E7-10 - E7-11	38.521	87,6439	33.761	3,93	3,00	2,60	5,60	3,85	0,06	3,80	20	3/4 "		2,95
E7-11 - E7-12	28.891	93,404	26.985	3,14	3,00	2,60	5,60	3,80	0,04	3,75	20	3/4 "		2,36
E7-12 - E7-13	19.261	100	19.261	2,24	3,00	2,60	5,60	3,75	0,03	3,72	20	3/4 "		1,68
E7-13 - E7-14	9.630	100	9.630	1,12	3,00	2,00	5,00	3,72	0,02	3,70	20	3/4 "		0,84

Figura 46 – Resultado simulação 02 parte 03

Fonte: Autor

DIMENSIONAMENTO														
Trecho	Consumo				Comprimento Tubulação			Pressão			Diâmetro		Verificação	
Pto. Inicial -Final	Potência Calculada (Kcal/h)	Fator Simul.(%)	Potência Adotada (Kcal/h)	Q (Nm ³ /h)	L (m)	Comp. Conexão (m)	L total (m)	Pressão inicial (Kpa)	Perda de carga (Kpa)	Pressão final (Kpa)	φ Nominal (mm)	φ Nominal (pol)	Perda de carga (%)	Velocidade (m/s)
E7 - E8-1	176.250	51,528	90.818	10,56	10,10	4,20	14,30	5,17	0,62	4,55	20	3/4 "		7,87
E8-1 - E8-2	164.500	53,2374	87.575	10,18	3,00	2,60	5,60	4,55	0,24	4,31	20	3/4 "		7,60
E8-2 - E8-3	152.750	55,0841	84.141	9,78	3,00	2,60	5,60	4,31	0,22	4,09	20	3/4 "		7,32
E8-3 - E8-4	141.000	57,0873	80.493	9,36	3,00	2,60	5,60	4,09	0,21	3,88	20	3/4 "		7,02
E8-4 - E8-5	129.250	59,2701	76.607	8,91	3,00	2,60	5,60	3,88	0,19	3,69	20	3/4 "		6,69
E8-5 - E8-6	117.500	61,661	72.452	8,42	3,00	2,60	5,60	3,69	0,18	3,51	20	3/4 "		6,34
E8-6 - E8-7	105.750	64,2957	67.993	7,91	3,00	2,60	5,60	3,51	0,16	3,35	20	3/4 "		5,96
E8-7 - E8-8	94.000	67,2199	63.187	7,35	3,00	2,60	5,60	3,35	0,14	3,21	20	3/4 "		5,55
E8-8 - E8-9	82.250	70,4933	57.981	6,74	3,00	2,60	5,60	3,21	0,12	3,09	20	3/4 "		5,09
E8-9 - E8-10	70.500	74,1975	52.309	6,08	3,00	2,60	5,60	3,09	0,10	2,99	20	3/4 "		4,60
E8-10 - E8-11	58.750	78,4488	46.089	5,36	3,00	2,60	5,60	2,99	0,09	2,90	20	3/4 "		4,06
E8-11 - E8-12	47.000	83,4277	39.211	4,56	3,00	2,60	5,60	2,90	0,07	2,83	20	3/4 "		3,45
E8-12 - E8-13	35.250	89,4588	31.534	3,67	3,00	2,60	5,60	2,83	0,05	2,78	20	3/4 "		2,78
E8-13 - E8-14	23.500	97,4364	22.898	2,66	3,00	2,60	5,60	2,78	0,04	2,75	20	3/4 "		2,02
E8-14 - E8-15	11.750	100	11.750	1,37	3,00	2,60	5,60	2,75	0,02	2,72	20	3/4 "		1,04
TORRE D -														
G1 - G1	908.936	24,0462	218.564	25,41	1,22	3,40	4,62	128,92	0,43	128,50	20	3/4 "		8,73
G1 - G-RA	185.880	50,2182	93.346	10,85	0,10	1,50	1,60	128,50	0,03	128,46	20	3/4 "	14,36%	3,73
G-RA - G2	185.880	50,2182	93.346	10,85	6,03	2,00	8,03	7,00	0,36	6,64	20	3/4 "		7,93
SALÃO DE FESTAS -														
G2 - G2-SF	9.630	100	9.630	1,12	3,77	1,90	5,67	6,64	0,02	6,61	15	1/2 "	5,53%	1,45
G2 - G2-1	176.250	51,528	90.818	10,56	10,29	3,40	13,69	6,64	0,59	6,05	20	3/4 "		7,76
G2-1 - G2-2	164.500	53,2374	87.575	10,18	3,00	2,60	5,60	6,05	0,24	5,81	20	3/4 "		7,50
G2-2 - G2-3	152.750	55,0841	84.141	9,78	3,00	2,60	5,60	5,81	0,22	5,58	20	3/4 "		7,22
G2-3 - G2-4	141.000	57,0873	80.493	9,36	3,00	2,60	5,60	5,58	0,21	5,37	20	3/4 "		6,92
G2-4 - G2-5	129.250	59,2701	76.607	8,91	3,00	2,60	5,60	5,37	0,19	5,18	20	3/4 "		6,60
G2-5 - G2-6	117.500	61,661	72.452	8,42	3,00	2,60	5,60	5,18	0,18	5,01	20	3/4 "		6,25
G2-6 - G2-7	105.750	64,2957	67.993	7,91	3,00	2,60	5,60	5,01	0,16	4,85	20	3/4 "		5,88
G2-7 - G2-8	94.000	67,2199	63.187	7,35	3,00	2,60	5,60	4,85	0,14	4,71	20	3/4 "		5,47
G2-8 - G2-9	82.250	70,4933	57.981	6,74	3,00	2,60	5,60	4,71	0,12	4,59	20	3/4 "		5,02
G2-9 - G2-10	70.500	74,1975	52.309	6,08	3,00	2,60	5,60	4,59	0,10	4,48	20	3/4 "		4,53
