



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

WELLINGTON LUIZ BORGES

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DE PARÂMETROS HIDRÁULICOS
E METODOLOGIAS NO DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS
PREDIAIS DE ÁGUA FRIA**

**Florianópolis/SC
2010**

WELLINGTON LUIZ BORGES

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DE PARÂMETROS HIDRÁULICOS
E METODOLOGIAS NO DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS
PREDIAIS DE ÁGUA FRIA**

Dissertação apresentada ao Mestrado
Minter/CEFET-MG da Universidade
Federal de Santa Catarina, como
requisito parcial para obtenção do grau
de Mestre em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Luis Alberto Gómez, Dr.
Co-orientadora: Profa. Hersília de Andrade e Santos, Dra.

**Florianópolis/SC
2010**

WELLINGTON LUIZ BORGES

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DE PARÂMETROS HIDRÁULICOS
E METODOLOGIAS NO DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS
PREDIAIS DE ÁGUA FRIA**

Esta dissertação foi julgada e aprovada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil no Mestrado Minter/CEFET-MG da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 20 de Abril de 2010.

Profª. Janaíde Cavalcante Rocha
Coordenadora do Programa

Banca Examinadora:

Prof. EneDir Ghisi, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Humberto Roman, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Simar Vieira de Amorim, Dr.
Universidade Federal de São Carlos

Prof. Luis Alberto Gómez, Dr. - Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Profª. Hersília de Andrade e Santos, Dra.
Centro Federal de Educ. Tec. de Minas Gerais, Co-orientadora

*A memória de meus pais,
exemplos irretocáveis para minha vida.*

*Aos meus filhos, Rafael, Raquel e Renato,
razão de eu acreditar em dias melhores.*

*A minha companheira,
pela compreensão, incentivo e apoio.*

AGRADECIMENTOS

Ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

A Universidade Federal de Santa Catarina

Ao meu Orientador, Prof. Dr. Luis Alberto Gómez

A minha Co-orientadora Profa. Dra. Hersília de Andrade e Santos

Aos Professores do Minter CEFET-MG/UFSC

Prof. Dr. EneDir Ghisi

Prof. Dr. Luiz Fernando Mahlmann Heineck

Prof. Dr. Luiz Roberto Prudêndio Júnior

Prof. Dr. Ricardo Ruther

A Cristina Guimarães César por ser nosso elo junto a UFSC

Aos colegas do Departamento de Engenharia Civil do CEFET-MG, pelo companheirismo e incentivo nas horas difíceis

A ASA Incorporadora S.A, pela utilização de uma de suas obras no Estudo de Caso

A Cristina Maria de Oliveira pela compreensão, presença e apoio

A todos os que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta pesquisa.

BORGES, Wellington Luiz Borges. **Estudo da influência de parâmetros hidráulicos e metodologias no dimensionamento de sistemas prediais de água fria**. 2010, 111f. Dissertação (Mestrado Minter/CEFET-MG) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFSC, Florianópolis.

RESUMO

O dimensionamento de instalações de água fria é condicionado a uma série de parâmetros normalmente propostos por normas técnicas locais. O Brasil possui a NBR 5626 que ao longo dos anos vêm sendo revisada mas que teve sua última atualização em 1998. Paralelo a isto, a Europa, depois da criação de sua comunidade, elaborou padrões técnicos de projetos que estão sendo sumarizados na DIN EN 806-3. Além de serem dependentes dos parâmetros hidráulicos, determinados por estas normas, os dimensionamentos sofrem influência das diferentes metodologias de cálculo. Comercialmente, existem vários softwares disponíveis para projeto de instalações hidráulicas, que procuram atender os requisitos das normas, mas que não realizam a otimização dos diâmetros obtidos, frente aos limites de pressão e velocidade. Desta forma, o presente trabalho realizou a comparação, para um mesmo estudo de caso, de diferentes cenários de dimensionamento que considerava diferentes normas (ou parâmetros hidráulicos) e diferentes metodologias de cálculo (rotina otimizada e softwares comerciais e didáticos). Para o levantamento da influência destes parâmetros hidráulicos e das metodologias de cálculo foram feitas quantificações do material necessário para cada cenário e estudos de custo. Ao final, verificou-se que a adoção de metodologia otimizada e do diâmetro interno nos dimensionamentos produzem projetos mais econômicos, até 25% mais baratos, e mais sustentáveis ambientalmente, devido a configuração das peças na montagem das instalações.

Palavras-chave: dimensionamento. instalações de água fria. parâmetros hidráulicos.

BORGES, Wellington Luiz Borges. **Estudo da influência de parâmetros hidráulicos e metodologias no dimensionamento de sistemas prediais de água fria.** 2010, 111f. Dissertação (Mestrado Minter/CEFET-MG) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFSC, Florianópolis.

ABSTRACT

The design of piping systems for water depends on hydraulic parameters following local and technical standards. In Brazil, the NBR 5626 standard defines such parameters, but it was last updated in 1998. In Europe, after the European Community, the DIN EN 806-3 standard was developed for piping and water supply systems.. The design also depends on the calculation method used, besides the hydraulic parameters. Commercial softwares available for design follow the standard parameters but usually do not optimize the pipe diameter based on velocity and pressure limits. The aim of this study is to compare different water piping design methods, considering different calculation algorithms, standards and hydraulic parameters. The calculation procedures considered are an optimization algorithm, a commercial software and an educational software). In order to determine the influence of the hydraulic parameters and calculation algorithm in the final result, the cost of each design was calculated. Results indicate that the optimization algorithm and the use of the internal diameter as hydraulic parameter produced a water piping design that is more economic (up to 25% smaller cost) and environmentally better, due to the material configuration demanded for the plumbing system.

Key-words: piping design. plumbing system. hydraulics parameters.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABREVIATURAS

CD	Bacia sanitária com caixa acoplada
CH	Chuveiro
DC	Ducha
DCH	Ducha higiênica
F	Filtro
LV	Lavatório
MLL	Máquina de Lavar louça
MLR	Máquina de Lavar Roupa
P	Pia
TQ	Tanque
TL	Torneira de Limpeza

SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema sistema de água fria.....	28
Figura 2 - Vazões de projeto	37
Figura 3 - Representação da equação de Bernoulli	39
Figura 4 - Ábaco de Moody.	41
Figura 5 - Fachada principal do Ville Federação	53
Figura 6 - Implantação do Ville Federação.....	54
Figura 7 - Opção 1: apartamento de três quartos sendo uma suíte.....	54
Figura 8 - Opção 2: apartamento com dois quartos sendo uma suíte...	55
Figura 9 - Opção 3: apartamento com dois quartos.....	55
Figura 10 - Identificação das torres.....	56
Figura 11 - Exemplos de trechos numerados	57
Figura 6 - Fluxograma de síntese da rotina sistematizada.....	58
Figura 13 - Plataforma AUTOCAD com banco de dados do Software 'A'	61
Figura 14 - Propriedades na criação da Tubulação	62
Figura 15 - Exemplo de tubulação desenhada.....	63
Figura 16 - Configuração das Conexões	63
Figura 17 - Características na Criação de Válvulas	64
Figura 18 - Ponto de inserção do início do barrilete já inserido.....	65
Figura 19 - Saída do barrilete / Integração com colunas	65
Figura 20 - Peças de utilização penduradas na coluna 1	66
Figura 21 - Inserção da saída do barrilete	66
Figura 22 - Atribuição de características iniciais à Isométrica.....	67
Figura 23 - Ponto de Inserção para início da Isométrica	67
Figura 24 - Ponto de Inserção peças de utilização	68
Figura 25 - Exemplo de numeração dos nós	69
Figura 26 - Entrada de dados para o dimensionamento dos trechos numerados.....	70
Figura 27 - Exemplo de Planilha de Cálculo gerada pelo Software 'A'	70
Figura 28 - Planilha de Cálculo com trechos recalculados.....	71
Figura 29 - Mensagem de alerta caso a velocidade máxima seja excedida	72
Figura 30 - Plataforma programa HIDRO2 – Escolha opção de dimensionamento	73
Figura 31 - Menu principal do Hidro2	74
Figura 32 - Terceira página do programa - Opções de cálculo oferecidas.....	75

Figura 33 - Quarta página do programa – Início entrada de dados	75
Figura 34 - Quarta página do programa – Continuação entrada de dados.....	76
Figura 35 -- Quarta página do programa – Identificação do ‘Local’ ...	76
Figura 36 - Quarta página do programa – Escolha do material	77
Figura 37 - Quarta página do programa – Confirmação dos dados preenchidos.....	77
Figura 38 - Quinta página do programa – Continuação entrada de dados.....	78
Figura 39 - Quinta página do programa – Confirmação dos dados preenchidos.....	80
Figura 40 - Sexta página do programa – Exposição dos parâmetros do trecho calculado.....	80
Figura 41 - Sexta página do programa – Opções de alteração de dados.....	81
Figura 42 - Sexta página do programa – Opções para ‘L – Lista’	81
Figura 43 - Sétima página do programa – Representação de todos os trechos dimensionados.....	82
Figura 44 - Distribuição dos diâmetros no sub-ramal nos cenários para o Bloco A.....	85
Figura 45 - Distribuição dos diâmetros no ramal nos cenários para o Bloco A.....	86
Figura 46 - Distribuição dos diâmetros na coluna nos cenários para o Bloco A.....	86
Figura 47 - Distribuição dos diâmetros no barrilete nos cenários para o Bloco A.....	87
Figura 48 - Distribuição total dos diâmetros nos cenários	87
Figura 49 - Conexões Tipo 1 no Cenário B	89
Figura 50 - Conexões Tipo 1 no cenário E	90
Figura 51 - Conexões Tipo 2 no cenário D.....	91
Figura 52 - Conexões Tipo 2 no cenário E	92
Figura 53 - Custo absoluta para tubos e adesivos considerando os cinco cenários.....	93
Figura 54 - Custo absoluto para conexões considerando os cinco cenários.....	94
Figura 55 - Custo absoluto para os metais considerando os cinco cenários.....	94
Figura 56 - Custo absoluto total considerando os cinco cenários	95
Figura 57 - Porcentagem do custo total por cenário	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Vazão de projeto para cada tipo de aparelhos sanitário – Método de Tímmis	29
Tabela 2 - Vazões Unitárias de Aparelhos Sanitários – Método Britânico	31
Tabela 3 - Vazões de Projeto – Método Britânico.....	32
Tabela 4 - Vazões e pesos relativos dos aparelhos sanitários.....	33
Tabela 5 - Valores de t, T e P – Método de Hunter	35
Tabela 6 - Parâmetros propostos por Konen em 1980	36
Tabela 7 - Viscosidade da água em função da temperatura.....	42
Tabela 8 - Valores limites para ocorrência de regime turbulento.....	42
Tabela 9 - Fator de atrito de acordo com faixa de escoamento	43
Tabela 10 - Valores do Coeficiente C – Hazen-Willians	44
Tabela 11 - Perdas de carga localizadas para aço galvanizado ou ferro fundido.....	45
Tabela 12 - Perdas de carga localizadas para PVC rígido ou cobre.	46
Tabela 13 - Comprimentos equivalentes em metros de tubulação de aço galvanizado para bocais e válvulas.....	46
Tabela 14 - Vazão nos pontos de utilização em função do aparelho sanitário e da peça de utilização	48
Tabela 15 - Tubos de PVC rígido soldável para sistemas prediais de água fria	50
Tabela 16 - Modelo da Tabela de dimensionamento utilizada na rotina otimizada	59
Tabela 17 - Velocidade máxima (m/s) segundo Normas.....	61
Tabela 18 - Equivalência DR x DN comercial	73
Tabela 19 - Relação entre perda de carga localizada e número de diâmetros que correspondem ao comprimento equivalente das peças.....	79

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	23
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	23
1.2 OBJETIVOS	24
1.2.1 Objetivo Geral	24
1.2.2 Objetivos Específicos	24
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	25
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	27
2.1 SISTEMAS PREDIAIS DE ÁGUA FRIA	27
2.2 MÉTODOS UTILIZADOS NA DETERMINAÇÃO DAS VAZÕES DE PROJETO	28
2.2.1 MÉTODO DE TIMMIS	29
2.2.2 Método Francês	30
2.2.3 Método Britânico	31
2.2.4 Método da Raiz Quadrada (Método Alemão)	32
2.2.5 Método da Raiz Quadrada Modificada	33
2.2.6 Método de Hunter	34
2.2.7 Método de Webster	35
2.2.8 Método de Konen (Hunter Modificado)	36
2.2.9 Comparação dos Diversos Métodos	36
2.3 CONCEITOS HIDRODINÂMICOS APLICADOS A SISTEMAS DE ÁGUA FRIA	38
2.3.1 Perda de Carga Distribuída	40
2.3.2 Perdas de Carga Localizadas	44
2.4 CONDIÇÕES LÍMITES PARA O DIMENSIONAMENTO DOS SISTEMAS PREDIAIS DE ÁGUA FRIA	47
2.4.1 Pressão	47
2.4.2 Velocidade	48
2.5 MATERIAIS DAS TUBULAÇÕES E CONEXÕES DE ÁGUA FRIA	49
2.6 DETALHAMENTO DOS SOFTWARES DE DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS HIDRÁULICOS	50
3 METODOLOGIA	53
3.1 EMPREENDIMENTO PILOTO	53
3.2 METODOLOGIAS DE DIMENSIONAMENTO	56
3.2.1 Metodologia Otimizada	56
3.2.2 Rotina de Dimensionamento do Software ‘A’	61

