MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE SISTEMAS RESIDENCIAIS DE AQUECIMENTO DE AGUA UTILIZANDO ENERGIA ELÉTRICA E GÁS NATURAL.

por

Rosaura Zambrano Oliveira

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Engenheiro Mecânico.

Porto Alegre, dezembro de 2012.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Escola de Engenharia
Departamento de Engenharia Mecânica

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE SISTEMAS RESIDENCIAIS DE AQUECIMENTO DE ÁGUA UTILIZANDO ENERGIA ELÉTRICA E GÁS NATURAL.

por

Rosaura Zambrano Oliveira

ESTA MONOGRAFIA FOI JULGADA ADEQUADA COMO PARTE DOS REQUISITOS PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
ENGENHEIRO MECÂNICO
APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELA BANCA EXAMINADORA DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. José Antônio E. Mazzaferro
Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica

Área de Concentração: **Ciências Térmicas**

Orientador: Prof. Thamy Cristina Hayashi

Comissão de Avaliação:

Prof. Luiz Alberto Oliveira Rocha

Prof. Sergio Luiz Frey

Prof. Volnei Borges

Porto Alegre, 10, dezembro de 2012.

OLIVEIRA, R.Z., **Estudo comparativo entre sistemas residenciais de água residencial utilizando energia elétrica e gás natural.** 2012. 21 folhas. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

RESUMO

No início dos anos 2000, o Brasil enfrentou problemas no setor de geração de energia elétrica, o que ocasionou acontecimentos como blecautes. O estado do Rio Grande do Sul adotou medidas para reduzir o consumo e aumentar a capacidade de geração de energia, buscando diversificar sua matriz energética. O gás natural é uma das fontes de energia cada vez mais adotada no estado. Este estudo foi desenvolvido em colaboração com uma empresa de construção civil da cidade de Porto Alegre, para comparar dois sistemas de aquecimento de água residencial: aquecedor de água instantâneo a gás e chuveiro elétrico. O estudo considera os custos de instalação, vantagens e desvantagens de cada sistema e do impacto econômico de cada opção apresentada. Mostra que, para o empreendimento escolhido para análise, que a instalação prevendo a utilização de aquecedores individuais instantâneos abastecidos com gás natural apresenta uma economia de 66,62% na instalação da rede elétrica contra um acréscimo de 8,5% nas instalações de rede hidráulica e de fornecimento de gás natural.

PALAVRAS-CHAVE: gás natural, água quente residencial, chuveiro elétrico, aquecedores a gás.

OLIVEIRA, R.Z. **Comparative study between residential water heating systems using electric energy and natural gas.** 2012. 21 folhas. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

ABSTRACT

In the early 2000s, Brazil faced limitations in electric power generation, leading to nation-wide blackouts. The state of Rio Grande do Sul adopted measures to reduce consumption and increase generation capacity, as well diversifying its energy matrix. Natural gas is one of the energy sources increasingly adopted by the state. A study was developed in collaboration with a construction company from the city of Porto Alegre, to compare two residential water heating systems: instantaneous gas water heater and electric shower. The study considers the costs of installation, advantages and disadvantages of each system and the economic impact of each option is presented. It shows that for the enterprise selected for analysis that the installation provides for the use of individual heaters fueled by natural gas instantaneous has a 66.62% saving in installation mains against an increase of 8.5% premises network hydraulic and supply of natural gas.

KEYWORDS: natural gas, residential water heating, electric shower, gas heaters.

ÍNDICE

Pág.

1. INTRODUÇÃO 1
2. OBJETIVOS 2
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 2
3.1. Utilização do chuveiro elétrico 2
3.2. Utilização do aquecedor a gás com GN 3
4. METODOLOGIA 4
4.1. Rede elétrica 4
4.2. Rede de distribuição de água 4
4.3. Rede de distribuição de GN 5
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 6
5.1. Tipologia da implantação 6
5.2. Análises da rede elétrica 7
5.3 Análise da rede hidráulica 9
5.4 Análise da rede de distribuição de GN 10
5.4.1 Dimensionamento A 12
5.4.2 Dimensionamento B 13
5.4.3 Cálculo da ventilação necessária para instalação do aquecedor 13
5.4.4 Análise econômica da rede de GN 13
6. CONCLUSÕES 14
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 14
APÊNDICE 16
ANEXO 17

1. INTRODUÇÃO

Entre os anos de 2001 e 2002, o Brasil enfrentou problemas ocorridos no setor de geração de energia elétrica, como descontinuidade do fornecimento e de limitação na capacidade de geração o que ocasionou acontecimentos como blecautes. No estado do Rio Grande do Sul, entre 2000 e 2007, medidas de diminuição do consumo e aumento da capacidade de geração equilibraram a demanda e oferta neste setor. Todos esses fatos contribuíram para uma conscientização da população em relação ao consumo de energia elétrica, mesmo assim o estado continua batendo recordes de consumo de energia. (Atlas Sócio Econômico do Rio Grande Sul, 2012)

No primeiro mês de 2012, o consumo de energia na rede elétrica do país chegou a 36.224GWh, registrando um aumento de 1,6% em relação ao mesmo mês do ano anterior. Em setembro de 2012, o consumo chegou a 37.600 GWh, um aumento de 1,8% em relação ao mesmo período em 2011 e aumento de 0,96% em relação a janeiro de 2012. A expectativa é que em 2012 o consumo de energia elétrica na rede aumente 4,5% em relação ao ano anterior. Esse cenário está representado na Figura 1.1. (EPE, 2012)

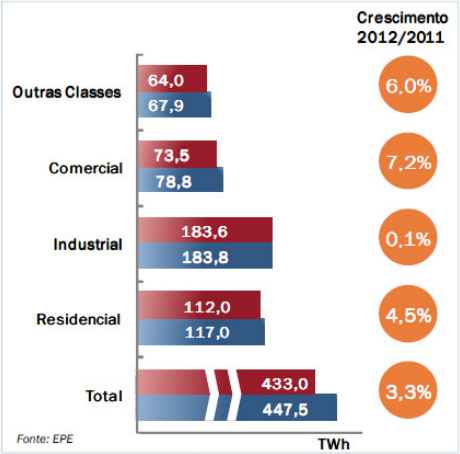


Figura 1.1 – Consumo nacional na rede elétrica realizado em 2011 e previsão 2012. (EPE, 2012)

No setor residencial o consumo nacional de energia elétrica tem acompanhado o aumento da renda. Projeções do EPE em janeiro apontavam um crescimento de 4,5% do consumo do setor em 2012. Em setembro, esse aumento já chega a 4,3%. O consumo médio nas residências aumentou 1,1% em 2012, passando para 158kWh/mês. No Rio Grande do Sul esse setor representa 25,68% do consumo de energia das redes de todo o estado. É um mercado bastante significativo, como mostra a Figura 1.2.(EPE, 2012)

REGIÃO/CLASSE	EM OUTUBRO			ATÉ OUTUBRO			12 MESES		
	2012	2011	%	2012	2011	%	2012	2011	%
SUL	6.296	6.119	2,9	64.723	62.080	4,3	77.113	73.868	4,4
RESIDENCIAL	1.489	1.421	4,8	15.495	14.882	4,1	18.354	17.658	3,9
INDUSTRIAL	2.631	2.634	-0,1	26.014	25.556	1,8	31.081	30.560	1,7
COMERCIAL	1.070	1.021	4,9	11.296	10.477	7,8	13.459	12.471	7,9
OUTROS	1.105	1.043	6,0	11.918	11.166	6,7	14.220	13.179	7,9

Figura 1.2 – Estatística do consumo de energia elétrica no sul do país (GW/h). (EPE, 2012)

Do consumo total de energia elétrica no país dentro do setor residencial, tem-se uma participação média de 26% do consumo total atribuído ao aquecimento de água. Assim somente com cocção se gasta mais de 6% de todo o consumo nacional de energia elétrica. Por esse motivo tem-se buscado novas alternativas para reduzir o consumo de energia com aquecimento de água residencial. Em uma família de 4 pessoas, utilizar outro sistema, por

exemplo, aquecedores a gás, pode representar uma economia de 220kWh/mês. (Renove,2012)

Para cada tipo de aparelho existem normas regulamentadoras elaboradas por órgãos certificados e é importante observar para que o aparelho esteja fabricado e instalado de acordo com essas normas, assim como o projeto da edificação. No Brasil, a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) especifica diversas normas, tanto para o projeto de empreendimentos residenciais a serem construídos, para fabricantes de diversos tipos de aquecedores instantâneos, como para a instalação e manutenção de cada tipo de aparelho. Para chuveiros elétricos, as NBR 15516 – Instalações hidráulicas prediais – Chuveiros ou duchas – e NBR 12483 – Chuveiros elétricos – padronização são alguns exemplos. Os projetos de instalação de gás residencial, tanto o GLP (gás liquefeito de petróleo) como o GN (gás natural), recomenda-se que estejam enquadrados na NBR 15526 – Redes de distribuição interna para gases combustíveis em instalações residenciais e comerciais. Para instalação dos aparelhos, os próprios fabricantes recomendam que sejam instalados de acordo com a NBR 13103 – Instalação de aparelhos a gás para uso residencial.