G2-10 - G2-11	58.750	78,4488	46.089	5,36	3,00	2,60	5,60	4,48	0,09	4,40	20	3/4 "		4,00
G2-11 - G2-12	47.000	83,4277	39.211	4,56	3,00	2,60	5,60	4,40	0,07	4,33	20	3/4 "		3,40
G2-12 - G2-13	35.250	89,4588	31.534	3,67	3,00	2,60	5,60	4,33	0,05	4,28	20	3/4 "		2,74
G2-13 - G2-14	23.500	97,4364	22.898	2,66	3,00	2,60	5,60	4,28	0,04	4,24	20	3/4 "		1,99
G2-14 - G2-15	11.750	100	11.750	1,37	3,00	2,60	5,60	4,24	0,02	4,22	20	3/4 "		1,02
G1 - G3	723.055	24,9613	180.484	20,99	0,22	2,60	2,82	128,50	0,19	128,31	20	3/4 "		7,22
G3 - G-RB	288.908	39,7941	114.968	13,37	0,10	1,50	1,60	128,31	0,05	128,26	20	3/4 "	14,49%	4,60
G-RB - G4	288.908	39,7941	114.968	13,37	0,90	1,30	2,20	7,00	0,15	6,85	20	3/4 "		9,75
G4 - G4-1	144.454	56,4809	81.589	9,49	1,29	2,60	3,89	6,85	0,14	6,71	20	3/4 "		6,93
G4-1 - G4-2	134.824	58,2106	78.482	9,13	3,00	2,60	5,60	6,71	0,20	6,51	20	3/4 "		6,68
G4-2 - G4-3	125.193	60,0704	75.204	8,74	3,00	2,60	5,60	6,51	0,19	6,32	20	3/4 "		6,41
G4-3 - G4-4	115.563	62,0775	71.739	8,34	3,00	2,60	5,60	6,32	0,17	6,15	20	3/4 "		6,12
G4-4 - G4-5	105.933	64,2526	68.065	7,91	3,00	2,60	5,60	6,15	0,16	5,99	20	3/4 "		5,81
G4-5 - G4-6	96.303	66,6215	64.158	7,46	3,00	2,60	5,60	5,99	0,14	5,85	20	3/4 "		5,49
G4-6 - G4-7	86.672	69,2157	59.991	6,98	3,00	2,60	5,60	5,85	0,13	5,72	20	3/4 "		5,14
G4-7 - G4-8	77.042	72,0761	55.529	6,46	3,00	2,60	5,60	5,72	0,11	5,61	20	3/4 "		4,77
G4-8 - G4-9	67.412	75,2559	50.731	5,90	3,00	2,60	5,60	5,61	0,10	5,51	20	3/4 "		4,36
G4-9 - G4-10	57.782	78,8285	45.548	5,30	3,00	2,60	5,60	5,51	0,09	5,42	20	3/4 "		3,92
G4-10 - G4-11	48.151	82,9004	39.918	4,64	3,00	2,60	5,60	5,42	0,07	5,35	20	3/4 "		3,43
G4-11 - G4-12	38.521	87,6439	33.761	3,93	3,00	2,60	5,60	5,35	0,06	5,29	20	3/4 "		2,91
G4-12 - G4-13	28.891	93,404	26.985	3,14	3,00	2,60	5,60	5,29	0,04	5,25	20	3/4 "		2,32
G4-13 - G4-14	19.261	100	19.261	2,24	3,00	2,60	5,60	5,25	0,03	5,22	20	3/4 "		1,66
G4-14 - G4-15	9.630	100	9.630	1,12	3,00	2,00	5,00	5,22	0,02	5,20	20	3/4 "		0,83
G4 - G5-1	144.454	56,4809	81.589	9,49	12,48	4,00	16,48	6,85	0,59	6,27	20	3/4 "		6,96
G5-1 - G5-2	134.824	58,2106	78.482	9,13	3,00	2,60	5,60	6,27	0,20	6,07	20	3/4 "		6,71
G5-2 - G5-3	125.193	60,0704	75.204	8,74	3,00	2,60	5,60	6,07	0,19	5,88	20	3/4 "		6,43
G5-3 - G5-4	115.563	62,0775	71.739	8,34	3,00	2,60	5,60	5,88	0,17	5,71	20	3/4 "		6,15
G5-4 - G5-5	105.933	64,2526	68.065	7,91	3,00	2,60	5,60	5,71	0,16	5,55	20	3/4 "		5,84
G5-5 - G5-6	96.303	66,6215	64.158	7,46	3,00	2,60	5,60	5,55	0,14	5,41	20	3/4 "		5,51
G5-6 - G5-7	86.672	69,2157	59.991	6,98	3,00	2,60	5,60	5,41	0,13	5,28	20	3/4 "		5,17
G5-7 - G5-8	77.042	72,0761	55.529	6,46	3,00	2,60	5,60	5,28	0,11	5,16	20	3/4 "		4,79
G5-8 - G5-9	67.412	75,2559	50.731	5,90	3,00	2,60	5,60	5,16	0,10	5,06	20	3/4 "		4,38
G5-9 - G5-10	57.782	78,8285	45.548	5,30	3,00	2,60	5,60	5,06	0,09	4,98	20	3/4 "		3,93
G5-10 - G5-11	48.151	82,9004	39.918	4,64	3,00	2,60	5,60	4,98	0,07	4,91	20	3/4 "		3,45
G5-11 - G5-12	38.521	87,6439	33.761	3,93	3,00	2,60	5,60	4,91	0,06	4,85	20	3/4 "		2,92
G5-12 - G5-13	28.891	93,404	26.985	3,14	3,00	2,60	5,60	4,85	0,04	4,81	20	3/4 "		2,33
G5-13 - G5-14	19.261	100	19.261	2,24	3,00	2,60	5,60	4,81	0,03	4,78	20	3/4 "		1,67
G5-14 - G5-15	9.630	100	9.630	1,12	3,00	2,00	5,00	4,78	0,02	4,76	20	3/4 "		0,83