3.3 DESENHO DA TUBULAÇÃO.....	62
3.3.1 Definição da parte do sub-sistema de distribuição interna que será desenhado e dimensionado	62
3.3.2 Inserção das Conexões e Registros	63
3.3.3 inserção de atributos e numeração dos nós	64
3.3.4 Finalização do projeto.....	69
3.3.5 Rotina de Dimensionamento do Software Hidro2	72
3.4 CONFIGURAÇÃO DOS CENÁRIOS	82
3.5 QUANTIFICAÇÃO DO SISTEMA DE ÁGUA FRIA E ANÁLISE ECONÔMICA.....	83
4 RESULTADOS	85
4.1 DIÂMETRO DOS TRECHOS POR CENÁRIO	85
4.2 QUANTIFICAÇÃO DOS MATERIAIS POR CENÁRIO	88
4.3 COMPARAÇÃO DE CUSTOS POR CENÁRIO	93
5 CONCLUSÃO	97
5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	98
REFERÊNCIAS.....	99
APÊNDICES	101
APÊNDICE I – PROJETO ARQUITETÔNICO DO ESTUDO DE CASO	101
APÊNDICE II – QUANTITATIVOS DOS CENÁRIOS (LISTAS DE MATERIAIS)	102

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Na construção civil a cada dia são exigidas instalações cada vez mais econômicas e eficientes, tanto na concepção da edificação quanto para o consumidor final. A garantia desta eficiência se faz mediante o atendimento de normas específicas, que determinam parâmetros e métodos de cálculo a serem seguidos pelos projetistas.

Sabe-se que em geral as normas técnicas produzidas pelas diversas associações são bastante conservadoras, de forma a simplificar o procedimento de cálculo do sistema em questão. Entretanto, isto leva a uma utilização maior de materiais que, entre outras conseqüências, acarreta em um aumento no consumo de energia (BERG, 1973).

Desta forma, devido o estabelecimento de procedimentos simplificados, apenas o atendimento das normas técnicas não conduz a um projeto otimizado e ambientalmente sustentável.

Por outro lado, tem-se dado uma atenção especial à durabilidade das instalações residenciais, uma vez que a vida útil destas é tipicamente menor que a vida útil das estruturas das edificações (WONG, 2002). Assim, o desenvolvimento de um projeto otimizado destas instalações contribui para a redução nos custos de manutenção e no aumento da durabilidade das mesmas.

Para o dimensionamento de tubulações de água fria, o Brasil possui a NBR 5626 que ao longo dos anos vem sendo revisada, mas que teve sua última atualização em 1998 (ABNT NBR 5626, 1998). Como as demandas por água e os materiais das tubulações (plásticos e metais), depende de fatores como clima, cultura, economia, demandas individuais, idade e sexo (WONG e MUI, 2007), tem-se diferentes normas no mundo. A Europa, depois da criação de sua comunidade, elaborou padrões técnicos de projetos que são sumarizados na DIN EN 806-3 (2006).

Além de serem dependentes dos parâmetros hidráulicos, determinados pelas normas, os dimensionamentos sofrem influência das diferentes metodologias de cálculo. Comercialmente, existem vários softwares disponíveis para o dimensionamento dos projetos de tubulações hidráulicas, que procuram atender os requisitos recomendados pelas normas, mas que não realizam a otimização dos diâmetros obtidos, frente aos limites de pressão e velocidade. Esta otimização é conseguida com um dimensionamento mais criterioso,

onde os limites propostos pelas normas são respeitados, porém aproveitados até ao máximo (BERG, 1973). Em um período onde os custos, a qualidade e a sustentabilidade nos edifícios estão sendo ressaltados, é de fundamental relevância que o dimensionamento das tubulações seja realizado com a máxima otimização.

Outro fator que muitas vezes também compromete o dimensionamento é a utilização de diâmetros de referência e não o diâmetro interno livre das tubulações especificadas.

Assim, o presente trabalho realizou a comparação entre diferentes cenários considerando diferentes normas (ou parâmetros hidráulicos) e métodos de cálculo distintos (rotina otimizada, software comercial e software didático). Para o levantamento da influência destas considerações, foram feitas análises dos dimensionamentos obtidos em cada cenário e avaliações de custo. Espera-se que esta pesquisa forneça subsídios para tomadas de decisões técnicas e escolha de um dimensionamento mais eficaz e econômico das tubulações de água fria.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral do presente trabalho é analisar a eficiência do emprego de parâmetros hidráulicos, recomendados pelas normas nacionais e internacionais e de métodos de dimensionamento, através de avaliações de custo econômico dos cenários propostos para um estudo de caso.

1.2.2 Objetivos Específicos

Comparar diferentes métodos de cálculo através da análise dos dimensionamentos fornecidos por um software comercial, um software didático e pelo método otimizado;

Analisar a influência do emprego de diferentes parâmetros hidráulicos (velocidade, pressão diâmetro nominal e diâmetro interno) propostos por normas nacionais e internacionais (ABNT NBR 5626/82, NBR 5626/98 e DIN EN 806-3/2006) no dimensionamento de tubulações de água fria;

Quantificar as diferenças obtidas nas comparações listadas acima em termos de materiais (tubos, conexões e metais) e em termos de

diâmetros dos trechos;

Quantificar os custos das tubulações dimensionadas nos diferentes cenários adotados.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está organizado em 5 capítulos.

No capítulo 1 está contida a introdução, objetivo geral e os objetivos específicos da pesquisa.

No capítulo 2 é feita uma revisão bibliográfica, onde são abordados os sistemas prediais de água fria e suas partes constituintes, os métodos de dimensionamento de instalações hidráulicas, os conceitos hidráulicos relacionados ao tema de estudo e os parâmetros determinados por três normas.

O capítulo 3 trata da metodologia utilizada. Nele são apresentados a metodologia otimizada de dimensionamento das tubulações de água fria, o software comercial e o software didático utilizados para compor os cenários de estudo, além das características do empreendimento que servirá de estudo de caso.

No capítulo 4 são apresentados os resultados dos dimensionamentos do estudo de caso e são feitas comparações de custos.

No capítulo 5 são tecidas algumas conclusões sobre os resultados obtidos no capítulo 4 e são oferecidas perspectivas de adoção do novo método proposto para outros sistemas prediais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SISTEMAS PREDIAIS DE ÁGUA FRIA

Uma edificação é constituída de vários subsistemas: estrutura, fechamentos, serviços, dentre outros. Há uma inter-relação entre esses subsistemas e o bom funcionamento da edificação depende que os mesmos trabalhem harmoniosamente. Dentro do subsistema serviços está o sistema de água fria, que é objeto de estudo deste trabalho.

No Brasil, os projetos do sistema de água fria são elaborados de acordo com a ABNT NBR 5626 (1998) e de uma forma geral devem:

- Garantir a qualidade da água para o consumo humano;
- Garantir que todos os pontos de consumo de uma edificação serão abastecidos adequadamente;
- Proporcionar conforto ao usuário;
- Garantir que todos os trechos das referidas instalações atenderão aos limites de pressão e velocidade estabelecidos pela norma;
- Garantir uma instalação econômica e de qualidade.

São partes constituintes do sistema de água fria (FIG.1): os subsistemas de abastecimento, reservação e distribuição das instalações de água fria (MACYNTIRE, 2010). Cada um desses subsistemas se subdivide em outros como descrito abaixo:

Sub-sistema de alimentação:

- ramal predial;
- cavalete / hidrômetro;
- alimentador predial.

Sub-sistema de reservação:

- reservatório inferior;
- estação elevatória;
- reservatório superior.

Sub-sistema de distribuição interna:

- barrilete;
- coluna;
- ramal;
- sub-ramal.

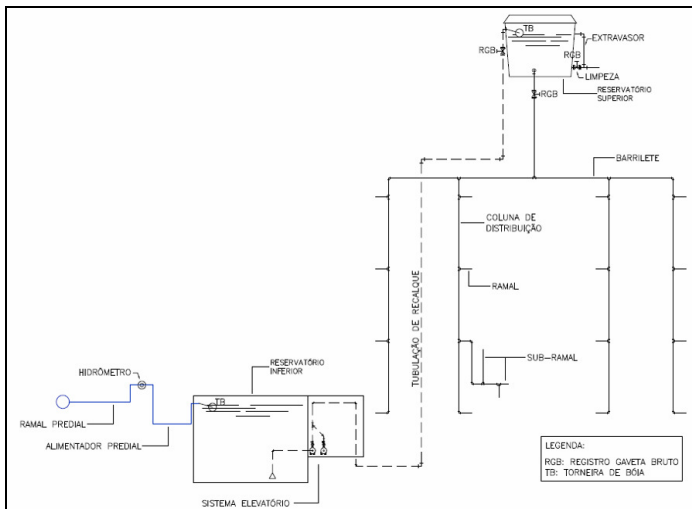


Figura 1 - Esquema sistema de água fria

Cada um desses sub-sistemas cumpre um importante papel na concepção de um projeto hidráulico-sanitário eficiente e eficaz. Neste trabalho será dado abordado o sub-sistema de distribuição interna.

O abastecimento do sub-sistema de distribuição interna pode acontecer de duas formas: direta, na qual o abastecimento ocorre diretamente da rede pública para os pontos de consumo e indireta, que ocorre a partir do reservatório superior até os pontos de consumo (BORGES, 1992).

Segundo a ABNT NBR 5626(1998), o barrilete consiste na tubulação que se origina no reservatório e da qual derivam as colunas de distribuição, quando o tipo de abastecimento é indireto. No caso de tipo de abastecimento direto, pode ser considerado como a tubulação diretamente ligada ao ramal ou diretamente ligada à fonte de abastecimento particular. Em sequência ao barrilete tem-se as colunas de distribuição de onde derivam os ramais e sub-ramais.

2.2 MÉTODOS UTILIZADOS NA DETERMINAÇÃO DAS VAZÕES DE PROJETO

O cálculo das vazões a serem consideradas nos projetos de sistemas de água fria envolve o estudo de duas variáveis: o consumo por tipo de aparelho sanitário e a demanda de utilização simultânea dos

aparelhos (CREDER, 2006). Essas variáveis abordadas em formatações diferenciadas induziram ao desenvolvimento de vários métodos de determinação de vazões de projeto, que são classificados em métodos empíricos e métodos probabilísticos (GRAÇA e GONÇALVES, 1987).

O primeiro grupo compreende técnicas de determinação de vazão, estabelecidas a partir da experiência e julgamento de seus propositores. Dentre os métodos empíricos, destacam-se os de Timmis; francês; britânico; raiz quadrada (Alemão) e raiz quadrada modificada (GRAÇA e GONÇALVES, 1987).

Os métodos probabilísticos incluem técnicas de determinação de vazão de projeto embasadas em conceitos probabilísticos e a função de distribuição segue a probabilidade binomial. Entre eles destacam-se o de Hunter, Webster e o de Konen (Hunter modificado) (GRAÇA e GONÇALVES, 1987).

2.2.1 MÉTODO DE TIMMIS

No Método de Timmis é considerado o número de aparelhos sanitários para cada trecho de tubulação. Em seguida, obtém-se a vazão de projeto para cada tipo de aparelho sanitário através da TAB.1.

Tabela 1 - Vazão de projeto para cada tipo de aparelhos sanitário – Método de Timmis

Tipo de aparelho Sanitário	Número de Aparelhos								
	1	2	4	8	12	16	24	32	40
Bacia Sanitária com caixa de descarga	0,50	1,01	1,51	3,03	3,79	5,05	6,06	8,08	9,46
Bacia Sanitária com válvula de descarga	1,89	3,15	5,05	7,57	8,83	10,09	12,62	15,77	18,93
Banheira	0,95	1,89	2,52	5,05	6,06	7,07	9,09	12,11	15,14
Chuveiro	0,50	1,01	2,02	4,04	6,06	8,08	13,11	16,15	20,19
Lavatório	0,25	0,50	0,76	1,51	1,89	2,52	3,03	4,04	4,73
Mictório com caixa de descarga	0,38	9,76	1,26	2,02	2,65	3,53	4,54	5,68	7,57
Mictório com válvula de descarga	1,58	2,33	2,84	4,73	5,36	6,31	7,89	9,46	11,04
Pia	0,95	1,58	2,52	4,04	5,30	6,06	7,59	9,46	12,62

Fonte: (GRAÇA e GONÇALVES, 1987).