O presente trabalho foi uma proposta da Sulgás – Companhia de Gás do Estado do Rio Grande do Sul, em conjunto com a Construtora Living. Apresenta um estudo comparativo de dois tipos de sistemas para aquecimento de água residencial. Os sistemas são: chuveiro elétrico e aquecedor de passagem abastecido com gás natural. O comparativo utiliza como base a instalação de água quente a ser realizada para atender ao empreendimento residencial Silos Quadra B Lote 1, da Construtora Living, em Canoas. O edifício é composto por 384 unidades habitacionais distribuídas em quatro torres de doze pavimentos cada. No centro do lote há um salão de festas. A planta da implantação do empreendimento pode ser vista no Anexo.

O estudo abrange o levantamento de custo da instalação, custo de materiais utilizados, e faz uma análise de adequações de ambientes.
Dois casos serão levados em conta para comparação:

CASO 1: Os apartamentos contam com uma espera para instalação de chuveiro elétrico no banheiro de cada apartamento, e o fornecimento de gás natural é apenas para os fogões.

CASO 2: Os apartamentos têm um ponto de consumo de GN para um aquecedor de 12l/min por unidade habitacional, e não tem espera para instalação de chuveiro elétrico.

2. OBJETIVOS

O estudo tem objetivo de comparar duas alternativas para um prédio padrão normal/ baixo, e apresentar quais a vantagens e desvantagens de cada um dos sistemas analisados, incluído segurança.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Utilização do chuveiro elétrico

Em uma residência de padrão médio/baixo aproximadamente 24% da energia elétrica consumida é utilizada para aquecimento elétrico instantâneo. (SINPHA, 2007)

O chuveiro elétrico é um sistema de aquecimento instantâneo individual. É o equipamento mais comum atualmente pela sua fácil instalação, manutenção e pela variedade oferecida no mercado. Os preços de um chuveiro elétrico podem variar de 30 a 400 reais conforme necessidades e preferências dos consumidores. Os chuveiros elétricos com resistência blindada, chamados de ducha, apresentam melhores proteções contra choques elétricos, mas são oferecidos com preços superiores ao popular chuveiro elétrico.

Os chuveiros elétricos, quando utilizados simultaneamente, exigem maior capacidade instalada para suprir essa demanda nos chamados horários de pico. (Raimo, 2007)

3.2. Utilização do aquecedor a gás com GN

O aquecimento de água utilizando aquecedores a gás é bastante comum. O tipo de combustível mais comum para esse sistema é o gás liquefeito de petróleo (GLP). O gás natural (GN) tem se apresentado como uma alternativa de energia podendo ser utilizado em aquecedores instantâneos ou de passagem, aquecedores de acumulação e caldeiras. Segundo a Sulgás, o gás natural é considerado um combustível ecologicamente correto, pois sua queima se dá por inteiro, com baixa emissão de poluentes. (Sulgás, 2012)

O GN apresenta algumas vantagens em relação ao GLP. Por exemplo, ele é mais leve que o ar, e em casos de vazamento, se dissipa mais facilmente. O gás natural é distribuído encanado, ou seja, elimina a necessidade de botijões e reposições, não há armazenamento e nem manuseio do mesmo, pois o fornecimento é contínuo. E em comparação aos chuveiros elétricos, mesmo com faltas ou quedas de energia, o sistema de aquecimento continua funcionando normalmente.

O gás encanado entra nos condomínios pela Estação Reguladora Urbana (ERU) onde se encontram um conjunto de válvulas, acessórios e medidores, instalados em abrigo próprio, dentro do limite do terreno do cliente, em local de comum acesso, com finalidade de reduzir a pressão do gás proveniente da rede de distribuição para a pressão compatível à de utilização nos aparelhos ou equipamentos de consumo e de medir o consumo total de gás do condomínio ou unidade habitacional. Normalmente, em condomínios com vários apartamentos são instaladas duas ERUs: uma ERU primária, ou principal, ou de 1° estágio, onde é feita a medição total do condomínio; e uma ERU secundária, ou de 2° estágio, onde é feita a medição do consumo de cada apartamento. A pressão de saída das ERUs e o diâmetro da tubulação são determinados no projeto da rede, quando é feito o dimensionamento. (RIP Sulgás, 2006)

O objetivo do dimensionamento é determinar os diâmetros da tubulação das redes internas e externas de distribuição em instalações residenciais. Durante esse processo deve-se garantir que rede de GN esteja de acordo com as normas da ABNT para gases combustíveis, e que atenda a pressão necessária para por em funcionamento cada aparelho de uma unidade de consumo. As metodologias de cálculo estão apresentadas na norma NBR 15526 – Redes de distribuição interna para gases combustíveis em instalações residenciais e comerciais. Segundo essa norma, por segurança, a pressão manométrica da rede de distribuição interna deve ser no máximo 1,5kgf/cm², e a pressão de saída de uma rede dentro de uma unidade habitacional não pode ser maior 750mmca.

As potências computadas dos aparelhos a gás são definidas na NBR 15526, e são dadas pela soma de todas as potências nominais dos aparelhos a gás instalados em um determinado trecho, dados também fornecidos em tabelas da norma. A potência nominal é definida na norma como a “quantidade de energia consumida, na unidade de tempo, pelo aparelho a gás em condições padrão”. Outro conceito importante para esse dimensionamento é o fator de simultaneidade, definida na NBR 15526 como “fator de minoração, expresso em porcentagem, aplicado à potência computada para obtenção da potência adotada”. Segundo a norma, o projetista é quem deve determinar as condições prováveis da utilização dos aparelhos a gás e possíveis aumentos de consumo e esse valor não deve ser menor que 23%.

Nos projetos de estabelecimentos comerciais não se aplica o fator de simultaneidade, pois a chance de todos os aparelhos funcionarem ao mesmo tempo é maior. Nesse caso, o fator é 100%.

Ao se utilizar qualquer aparelho a gás, tanto GLP com GN, alguns requisitos mínimos de segurança devem ser observados e são recomendados pela ABNT. As adequações a ambientes com esses aparelhos são especificadas na NBR 13103 – Instalação de aparelhos a gás para uso residencial – A norma trata da instalação de aparelhos a gás para aquecimento de água, aquecimento de ambiente, lavagem, secagem, iluminação, decoração e outras

utilizações de gás combustível em ambiente residencial. As áreas das ventilações permanentes são dadas em função das potências dos aparelhos.

Atualmente, tem-se aplicado novos materiais na construção civil, buscando maior facilidade e durabilidade da instalação. Em redes de GN externa a edificações tem-se trocado o uso da tubulação de aço carbono pelo PEAD (polietileno de alta densidade). Esse material apresenta vantagens em relação a outros materiais, como resistência à corrosão por resultado de ação química, eletrolítica ou galvânica, não apodrece, tem resistência a altas temperaturas, alta resistência à tensão, compressão, tração, baixa densidade em comparação com metais e outros materiais, impermeável, dispensando revestimentos, inerte (ao conteúdo) e baixa reatividade. Além disso, suas conexões são mais simples, soldadas por eletrofusão e, em alguns casos, por termofusão, e sua flexibilidade facilita a instalação. A tubulação pode ser dobrada em curvas, dispensando a utilização de cotovelos e diminuindo a perda de carga nesses pontos.

O PEAD só poder ser instalado enterrado, portanto, redes internas às edificações, embutidas ou aparentes devem ser de outro material. A norma que regulamenta esse tipo de rede é a NBR 14462 – Sistema para distribuição de gás combustível para redes enterradas – Tubos de polietileno PE 80 e PE 100 – Requisitos. Alguns fornecedores de outros países têm trazido novos materiais que podem ser utilizados em instalações aparentes ou embutidas, com propriedades e facilidades semelhantes ao PEAD. Esses materiais ainda não são regulamentados pela ABNT e por isso são pouco utilizados no Brasil.

Em rede de distribuição de água o PEX, um polietileno reticulado, tem-se apresentado como alternativa. São tubos flexíveis que, assim como o PEAD, permitem diminuir o número de conexões, reduzindo o risco de vazamentos. Suas conexões são dotadas de sistema de engate tipo "*clip*" e mais fáceis de montar. Esse material pode ser utilizado tanto para rede de água fria como água quente, pois suporta uma boa faixa de temperaturas, sendo adequado para uso residencial.