Figura 47 – Resultado simulação 02 parte 04

Fonte: Autor

DIMENSIONAMENTO

Trecho	Consumo				Comprimento Tubulação			Pressão			Diâmetro		Verificação		
	Pto. Inicial -Final	Potência Calculada (Kcal/h)	Fator Simul.(%)	Potência Adotada (Kcal/h)	Q (Nm³/h)	L (m)	Comp. Conexão (m)	L total (m)	Pressão inicial (Kpa)	Perda de carga (Kpa)	Pressão final (Kpa)	φ Nominal (mm)	φ Nominal (pol)	Perda de carga (%)	Velocidade (m/s)
G3 - G6	434.147	31,1878	135.401	15,74	0,22	2,60	2,82	128,31	0,11	128,20	20	3/4 "		5,41	
G6 - G-RC	134.824	58,2106	78.482	9,13	0,10	1,50	1,60	128,20	0,02	128,17	20	3/4 "	14,55%	3,14	
G-RC - G6-1	134.824	58,2106	78.482	9,13	14,26	4,10	18,36	7,00	0,61	6,39	20	3/4 "		6,69	
G6-1 - G6-2	125.193	60,0704	75.204	8,74	3,00	2,60	5,60	6,39	0,19	6,20	20	3/4 "		6,41	
G6-2 - G6-3	115.563	62,0775	71.739	8,34	3,00	2,60	5,60	6,20	0,17	6,03	20	3/4 "		6,13	
G6-3 - G6-4	105.933	64,2526	68.065	7,91	3,00	2,60	5,60	6,03	0,16	5,87	20	3/4 "		5,82	
G6-4 - G6-5	96.303	66,6215	64.158	7,46	3,00	2,60	5,60	5,87	0,14	5,73	20	3/4 "		5,50	
G6-5 - G6-6	86.672	69,2157	59.991	6,98	3,00	2,60	5,60	5,73	0,13	5,60	20	3/4 "		5,15	
G6-6 - G6-7	77.042	72,0761	55.529	6,46	3,00	2,60	5,60	5,60	0,11	5,48	20	3/4 "		4,77	
G6-7 - G6-8	67.412	75,2559	50.731	5,90	3,00	2,60	5,60	5,48	0,10	5,38	20	3/4 "		4,36	
G6-8 - G6-9	57.782	78,8285	45.548	5,30	3,00	2,60	5,60	5,38	0,09	5,30	20	3/4 "		3,92	
G6-9 - G6-10	48.151	82,9004	39.918	4,64	3,00	2,60	5,60	5,30	0,07	5,23	20	3/4 "		3,44	
G6-10 - G6-11	38.521	87,6439	33.761	3,93	3,00	2,60	5,60	5,23	0,06	5,17	20	3/4 "		2,91	
G6-11 - G6-12	28.891	93,404	26.985	3,14	3,00	2,60	5,60	5,17	0,04	5,13	20	3/4 "		2,33	
G6-12 - G6-13	19.261	100	19.261	2,24	3,00	2,60	5,60	5,13	0,03	5,10	20	3/4 "		1,66	
G6-13 - G6-14	9.630	100	9.630	1,12	3,00	2,00	5,00	5,10	0,02	5,08	20	3/4 "		0,83	
G6 - G-RD	299.324	39,0009	116.739	13,57	0,32	2,20	2,52	128,20	0,08	128,12	20	3/4 "	14,59%	4,67	
G-RD - G7	299.324	39,0009	116.739	13,57	11,10	2,70	13,80	7,00	0,93	6,07	20	3/4 "		9,97	
G7 - G7-1	164.500	53,2374	87.575	10,18	2,72	3,50	6,22	6,07	0,26	5,82	20	3/4 "		7,50	
G7-1 - G7-2	152.750	55,0841	84.141	9,78	3,00	2,60	5,60	5,82	0,22	5,59	20	3/4 "		7,22	
G7-2 - G7-3	141.000	57,0873	80.493	9,36	3,00	2,60	5,60	5,59	0,21	5,38	20	3/4 "		6,92	
G7-3 - G7-4	129.250	59,2701	76.607	8,91	3,00	2,60	5,60	5,38	0,19	5,19	20	3/4 "		6,60	
G7-4 - G7-5	117.500	61,661	72.452	8,42	3,00	2,60	5,60	5,19	0,18	5,02	20	3/4 "		6,25	
G7-5 - G7-6	105.750	64,2957	67.993	7,91	3,00	2,60	5,60	5,02	0,16	4,86	20	3/4 "		5,88	
G7-6 - G7-7	94.000	67,2199	63.187	7,35	3,00	2,60	5,60	4,86	0,14	4,72	20	3/4 "		5,47	
G7-7 - G7-8	82.250	70,4933	57.981	6,74	3,00	2,60	5,60	4,72	0,12	4,60	20	3/4 "		5,02	
G7-8 - G7-9	70.500	74,1975	52.309	6,08	3,00	2,60	5,60	4,60	0,10	4,49	20	3/4 "		4,53	
G7-9 - G7-10	58.750	78,4488	46.089	5,36	3,00	2,60	5,60	4,49	0,09	4,41	20	3/4 "		4,00	
G7-10 - G7-11	47.000	83,4277	39.211	4,56	3,00	2,60	5,60	4,41	0,07	4,34	20	3/4 "		3,40	
G7-11 - G7-12	35.250	89,4588	31.534	3,67	3,00	2,60	5,60	4,34	0,05	4,29	20	3/4 "		2,74	