Para se obter a vazão em cada trecho do sistema é necessário efetuar o somatório das vazões obtidas para os diversos tipos de aparelhos sanitários.

2.2.2 Método Francês

Segundo Graça e Gonçalves (1987), este método relaciona o uso simultâneo com o número total de aparelhos sanitários instalados à jusante do trecho considerado. O fator de fluxo simultâneo pode ser obtido pela (EQ.1) que pode ser considerado apenas para aparelhos que não possuem válvula de descarga.

$$f_n = \frac{1}{\sqrt{n_t - 1}}$$

para $n_t \geq 2$,

(EQ.1)

Sendo:

f_n – fator de fluxo simultâneo do trecho da tubulação;

n_t – número total de aparelhos sanitários a jusante do trecho de tubulação.

Já calculado o f_n , obtêm-se a vazão de projeto (Q_p) pelas EQ.2 e EQ.3, onde Q_{MP} representa a vazão máxima possível no trecho considerado.

$$Q_p = f_n \times Q_{MP}$$
(EQ.2)

Sendo:

Q_p – vazão de projeto do trecho considerado;

f_n – fator de fluxo simultâneo do trecho da tubulação;

Q_{MP} – vazão máxima possível no trecho considerado.

sendo,

$$Q_{MP} = \sum_{i=1}^N n_i \times q_i$$
(EQ.3)

Graça e Gonçalves (1987, p.3) esclarecem que, para aparelhos sanitários dotados de válvulas de descarga, este método recomenda:

Para 03 aparelhos sanitários instalados, deve ser considerado 01

em funcionamento;

De 04 a 12 aparelhos sanitários instalados, devem ser considerados 02 em funcionamento simultâneo;

De 13 a 24 aparelhos sanitários instalados, devem ser considerados 03 em funcionamento simultâneo;

Acima de 24 aparelhos sanitários instalados, devem ser considerados 04 em funcionamento simultâneo.

Este método não considera diferenças entre os tipos de aparelhos sanitários, com exceção das válvulas de descarga.

2.2.3 Método Britânico

O método britânico estabelece inicialmente os valores unitários de vazão por aparelho sanitário (TAB.2) e em seguida avalia o valor da vazão encontrada, obtida pelo somatório das vazões unitárias (TAB.3). Neste momento é adotada a demanda de utilização simultânea (IHVE, 1946).

Tabela 2 – Vazões Unitárias de Aparelhos Sanitários – Método Britânico

Aparelhos e Sanitários	Q₁(L/s)
Banheiro Privado	0,32
Banheiro Público	0,50
Chuveiro (10cm)	0,25
Chuveiro (15cm)	0,50
Chuveiro-Ducha	0,13
Lavatório	0,13
Pia	0,25

Fonte: IHVE, 1946.

Quando as vazões máximas se apresentam superiores a 32 L/s, as vazões de projeto são estimadas em 20% da vazão máxima possível.

Tabela 3 - Vazões de Projeto – Método Britânico

Vazão Máxima Possível (L/s)	Vazão de Projeto (L/s)	Vazão Máxima Possível (L/s)	Vazão de Projeto (L/s)
Até 0,76	100% de VMP	5,11	2,33
0,88	0,82	5,93	2,46
1,01	0,91	6,75	2,65
1,14	1,01	7,76	2,84
1,26	1,10	8,96	3,03
1,45	1,20	10,28	3,28
1,64	1,29	11,86	3,53
1,89	1,42	13,63	3,85
2,21	1,51	15,65	4,10
2,52	1,64	18,04	4,48
2,90	1,77	20,76	4,86
3,34	1,89	23,85	5,36
3,85	2,02	27,44	5,99
4,48	2,15	31,55	6,56
		≥31,55	*

Fonte: IHVE, 1946.

2.2.4 Método da Raiz Quadrada (Método Alemão)

O cálculo da vazão de projeto (EQ.4) considerada neste método correlaciona “pesos” a tipos de aparelhos sanitários (TAB.5) e considera um coeficiente de descarga constante (q_r) (CREDER, 2006). A ABNT recomenda a utilização deste método e considera a vazão de referência igual a 0,30L/s.

$$Q_p = q_r \left(\sum_{i=1}^N n_i P_i \right)^{1/2} \quad (\text{EQ. 4})$$

$$P_i = \left(\frac{q_i}{q_r} \right)^2 \quad (\text{EQ. 5})$$

Q_p - vazão de projeto do trecho considerado;

n_i - número de aparelhos sanitários do tipo i , instalados a jusante do trecho considerado;

- P_1 - “peso” atribuído ao aparelho sanitário do tipo 1;
 q_i - vazão unitária do aparelho sanitário do tipo 1;
 N - número de tipos diferentes de aparelhos sanitários.

2.2.5 Método da Raiz Quadrada Modificada

Este método consiste na modificação do método da raiz quadrada, sendo introduzidos na formulação da vazão de projeto o coeficiente de ocupação de edifícios (K_1), o coeficiente de existência de sistema predial de água quente (K_2) e o coeficiente de aplicação em edifícios residenciais (K_3) (GRAÇA e GONÇALVES, 1987).

Tabela 4 - Vazões e pesos relativos dos aparelhos sanitários

	Peça de utilização	Vazão de projeto (L/s)	Peso relativo	
Bacia Sanitária	Caixa de descarga	0,15	0,3	
	Válvula de descarga	1,70	32,0	
Banheira	Misturador (água fria)	0,30	1,0	
Bebedouro	Registro de pressão	0,10	0,1	
Bidê	Misturador (água fria)	0,10	0,1	
Chuveiro ou ducha	Misturador (água fria)	0,20	0,4	
Chuveiro elétrico	Registro de pressão	0,10	0,1	
Lavadora de pratos ou de roupas	Registro de pressão	0,30	1,0	
Lavatório	Torneira ou misturador (água fria)	0,15	0,3	
	Com sifão integrado	Válvula de descarga	2,8	
Mictório cerâmico	Sem sifão integrado	Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga para mictório	0,15	0,3
Mictório tipo calha		Caixa de descarga ou registro de pressão	0,15	por metro de calha
		Torneira ou misturador (água fria)	0,25	
Pia		Torneira elétrica	0,10	0,1
		Torneira	0,25	0,7
Tanque	Torneira	0,25	0,7	
Torneira de jardim ou lavagem em geral	Torneira	0,20	0,4	

Fonte: ABNT NBR5626 (1998).

$$Q_p = k_1(k_2 \cdot 0,2)(p)^{1/2} + k_3P \quad (\text{EQ. 6})$$

Onde:

P – soma dos “pesos” de todos os aparelhos a jusante do trecho considerado.

2.2.6 Método de Hunter

A formulação da demanda de utilização simultânea dos aparelhos no Método de Hunter, se baseia na distribuição de probabilidades binomial (GRAÇA e GONÇALVES, 1987). Esta função pode ser expressa pela EQ.7:

$$P_r^n = C_r^n \times p^r \times (1-p)^{n-r} \quad (\text{EQ. 7})$$

Sendo:

P_r^n - probabilidade de quaisquer r aparelhos e somente r, de um total de n aparelhos instalados, serem encontrados em funcionamento, em um determinado instante;

C_r^n - número de combinações de n aparelhos r a n;

p - probabilidade de um determinado aparelho estar em funcionamento.

A probabilidade p , de funcionamento de um dado aparelho pode ser expressa pela EQ.8:

$$P = \frac{\bar{t}}{T} \quad (\text{EQ. 8})$$

Sendo:

t - duração média da descarga do aparelho;

T – intervalo de tempo médio entre o início ou término de duas descargas consecutivas.

Hunter considerou para alguns tipos de aparelhos sanitários valores de t e T (TAB.5) determinados a partir de levantamentos realizados pelo próprio autor (GRAÇA e GONÇALVES, 1987).

Tabela 5 - Valores de t, T e P – Método de Hunter

Tipo de Aparelho	t (s)	T(s)	P
Bacia Sanitária com Válvula de Descarga	9	300	0,030
Bacia Sanitária com Caixa de Descarga	60	300	0,200
Banheiro Tipo 1	60	900	0,067
Banheiro Tipo 2	120	1800	0,067

O Método de Hunter, apesar de ser muito utilizado, apresenta uma série de imprecisões, principalmente quando aplicado ao dimensionamento de sistemas mistos de aparelhos sanitários, ou seja, sistemas com válvula e aparelhos comuns. Mesmo quando aplicado em sistemas de aparelhos sanitários do mesmo tipo, o método não permite considerar as características particulares de cada edificação, como por exemplo o uso específico, a população atendida e a conformação dos espaços sanitários, uma vez que fixa valores para as frequências de utilização dos diversos aparelhos (GRAÇA e GONÇALVES, 1987).

2.2.7 Método de Webster

O Método apresentado por Webster (1972) também tem a formulação de demanda de utilização baseada na distribuição binomial de probabilidade, mas precisamente na binomial generalizada. Sua aplicação se estende a conjuntos de aparelhos sanitários de diferentes tipos.

A metodologia proposta por Webster para sistemas mistos de aparelhos sanitários apresenta uma abordagem probabilística mais adequada se comparada à proposta de Hunter. O Método de Webster considera que a demanda individual de cada aparelho é assumida como independente estatisticamente das demais (WEBSTER,1972) e em consequência a isso, as equações de probabilidade são mais complexas,

o que gera a necessidade de grande esforço computacional para sua aplicação.

2.2.8 Método de Konen (Hunter Modificado)

O método de Konen, desenvolvido em 1980, utiliza os mesmos princípios da metodologia de Hunter. Entretanto, sua proposição se baseia em novos pesos (TAB.6) para os aparelhos sanitários, obtidos através da pesquisa realizada pela American Society of Plumbing Engineers – ASPE (GRAÇA e GONÇALVES, 1987).

Tabela 6 - Parâmetros propostos por Konen em 1980

Aparelho Sanitário	Duração do uso (s)	Frequência do uso (s)	Usos por hora	Vazões (L/s)	Pesos
Bacia com válvula de descarga	9	1.200	3	1,70	10,0
Bacia com caixa de descarga	90	1.200	3	0,19	3,5
Lavatório	60	1.200	3	0,13	1,0
Banheira	300	3.600	1	0,39	10,9
Pia de Cozinha	45	1.200	3	0,25	2,25

2.2.9 Comparação dos Diversos Métodos

Segundo Graça e Gonçalves (1987), os métodos de determinação de vazões de projeto apresentam resultados distintos para um mesmo sistema, principalmente quando se considera um número elevado de conjuntos sanitários (FIG.2). Considerando as vazões de projeto propostas pela ABNT NBR 5626 (1998) e o uso simultâneo dos aparelhos, para um conjunto sanitário formado pelos seguintes aparelhos: uma bacia sanitária com caixa de descarga, um chuveiro, um lavatório, uma pia de cozinha e um tanque; chegou-se a EQ.9 (denominada como Método ABNT Máximo Possível):

$$Q_{mp} = 1,10n_c \quad (\text{EQ. 9})$$

Onde:

Q_{mp} = vazão máxima possível do trecho (L/s)

n_c = número de conjuntos sanitários

Entre os métodos existentes, apenas o método de Timmis apresentou valores superiores aos obtidos pelo Método ABNT Máximo Possível.

O outro método proposto pela ABNT NBR 5626 (1998) é o método da raiz quadrada (método alemão) que leva em consideração a utilização não simultânea dos aparelhos sanitários na edificação. Verifica-se que os valores de vazões obtidos por este critério são inferiores aos determinados pelo Método ABNT Máximo Possível e intermediários quando comparados com os resultados dos demais métodos existentes (FIG.2).

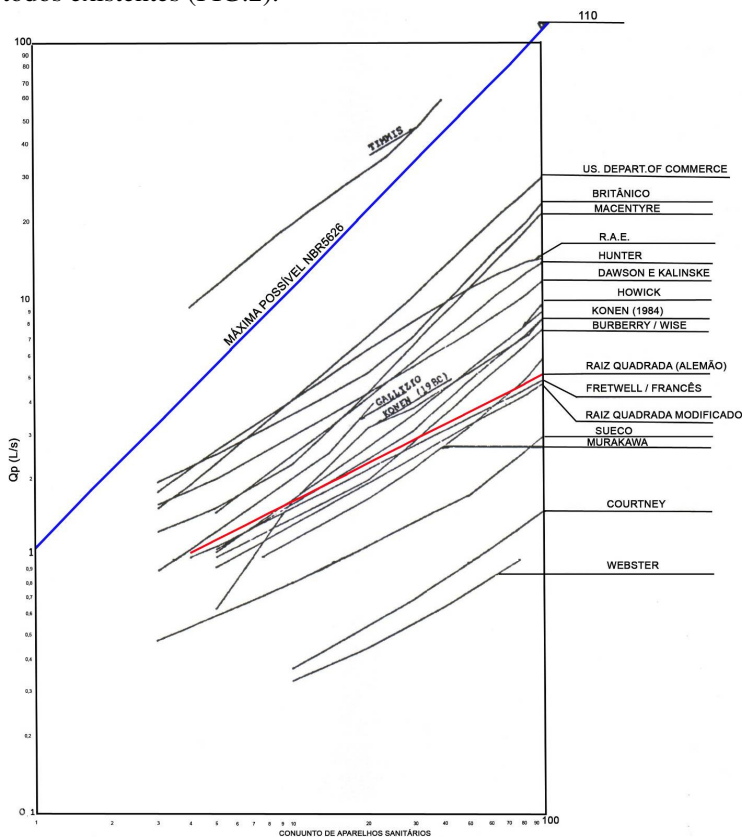


Figura 2 - Vazões de projeto
 Fonte: GRAÇA e GONÇALVES, 1987, p.15.