4. METODOLOGIA

Para a comparação, foram feitos os levantamentos de quantidades e valores dos materiais para cada instalação envolvida no aquecimento residencial de água: rede elétrica, rede hidráulica e rede de GN. Foram levados em conta dois casos:

CASO 1: Os apartamentos contam com uma espera para instalação de chuveiro elétrico em cada banheiro, e o fornecimento de gás natural é apenas para os fogões.

CASO 2: A segunda análise inclui um ponto de consumo de gás para um aquecedor de 12l/min por unidade habitacional, uma tubulação de água quente para o chuveiro e não tem espera para instalação de chuveiro elétrico.

Para cada caso é feita a comparação de redução do valor da instalação elétrica com a soma dos aumentos dos valores da instalação hidráulica e de GN.

4.1. Rede elétrica

Os dados relacionados à carga instalada no condomínio e a instalação de rede elétrica para os dois casos foram fornecidos pela Construtora Living por meio de contato pessoal, assim como os valores apresentados. (Fontoura, M.C., 2012)

4.2. Rede de distribuição de água

Para essa comparação entre os Caso 1 e 2, acrescentou-se a tubulação e acessórios necessários para fornecimento de água quente aos chuveiros dos apartamentos. Os valores foram pesquisados no mercado no período de julho e novembro de 2012.

4.3. Rede de distribuição de GN

A quantidade de material no Caso 1 da rede de distribuição do condomínio foi levantada utilizando o projeto de gás existente fornecido pela Sulgás e pela Living. Para o levantamento dos custos foi utilizada a tabela de orçamentos de materiais fornecida pela Sulgás.

Para o Caso 2, foi refeito o dimensionamento da rede acrescentando a potência dos aquecedores de cada apartamento a fim de se conhecer os novos diâmetros da tubulação e as novas pressões de entrada e saída da rede. Também foram acrescentados ao quantitativo de material os acessórios e a tubulação para inclusão de mais um ponto de consumo de gás nos apartamentos.

O dimensionamento é feito dividindo-se a rede em partes. Onde se tem um regulador de pressão, que muda a pressão inicial do trecho seguinte, se começa um novo dimensionamento com nova pressão de entrada e saída. Outro motivo para essa divisão é quando a rede apresenta materiais diferentes, exigindo dimensionamentos diferentes.

Esse dimensionamento foi feito baseado no Anexo B da NBR 15526, que apresentada a metodologia de cálculo para projetos de redes internas de gás. O fator de simultaneidade aplicado é de acordo com o Anexo E da mesma norma.

Pela metodologia apresentada na NBR 15126 calcula-se a potência adotada (A), multiplicando-se o fator de simultaneidade(F) pela potência computada apresentada na norma, conforme mostra a Equação 4.1.

$$A = (F \times C)/100 \qquad (4.1).$$

As potências são expressas em kcal/h e o fator de simultaneidade é adimensional.

O comprimento total é calculado somando-se os trechos verticais, horizontais e as referidas perdas de carga localizadas. Para determinação dessas perdas a norma recomenda utilizar valores fornecidos pelos fabricantes das conexões e válvulas, ou valores estabelecidos na literatura técnica. Depois, adota-se um diâmetro inicial para determinação do comprimento equivalente total da tubulação, considerando os trechos retos somados ao comprimento equivalente dos acessórios.

Nos trechos verticais deve-se considerar que o GN tem um ganho de pressão em trechos ascendentes e perdas em trechos descendentes (Δp em kPa), conforme a equação 4.2.

$$\Delta p = 1{,}318 \times 10^{-2} \times H \times (S - 1) \qquad (4.2)$$

Onde H é a altura do trecho em metros, e S é a densidade relativa do GN em relação ao ar (adotar 0,6 para GN.)

O fator de simultaneidade é obtido pelas equações extraídas do Anexo E da NBR 15526 em função da potência computada C (kcal/h) e apresentadas na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Fator de simultaneidade.

C < 350	F = 100
350 < C < 9 612	F = 100/[1 + 0,001 (C - 349) 0,8712]
9 612 < C < 20 000	F = 100/[1+ 0,4705 (C -1 055) 0,19931]
C > 20 000	F = 23

Para os cálculos do dimensionamento do projeto foram utilizados como ferramentas o COMGAS – *Software*, para dimensionamento de redes de gás natural e a Planilha de Dimensionamento de Redes de Distribuição Interna para Gases Combustíveis em Instalações Residenciais e Comerciais – NBR 15526/09, fornecida pela Sulgás.

Os dados introduzidos no aplicativo são pressão inicial, tipo de gás, densidade do gás, tipo de material da tubulação e limite de perda de carga. Quando a rede está atendendo a equipamentos (reguladoras, medidores, etc) a gás, a perda de carga pode chegar a 30%, quando atende diretamente aparelhos (fogões, aquecedores, lareiras e etc) a gás, a perda de carga é no máximo 10%. A velocidade máxima admitida pela rede é de 20m/s. Os parâmetros de perda de carga e velocidade máxima são definidos na norma NBR 15526. Depois, faz-se um detalhamento de cada trecho de tubulação, indicando seus acessórios, comprimentos e quantos e quais aparelhos abastecem. O programa fornece a perda de carga através do comprimento de tubo equivalente de cada acessório. As potências calculadas pelo aplicativo dos aparelhos a gás também estão em conformidade com as potências requeridas na NBR 15526.

As adequações de ambiente para instalação do aquecedor na cozinha foram recalculadas e revisadas conforme a NBR 13103, seções 6 e 7.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Tipologia da implantação

A avaliação é aplicada para uma tipologia representativa no mercado de imóveis da região metropolitana de Porto Alegre. O empreendimento apresenta apartamentos com dois dormitórios, todos com um banheiro, uma cozinha e uma área de serviço. O maior deles conta com uma área de 43,46m². Segundo a NBR 12721 - Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios - esse tipo de edificação se enquadra nos padrões normal/baixo.

No empreendimento Silos B1, da Construtora Living, são 384 unidades habitacionais, enquadradas na situação descrita acima. No centro do lote há um salão de festas, que tem um ponto de consumo de gás para o fogão. Esse ponto de consumo está incluso em todos os dimensionamentos para a rede de gás natural. As plantas dos pavimentos tipos e térreo estão apresentadas na Figura 5.1 e 5.2.

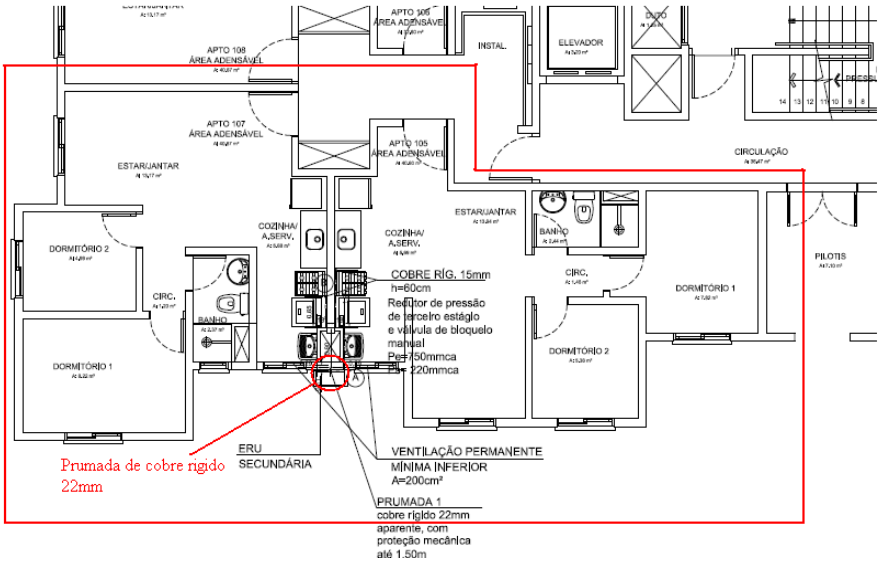


Figura 5.1 – Planta de dois apartamentos alimentados pela mesma prumada.