G7-12 - G7-13	23.500	97,4364	22.898	2,66	3,00	2,60	5,60	4,29	0,04	4,25	20	3/4 "		1,99	
G7-13 - G7-14	11.750	100	11.750	1,37	3,00	2,60	5,60	4,25	0,02	4,23	20	3/4 "		1,02	
G7 - G8-1	134.824	58,2106	78.482	9,13	10,84	4,90	15,74	6,07	0,52	5,55	20	3/4 "		6,74	
G8-1 - G8-2	125.193	60,0704	75.204	8,74	3,00	2,60	5,60	5,55	0,19	5,36	20	3/4 "		6,46	
G8-2 - G8-3	115.563	62,0775	71.739	8,34	3,00	2,60	5,60	5,36	0,17	5,19	20	3/4 "		6,18	
G8-3 - G8-4	105.933	64,2526	68.065	7,91	3,00	2,60	5,60	5,19	0,16	5,03	20	3/4 "		5,87	
G8-4 - G8-5	96.303	66,6215	64.158	7,46	3,00	2,60	5,60	5,03	0,14	4,89	20	3/4 "		5,54	
G8-5 - G8-6	86.672	69,2157	59.991	6,98	3,00	2,60	5,60	4,89	0,13	4,76	20	3/4 "		5,19	
G8-6 - G8-7	77.042	72,0761	55.529	6,46	3,00	2,60	5,60	4,76	0,11	4,65	20	3/4 "		4,81	
G8-7 - G8-8	67.412	75,2559	50.731	5,90	3,00	2,60	5,60	4,65	0,10	4,55	20	3/4 "		4,40	
G8-8 - G8-9	57.782	78,8285	45.548	5,30	3,00	2,60	5,60	4,55	0,09	4,46	20	3/4 "		3,95	
G8-9 - G8-10	48.151	82,9004	39.918	4,64	3,00	2,60	5,60	4,46	0,07	4,39	20	3/4 "		3,46	
G8-10 - G8-11	38.521	87,6439	33.761	3,93	3,00	2,60	5,60	4,39	0,06	4,33	20	3/4 "		2,93	
G8-11 - G8-12	28.891	93,404	26.985	3,14	3,00	2,60	5,60	4,33	0,04	4,29	20	3/4 "		2,35	
G8-12 - G8-13	19.261	100	19.261	2,24	3,00	2,60	5,60	4,29	0,03	4,26	20	3/4 "		1,67	
G8-13 - G8-14	9.630	100	9.630	1,12	3,00	2,00	5,00	4,26	0,02	4,24	20	3/4 "		0,84	
TORRE C -															
H1 - H1	899.305	24,0879	216.624	25,19	14,87	2,90	17,77	127,65	1,65	125,99	20	3/4 "		8,75	
H1 - H-RA	465.158	29,8511	138.855	16,15	0,56	2,00	2,56	125,99	0,11	125,89	20	3/4 "	16,08%	5,61	
H-RA - H2	465.158	29,8511	138.855	16,15	3,70	2,00	5,70	7,00	0,53	6,48	20	3/4 "		11,82	
H2 - H2-1	144.454	56,4809	81.589	9,49	12,10	3,50	15,60	6,48	0,56	5,92	20	3/4 "		6,98	
H2-1 - H2-2	134.824	58,2106	78.482	9,13	3,00	2,60	5,60	5,92	0,20	5,72	20	3/4 "		6,73	
H2-2 - H2-3	125.193	60,0704	75.204	8,74	3,00	2,60	5,60	5,72	0,19	5,53	20	3/4 "		6,45	
H2-3 - H2-4	115.563	62,0775	71.739	8,34	3,00	2,60	5,60	5,53	0,17	5,36	20	3/4 "		6,17	
H2-4 - H2-5	105.933	64,2526	68.065	7,91	3,00	2,60	5,60	5,36	0,16	5,20	20	3/4 "		5,86	
H2-5 - H2-6	96.303	66,6215	64.158	7,46	3,00	2,60	5,60	5,20	0,14	5,06	20	3/4 "		5,53	
H2-6 - H2-7	86.672	69,2157	59.991	6,98	3,00	2,60	5,60	5,06	0,13	4,93	20	3/4 "		5,18	
H2-7 - H2-8	77.042	72,0761	55.529	6,46	3,00	2,60	5,60	4,93	0,11	4,82	20	3/4 "		4,80	
H2-8 - H2-9	67.412	75,2559	50.731	5,90	3,00	2,60	5,60	4,82	0,10	4,72	20	3/4 "		4,39	
H2-9 - H2-10	57.782	78,8285	45.548	5,30	3,00	2,60	5,60	4,72	0,09	4,63	20	3/4 "		3,95	
H2-10 - H2-11	48.151	82,9004	39.918	4,64	3,00	2,60	5,60	4,63	0,07	4,56	20	3/4 "		3,46	
H2-11 - H2-12	38.521	87,6439	33.761	3,93	3,00	2,60	5,60	4,56	0,06	4,51	20	3/4 "		2,93	
H2-12 - H2-13	28.891	93,404	26.985	3,14	3,00	2,60	5,60	4,51	0,04	4,46	20	3/4 "		2,34	
H2-13 - H2-14	19.261	100	19.261	2,24	3,00	2,60	5,60	4,46	0,03	4,43	20	3/4 "		1,67	
H2-14 - H2-15	9.630	100	9.630	1,12	-	2,00	2,00	4,43	0,00	4,43	20	3/4 "		0,84	