Em face dessa constatação, pode-se considerar que os parâmetros de dimensionamento recomendados pela NBR5626/1998 podem ser utilizados sem a preocupação de ocorrer um sub-dimensionamento do sistema de distribuição de água fria.

2.3 CONCEITOS HIDRODINÂMICOS APLICADOS A SISTEMAS DE ÁGUA FRIA

As leis da física quando aplicadas aos fluidos recebem outros nomes:

Conservação da massa → Equação da continuidade.

Segunda lei de Newton → Equação da quantidade de movimento linear.

Primeira lei da Termodinâmica → Equação de energia.

Aplicando a conservação da massa aos fluidos para regimes de escoamento permanente tem-se a EQ. 10 (WHITE, 2002).

$$\sum_i (\rho_i A_i V_i)_{sai} = \sum_i (\rho_i A_i V_i)_{ent} \quad (EQ.10)$$

A é a área transversal ao escoamento e V a velocidade, ambos de uma entrada ou de uma saída i do sistema.

A EQ.11 é a equação da conservação da massa para fluidos incompressíveis como a água por exemplo, cuja massa específica é praticamente constante (WHITE, 2002).

$$\sum_i (A_i V_i)_{sai} = Q_{sai} = \sum_i (A_i V_i)_{ent} = Q_{ent} \quad (EQ.11)$$

Onde:

Q é vazão, dada em L/s.

No caso da segunda lei de Newton, para o regime permanente, a resultante das forças que atuam sobre o fluido é apresentada na EQ.12.

$$\sum F = \sum (\rho_i A_i V_i \vec{V}_i)_{sai} - \sum (\rho_i A_i V_i \vec{V}_i)_{ent} \quad (EQ.12)$$

A primeira equação da termodinâmica quando aplicada ao fluido assume a força complexa da EQ.13, podendo ser aplicada para a maioria dos escoamentos (WHITE, 2002).

$$\dot{Q} - \dot{W}_e - \dot{W}_v = \frac{\partial}{\partial t} \left[\int_{V_c} \left(\hat{u} + \frac{1}{2} V^2 + gz \right) \rho dV \right] + \int_{sc} \left(\hat{u} + \frac{1}{2} V^2 + gz + \frac{p}{\rho} \right) \rho (\vec{v} \cdot \vec{n}) dA \quad (\text{EQ.13})$$

Onde:

\dot{Q} é a taxa de transferência de calor, \dot{W}_e a taxa de trabalho no eixo, \dot{W}_v a taxa de trabalho viscoso e \hat{u} a energia interna do fluido.

Assim, em 1738, Daniel Bernoulli propôs uma simplificação para a EQ.13, obtendo a igualdade representada na EQ.14 (NETTO, 1998):

$$\frac{1}{2g} V_{sai}^2 + z_{sai} + \frac{p_{sai}}{\rho g} = \frac{1}{2g} V_{ent}^2 + z_{ent} + \frac{p_{ent}}{\rho g} \quad (\text{EQ. 14})$$

Esta equação, conhecida com equação de Bernoulli, tem ampla aplicação, mas possui sérias limitações devido às suas simplificações. Ela somente é válida para as seguintes hipóteses (NETTO, 1998):

- Escoamento permanente;
- Escoamento incompressível;
- Escoamento sem atrito;
- Escoamento ao longo de uma única linha de corrente;
- Ausência de trabalho de eixo;
- Ausência de troca de calor;

A FIG.3 ilustra a representação física de cada componente da equação de Bernoulli.

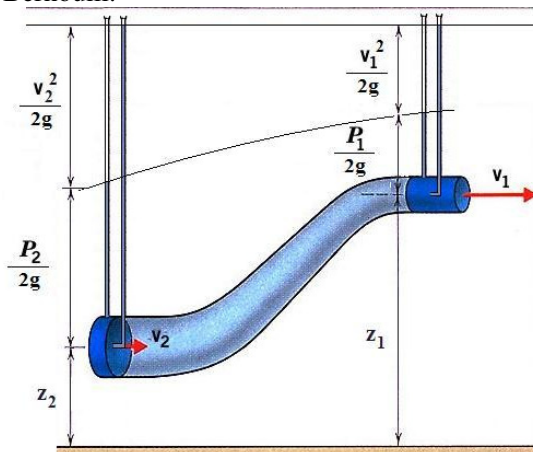


Figura 3 - Representação da equação de Bernoulli

2.3.1 Perda de Carga Distribuída

Quando a água escoar pelas tubulações, suas partículas atritam entre si e com as paredes internas do conduto. Em função disso, ocorre ao longo desses condutos uma perda de energia. Mudanças na direção do escoamento, provocadas por conexões e a presença de válvulas e registros também contribuem para essa perda. Na realidade essa energia não é perdida, mas dissipada na forma de calor. Essa transformação de energia é denominada perda de carga, sendo a diferença de energia inicial e a energia final de um líquido quando o mesmo escoar numa tubulação de um ponto a outro (NETTO, 1998).

A perda de carga ΔH para o escoamento de um fluido ao longo de um tubo depende das seguintes variáveis: comprimento e diâmetro interno do tubo; rugosidade da superfície interna do tubo; da massa específica do fluido; da viscosidade dinâmica do fluido e da velocidade média de escoamento (MACYNTIRE, 2010).

A equação universal de perda de carga relaciona todos esses parâmetros (WHITE, 2002).

$$\Delta H = f \times \left(\frac{L}{D} \right) \times \left(\frac{V^2}{2g} \right) \quad (\text{EQ. 15})$$

Onde:

f = fator de atrito ou coeficiente de perda de carga (adimensional)

L = comprimento do tubo (m)

D = diâmetro do tubo (m)

V = velocidade média de escoamento do líquido (m/s)

g = aceleração da gravidade = 9,8 m/s²

O fator de atrito (f) está sujeito ao regime de escoamento que se estabelece na tubulação, podendo ser obtido através do Ábaco de Moody (FIG.4) ou pelo número de Reynolds (MACYNTIRE, 2010).

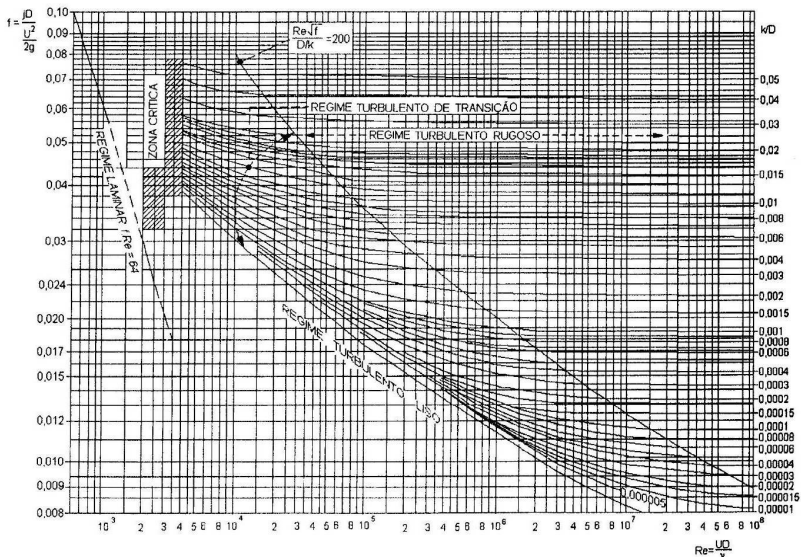


Figura 4 – Ábaco de Moody.

Fonte: VIANNA, 2004, p.18.

Para a determinação do fator de atrito é necessário o cálculo do número de Reynolds (EQ.16):

$$Re = \frac{V \times D}{\nu} \quad (\text{EQ. 16})$$

Onde:

V = velocidade média de escoamento do líquido (m/s)

D = diâmetro do tubo (m)

ν = viscosidade dinâmica do fluido

A viscosidade de um fluido está diretamente ligada à resistência ao escoamento. Quanto maior a viscosidade de um fluido, maior será a pressão necessária para manter o mesmo em movimento. Um dos fatores que interfere na viscosidade de um fluido é a sua temperatura, como pode ser observado na TAB.7 (ILHA e GONÇALVES, 1994).

Tabela 7 - Viscosidade da água em função da temperatura

Temperatura (°C)	Viscosidade cinemática (x10-5m ² /s)
0	1,794
4	1,558
20	1,011
40	0,559
50	0,478
70	0,415

Fonte: ILHA e GONÇALVES, 1994.

Reynolds em seus experimentos no final do século XIX demonstrou que existem dois tipos de escoamento: o escoamento laminar e o escoamento turbulento. No escoamento laminar o fluido se move em camadas e para qualquer tendência à instabilidade e turbulência, forças viscosas de cisalhamento dificultam o movimento. Nesse caso, convencionou-se que o número de Reynolds é menor que 2500 e que o fator de atrito poderia ser determinado pela equação de Hagen-Poiseuille (NETTO, 1998):

$$f = \frac{64}{Re} \quad (\text{EQ. 17})$$

Já o escoamento turbulento foi caracterizado como sendo o movimento caótico visto macroscopicamente, ou seja, há uma maior dissipação de energia que no escoamento laminar e o número de Reynolds é maior que 4000 (ILHA e GONÇALVES, 1994). Para os diâmetros comerciais dos condutos há limites para a ocorrência desse escoamento turbulento (TAB.8).

Tabela 8 - Valores limites para ocorrência de regime turbulento

Referência (pol)	Diâmetro		Velocidade (m/s)	Vazão (l/s)
	Interno (mm)			
½	12,70		0,1575	0,020
¾	19,05		0,1050	0,030
1	25,04		0,0787	0,040
1 ¼	31,75		0,0530	0,050
1 ½	38,10		0,0525	0,050
2	50,80		0,0394	0,080
1 ½	53,50		0,0315	0,100
3	75,20		0,0252	0,120
4	101,50		0,0197	0,150

Fonte: ILHA e GONÇALVES, 1994.

Conforme ILHA e GONÇALVES (1994), há nesse tipo de escoamento três faixas e o fator de atrito pode ser obtido através de fórmulas explícitas que estão resumidas na TAB.9.

Tabela 9 - Fator de atrito de acordo com faixa de escoamento

Escoamento turbulento hidraulicamente		
liso	misto	rugoso
$R_e 0,9/(D/K) \leq 31$	$31 < R_e 0,9/(D/K) < 448$	$R_e 0,9/(D/K) \geq 448$
$[-2\log(5,62/Re0,9)]-2$	$[-2\log(5,62/Re0,9 + K/3,71D)]-2$	$[-2\log(K/3,71D)]-2$

Sendo:

R_e = número de Reynolds (adimensional)

D = diâmetro do tubo (m)

K = rugosidade equivalente do tubo

A NBR5626 (1998) recomenda que, para o cálculo da perda de carga distribuída utilize-se a equação universal de perda de carga descrita acima, desde que sejam obtidos os valores das rugosidades junto aos fabricantes dos tubos, mas na falta desses dados, pode ser utilizada a expressão de Fair-Whipple-Hsiao. Nos cálculos do presente trabalho será utilizada a formulação proposta pela norma.

Para tubos de aço galvanizado, com a água a uma temperatura de 20°C:

$$J = 0,002021 \times \frac{Q^{1,88}}{D^{4,88}} \quad (\text{EQ. 18})$$

Para tubos de cobre, latão ou PVC com a água a uma temperatura de 20°C:

$$J = 0,00086 \times \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} \quad (\text{EQ. 19})$$

Para tubos de cobre ou latão, para água quente:

$$J = 0,0007 \times \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} \quad (\text{EQ. 20})$$

Onde:

J = perda de carga unitária (mH₂O/m)

Q = Vazão (m³/s)

D = diâmetro do tubo (m)

De acordo com Borges e Borges (1992), a fórmula de Hazen-Willians é recomendada para condutos de diâmetros acima de 50 mm a uma temperatura de 20°C.:

$$Q = 0,278531 \times C \times D^{2,63} \times J^{0,51} \quad (\text{EQ. 21})$$

Ou

$$V = 0,355 \times C \times D^{0,63} \times J^{0,54} \quad (\text{EQ. 22})$$

Onde:

Q = vazão da água (m³/s)

V = velocidade média do fluxo (m/s)

D = diâmetro das tubulações (m)

J = perda de carga unitária, em (mH₂O/m)

C = coeficiente que depende da natureza (material e estado) das paredes dos tubos, como disposto na TAB.10.