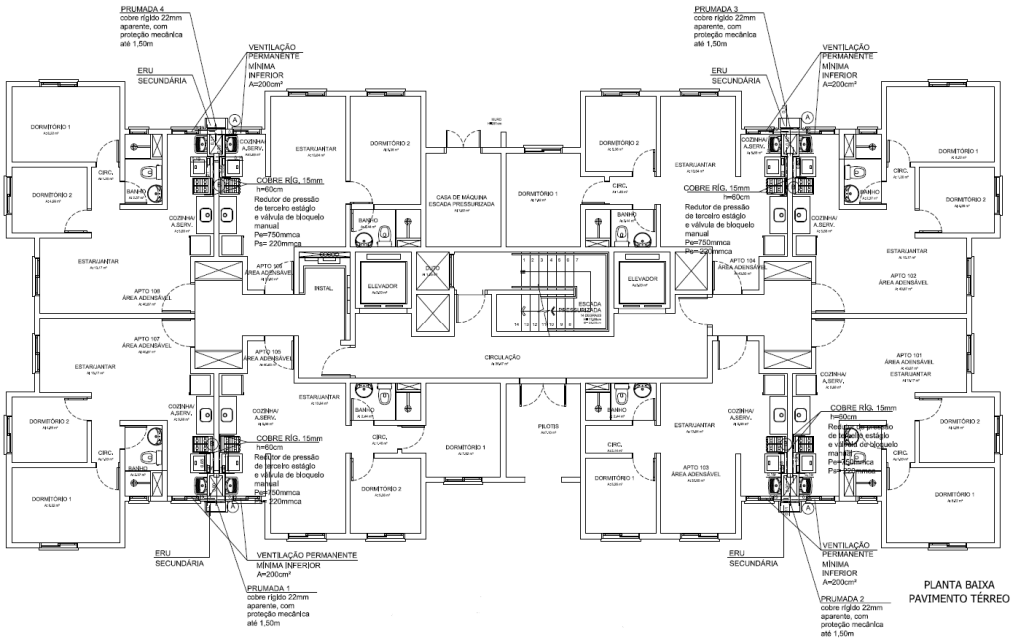


Figura 5.2 – Planta térrea do empreendimento analisado.

A rede de gás interna às edificações é dimensionada em cobre rígido. As prumadas serão instaladas aparentes nas fachadas externas das torres, com a proteção mecânica realizada por uma capa metálica dobrada. A rede de GN externa é em PEAD (polietileno de alta densidade) enterrado, e a rede hidráulica é em PEX (polietileno reticulado).

5.2. Análises da rede elétrica

Todos os apartamentos contam com uma espera para instalação de chuveiro elétrico em cada banheiro, e o fornecimento de gás natural é apenas para os fogões. Neste caso, segundo o levantamento feito pela Construtora Living, a carga instalada por torre é de 785,56kW. Enquanto que para o caso 2, substituído o sistema de aquecimento de água e retirando as esperas de chuveiro elétrico, o valor da carga instalada por torre passa a ser 311,96kW, conforme mostra a Tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Comparação dos valores da instalação elétrica.

	Carga instalada por bloco:	Valor da instalação:
Caso 1	785,56kW	R$ 122.572,80
Caso 2	311,96kW	R$ 40.907,53

Com a redução da carga têm-se as reduções de materiais, que estão apresentadas nas Tabelas 5.2 e 5.3. A diferença de valores entre os dois casos é de R$ 81.665,28, isto é, uma redução de 66,62% de economia na rede elétrica do empreendimento analisado.

Tabela 5.2 – Quantidades de cabos para cada caso.

Quantidade de Cabos:					
CASO 1	**Unid.**	**Qtd/Andar**	**CASO 2**	**Unid.**	**Qtd/Andar**
Térreo	m	352,2	Térreo	m	469,6
2° Andar	m	419,4	2° Andar	m	559,2
3° Andar	m	486,6	3° Andar	m	648,8
4° Andar	m	553,8	4° Andar	m	738,4
5° Andar	m	621,0	5° Andar	m	828,0
6° Andar	m	688,2	6° Andar	m	917,6
7° Andar	m	755,4	7° Andar	m	1007,2
8° Andar	m	822,6	8° Andar	m	1096,8
9° Andar	m	889,8	9° Andar	m	1186,4
10° Andar	m	957,0	10° Andar	m	1276,0
11° Andar	m	1024,2	11° Andar	m	1365,6
12° Andar	m	1091,4	12° Andar	m	1455,2
Qtd./Bloco	m	8661,6	**Qtd./Bloco**	m	11548,8
TOTAL: (4 blocos)	m	34646,4	TOTAL: (4 blocos)	m	46195,2

Tabela 5.3 – Quantidades de equipamentos para cada caso.

Relação de Equipamentos nos Quadros de Distribuição:				
		Aptos 1,2,7 e 8	Aptos 3,4,5 e 6	
CASO 1	Unid.	Qdt./ apto	Qdt./ apto	Qdt./ BLOCO
Disjuntor Mono 10A	unid.	1	1	96
Disjuntor Mono 16A	unid.	1	1	96
Disjuntor Mono 25A	unid.	1	1	96
Disjuntor Bipol. 40A	unid.	0	0	0
DR Bipol. 50A	unid.	1	1	96
DR Tripolar 63A	unid.	0	0	0
Cabo # 6mm²	m	0	0	0
Eletroduto diam. 3/4"	m	0	0	0
Caixa 2"x4"	unid.	0	0	0
CASO 2	Unid.	Qdt./ apto	Qdt./ apto	Qdt./ BLOCO
Disjuntor Mono 10A	unid.	1	1	96
Disjuntor Mono 16A	unid.	1	1	96
Disjuntor Mono 25A	unid.	1	1	96
Disjuntor Bipol. 40A	unid.	1	1	96
DR Bipol. 50A	unid.	1	1	96
DR Tripolar 63A	unid.	1	1	96
Cabo # 6mm²	m	21	30	2448
Eletroduto diam. 3/4"	m	6	9	720
Caixa 2"x4"	unid.	1	1	96

5.3 Análise da rede hidráulica

Para determinação do aumento do valor em função de modificação da rede hidráulica, acrescentou-se uma instalação de rede de água quente com todos os seus acessórios para levar a água do aquecedor a gás natural ao chuveiro do banheiro. Como o traçado da tubulação e custo da rede para fornecimento de água fria não sofrem modificações de um caso para o outro, esse valor não é levado em conta na análise.

Nas Figuras 5.2 e 5.3 pode-se observar a rede de água quente acrescentada a cada apartamento.

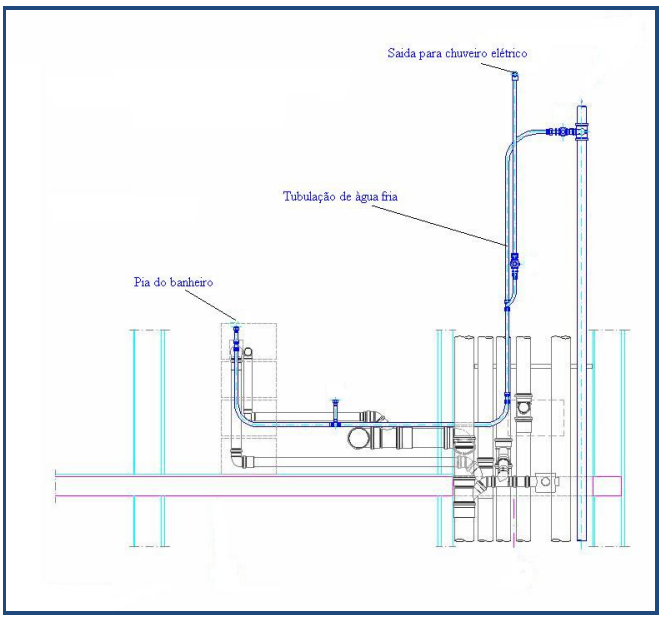


Figura 5.3 – Instalação hidráulica da unidade habitacional Caso 1.

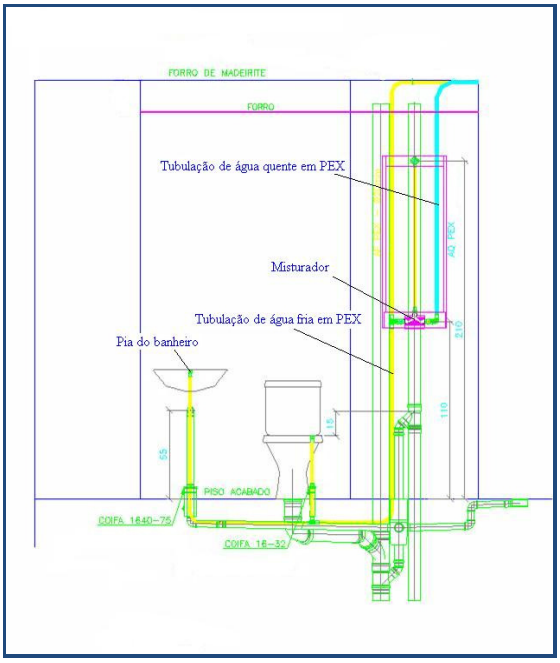


Figura 5.4 – Instalação hidráulica da unidade habitacional Caso 2.