Figura 48 – Resultado simulação 02 parte 05

Fonte: Autor

DIMENSIONAMENTO														
Trecho	Consumo				Comprimento Tubulação			Pressão			Diâmetro		Verificação	
Pto. Inicial -Final	Potência Calculada (Kcal/h)	Fator Simul.(%)	Potência Adotada (Kcal/h)	Q (Nm³/h)	L (m)	Comp. Conexão (m)	L total (m)	Pressão inicial (Kpa)	Perda de carga (Kpa)	Pressão final (Kpa)	φ Nominal (mm)	φ Nominal (pol)	Perda de carga (%)	Velocidade (m/s)
TORRE C -														
H2 - H3	320.704	37,4786	120.195	13,98	5,52	3,30	8,82	6,48	0,62	5,85	20	3/4 "		10,29
H3 - H3-1	176.250	51,528	90.818	10,56	6,09	3,50	9,59	5,85	0,42	5,44	20	3/4 "		7,80
H3-1 - H3-2	164.500	53,2374	87.575	10,18	3,00	2,60	5,60	5,44	0,24	5,20	20	3/4 "		7,54
H3-2 - H3-3	152.750	55,0841	84.141	9,78	3,00	2,60	5,60	5,20	0,22	4,97	20	3/4 "		7,26
H3-3 - H3-4	141.000	57,0873	80.493	9,36	3,00	2,60	5,60	4,97	0,21	4,77	20	3/4 "		6,96
H3-4 - H3-5	129.250	59,2701	76.607	8,91	3,00	2,60	5,60	4,77	0,19	4,57	20	3/4 "		6,64
H3-5 - H3-6	117.500	61,661	72.452	8,42	3,00	2,60	5,60	4,57	0,18	4,40	20	3/4 "		6,28
H3-6 - H3-7	105.750	64,2957	67.993	7,91	3,00	2,60	5,60	4,40	0,16	4,24	20	3/4 "		5,91
H3-7 - H3-8	94.000	67,2199	63.187	7,35	3,00	2,60	5,60	4,24	0,14	4,10	20	3/4 "		5,50
H3-8 - H3-9	82.250	70,4933	57.981	6,74	3,00	2,60	5,60	4,10	0,12	3,98	20	3/4 "		5,05
H3-9 - H3-10	70.500	74,1975	52.309	6,08	3,00	2,60	5,60	3,98	0,10	3,88	20	3/4 "		4,56
H3-10 - H3-11	58.750	78,4488	46.089	5,36	3,00	2,60	5,60	3,88	0,09	3,79	20	3/4 "		4,02
H3-11 - H3-12	47.000	83,4277	39.211	4,56	3,00	2,60	5,60	3,79	0,07	3,72	20	3/4 "		3,42
H3-12 - H3-13	35.250	89,4588	31.534	3,67	3,00	2,60	5,60	3,72	0,05	3,67	20	3/4 "		2,76
H3-13 - H3-14	23.500	97,4364	22.898	2,66	3,00	2,60	5,60	3,67	0,04	3,63	20	3/4 "		2,00
H3-14 - H3-15	11.750	100	11.750	1,37	3,00	2,60	5,60	3,63	0,02	3,61	20	3/4 "		1,03
H3 - H4-1	144.454	56,4809	81.589	9,49	6,34	4,90	11,24	5,85	0,40	5,45	20	3/4 "		7,01
H4-1 - H4-2	134.824	58,2106	78.482	9,13	3,00	2,60	5,60	5,45	0,20	5,25	20	3/4 "		6,76
H4-2 - H4-3	125.193	60,0704	75.204	8,74	3,00	2,60	5,60	5,25	0,19	5,06	20	3/4 "		6,48
H4-3 - H4-4	115.563	62,0775	71.739	8,34	3,00	2,60	5,60	5,06	0,17	4,89	20	3/4 "		6,19
H4-4 - H4-5	105.933	64,2526	68.065	7,91	3,00	2,60	5,60	4,89	0,16	4,73	20	3/4 "		5,88
H4-5 - H4-6	96.303	66,6215	64.158	7,46	3,00	2,60	5,60	4,73	0,14	4,59	20	3/4 "		5,56
H4-6 - H4-7	86.672	69,2157	59.991	6,98	3,00	2,60	5,60	4,59	0,13	4,46	20	3/4 "		5,21
H4-7 - H4-8	77.042	72,0761	55.529	6,46	3,00	2,60	5,60	4,46	0,11	4,35	20	3/4 "		4,82
H4-8 - H4-9	67.412	75,2559	50.731	5,90	3,00	2,60	5,60	4,35	0,10	4,25	20	3/4 "		4,41
H4-9 - H4-10	57.782	78,8285	45.548	5,30	3,00	2,60	5,60	4,25	0,09	4,16	20	3/4 "		3,96
H4-10 - H4-11	48.151	82,9004	39.918	4,64	3,00	2,60	5,60	4,16	0,07	4,09	20	3/4 "		3,47
H4-11 - H4-12	38.521	87,6439	33.761	3,93	3,00	2,60	5,60	4,09	0,06	4,04	20	3/4 "		2,94
H4-12 - H4-13	28.891	93,404	26.985	3,14	3,00	2,60	5,60	4,04	0,04	3,99	20	3/4 "		2,35
H4-13 - H4-14	19.261	100	19.261	2,24	3,00	2,60	5,60	3,99	0,03	3,96	20	3/4 "		1,68
H4-14 - H4-15	9.630	100	9.630	1,12	3,00	2,00	5,00	3,96	0,02	3,94	20	3/4 "		0,84
H1 - H-RB	434.147	31,1878	135.401	15,74	0,56	2,00	2,56	125,99	0,10	125,89	20	3/4 "	16,07%	5,47
H-RB - H5	434.147	31,1878	135.401	15,74	0,50	2,00	2,50	7,00	0,22	6,78	20	3/4 "		11,49
H5 - H5-1	134.824	58,2106	78.482	9,13	5,87	4,20	10,07	6,78	0,34	6,44	20	3/4 "		6,68
H5-1 - H5-2	125.193	60,0704	75.204	8,74	3,00	2,60	5,60	6,44	0,19	6,26	20	3/4 "		6,41
H5-2 - H5-3	115.563	62,0775	71.739	8,34	3,00	2,60	5,60	6,26	0,17	6,08	20	3/4 "		6,13
H5-3 - H5-4	105.933	64,2526	68.065	7,91	3,00	2,60	5,60	6,08	0,16	5,93	20	3/4 "		5,82
H5-4 - H5-5	96.303	66,6215	64.158	7,46	3,00	2,60	5,60	5,93	0,14	5,78	20	3/4 "		5,49
H5-5 - H5-6	86.672	69,2157	59.991	6,98	3,00	2,60	5,60	5,78	0,13	5,65	20	3/4 "		5,15
H5-6 - H5-7	77.042	72,0761	55.529	6,46	3,00	2,60	5,60	5,65	0,11	5,54	20	3/4 "		4,77
H5-7 - H5-8	67.412	75,2559	50.731	5,90	3,00	2,60	5,60	5,54	0,10	5,44	20	3/4 "		4,36
H5-8 - H5-9	57.782	78,8285	45.548	5,30	3,00	2,60	5,60	5,44	0,09	5,35	20	3/4 "		3,92
H5-9 - H5-10	48.151	82,9004	39.918	4,64	3,00	2,60	5,60	5,35	0,07	5,28	20	3/4 "		3,43
H5-10 - H5-11	38.521	87,6439	33.761	3,93	3,00	2,60	5,60	5,28	0,06	5,23	20	3/4 "		2,91
H5-11 - H5-12	28.891	93,404	26.985	3,14	3,00	2,60	5,60	5,23	0,04	5,19	20	3/4 "		2,33
H5-12 - H5-13	19.261	100	19.261	2,24	3,00	2,60	5,60	5,19	0,03	5,16	20	3/4 "		1,66
H5-13 - H5-14	9.630	100	9.630	1,12	3,00	2,00	5,00	5,16	0,02	5,14	20	3/4 "		0,83
H5 - H6	299.324	39,0009	116.739	13,57	3,30	3,30	6,60	6,78	0,44	6,34	20	3/4 "		9,94
H6 - H6-1	164.500	53,2374	87.575	10,18	6,10	3,30	9,40	6,34	0,38	5,96	20	3/4 "		7,49
H6-1 - H6-2	152.750	55,0841	84.141	9,78	3,00	2,60	5,60	5,96	0,22	5,73	20	3/4 "		7,21
H6-2 - H6-3	141.000	57,0873	80.493	9,36	3,00	2,60	5,60	5,73	0,21	5,52	20	3/4 "		6,91
H6-3 - H6-4	129.250	59,2701	76.607	8,91	3,00	2,60	5,60	5,52	0,19	5,33	20	3/4 "		6,59
H6-4 - H6-5	117.500	61,661	72.452	8,42	3,00	2,60	5,60	5,33	0,18	5,16	20	3/4 "		6,24
H6-5 - H6-6	105.750	64,2957	67.993	7,91	3,00	2,60	5,60	5,16	0,16	5,00	20	3/4 "		5,87
H6-6 - H6-7	94.000	67,2199	63.187	7,35	3,00	2,60	5,60	5,00	0,14	4,86	20	3/4 "		5,46
H6-7 - H6-8	82.250	70,4933	57.981	6,74	3,00	2,60	5,60	4,86	0,12	4,74	20	3/4 "		5,01
H6-8 - H6-9	70.500	74,1975	52.309	6,08	3,00	2,60	5,60	4,74	0,10	4,63	20	3/4 "		4,53
H6-9 - H6-10	58.750	78,4488	46.089	5,36	3,00	2,60	5,60	4,63	0,09	4,55	20	3/4 "		3,99
H6-10 - H6-11	47.000	83,4277	39.211	4,56	3,00	2,60	5,60	4,55	0,07	4,48	20	3/4 "		3,40
H6-11 - H6-12	35.250	89,4588	31.534	3,67	3,00	2,60	5,60	4,48	0,05	4,43	20	3/4 "		2,74
H6-12 - H6-13	23.500	97,4364	22.898	2,66	3,00	2,60	5,60	4,43	0,04	4,39	20	3/4 "		1,98
H6-13 - H6-14	11.750	100	11.750	1,37	3,00	2,60	5,60	4,39	0,02	4,37	20	3/4 "		1,02