Tabela 10 - Valores do Coeficiente C – Hazen-Willians

Material	C
Aço galvanizado novo	125
Cobre	130
PVC	
D ≤ 50 mm	125
75 mm ≤ D ≤ 100 mm	135
D > 100 mm	140

Fonte: ILHA e GONÇALVES (1994).

2.3.2 Perdas de Carga Localizadas

Em conexões, válvulas, registros, etc., também ocorrem perdas de energia semelhante àquela que acontece ao longo das tubulações, mas de

forma pontual. São vários os métodos de se calcular essas perdas de carga localizadas, mas aquela recomendada pela NBR5626/1998 é o método dos comprimentos equivalentes. Como descreve VIANNA (2004), esse método consiste em substituir-se a conexão por um comprimento virtual de tubo com o mesmo diâmetro da conexão, considerando que esse comprimento de tubo seja capaz de provocar a mesma perda de carga gerada pela conexão e/ou dispositivo de controle de fluxo substituído. As TABELAS 11, 12 e 13 auxiliam na determinação desses comprimentos equivalentes.

O somatório dos comprimentos equivalentes de todas as peças com os comprimentos reais dos condutos oferece o comprimento total. Ou seja, é como se existisse apenas tubulações, recaindo assim no cálculo de perdas de cargas distribuídas.

Tabela 11 - Perdas de carga localizadas para aço galvanizado ou ferro fundido.

DIÂMETRO NOMINAL		COTOV. 90º RAO LONGO	COTOV. 90º RAO MÉDIO	COTOV. 90º RAO CURTO	COTOV. 45º	CURVA 90º R/D - 1 1/2	CURVA 90º R/D - 1	CURVA 45º	ENTRADA NORMAL	ENTRADA DE BORDA	REG. DE GAVETA ABERTO	REG. DE GLOBO ABERTO	REG. DE ÂNGULO ABERTO	TÉ PASS. DRETA	TÉ SAÍDA LADO	TÉ SAÍDA BILATERAL	VÁLVULA DE PÉ E CRITO	SADA DA CANALIZAÇÃO	VÁLVULA DE RET. TIPO LEVE	VÁLVULA DE RET. TIPO PESADO
mm	pol	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
13	1/2	0,3	0,4	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,4	0,1	4,9	2,6	0,3	1,0	1,0	3,6	0,4	1,1	1,6
19	3/4	0,4	0,6	0,7	0,3	0,3	0,4	0,2	0,2	0,5	0,1	6,7	3,6	0,4	1,4	1,4	5,6	0,5	1,6	2,4
25	1	0,5	0,7	0,8	0,4	0,3	0,5	0,2	0,3	0,7	0,2	8,2	4,6	0,5	1,7	1,7	7,3	0,7	2,1	3,2
32	1 1/4	0,7	0,9	1,1	0,5	0,4	0,6	0,3	0,4	0,9	0,2	11,3	5,6	0,7	2,3	2,3	10,0	0,9	2,7	4,0
38	1 1/2	0,9	1,1	1,3	0,6	0,5	0,7	0,3	0,5	1,0	0,3	13,4	6,7	0,9	2,8	2,8	11,6	1,0	3,2	4,8
50	2	1,1	1,4	1,7	0,8	0,6	0,9	0,4	0,7	1,5	0,4	17,4	8,5	1,1	3,5	3,5	14,0	1,5	4,2	6,4
63	2 1/2	1,3	1,7	2,0	0,9	0,8	1,0	0,5	0,9	1,9	0,4	21,0	10,0	1,3	4,3	4,3	17,0	1,9	5,2	8,1
75	3	1,6	2,1	2,5	1,2	1,0	1,3	0,6	1,1	2,2	0,5	26,0	13,0	1,6	5,2	5,2	20,0	2,2	6,3	9,7
100	4	2,1	2,8	3,4	1,5	1,3	1,6	0,7	1,6	3,2	0,7	34,0	17,0	2,1	6,7	6,7	23,0	3,2	8,4	12,9
125	5	2,7	3,7	4,2	1,9	1,6	2,1	0,9	2,0	4,0	0,9	43,0	21,0	2,7	8,4	8,4	30,0	4,0	10,4	16,1
150	6	3,4	4,3	4,9	2,3	1,9	2,5	1,1	2,5	5,0	1,1	51,0	26,0	3,4	10,0	10,0	39,0	5,0	12,5	19,3
200	8	4,3	5,5	6,4	3,0	2,4	3,3	1,5	3,5	6,0	1,4	67,0	34,0	4,3	13,0	13,0	52,0	6,0	16,0	25,0
250	10	5,5	6,7	7,9	3,8	3,0	4,1	1,8	4,5	7,5	1,7	85,0	43,0	5,5	16,0	16,0	65,0	7,5	20,0	32,0
300	12	6,1	7,9	9,5	4,6	3,6	4,8	2,2	5,5	9,0	2,1	102,0	51,0	6,1	19,0	19,0	78,0	9,0	24,0	38,0
350	14	7,3	9,5	10,5	5,3	4,4	5,4	2,5	6,2	11,0	2,4	120,0	60,0	7,3	22,0	22,0	90,0	11,0	28,0	45,0

A) OS VALORES INDICADOS PARA REGISTROS DE GLOBO APLICAM-SE TAMBÉM ÀS TORNEIRAS, VÁLVULAS PARA CHUVEIROS E VÁLVULAS DE DESCARGA.

B) AS PEÇAS 1, 2 E 6 NÃO CONSTAM DA NBR 5626/82

Fonte: MACYNTIRE, 2010.

Tabela 12 - Perdas de carga localizadas para PVC rígido ou cobre.

DIÂMETRO NOMINAL		JOELHO 90°	JOELHO 45°	CURVA 90°	CURVA 45°	TÉ 90° PASS. DIRETA	TÉ 90° SAÍDA DELAÇO	TÉ 90° SAÍDA LATERAL	ENFIDA NORMAL	ENFIDA DE BOFEA	SAÍDA DE CONULZ.	VÁLVULA DE PÉ E CRIVO	VÁLVULA		RETIÇÃO	REG. GLOBO ABERTO	REG. GAVETA ABERTO	REG. ÂNGULO ABERTO	
DN	(Pé)												TIPO LEVE	TIPO PESADO					
mm	(pol.)																		
15	(1/2)	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3	2,3	0,3	0,9	0,8	8,1	2,5	3,6	11,1	0,1	5,9		
20	(3/4)	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	2,4	0,4	1,0	0,9	9,5	2,7	4,1	11,4	0,2	6,1		
25	(1)	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1	3,1	0,5	1,2	1,3	13,3	3,8	5,8	15,0	0,3	8,4		
32	(1 1/4)	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6	4,6	0,6	1,8	1,4	15,5	4,9	7,4	22,0	0,4	10,5		
40	(1 1/2)	3,2	1,3	1,2	0,6	2,2	7,3	7,3	1,0	2,3	3,2	18,3	6,8	9,1	35,8	0,7	17,0		
50	(2)	3,4	1,5	1,3	0,7	2,3	7,6	7,6	1,5	2,8	3,3	23,7	7,1	10,8	37,9	0,8	18,5		
60	(2 1/2)	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	7,8	1,6	3,3	3,5	25,0	8,2	12,5	38,0	0,9	19,0		
75	(3)	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0	8,0	2,0	3,7	3,7	26,8	9,3	14,2	40,0	0,9	20,0		
100	(4)	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3	8,3	2,2	4,0	3,9	28,6	10,4	16,0	42,3	1,0	22,1		
125	(5)	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10,0	10,0	2,5	5,0	4,9	37,4	12,5	19,2	50,9	1,1	26,2		
150	(6)	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1	11,1	2,8	5,6	5,5	43,4	13,9	21,4	56,7	1,2	28,9		

Fonte: MACYNTIRE, 2010.

Tabela 13 - Comprimentos equivalentes em metros de tubulação de aço galvanizado para bocais e válvulas.

DIÂMETRO NOMINAL (P.O.L.)	SAÍDA DE CANALIZAÇÃO	ENTRADA NORMAL	ENTRADA DE BOFEA	REGISTRO DE GAVETA ABERTO	REGISTRO DE GLOBO ABERTO	REGISTRO DE ÂNGULO ABERTO	VÁLVULA DE PÉ E CRIVO	VÁLVULA DE RETIÇÃO	
								TIPO LEVE	TIPO PESADO
1/2	0,4	0,2	0,4	0,1	4,9	2,6	3,6	1,1	1,6
3/4	0,5	0,2	0,5	0,1	6,7	3,6	5,6	1,6	2,4
1	0,7	0,3	0,7	0,2	8,2	4,6	7,3	2,1	3,2
1 1/4	0,9	0,4	0,9	0,2	11,3	5,6	10,0	2,7	4,0
1 1/2	1,0	0,5	1,0	0,3	13,4	6,7	11,6	3,2	4,8
2	1,5	0,7	1,5	0,4	17,4	8,5	14,0	4,2	6,4
2 1/2	1,9	0,9	1,9	0,4	21,0	10,0	17,0	5,2	8,1
3	2,2	1,1	2,2	0,5	26,0	13,0	20,0	6,3	9,7
4	3,2	1,6	3,2	0,7	34,0	17,0	23,0	8,4	12,9
5	4,0	2,0	4,0	0,9	43,0	21,0	30,0	10,4	16,1
6	5,0	2,5	5,0	1,1	51,0	26,0	39,0	12,5	19,3

Fonte: MACYNTIRE, 2010.

2.4 CONDIÇÕES LÍMITES PARA O DIMENSIONAMENTO DOS SISTEMAS PREDIAIS DE ÁGUA FRIA

O dimensionamento do sistema de água fria é feito segundo o princípio da conservação de energia, considerando-se o escoamento permanente do líquido em conduto forçado. De posse de uma carga disponível é feito um balanceamento entre o diâmetro da tubulação, a vazão de projeto e as pressões mínimas necessárias para o adequado funcionamento dos aparelhos sanitários. Para cada trecho da tubulação devem ser determinadas a pressão, a velocidade, a perda de carga e a vazão, conforme apresenta a NBR5626/1998.

2.4.1 Pressão

Os aparelhos da instalação hidráulica predial são projetados de modo a funcionar com as vazões descritas na TAB.14 (NBR5626, 1998) e com a pressão estática e a pressão dinâmica preestabelecidas. A pressão estática acontece quando não há fluxo de água e a pressão dinâmica ocorre quando o sistema hidráulico estiver em funcionamento.

O valor da pressão estática do sistema, subtraído o valor das perdas de carga contínuas e localizadas do sistema, deverá ser um resultado positivo e igual a no mínimo 5 kPa (NBR5626, 1998).

Em qualquer caso, nos pontos de utilização de água (saída de água), a pressão não deve ser inferior a 10 kPa, com exceção do ponto da caixa de descarga, onde a pressão pode ser menor do que este valor, até um mínimo de 5 kPa e do ponto da válvula de descarga para bacia sanitária, onde a pressão não deve ser inferior a 15 kPa (NBR5626, 1998).

Já a norma européia (DIN EN 806-3, 2006) determina que a pressão mínima em pontos de utilização não deve ser inferior a 100 kPa.

Em circuitos fechados (sem escoamento) a pressão estática da água em qualquer ponto de utilização da rede predial de distribuição não deve ser superior a 400 kPa. (NBR5626/1998). Para o dimensionamento de edificações residenciais a norma DIN EN 806-3 (2006) estabelece uma pressão estática máxima de 500 kPa.

Tabela 14 - Vazão nos pontos de utilização em função do aparelho sanitário e da peça de utilização

Aparelho sanitário	Peça de utilização	Vazão de projeto (L/s)
Bacia Sanitária	Caixa de descarga	0,15
	Válvula de descarga	1,70
Banheira	Misturador (água fria)	0,30
Bebedouro	Registro de pressão	0,10
Bidê	Misturador (água fria)	0,10
Chuveiro ou ducha	Misturador (água fria)	0,20
Chuveiro elétrico	Registro de pressão	0,10
Lavadora de pratos ou de roupas	Registro de pressão	0,30
Lavatório	Torneira ou misturador (água fria)	0,15
	Com sifão integrado	Válvula de descarga
Mictório cerâmico	Sem sifão integrado	Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga para mictório
		0,15
Mictório tipo calha	Caixa de descarga ou registro de pressão	0,15 por metro de calha
	Torneira ou misturador (água fria)	0,25
Pia	Torneira elétrica	0,10
Tanque	Torneira	0,25
Torneira de jardim ou lavagem em geral	Torneira	0,20

Fonte: NBR5626/1998.