A Tabela 5.4 apresenta a quantidade e os valores pesquisados para a instalação hidráulica de água quente para cada apartamento. O traçado e a quantidade de acessórios são iguais para qualquer uma das unidades habitacionais do empreendimento.

Tabela 5.4 – Tabela do Levantamento de Material da rede hidráulica.

Material	Qtd.	R$/unid.	Total
Tubo em PEX Ø22mm (Tigre ou similar)	3m	R$ 13,50/m	R$ 40,50
Tê para misturador Ø22mm (Tigre ou similar)	1 unid.	R$ 18,64	R$ 18,64
Conector Ø22mm (Tigre ou similar)	1 unid.	R$ 11,62	R$ 11,62
Registro para chuveiro (base e acabamento)	1 unid.	R$ 38,00	R$ 38,00

O total da instalação para cada apartamento será de R$ 108,76. Sendo o condomínio composto por 384 unidades, o custo total dessa instalação, a ser acrescentado à análise do Caso 2 é de R$ 47.763,84.

5.4 Análise da rede de distribuição de GN

Para comparação entre os Casos 1 e 2, foi refeito o dimensionamento da rede de gás, acrescentando os pontos de consumo para aquecedores a fim de se conhecer os novos diâmetros e pressões da rede e fazer um novo levantamento dos custos de instalação com outro sistema de aquecimento de água.

No caso do projeto em estudo dividiu-se a rede em duas partes. Conforme as pressões iniciais e conforme o material utilizado. As partes são:

Dimensionamento A: Rede em PEAD enterrado, com pressão de entrada de 1 a 1,5kgf/cm² (conforme o exigido pelo dimensionamento) e saída de 750mmca.;

Dimensionamento B: Rede em cobre rígido com pressão de entrada de 750mmca e saída de 220mmca.

A decisão de se colocar um regulador de segundo estágio com pressão manométrica de saída de 750mmca obrigando a necessidade de um regulador de terceiro estágio, para reduzir a pressão manométrica para 220mmca na entrada dos aparelhos foi uma determinação da Construtora Living. Apenas se manteve essa determinação para o dimensionamento da análise.

Para maior facilidade de cálculo, utilizou-se o Software de COMGAS, Companhia de Gás de São Paulo. O software segue as diretrizes da norma ABNT NBR 15526 – Redes de distribuição externa para gases combustíveis em instalações residenciais e comerciais.

Forneceu-se para o aplicativo os dados necessários para o cálculo, como mostra a Figura 5.5. Como temos reguladores de pressão no final dos dimensionamentos A e B, a perda de carga é selecionada para equipamentos, sendo de no máximo 30%.

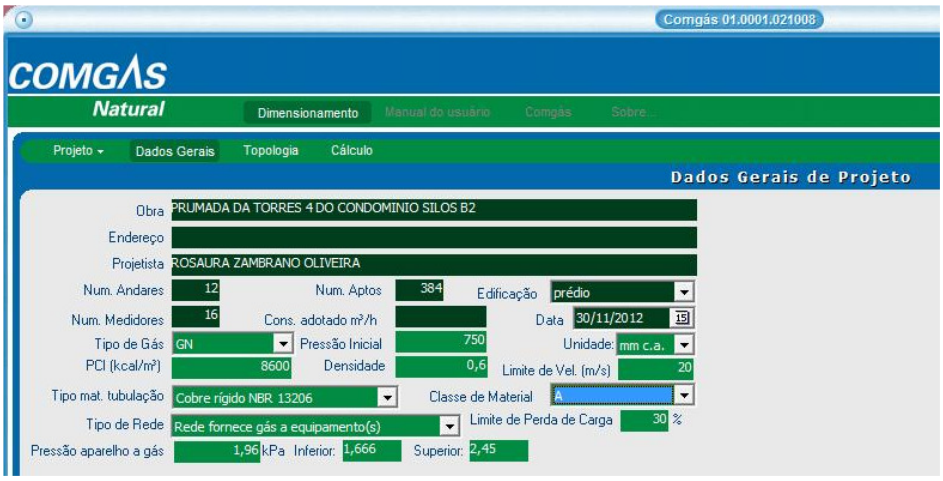


Figura 5.5 – Dados do aplicativo.

Depois, parte-se para introdução dos dados de cada trecho da tubulação, detalhando o número de acessórios, isto é, cotovelos, tês,válvulas, etc, acrescentando quais e quantos aparelhos estão no final de cada trecho formando as tabelas apresentadas nas Figuras 5.6 e 5.7.

Pto. Inicial	Pto. Final	Pot. Aparelho (kcal/h)	Comp. Tubos (m)	Qte. Conexões	Simul.
A	B	0	12,10	2,0	☑
B	C	0	9,30	1,0	☑
C	D	655200	17,40	3,0	☑
C	E	0	15,30	2,0	☑
E	F	655200	2,10	1,0	☑
E	G	0	18,40	1,0	☑
G	H	655200	2,10	1,0	☑
G	I	655200	32,80	4,0	☑
B	J	0	7,50	1,0	☑
J	K	655200	17,30	3,0	☑
J	L	0	15,20	4,0	☑
L	M	655200	2,10	1,0	☑
L	N	0	18,30	1,0	☑
N	O	655200	2,10	1,0	☑
N	P	0	15,40	2,0	☑
P	Q	655200	17,50	3,0	☑
P	R	0	53,30	4,0	☑
R	S	655200	2,10	1,0	☑
R	T	0	30,00	3,0	☑
T	U	655200	1,30	1,0	☑
T	V	0	18,30	1,0	☑
V	X	655200	1,80	1,0	☑
V	Y	0	15,20	3,0	☑
Y	Z	655200	17,10	3,0	☑
Y	Z1	0	37,10	2,0	☑
Z1	Y1	0	14,90	1,0	☑
Y1	Y2	655200	2,10	1,0	☑
Y1	Y3	9300	29,90	3,0	☑
Z1	Y4	0	14,90	1,0	☑
Y4	Y5	655200	1,60	1,0	☑

Figura 5.6 – Trechos da rede com seus acessórios e potências do dimensionamento A – Caso 2.

Pto. Inicial	Pto. Final	Pot. Aparelho (kcal/h)	Comp. Tubos (m)	Qte. Conexões	Simul.
A	B	0	2,40	1,0	☑
B	C	0	2,40	1,0	☑
C	D	0	2,40	1,0	☑
D	E	0	2,40	1,0	☑
E	F	0	2,40	1,0	☑
F	G	0	2,40	1,0	☑
G	H	0	2,40	1,0	☑
H	I	0	2,40	1,0	☑
I	J	0	2,40	1,0	☑
J	K	0	2,40	1,0	☑
K	L	0	2,40	1,0	☑
A	A'	18600	8,80	11,0	☑
B	B'	18600	8,80	11,0	☑
C	C'	18600	8,80	11,0	☑
D	D'	18600	8,80	11,0	☑
E	E'	18600	8,80	11,0	☑
F	F'	18600	8,80	11,0	☑
G	G'	18600	8,80	11,0	☑
H	H'	18600	8,80	11,0	☑
I	I'	18600	8,80	11,0	☑
J	J'	18600	8,80	11,0	☑
K	K'	18600	8,80	11,0	☑
L	L'	18600	8,80	11,0	☑

Figura 5.7 – Trechos da rede com seus acessórios e potências do dimensionamento B – Caso 2.

Nessa etapa também é definido quais trechos em que se utiliza fator de simultaneidade. Nesse caso, todos os trechos possuem o fator.

Os aparelhos utilizados para se obter a potência computada do projeto em cada um dos casos comparados são:

Tabela 5.5 – Aparelhos incluídos nos dimensionamentos.

	Potência unit.*	Caso 1	Caso 2
Fogão 4 bocas com forno do salão de festas	9.288 kcal/h	1	1
Fogão 4 bocas com forno de cada apartamento	9.288 kcal/h	384	384
Aquecedores de 12l/min	18.000 kcal/h	0	384
*** Dados da NBR 15526.**			

5.4.1 Dimensionamento A

Para o dimensionamento A foram consideradas duas situações: uma com pressão de entrada de 1kgf/cm², conforme o dimensionamento do projeto original, sem aquecedores; e outra com pressão de entrada de 1,5kgf/cm².

No primeiro cálculo pôde-se observar que o diâmetro da rede, que no Caso 1 é de 32mm, passou, em alguns trechos a ser 40mm. Com intenção de manter o diâmetro da rede e, conseqüentemente, o custo dessa parte da instalação, se fez um novo cálculo com a pressão inicial de 1,5kgf/cm², mas o resultado foi o mesmo: alguns trechos da rede solicitam um diâmetro maior que 32mm. Por segurança da instalação, se recomenda o uso da pressão mais baixa: 1kgf/cm².