Figura 49 – Resultado simulação 02 parte 06

Fonte: Autor

DIMENSIONAMENTO														
Trecho	Consumo				Comprimento Tubulação			Pressão			Diâmetro		Verificação	
Pto. Inicial -Final	Potência Calculada (Kcal/h)	Fator Simul.(%)	Potência Adotada (Kcal/h)	Q (Nm³/h)	L (m)	Comp. Conexão (m)	L total (m)	Pressão inicial (Kpa)	Perda de carga (Kpa)	Pressão final (Kpa)	φ Nominal (mm)	φ Nominal (pol)	Perda de carga (%)	Velocidade (m/s)
H1 - H-RB	434.147	31,1878	135.401	15,74	0,56	2,00	2,56	125,99	0,10	125,89	20	3/4 "	16,07%	5,47
H-RB - H5	434.147	31,1878	135.401	15,74	0,50	2,00	2,50	7,00	0,22	6,78	20	3/4 "		11,49
H5 - H5-1	134.824	58,2106	78.482	9,13	5,87	4,20	10,07	6,78	0,34	6,44	20	3/4 "		6,68
H5-1 - H5-2	125.193	60,0704	75.204	8,74	3,00	2,60	5,60	6,44	0,19	6,26	20	3/4 "		6,41
H5-2 - H5-3	115.563	62,0775	71.739	8,34	3,00	2,60	5,60	6,26	0,17	6,08	20	3/4 "		6,13
H5-3 - H5-4	105.933	64,2526	68.065	7,91	3,00	2,60	5,60	6,08	0,16	5,93	20	3/4 "		5,82
H5-4 - H5-5	96.303	66,6215	64.158	7,46	3,00	2,60	5,60	5,93	0,14	5,78	20	3/4 "		5,49
H5-5 - H5-6	86.672	69,2157	59.991	6,98	3,00	2,60	5,60	5,78	0,13	5,65	20	3/4 "		5,15
H5-6 - H5-7	77.042	72,0761	55.529	6,46	3,00	2,60	5,60	5,65	0,11	5,54	20	3/4 "		4,77
H5-7 - H5-8	67.412	75,2559	50.731	5,90	3,00	2,60	5,60	5,54	0,10	5,44	20	3/4 "		4,36
H5-8 - H5-9	57.782	78,8285	45.548	5,30	3,00	2,60	5,60	5,44	0,09	5,35	20	3/4 "		3,92
H5-9 - H5-10	48.151	82,9004	39.918	4,64	3,00	2,60	5,60	5,35	0,07	5,28	20	3/4 "		3,43
H5-10 - H5-11	38.521	87,6439	33.761	3,93	3,00	2,60	5,60	5,28	0,06	5,23	20	3/4 "		2,91
H5-11 - H5-12	28.891	93,404	26.985	3,14	3,00	2,60	5,60	5,23	0,04	5,19	20	3/4 "		2,33
H5-12 - H5-13	19.261	100	19.261	2,24	3,00	2,60	5,60	5,19	0,03	5,16	20	3/4 "		1,66
H5-13 - H5-14	9.630	100	9.630	1,12	3,00	2,00	5,00	5,16	0,02	5,14	20	3/4 "		0,83
H5 - H6	299.324	39,0009	116.739	13,57	3,30	3,30	6,60	6,78	0,44	6,34	20	3/4 "		9,94
H6 - H6-1	164.500	53,2374	87.575	10,18	6,10	3,30	9,40	6,34	0,38	5,96	20	3/4 "		7,49
H6-1 - H6-2	152.750	55,0841	84.141	9,78	3,00	2,60	5,60	5,96	0,22	5,73	20	3/4 "		7,21
H6-2 - H6-3	141.000	57,0873	80.493	9,36	3,00	2,60	5,60	5,73	0,21	5,52	20	3/4 "		6,91
H6-3 - H6-4	129.250	59,2701	76.607	8,91	3,00	2,60	5,60	5,52	0,19	5,33	20	3/4 "		6,59
H6-4 - H6-5	117.500	61,661	72.452	8,42	3,00	2,60	5,60	5,33	0,18	5,16	20	3/4 "		6,24
H6-5 - H6-6	105.750	64,2957	67.993	7,91	3,00	2,60	5,60	5,16	0,16	5,00	20	3/4 "		5,87
H6-6 - H6-7	94.000	67,2199	63.187	7,35	3,00	2,60	5,60	5,00	0,14	4,86	20	3/4 "		5,46
H6-7 - H6-8	82.250	70,4933	57.981	6,74	3,00	2,60	5,60	4,86	0,12	4,74	20	3/4 "		5,01
H6-8 - H6-9	70.500	74,1975	52.309	6,08	3,00	2,60	5,60	4,74	0,10	4,63	20	3/4 "		4,53
H6-9 - H6-10	58.750	78,4488	46.089	5,36	3,00	2,60	5,60	4,63	0,09	4,55	20	3/4 "		3,99
H6-10 - H6-11	47.000	83,4277	39.211	4,56	3,00	2,60	5,60	4,55	0,07	4,48	20	3/4 "		3,40
H6-11 - H6-12	35.250	89,4588	31.534	3,67	3,00	2,60	5,60	4,48	0,05	4,43	20	3/4 "		2,74
H6-12 - H6-13	23.500	97,4364	22.898	2,66	3,00	2,60	5,60	4,43	0,04	4,39	20	3/4 "		1,98
H6-13 - H6-14	11.750	100	11.750	1,37	3,00	2,60	5,60	4,39	0,02	4,37	20	3/4 "		1,02
H6 - H7	134.824	58,2106	78.482	9,13	5,05	4,70	9,75	6,34	0,32	6,02	20	3/4 "		6,71
H7 - H7-1	134.824	58,2106	78.482	9,13	1,20	2,60	3,80	6,02	0,13	5,89	20	3/4 "		6,72
H7-1 - H7-2	125.193	60,0704	75.204	8,74	3,00	2,60	5,60	5,89	0,19	5,70	20	3/4 "		6,44
H7-2 - H7-3	115.563	62,0775	71.739	8,34	3,00	2,60	5,60	5,70	0,17	5,53	20	3/4 "		6,16
H7-3 - H7-4	105.933	64,2526	68.065	7,91	3,00	2,60	5,60	5,53	0,16	5,37	20	3/4 "		5,85
H7-4 - H7-5	96.303	66,6215	64.158	7,46	3,00	2,60	5,60	5,37	0,14	5,23	20	3/4 "		5,52
H7-5 - H7-6	86.672	69,2157	59.991	6,98	3,00	2,60	5,60	5,23	0,13	5,10	20	3/4 "		5,17
H7-6 - H7-7	77.042	72,0761	55.529	6,46	3,00	2,60	5,60	5,10	0,11	4,98	20	3/4 "		4,79
H7-7 - H7-8	67.412	75,2559	50.731	5,90	3,00	2,60	5,60	4,98	0,10	4,88	20	3/4 "		4,38
H7-8 - H7-9	57.782	78,8285	45.548	5,30	3,00	2,60	5,60	4,88	0,09	4,80	20	3/4 "		3,94
H7-9 - H7-10	48.151	82,9004	39.918	4,64	3,00	2,60	5,60	4,80	0,07	4,73	20	3/4 "		3,45
H7-10 - H7-11	38.521	87,6439	33.761	3,93	3,00	2,60	5,60	4,73	0,06	4,67	20	3/4 "		2,93
H7-11 - H7-12	28.891	93,404	26.985	3,14	3,00	2,60	5,60	4,67	0,04	4,63	20	3/4 "		2,34
H7-12 - H7-13	19.261	100	19.261	2,24	3,00	2,60	5,60	4,63	0,03	4,60	20	3/4 "		1,67
H7-13 - H7-14	9.630	100	9.630	1,12	3,00	2,00	5,00	4,60	0,02	4,58	20	3/4 "		0,83
H7 - H7-S	9.630	100	9.630	1,12	7,05	2,40	9,45	6,02	0,03	5,98	15	1/2 "	14,54%	1,46
TESTE DOS RAMAIS INTERNOS DOS APARTAMENTOS -														
H3-15 - H3-15A	5.875	100	5.875	0,68	1,00	0,90	1,90	3,61	0,00	3,61	15	1/2 "	48,43%	0,90
H4-15 - H4-15A	5.875	100	5.875	0,68	1,00	0,60	1,60	3,94	0,00	3,94	15	1/2 "	43,70%	0,90