2.4.2 Velocidade

A NBR5626(1998) estabelece que a velocidade da água em qualquer trecho de tubulação não deve atingir valores superiores a 3,0m/s. A NBR5626(1982) determina a velocidade máxima de 2,5 m/s.

Esse valor é estipulado, a fim de evitar ruídos desagradáveis nas

tubulações e grandes solicitações nos tubos e conexões, além de controlar o golpe de aríete. Além disso, para reduzir ruídos em tubulações, deve ser dada uma atenção especial aos sistemas adotados para fixação e suporte das tubulações, indicados pelas normas e fabricantes de cada material.

Para a velocidade, a norma europeia DIN EN 806-3(2006) estabelece para barriletes, prumadas e ramais principais um valor de 2,0 m/s e para ramais e subramais 4,0 m/s.

2.5 MATERIAIS DAS TUBULAÇÕES E CONEXÕES DE ÁGUA FRIA

O mercado oferece uma diversidade de materiais para a execução dos sistemas de água fria. Cada material possui características específicas e cabe ao projetista conhecer essas especificações técnicas para que o material a ser empregado seja o mais coerente para a situação que o projeto impõe.

Para o presente estudo será utilizado o PVC rígido na linha soldável. Os tubos e conexões soldáveis são fabricados com Cloreto de Polivinila na cor marrom e são normalizados pela NBR 5648(1999) – Sistemas Prediais de água fria – tubos e conexões de PVC 6,3, PN 750 kPa, com junta soldável. Esse material é aplicado na condução de água fria. As conexões possuem juntas que são soldadas a frio por meio de adesivo próprio e os tubos ponta-bolsa são fornecidos em barras de 3,0m ou 6,0m de comprimento. Os diâmetros disponíveis no mercado são: 20, 25, 32, 40, 50, 60, 75, 85 e 110. Na TAB.15 podem ser observados maiores detalhes desses tubos.

Segundo a NBR 5648(1999), esse material trabalha a uma temperatura máxima de 20°C. Quanto à pressão de serviço, os tubos e as conexões de 20 a 50mm trabalham a uma pressão máxima de 7,5kgf/cm² (75 m.c.a.). Já as conexões de 60 a 110mm trabalham a uma pressão máxima de 10,0kgf/cm² (100 m.c.a.).

Esse material tem como vantagens: leveza e fácil instalação, não sofre corrosão, apresenta baixo custo quando comparado a outros materiais e é atóxico. Algumas das desvantagens são: resseca quando exposto aos raios solares e não suporta altas temperaturas.

Tabela 15 - Tubos de PVC rígido soldável para sistemas prediais de água fria

Diâmetro de Referência (DR) mm (polegadas)	Diâmetro nominal externo DE mm	Espessura de parede e mm	Diâmetro nominal interno e mm
15 (1/2")	20	1,5	17,0
20 (3/4")	25	1,7	21,6
25 (1")	32	2,1	27,8
32 (1 ¼")	40	2,4	35,2
40 (1 ½")	50	3,0	44,0
50 (2")	60	3,3	53,4
60 (2 ½")	75	4,2	66,6
75 (3")	85	4,7	75,6
100 (4")	110	6,1	97,8

Fonte: NBR 5648(1999)

2.6 DETALHAMENTO DOS SOFTWARES DE DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS HIDRÁULICOS

Vários são os softwares disponíveis no mercado para auxiliar os projetistas no desenvolvimento, detalhamento e dimensionamento de tubulações em Sistemas Hidráulicos. Verifica-se que os mesmos apresentam possibilidades de configuração inicial do sistema, gerenciamento de layers, lançamento das tubulações em plantas baixas e a partir daí tem-se perspectivas isométricas e/ou vistas das tubulações de água fria e de água quente, com a possibilidade de inserção de conexões e metais. Finalmente os softwares apresentam possibilidade de construção de esquemas verticais dos sistemas prediais de água fria ou de água quente. Os softwares oferecem ainda que em planta e/ou vistas haja a possibilidade do desenvolvimento dos projetos em 2D.

O software escolhido para o presente estudo permite o dimensionamento das tubulações sem a necessidade da utilização de ferramenta de dimensionamento fora do ambiente CAD. Segundo os desenvolvedores, são utilizados para o cálculo métodos sugeridos pelas normas vigentes (NBR 5626/1998 e NBR 7198/1993). No ambiente computacional do referido software é possível optar entre o uso não simultâneo das peças de utilização (Método da Raiz Quadrada também conhecido como Método Alemão) e o Sistema Máximo Possível, onde é considerado um somatório de vazões de projeto.

Para fins de dimensionamento de sistemas de água fria existem softwares didáticos como o HIDRO2 que é disponibilizado gratuitamente. O HIDRO2 foi desenvolvido pelo Departamento de Hidráulica e Saneamento da UFSM (Universidade Federal de Santa Maria) e os parâmetros hidráulicos considerados para a concepção desse software são: vazões calculadas através dos somatórios dos pesos pelo Consumo Máximo Provável; velocidade e o diâmetro pela equação da continuidade, sendo que aquela assume um valor de 2,5m/s, pois segue a NBR5626 (1982); perda de carga avaliada por Fair-Whipple-Hsiao e pressão disponível pela equação da energia (BELINAZO, 1988).

3 METODOLOGIA

Esse capítulo apresentará primeiramente as características do empreendimento que servirá de estudo de caso para o desenvolvimento do trabalho. Na sequência serão apresentadas e esclarecidas as rotinas de dimensionamento dos métodos que serão adotados, que são: rotina otimizada, o software comercial “A” e o software didático HIDRO2, V2.0. Utilizando as referidas ferramentas, serão desenvolvidos cinco dimensionamentos, os quais serão chamados de cenários e diante dos diâmetros encontrados para cada cenário, será apresentada uma planilha com os quantitativos e eventual custo do material para a composição do sistema predial de água fria do empreendimento piloto.

3.1 EMPREENDIMENTO PILOTO

O empreendimento utilizado para a aplicação das metodologias que serão descritas a seguir foi o condomínio vertical Ville Federação (FIG.5) que será implantado no Parque São Braz, na cidade de Salvador, Bahia. O empreendimento terá uma área construída de 12.509,00 m² e será constituído de área de lazer completa com piscina, playground, praças, salões de festas, quadra, estacionamento e duas torres compostas cada uma de térreo e onze pavimentos tipo, sendo oito apartamentos por pavimento, totalizando 176 unidades habitacionais. O empreendimento é composto de dois blocos: A e B, possuindo este último mais peças sanitárias.



Figura 5 - Fachada principal do Ville Federação.

Fonte: Asa Incorporadora.



Figura 6 - Implantação do Ville Federação.

Fonte: Asa Incorporadora.

Cada pavimento tipo, composto por oito apartamentos, terá três tipologias diferentes de unidades habitacionais. Quatro das unidades terão área de 54,0m² cada e três quartos sendo uma suíte. Outras duas unidades, com área de 43,50m² cada, serão compostas de dois quartos sendo uma suíte e os outros dois apartamentos, de 40,0m² cada, serão de dois quartos.



Figura 7 - Opção 1: apartamento de três quartos sendo uma suíte.

Fonte: Asa Incorporadora.



Figura 8 - Opção 2: apartamento com dois quartos sendo uma suíte.
Fonte: Asa Incorporadora.



Figura 9 - Opção 3: apartamento com dois quartos.
Fonte: Asa Incorporadora.

Os apartamentos estão dispostos em dois blocos: A e B (FIG.10) e as plantas baixas, cortes e fachadas do empreendimento podem ser conferidos no Apêndice I. Vale salientar que as metodologias de dimensionamento que serão detalhadas a seguir serão utilizadas em todo o empreendimento, ou seja, para os dois blocos que o compõem.

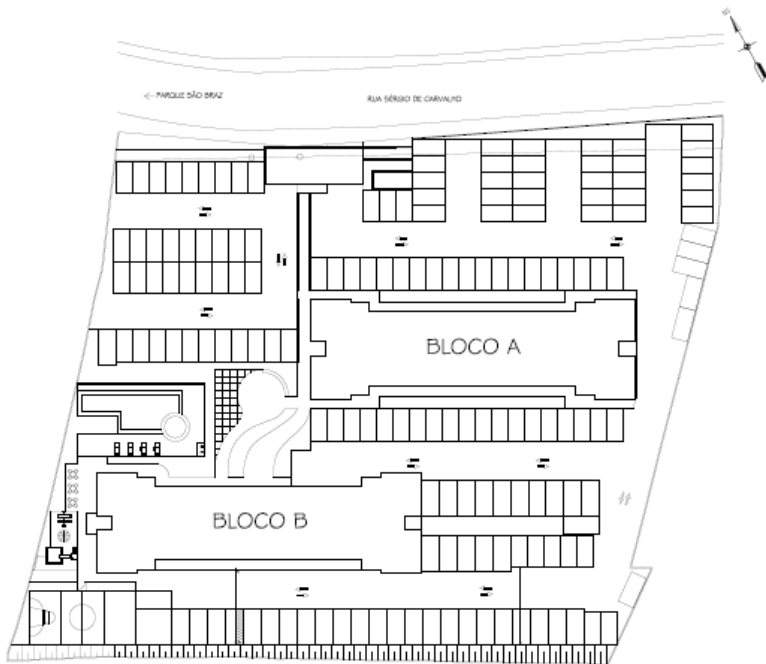


Figura 10 - Identificação das torres.

3.2 METODOLOGIAS DE DIMENSIONAMENTO

3.2.1 Metodologia Otimizada

A rotina otimizada proposta tem como base a planilha recomendada pela NBR5626/1998 onde foram acrescentadas as colunas referentes ao diâmetro interno, vazão máxima e velocidade real.

O início do dimensionamento consiste na numeração dos trechos, identificados a partir dos pontos de montante e jusante. Adota-se como padrão a numeração crescente no sentido de fluxo, ou seja, de montante para jusante (FIG.11).

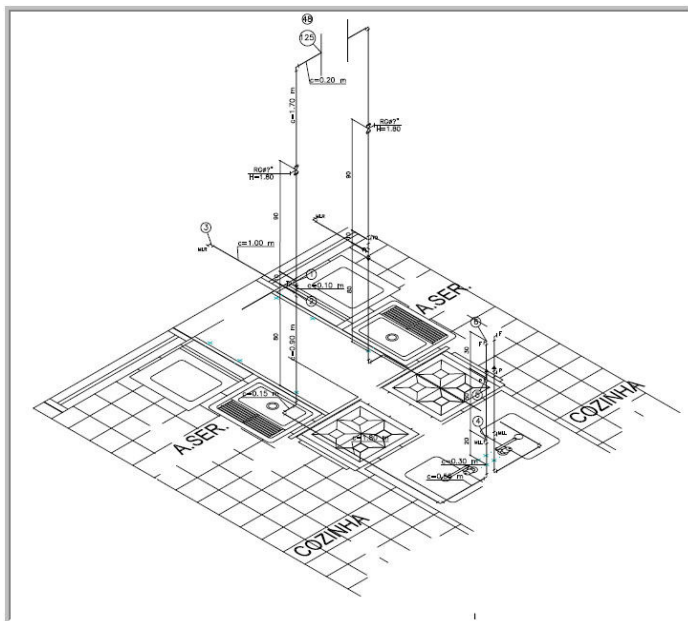


Figura 11 - Exemplos de trechos numerados

Após a identificação dos trechos, inicia-se o processo de determinação da vazão de projeto dos mesmos. Para isto identificam-se, inicialmente, os aparelhos sanitários que deverão ser alimentados e em seguida, partindo destes aparelhos até a caixa d'água, atribui-se os valores de peso para os trechos de tubulação. Após o somatório dos pesos, é calculada a vazão de projeto utilizando o Método da Raiz Quadrada (ABNT, NBR5626/1998).

Em função da vazão de projeto calculada, será determinado o diâmetro da tubulação de cada trecho, considerando o diâmetro interno das tubulações e a velocidade máxima recomendada por norma de 3 m/s. E ao se ter a coluna de Vazão máxima ao lado da coluna 'Vazão Pesos' facilita a comparação entre esses valores, facilitando possíveis otimizações nos trechos que estão sendo dimensionados.

O processo de otimização consiste em aproximar ao máximo a vazão de projeto (Vazão Pesos) da vazão máxima permitida por Norma. Porém, as condições limitantes de pressão, também especificadas pela Norma, devem ser consideradas neste cálculo.

O cálculo das pressões de serviço disponíveis utiliza a equação de Bernoulli e a formulação de perda de carga de Fair-Whipple-Hsiao. O

material do sistema de água fria adotado foi o PVC soldável e para o cálculo da perda de carga localizada foi considerado o critério de comprimentos equivalentes, sendo utilizada a tabela referente a este material.

A otimização é realizada para cada unidade habitacional ao invés de ser verificada apenas a situação crítica da edificação, isto é, pontos onde as pressões de serviço são baixas. Desta forma, com a rotina otimizada (FIG.6), obtêm-se diâmetros diferentes para trechos semelhantes localizados em pavimentos diferentes. Ao final deste processo, obtêm-se uma tabela com 13 colunas (TAB.16) onde pode ser analisado o resultado do dimensionamento.