Tabela 5.6 – Cálculo com pressão inicial de 1,0kgf/cm² e diâmetros dentro do padrão da Sulgás.

Cálculo Manual - Limites de Norma não verificados. *(*) NC - Não Conforme* *CF - Conforme*

Pto. Inicial	Pto. Final	Pot. Calc. (Kcal/h)	Fator Simul. (%)	Pot. Adot. (Kcal/h)	Vazão Trecho (Nm3/h)	Comp. Tubo (m)	Comp. Conex (m)	Comp. Total (m)	Pressão Inicial (Kpa)	Perda Pressão (Kpa)	Pressão Final (Kpa)	Diâm. Calc. (mm)	Limite de Norma *
A	B	1049250	10,00	1049250	122,01	12,10	6,94	19,04	98,07	0,48	97,59	63	CF
B	C	0	13,77	360851	41,96	9,30	2,08	11,38	97,59	1,09	96,50	32	CF
B	J	2620800	10,00	787170	91,53	7,50	4,10	11,60	97,59	0,17	97,42	63	CF
C	E	7871700	15,54	305396	35,51	15,30	3,52	18,82	96,50	1,34	95,16	32	CF
C	D	1965600	24,65	161486	18,78	17,40	4,32	21,72	96,50	0,48	96,02	32	CF
J	K	655200	24,65	161486	18,78	17,30	4,32	21,62	97,42	0,48	96,94	32	CF
J	L	655200	10,00	721650	83,91	15,20	15,14	30,34	97,42	0,38	97,04	63	CF
E	F	7216500	24,65	161486	18,78	2,10	1,44	3,54	95,16	0,08	95,08	32	CF
E	G	655200	18,42	241397	28,07	18,40	2,08	20,48	95,16	0,96	94,20	32	CF
L	M	1310400	24,65	161486	18,78	2,10	1,44	3,54	97,04	0,08	96,96	32	CF
L	N	655200	10,00	656130	76,29	18,30	4,10	22,40	97,04	0,24	96,80	63	CF
G	I	6561300	24,65	161486	18,78	32,80	5,76	38,56	94,20	0,87	93,33	32	CF
G	H	655200	24,65	161486	18,78	2,10	1,44	3,54	94,20	0,08	94,12	32	CF
N	O	655200	24,65	161486	18,78	2,10	1,44	3,54	96,80	0,08	96,72	32	CF
N	P	655200	10,00	590610	68,68	15,40	6,94	22,34	96,80	0,20	96,60	63	CF
P	Q	5906100	24,65	161486	18,78	17,50	4,32	21,82	96,60	0,49	96,11	32	CF
P	R	655200	10,28	539973	62,79	53,30	11,04	64,34	96,60	0,48	96,12	63	CF
R	S	5250900	24,65	161486	18,78	2,10	1,44	3,54	96,12	0,08	96,04	32	CF
R	T	655200	10,88	499805	58,12	30,00	9,78	39,78	96,12	0,26	95,86	63	CF
T	U	4595700	24,65	161486	18,78	1,30	1,44	2,74	95,86	0,06	95,80	32	CF
T	V	655200	11,60	457148	53,16	18,30	2,08	20,38	95,86	3,05	92,81	32	CF
V	X	3940500	24,65	161486	18,78	1,80	1,44	3,24	92,81	0,07	92,73	32	CF
V	Y	655200	12,52	411387	47,84	15,20	4,32	19,52	92,81	2,45	90,36	32	CF
Y	Z	3285300	24,65	161486	18,78	17,10	4,32	21,42	90,36	0,49	89,87	32	CF
Y	Z1	655200	13,75	361594	42,05	37,10	3,52	40,62	90,36	4,09	86,27	32	CF
Z1	Y1	2630100	24,50	162811	18,93	14,90	1,44	16,34	86,27	0,39	85,88	32	CF
Z1	Y4	664500	15,54	305396	35,51	14,90	1,44	16,34	86,27	1,23	85,04	32	CF
Y1	Y3	1965600	100,00	9300	1,08	29,90	4,32	34,22	85,88	0,00	85,87	32	CF
Y1	Y2	9300	24,65	161486	18,78	2,10	1,44	3,54	85,88	0,08	85,79	32	CF
Y4	Y5	655200	24,65	161486	18,78	1,60	1,44	3,04	85,04	0,07	84,96	32	CF
Y4	Y6	655200	18,42	241397	28,07	18,40	2,08	20,48	85,04	1,01	84,03	32	CF
Y6	Y7	1310400	24,65	161486	18,78	1,80	1,44	3,24	84,03	0,08	83,95	32	CF
Y6	Y8	655200	24,65	161486	18,78	32,20	5,76	37,96	84,03	0,91	83,12	32	CF
		655200											

Considerando o padrão estabelecido pela Sulgás para instalações em PEAD, que prevê tubos de diâmetro de 32mm, 63mm, 110mm ou 125mm foram selecionados os tubos de menor diâmetro nominal imediatamente superior ao diâmetro obtido no cálculo.

Para se instalar um aquecedor de 12L/min em cada apartamento, o diâmetro da rede externa em PEAD deverá ser em sua maior parte em de 32mm, onde se solicitou um diâmetro maior (primeira parte da rede), se recomenda diâmetro de 63mm.

As tabelas do Apêndice I apresentam a influencia da pressão de entrada no dimensionamento da rede de GN.

A tabela 5.6 apresenta o resultado do dimensionamento considerando pressão de entrada de 1kgf/cm², e diâmetros segundo padrão adotado pela Sulgás.

5.4.2 Dimensionamento B

A parte em cobre rígido se resume às prumadas que vão levar o gás a cada unidade habitacional. Como são 16 prumadas iguais, o cálculo foi feito para somente uma e se obteve o resultado de todos dos diâmetros. A pressão inicial ficou estabelecida de 750mmca, e final de 220mmca, com reguladores de pressão de 3° estágio com pressão de saída de 220mmca, conforme determinação da construtora, não havendo necessidade de outro cálculo.

Como essa pressão inicial é alta, pode-se observar que não houve mudança nos diâmetros que haviam sidos definidos no Caso 1, com a utilização do chuveiro elétrico. A Tabela 5.7 mostra os resultados obtidos para o Caso 2:

Tabela 5.7 – Cálculo de dimensionamento das prumadas.

Cálculo Automático de Acordo com Normas. *(*) NC - Não Conforme* *CF - Conforme*

Pto. Inicial	Pto. Final	Pot. Calc. (Kcal/h)	Fator Simul. (%)	Pot. Adot. (Kcal/h)	Vazão Trecho (Nm3/h)	Comp. Tubo (m)	Comp. Conex (m)	Comp. Total (m)	Pressão Inicial (Kpa)	Perda Pressão (Kpa)	Pressão Final (Kpa)	Diâm. Calc. (mm)	Limite de Norma *
1	2	222912	38,76	86408	10,05	2,40	2,40	4,80	7,36	0,21	7,14	22	CF
2	3	204336	40,21	82156	9,55	2,40	2,40	4,80	7,14	0,19	6,95	22	CF
3	4	185760	41,85	77737	9,04	2,40	2,40	4,80	6,95	0,17	6,78	22	CF
4	5	167184	43,74	73129	8,50	2,40	2,40	4,80	6,78	0,15	6,63	22	CF
5	6	148608	45,96	68300	7,94	2,40	2,40	4,80	6,63	0,13	6,50	22	CF
6	7	130032	48,61	63210	7,35	2,40	2,40	4,80	6,50	0,11	6,38	22	CF
7	8	111456	51,86	57804	6,72	2,40	2,40	4,80	6,38	0,10	6,28	22	CF
8	9	92880	55,99	52003	6,05	2,40	2,40	4,80	6,28	0,08	6,21	22	CF
9	10	74304	61,49	45690	5,31	2,40	2,40	4,80	6,21	0,06	6,15	22	CF
10	11	55728	69,39	38669	4,50	2,40	2,30	4,70	6,15	0,36	5,79	15	CF
11	12	37152	82,27	30565	3,55	2,40	2,30	4,70	5,79	0,23	5,56	15	CF
12	13	18576	100,00	18576	2,16	2,40	1,10	3,50	5,56	0,06	5,50	15	CF

5.4.3 Cálculo da ventilação necessária para instalação do aquecedor

Segundo o projeto para o caso 1 e conforme a NBR 13103, tem-se instalado na cozinha apenas um aparelho a gás tipo 1, sendo necessária apenas uma ventilação permanente inferior com 200cm². Para a instalação de um aquecedor de água a gás neste mesmo ambiente é necessário rever essa área de ventilação permanente.