Figura 50 – Resultado simulação 02 parte 07

Fonte: Autor

APÊNDICE C – Lista de materiais CRM

Caso 03

LISTA DE MATERIAL						
ITEM	DENOMINAÇÃO	Ø DN / DIMENSÕES	NORMA E GRAU	ESP.(mm)	UNID.	QTD.
1	TUBO NÚ AÇO CARBONO S/ COST. SCH.40 EXT. RETA (SOMA DOS SUBITENS)	1"	ASTM A-106 GR.B ANSI B36.10	3,4	pç	2,20
2	COTOVELO 90° AÇO CARBONO TIPO ENCAIXE E SOLDADA (SW) 3000LB	1"	ASME B 16.11 ASTM A 105	–	pç	1
3	TÊ 90° AÇO CARBONO TIPO ENCAIXE E SOLDADA (SW) 3000LB	1"	ASME B 16.11 ASTM A 105	–	pç	2
4	TÊ 90° AÇO CARBONO TIPO EXT. ROSCADA NPT 3000LB	1"	ASME B 16.11 ASTM A 105	–	pç	3
5	UNIÃO ASS. CÔNICO AÇO CARBONO TIPO ENCAIXE E SOLDADA (SW) 3000LB	1"	ASME B 16.11 ASTM A 105	–	pç	2
6	NIPLE DUPLO AÇO CARBONO (NPT) 3000LB	1/2"	ASME B 16.11 ASTM A 105	–	pç	2
7	NIPLE DUPLO AÇO CARBONO (NPT) 3000LB	1"	ASME B 16.11 ASTM A 105	–	pç	3
8	BUCHA DE REDUÇÃO AÇO CARBONO (NPT) 3000LB	2" x 1"	ASME B 16.11 ASTM A 105	–	pç	2
9	BUCHA DE REDUÇÃO AÇO CARBONO (NPT) 3000LB	1" x 1/2"	ASME B 16.11 ASTM A 105	–	pç	3
10	BUCHA DE REDUÇÃO AÇO CARBONO (NPT) 3000LB	1/2" x 1/4"	ASME B 16.11 ASTM A 105	–	pç	2
11	BUJÃO (PLUG) AÇO CARBONO (NPT) 3000LB	1/4"	ASME B 16.11 ASTM A 105	–	pç	2
12	BUJÃO (PLUG) AÇO CARBONO (NPT) 3000LB	1/2"	ASME B 16.11 ASTM A 105	–	pç	1