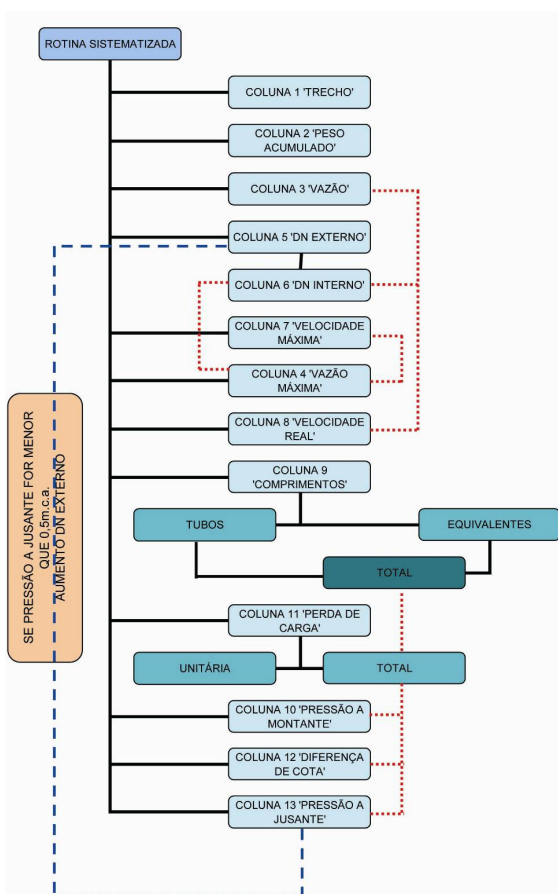


Figura 12 - Fluxograma de síntese da rotina sistematizada

Tabela 16 – Modelo da Tabela de dimensionamento utilizada na rotina otimizada

PLANILHA DE CÁLCULO - INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA FRIA															
TRECHO	PESO ACUMULADO	VAZÃO PESOS (l/s)	VAZÃO MÁXIMA (l/s)	DN EXTERNO (mm)	DN INTERNO (mm)	VELOC. (mm)	VELOC. MÁXIMA (m/s)	VELOC. REAL (m/s)	COMPRIMENTO S			PERDA DE CARGA		DIFERENÇA DE COTA (m)	TENSÃO RESIDUA
									TUBO (m)	EQUIVALENTE (m)	TOTAL (m)	UNITÁRIA (m/m)	TOTAL (m)		
1_2	256,7	4,81	22,525	110	97,8	3	0,64	0,6	8,30	40,50	48,80	0,005	0,230	1,600	1,37
AF.1															
2_3	24,28	1,48	6,715	60	53,4	3	0,66	0,6	3,20	11,00	14,20	0,011	0,150	0,600	1,82
3_4	23,14	1,44	4,559	50	44	3	0,95	0,9	0,20	7,60	7,80	0,025	0,199	0,200	1,82
4_5	221	1,41	1,820	32	27,8	3	2,32	2,3	2,60	4,60	7,20	0,216	1,557	2,600	2,86
5_6	20,97	1,37	1,820	32	27,8	3	2,26	2,2	0,20	4,60	4,80	0,207	0,992	0,200	2,07

6_7	19,8	1,3 3	1,820	32	27, 8	3	2,2 0	2,60	4,60	7,20	2,0 7	0,197	1,420	2,60 0	3,2 5
7_8	18,7	1,3 0	1,820	32	27, 8	3	2,1 4	0,20	4,60	4,80	3,2 5	0,188	0,900	0,20 0	2,5 5
8_9	17,6	1,2 6	1,820	32	27, 8	3	2,0 7	2,60	4,60	7,20	2,5 5	0,178	1,281	2,60 0	3,8 7
9_10	16,5	1,2 2	1,820	32	27, 8	3	2,0 1	0,20	4,60	4,80	3,8 7	0,168	0,807	0,20 0	3,2 6
10_1 1	15,4	1,1 8	1,820	32	27, 8	3	1,9 4	2,60	4,60	7,20	3,2 6	0,158	1,139	2,60 0	4,7 3
11_1 2	14,3	1,1 3	1,820	32	27, 8	3	1,8 7	0,20	4,60	4,80	4,7 3	0,148	0,712	0,20 0	4,2 1
12_1 3	13,2	1,0 9	1,820	32	27, 8	3	1,8 0	2,60	4,60	7,20	4,2 1	0,138	0,996	2,60 0	5,8 2
13_1 4	12,1	1,0 4	1,099	25	21, 6	3	2,8 5	0,20	3,10	3,30	5,8 2	0,425	1,402	0,20 0	4,6 2
14_1 5	11	0,9 9	1,099	25	21, 6	3	2,7 2	2,60	3,10	5,70	4,6 2	0,391	2,228	2,60 0	4,9 9
15_1 6	9,9	0,9 4	1,099	25	21, 6	3	2,5 8	0,20	3,10	3,30	4,9 9	0,356	1,176	0,20 0	4,0 1

No presente estudo a metodologia otimizada foi aplicada para um empreendimento piloto em dois cenários (TAB.17): 1) contempla os valores de velocidade máxima determinada pela norma brasileira (NBR 5626/1998) e 2) contempla os valores de velocidade máxima determinada pela norma européia (DIN EN 806-3).

Tabela 17 - Velocidade máxima (m/s) segundo Normas

Trechos	NBR 5626/ 1998	DIN EN 806-3
Ramais	3 m/s	4 m/s
Barrilete e colunas	3 m/s	2 m/s

3.2.2 Rotina de Dimensionamento do Software ‘A’

O mercado oferece ao projetista diversos softwares comerciais que auxiliam no dimensionamento hidráulico e desenvolvimento de seus projetos. Dentre esses softwares, foi escolhido o software ‘A’, para o desenvolvimento do dimensionamento do estudo de caso, pois utiliza como plataforma de suporte gráfico o programa AUTOCAD, que facilita o entendimento de seus comandos. O software também conta com um suporte de banco de dados. Ao abrir o software no AUTOCAD, ele acrescenta neste, quatro novas toolbars (FIG.13) que são: Geometria, Conexões, Numeração e Cálculos, que concentram os comandos e dados necessários ao desenvolvimento do projeto de água fria em etapas bem definidas. A seguir será apresentada a rotina de dimensionamento do software “A”, de forma a elucidar os dados que o software utiliza para gerar o cálculo.

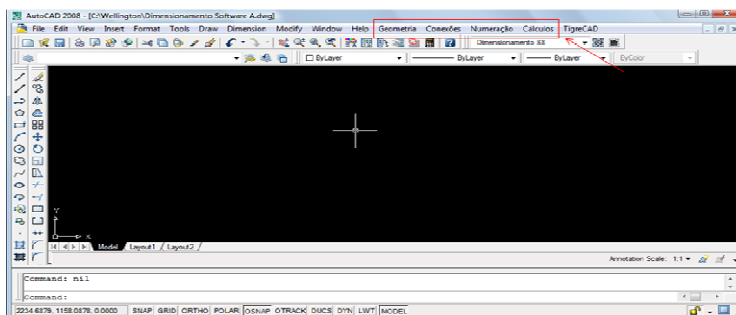


Figura 13 – Plataforma AUTOCAD com banco de dados do Software ‘A’

3.3 DESENHO DA TUBULAÇÃO

A primeira etapa consiste no desenho da tubulação. No menu *Geometria: Criar Tubulação: Configurar* (FIG.14) é aberto uma caixa onde são atribuídas as características à tubulação que será desenhada.

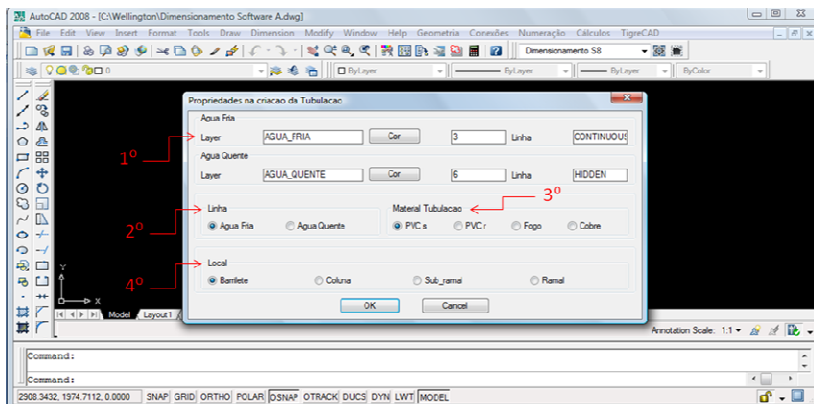


Figura 14 - Propriedades na criação da Tubulação

As seguintes características são atribuídas:

A cor e nome do layer, que representará a tubulação a ser desenhada;

O sistema ou linha que será desenhado e dimensionado, que conta com as opções Água Fria e Água Quente. No estudo de caso, a opção a ser marcada é Água Fria.

A definição do material da tubulação, que conta com as opções PVC soldável, PVC roscável, ferro galvanizado e cobre respectivamente. Como indicado na FIG.14, a opção a ser marcada é PVCs.

3.3.1 Definição da parte do sub-sistema de distribuição interna que será desenhado e dimensionado

Para criar a tubulação em vista isométrica, deve ser acionado o item *Criar Tubulação: Desenhar Tubulação*. Observe que, na barra de comando será solicitado (FIG.15) o '*Primeiro Ponto*'. Após a indicação do ponto inicial, será solicitado o comprimento do trecho. Assim,

sucessivamente, segue a construção da tubulação, seja do barrilete, da coluna ou da isométrica. Nessa fase, o comando ‘Ortho’ do AUTOCAD deve estar ligado.

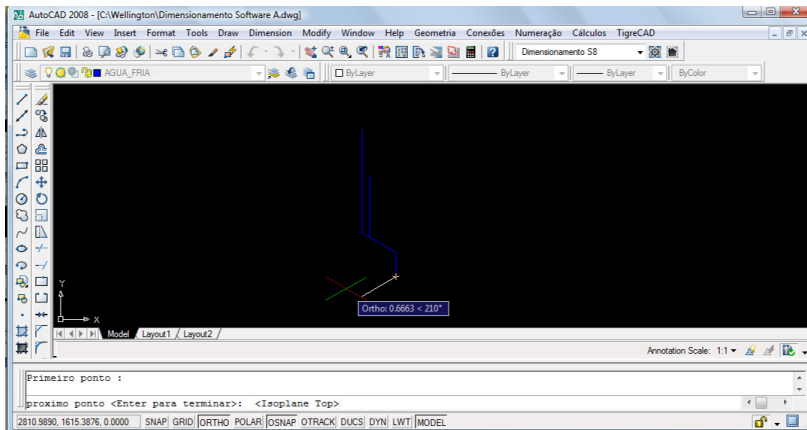


Figura 15 - Exemplo de tubulação desenhada

3.3.2 Inserção das Conexões e Registros

Depois de toda a tubulação desenhada, a próxima fase é a inserção das conexões e registros a montante e a jusante dos trechos, as quais conferirão as perdas de carga localizadas.

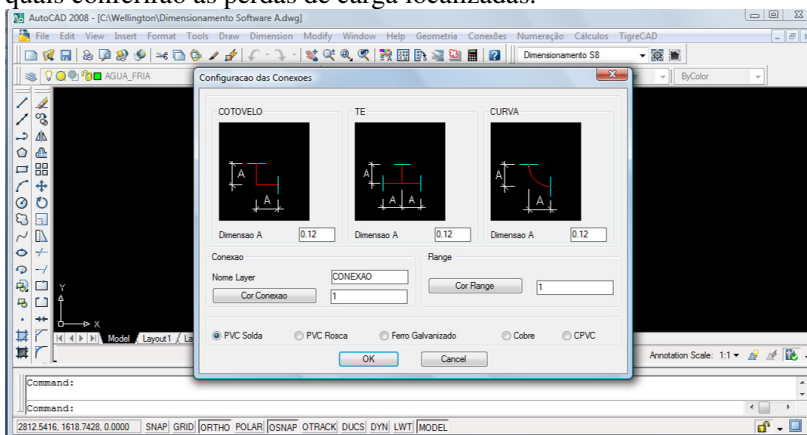


Figura 16 - Configuração das Conexões

A inserção das conexões é feita por meio do menu *Conexões: Inserir Conexões: Configurar*. Na caixa *Configuração das Conexões* (FIG.16), as dimensões das conexões (cotovelo, tê e curva) podem ser configuradas. Na parte mais inferior da caixa é assinalado o material que comporá as conexões, sendo oferecidas as seguintes opções: PVC soldável (PVC Solda), PVC roscável (PVC Rosca), Ferro Galvanizado, Cobre e CPVC. Para o estudo de caso, assim como foi atribuído para as tubulações, as conexões serão em PVC Solda.