Para o caso 2 têm-se dois aparelhos, um tipo 1 e outro tipo 2, nessa situação passa a ser necessária uma ventilação superior de 450cm² e uma ventilação inferior de 230cm².

O custo dessa modificação das ventilações permanentes nos apartamentos não causa nenhum aumento significativo no custo da instalação.

5.4.4 Análise econômica da rede de GN

No Dimensionamento A como diferença encontrada dos diâmetros estabelecidos para o Caso 1 e para o Caso 2, pode-se verificar um acréscimo do valor da instalação em PEAD. Já, para o Dimensionamento B, o único acréscimo é a inclusão do ponto de consumo para o aquecedor. Nesta comparação, também foi acrescentado o custo da instalação de água quente. Como se pode observar na Tabela 5.8, a diferença de custo entre os casos 1 e 2 é de R$ 57.744,50, um acréscimo de 8,5%.

Tabela 5.8 – Comparação dos custos das redes de GN analisadas.

	Caso 1	Caso 2
Rede externa (PEAD)	R$ 658.440,00	R$ 663.980,00
Rede interna (cobre)	R$ 31.032,37	R$ 35.473,03
Rede de água quente	0,00	R$ 47.763,84
TOTAL	**R$ 689.472,37**	**R$ 747.216,87**

6. CONCLUSÕES

Diante dos acontecimentos do início dos anos 2000, e dos dados apresentados em relação ao aumento do consumo de energia elétrica do país, buscar novas alternativas de sistemas para aquecimento de água residencial independente da energia elétrica é fundamental, dado que o setor residencial é bastante representativo nesse mercado.

Com este estudo pode-se concluir que além da vantagem de eliminar o uso da energia elétrica para obtenção de água quente em residências, a instalação de empreendimentos residenciais sem previsão de espera para chuveiros elétricos e com carga disponível menor, tem-se uma economia de 66,62% na instalação da rede elétrica contra um acréscimo de 8,5% nas instalações de rede hidráulica e de fornecimento de gás natural.

Pode-se contar com todas as vantagens do gás natural encanado para o abastecimento do fogão e tem-se ainda a oportunidade de estender esse fornecimento da água quente gerada pelo aquecedor a outras torneiras do apartamento, aumentando o conforto dos moradores e agregando valor ao imóvel construído.

A construtora Living adota como uma de suas diretrizes de projeto a eliminação da espera para fornecimento de energia para chuveiros elétricos e prevendo instalações de aquecedores a gás visando economia na implantação de seus empreendimentos.

Para continuação do estudo sugere-se uma análise verificando as vantagens e desvantagens da utilização de uma caldeira abastecida a gás natural para fornecimento de água quente residencial para empreendimentos enquadrados nos mesmos padrões do Silos Quadra B Lote 1.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Sulgás, 2012. Disponível em: http://www.sulgas.rs.gov.br. Acesso em 17 de julho de 2012.

Fontoura, M.C., 2012. Comunicação pessoal.

Catálogo técnico PEX Tigre – Multicamada e Monocamada, Maio de 2009. Disponível em: http://www.tigre.com.br. Acesso em 25 de agosto de 2012.

COMGAS, 2012. Disponível em: http://www.sulgas.rs.gov.br. Acesso em 17 de julho de 2012.

Atlas Sócio Econômico do Rio Grande do Sul, Disponível em http://www.scp.rs.gov.br. Acesso em 9 de outubro de 2012.

Empresa de Pesquisa Energética (EPE), disponível em http://www.epe.gov.br, acesso em 9 de outubro de 2012.

RENOVE - Rede Nacional de Organizações da Sociedade Civil para as Energias Renováveis, Disponível em http://www.renove.org.br, acesso em 10 de outubro de 2012.

SINPHA, Sistema de Informações de Posses de Eletrodomésticos e Hábitos de Consumo. Disponível em http://www.eletrobras.com/pci/sinpha. Acesso em 10 de outubro de 2012.

Geração, 2012. Disponível em http://www.geracaocenterlar.com.br. Acesso em 30 de novembro de 2012.

APÊNDICE

Tabelas com os resultados obtidos no Dimensionamento A variando a pressão de entrada da rede.

Tabela A – Cálculo com pressão inicial de 1kgf/cm²

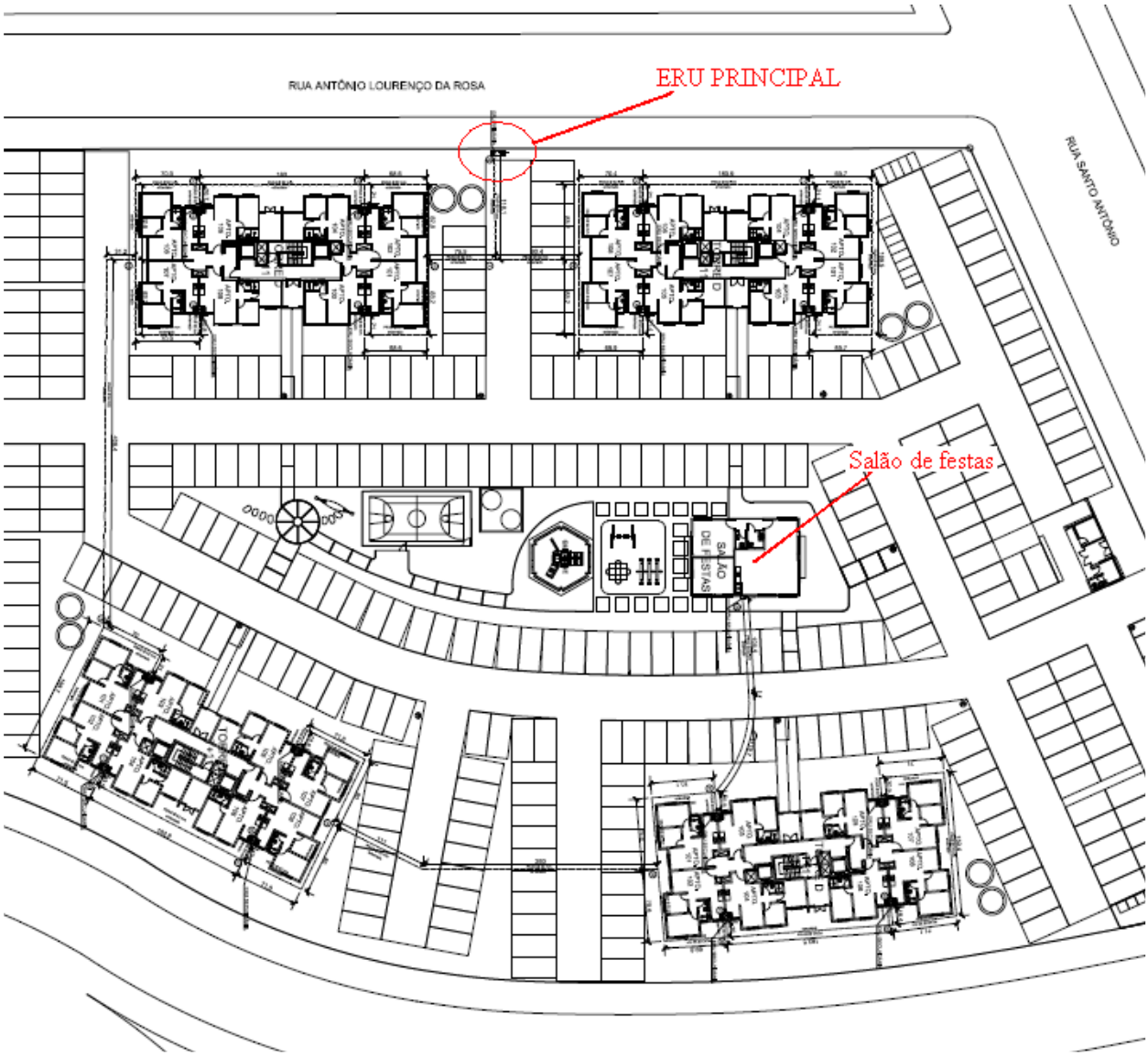
Cálculo Automático de Acordo com Normas. *(*) NC - Não Conforme* *CF - Conforme*