Figura 51 – Lista de materiais CRM caso 03 parte 01

Fonte: Autor

13	BUJÃO (PLUG) AÇO CARBONO (NPT) 3000LB	1"	ASME B 16.11 ASTM A 105	-	pç	2
14	FILTRO TIPO Y CORPO E TAMPA EM AÇO CARBONO A 216 WCB COM BUJÃO DE LIMPEZA EM AÇO CARBONO A 105 CLASSE 300# DN 1" ROSCA NPT COM ELEMENTO FILTRANTE TELA PERFURADA 0,8mm E TELA 40Mesh EM AÇO INOXIDÁVEL 240 Gr. 316. REFERÊNCIA: Spirax Sarco, modelo FIG. 14	1"	EN 10204 ASTM A 216 Gr. WCB ASTM A 240 Gr. 316	-	pç	1
15	VÁLVULA ESFERA TRIPARTIDA PASSAGEM PLENA MONT. FLUTUANTE 300LB FÊM. ROSCA NPT	1/2"	ASTM A 216 Gr. WCB.	-	pç	2
16	VÁLVULA ESFERA TRIPARTIDA PASSAGEM PLENA MONT. FLUTUANTE 300LB TIPO ENCAIXE E SOLDA (SW)	1"	ASTM A 216 Gr. WCB.	-	pç	3
17	VÁLVULA ESFERA TRIPARTIDA PASSAGEM PLENA MONT. FLUTUANTE 300LB FÊM. ROSCA NPT	1"	ASTM A 216 Gr. WCB.	-	pç	2
18	VÁLVULA REGULADORA AUTO OPERADO ATIVA(BLOQUEIO SOBREPRESSÃO)- SHUT_OFF INTEGRADO(Pe:18Bar / Ps: 2-4Bar REFÊNCIA: REGULADOR ALTA PRESSÃO MODELO APS2 / FABRICANTE: CLESSE OBS: OPSO DESATIVADO	1"	NBR 15526 NBR 15590	-	pç	1
19	VÁLVULA REGULADORA AUTO OPERADO MONITOR(BLOQUEIO SOBREPRESSÃO)- SHUT_OFF INTEGRADO(Pe:18Bar / Ps: 2-4Bar) SHUT-OFF SET: 4 Bar REFÊNCIA: REGULADOR ALTA PRESSÃO MODELO APS2 OPSO / FABRICANTE: CLESSE	1"	NBR 15526 NBR 15590	-	pç	1
20	VÁLVULA REGULADORA EXT. NPT (Pe: 52 Bar / Ps: 5-10 Bar) REFÊNCIA: REGULADOR ALTA PRESSÃO MODELO 627-SERIES / FABRICANTE: EMERSON	1"	-	-	pç	1

Figura 52 – Lista de materiais CRM caso 03 parte 02

Fonte: Autor

20	VÁLVULA REGULADORA EXT. NPT (Pe: 52 Bar / Ps: 5-10 Bar) REFÊNCIA: REGULADOR ALTA PRESSÃO MODELO 627-SERIES / FABRICANTE: EMERSON	1"	-	-	pç	1
21	PARAFUSO MAQUINA M16 PORCAS ASTM HEX. SERIE PESADA, ACABAMENTO BICROMATIZADO	5/8" x 2"	ASTM A193 Gr B7 A194 Gr 2H/ASME B16.5	-	pç	8
22	PARAFUSO TIPO ESTOJO PORCAS ASTM HEX. SERIE PESADA, ASME B16.5, ACABAMENTO BICROMATIZADO	5/8" x 3.1/4"	ASTM A193 Gr B7 A194 Gr 2H/ASME B16.5	-	pç	4
23	PARAFUSO TIPO ESTOJO PORCAS ASTM HEX. SERIE PESADA, ASME B16.5, ACABAMENTO BICROMATIZADO	1/2" x 2.3/4"	ASTM A193 Gr B7 A194 Gr 2H/ASME B16.5	-	pç	4
24	FLANGE TIPO ENCAIXE SOLDA (SW) FACE COM RESSALTO - ANSI B 16.5 - 300 LBS	1"	A-105 / ANSI B.16.5	-	pç	2
25	FLANGE TIPO ENCAIXE SOLDA (SW) FACE COM RESSALTO - ANSI B 16.5 - 150 LBS	1"	A-105 / ANSI B.16.5	-	pç	2
26	FLANGE ROSCADO - 150 LBS NPT	2"	ANSI B 16.5 ASTM A 105	-	pç	2
27	KIT JUNTA DE VEDAÇÃO ELÉTRICA (2 ARRUELAS METÁLICAS DE AÇO CARBONO GALVANIZADO, 1 ARRUELA ISOLANTE DE FIBRA DE VIDRO LAMINADA COM EPÓXI E LUVAS ISOLANTES DE FENOLITE, POR ESTOJO E JUNTA 300LBS - RF 4KV 85G0)	1"	-	-	pç	1
28	KIT JUNTA DE VEDAÇÃO ELÉTRICA (2 ARRUELAS METÁLICAS DE AÇO CARBONO GALVANIZADO, 1 ARRUELA ISOLANTE DE FIBRA DE VIDRO LAMINADA COM EPÓXI E LUVAS ISOLANTES DE FENOLITE, POR ESTOJO E JUNTA 150LBS - RF 4KV 85G0)	1"	-	-	pç	1
29	JUNTA METÁLICA ESPIRAL RF 300#	2"	ASME B 16.20	-	pç	2
30	JUNTA METÁLICA ESPIRAL RF 150#	1"	ASME B 16.20	-	pç	1

Figura 53 – Lista de materiais CRM caso 03 parte 03

Fonte: Autor

31	MEDIDOR ROTATIVO (G250) NPT DN40 REFERÊNCIA: ITRON	A=126xL=121 C=172+30	-	-	pç	1
32	CANTONEIRA ABAS IGUAIS AÇO	1.1/2"	ASTM A-36	3/16"	m	3,0
33	GRAMPO TIPO "U" PARA TUBO DE Ø1"	8 x 36 (mm)			pç	5
34	TEFLON	38 x 86 (mm)		10 mm	pç	5
37	PARAFUSO CABEÇA SEXTAVADO ROSCA SOBERBA AÇO BAIXO CARBONO ACABAMENTO ZINCADO COM ARRUELA E BUCHA NYLON APLICAÇÃO: FIXAÇÃO DO PAINEL E SUPORTES	3/8" x 80mm S8	-	-	pç	10
38	MANOMETRO CAIXA 60 mm RANGE 0-30 BAR- BSP 300 LBS	1/4"	-	-	pç	1
39	MANOMETRO CAIXA 60 mm RANGE 0-4 BAR- BSP 150 LBS	1/4"	-	-	pç	1

Figura 54 – Lista de materiais CRM caso 03 parte 04

Fonte: Autor