Pto. Inicial	Pto. Final	Pot. Calc. (Kcal/h)	Fator Simul. (%)	Pot. Adot. (Kcal/h)	Vazão Trecho (Nm3/h)	Comp. Tubo (m)	Comp. Conex (m)	Comp. Total (m)	Pressão Inicial (Kpa)	Perda Pressão (Kpa)	Pressão Final (Kpa)	Diâm. Calc. (mm)	Limite de Norma *
A	B	1049250	10,00	1049250	122,01	12,10	4,40	16,50	98,07	3,73	94,34	40	CF
B	C	0	13,77	360851	41,96	9,30	2,08	11,38	94,34	1,11	93,23	32	CF
B	J	2620800	10,00	787170	91,53	7,50	2,60	10,10	94,34	1,37	92,97	40	CF
C	E	7871700	15,54	305396	35,51	15,30	3,52	18,82	93,23	1,36	91,86	32	CF
C	D	1965600	24,65	161486	18,78	17,40	2,70	20,10	93,23	9,22	84,01	20	CF
J	K	655200	24,65	161486	18,78	17,30	2,70	20,00	92,97	9,18	83,78	20	CF
J	L	655200	10,00	721650	83,91	15,20	9,60	24,80	92,97	2,91	90,06	40	CF
E	F	7216500	24,65	161486	18,78	2,10	0,90	3,00	91,86	1,36	90,51	20	CF
E	G	655200	18,42	241397	28,07	18,40	2,08	20,48	91,86	0,97	90,89	32	CF
L	M	1310400	24,65	161486	18,78	2,10	0,90	3,00	90,06	1,37	88,69	20	CF
L	N	655200	10,00	656130	76,29	18,30	2,60	20,90	90,06	2,09	87,98	40	CF
G	I	6561300	24,65	161486	18,78	32,80	3,60	36,40	90,89	17,27	73,62	20	CF
G	H	655200	24,65	161486	18,78	2,10	0,90	3,00	90,89	1,36	89,53	20	CF
N	O	655200	24,65	161486	18,78	2,10	0,90	3,00	87,98	1,39	86,59	20	CF
N	P	655200	10,00	590610	68,68	15,40	4,40	19,80	87,98	1,65	86,33	40	CF
P	Q	5906100	24,65	161486	18,78	17,50	2,70	20,20	86,33	9,62	76,70	20	CF
P	R	655200	10,28	539973	62,79	53,30	7,00	60,30	86,33	4,33	81,99	40	CF
R	S	5250900	24,65	161486	18,78	2,10	1,44	3,54	81,99	0,09	81,91	32	CF
R	T	655200	10,88	499805	58,12	30,00	6,20	36,20	81,99	2,30	79,69	40	CF
T	U	4595700	24,65	161486	18,78	1,30	0,90	2,20	79,69	1,06	78,63	20	CF
T	V	655200	11,60	457148	53,16	18,30	2,08	20,38	79,69	3,33	76,36	32	CF
V	X	3940500	24,65	161486	18,78	1,80	0,90	2,70	76,36	1,33	75,03	20	CF
V	Y	655200	12,52	411387	47,84	15,20	4,32	19,52	76,36	2,68	73,69	32	CF
Y	Z	3285300	24,65	161486	18,78	17,10	4,32	21,42	73,69	0,54	73,15	32	CF
Y	Z1	655200	13,75	361594	42,05	37,10	4,40	41,50	73,69	1,53	72,16	40	CF
Z1	Y1	2630100	24,50	162811	18,93	14,90	1,44	16,34	72,16	0,42	71,73	32	CF
Z1	Y4	664500	15,54	305396	35,51	14,90	1,44	16,34	72,16	1,33	70,83	32	CF
Y1	Y3	1965600	100,00	9300	1,08	29,90	2,70	32,60	71,73	0,09	71,64	20	CF
Y1	Y2	9300	24,65	161486	18,78	2,10	0,90	3,00	71,73	1,52	70,22	20	CF
Y4	Y5	655200	24,65	161486	18,78	1,60	0,90	2,50	70,83	1,27	69,56	20	CF
Y4	Y6	655200	18,42	241397	28,07	18,40	2,08	20,48	70,83	1,09	69,73	32	CF
Y6	Y7	1310400	24,65	161486	18,78	1,80	1,44	3,24	69,73	0,08	69,65	32	CF
Y6	Y8	655200	24,65	161486	18,78	32,20	5,76	37,96	69,73	0,98	68,75	32	CF
		655200											

Tabela B – Cálculo com pressão inicial de 1,5kgf/cm²

Cálculo Automático de Acordo com Normas. *(*) NC - Não Conforme* *CF - Conforme*

Pto. Inicial	Pto. Final	Pot. Calc. (Kcal/h)	Fator Simul. (%)	Pot. Adot. (Kcal/h)	Vazão Trecho (Nm3/h)	Comp. Tubo (m)	Comp. Conex (m)	Comp. Total (m)	Pressão Inicial (Kpa)	Perda Pressão (Kpa)	Pressão Final (Kpa)	Diâm. Calc. (mm)	Limite de Norma *
A	B	1049250	10,00	1049250	122,01	12,10	4,40	16,50	117,68	3,39	114,29	40	CF
B	C	0	13,77	360851	41,96	9,30	2,08	11,38	114,29	1,01	113,29	32	CF
B	J	2620800	10,00	787170	91,53	7,50	2,60	10,10	114,29	1,24	113,05	40	CF
C	E	7871700	15,54	305396	35,51	15,30	3,52	18,82	113,29	1,24	112,05	32	CF
C	D	1965600	24,65	161486	18,78	17,40	2,70	20,10	113,29	8,32	104,96	20	CF
J	K	655200	24,65	161486	18,78	17,30	2,70	20,00	113,05	8,29	104,76	20	CF
J	L	655200	10,00	721650	83,91	15,20	9,60	24,80	113,05	2,63	110,42	40	CF
E	F	7216500	24,65	161486	18,78	2,10	0,90	3,00	112,05	1,23	110,82	20	CF
E	G	655200	18,42	241397	28,07	18,40	2,08	20,48	112,05	0,88	111,17	32	CF
L	M	1310400	24,65	161486	18,78	2,10	0,90	3,00	110,42	1,24	109,18	20	CF
L	N	655200	10,00	656130	76,29	18,30	2,60	20,90	110,42	1,88	108,53	40	CF
G	I	6561300	24,65	161486	18,78	32,80	3,60	36,40	111,17	15,49	95,68	20	CF
G	H	655200	24,65	161486	18,78	2,10	0,90	3,00	111,17	1,23	109,93	20	CF
N	O	655200	24,65	161486	18,78	2,10	0,90	3,00	108,53	1,25	107,29	20	CF
N	P	655200	10,00	590610	68,68	15,40	3,52	18,92	108,53	4,25	104,28	32	CF
P	Q	5906100	24,65	161486	18,78	17,50	2,70	20,20	104,28	8,74	95,54	20	CF
P	R	655200	10,28	539973	62,79	53,30	7,00	60,30	104,28	3,95	100,33	40	CF
R	S	5250900	24,65	161486	18,78	2,10	0,90	3,00	100,33	1,30	99,03	20	CF
R	T	655200	10,88	499805	58,12	30,00	6,20	36,20	100,33	2,09	98,24	40	CF
T	U	4595700	24,65	161486	18,78	1,30	0,90	2,20	98,24	0,96	97,28	20	CF
T	V	655200	11,60	457148	53,16	18,30	2,08	20,38	98,24	3,01	95,23	32	CF
V	X	3940500	24,65	161486	18,78	1,80	0,90	2,70	95,23	1,20	94,03	20	CF
V	Y	655200	12,52	411387	47,84	15,20	4,32	19,52	95,23	2,42	92,81	32	CF
Y	Z	3285300	24,65	161486	18,78	17,10	4,32	21,42	92,81	0,49	92,33	32	CF
Y	Z1	655200	13,75	361594	42,05	37,10	3,52	40,62	92,81	4,04	88,77	32	CF
Z1	Y1	2630100	24,50	162811	18,93	14,90	1,44	16,34	88,77	0,38	88,39	32	CF
Z1	Y4	664500	15,54	305396	35,51	14,90	1,44	16,34	88,77	1,21	87,56	32	CF
Y1	Y3	1965600	100,00	9300	1,08	29,90	2,70	32,60	88,39	0,08	88,30	20	CF
Y1	Y2	9300	24,65	161486	18,78	2,10	0,90	3,00	88,39	1,38	87,01	20	CF
Y4	Y5	655200	24,65	161486	18,78	1,60	1,44	3,04	87,56	0,07	87,49	32	CF
Y4	Y6	655200	18,42	241397	28,07	18,40	2,08	20,48	87,56	1,00	86,56	32	CF
Y6	Y7	1310400	24,65	161486	18,78	1,80	1,44	3,24	86,56	0,08	86,49	32	CF
Y6	Y8	655200	24,65	161486	18,78	32,20	5,76	37,96	86,56	0,89	85,67	32	CF
		655200											

ANEXO

Planta da implantação do empreendimento Silos B1 da Construtora Living.