Para a inserção dos registros, tem-se o menu *Conexões: Inserir Metais: Configurar: Características na Criação de Válvulas* (FIG.17). As dimensões a serem inseridas referem-se ao comprimento do registro (Abertura B) e a distância que ele terá da conexão mais próxima (Distância A). Caso seja definido apenas ponto de inserção aleatório para os registros, a distância A é desprezada. O último item a ser configurado na caixa é a equivalência em cobre ou ferro galvanizado. No dimensionamento do estudo de caso, a opção a ser marcada é Cobre.

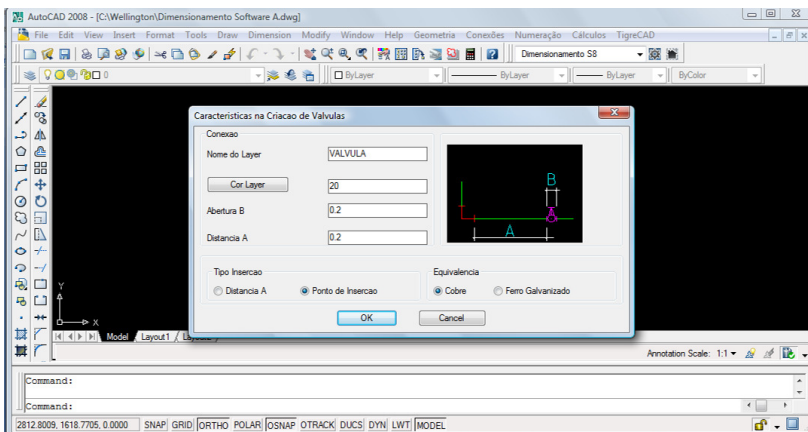


Figura 17 - Características na Criação de Válvulas

3.3.3 inserção de atributos e numeração dos nós

Nesta fase são atribuídas características próprias a cada parte que compõe o sub-sistema de distribuição interna.

No menu *Numeração: Barrilete: Início do Barrilete*, deve ser escolhida a opção 'Equivalência PVC e cobre' e em seguida a

alternativa ‘Entrada Normal’. Na barra de comando do AUTOCAD aparecerá a mensagem ‘Número do Barrilete [1]’, devendo ser informado o número. Em seguida será solicitada a ‘Pressão de Partida’ (FIG. 18).

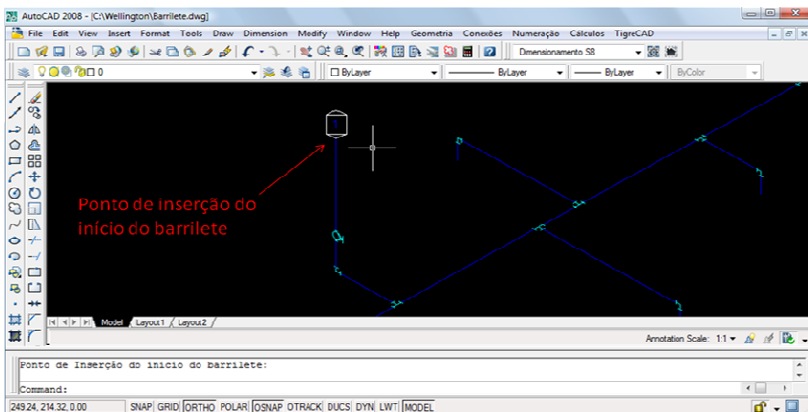


Figura 18 - Ponto de inserção do início do barrilete já inserido

Com o ponto de partida do barrilete já devidamente caracterizado, o próximo passo é atribuir a cada saída do barrilete ou a cada coluna seu respectivo peso relativo. Na opção Numeração: Barrilete: Saída/Integração, o software abre uma caixa ‘Saída do barrilete/Integração com colunas’ (FIG.19).

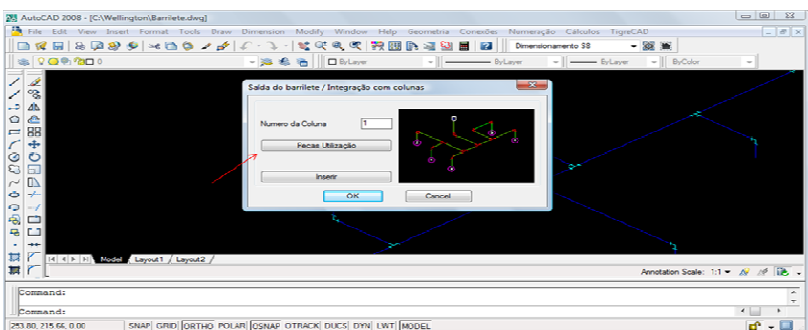


Figura 19 - Saída do barrilete / Integração com colunas

Inicialmente é informado o número da coluna que será integrada ao barrilete, nesse caso a coluna 1 dos Blocos A ou B do estudo de caso. Em seguida, no item ‘Peças de Utilização’ abre-se uma segunda caixa de

diálogo onde se marcará as peças penduradas na coluna 1 e suas respectivas quantidades (FIG.20).

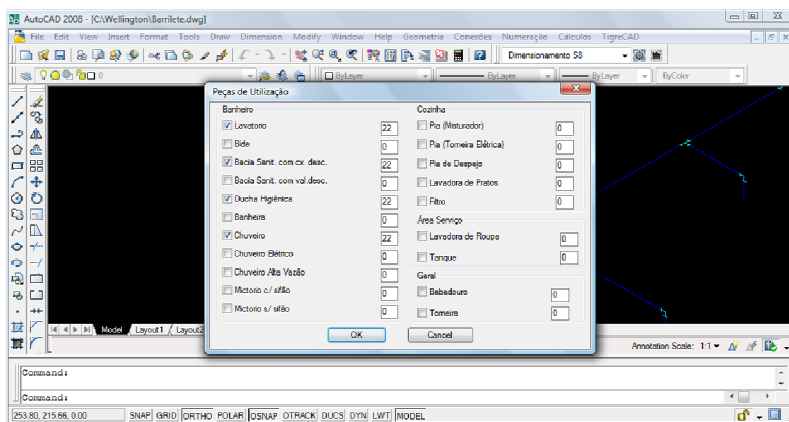


Figura 20 - Peças de utilização penduradas na coluna 1

Na barra de comando do AUTOCAD aparecerá a mensagem ‘Ponto de inserção para saída do barrilete’. Clicando no ponto relativo a esta coluna, será acrescentada uma informação em formato de texto, que contem o peso referente à coluna (FIG.21).

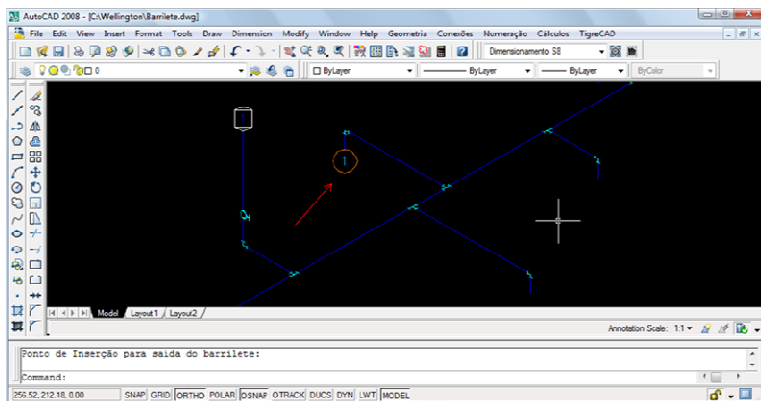


Figura 21 - Inserção da saída do barrilete

A numeração segue ao longo das várias colunas do projeto.

Após atribuir características às colunas, é a vez de caracterizar os ramais e sub-ramais. Ao seleccionar *Numeração: Isométrica detalhes:*

Início da Isométrica, na barra de comandos do AUTOCAD aparecerão duas mensagens: ‘Número da coluna,’ onde será informado o número da coluna que irá alimentar o ramal, e a segunda mensagem ‘Pressão de Partida da Isométrica 1’, que corresponde à pressão encontrada à montante, ou seja, a pressão existente no trecho da coluna que irá alimentar a isométrica (FIG.22). Em seguida serão pedidas outras duas informações: ‘Altura do Ponto’ e o ‘Local’, que corresponde ao pavimento em que a isométrica se localiza. Tendo sido realizados todos esses passos basta inserir o ‘Ponto de Inserção para início da Isométrica’ (FIG.23).

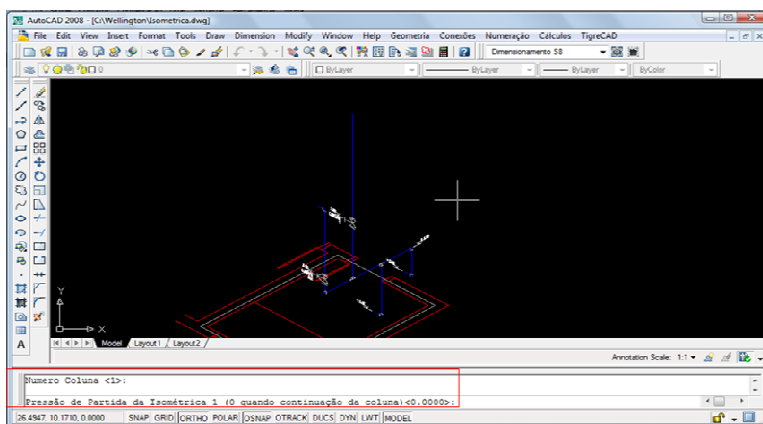


Figura 22 – Atribuição de características iniciais à Isométrica

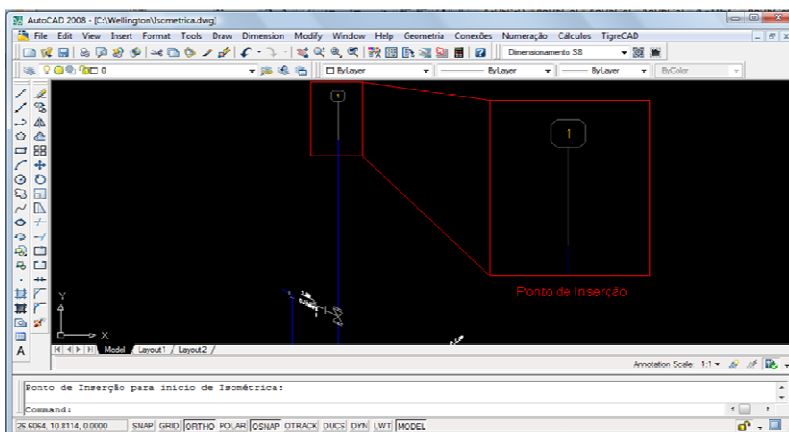


Figura 23 - Ponto de Inserção para início da Isométrica

Em seguida deve ser informado em cada sub-ramal o respectivo aparelho sanitário. Ao escolher uma peça, um chuveiro, por exemplo, a barra de ferramentas do AUTOCAD solicitará ‘Ponto de Inserção peça de utilização’. Deve-se indicar o ponto à jusante de cada sub-ramal, onde será acrescentada informação referente ao peso de cada um deles (FIG.24).

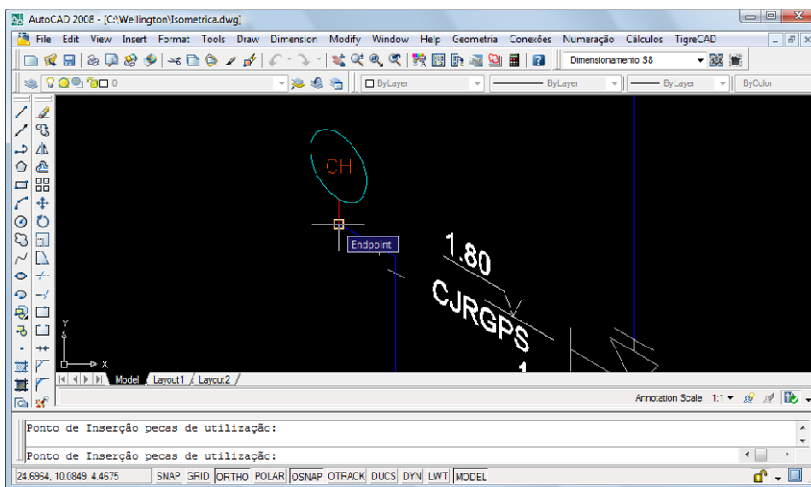


Figura 24 - Ponto de Inserção peças de utilização

Após a atribuição de caracteres ao barrilete, colunas e isométricas, o próximo passo é a numeração dos nós. Para essa operação, o software ‘A’ traz as opções ‘Manual Individual’ para a numeração individual das partes constituintes do sub-sistema e a opção ‘Manual Integrada’. Nesta última os barriletes, colunas e isométricas são numerados trecho a trecho, na sequência de fluxo da água saindo da caixa d’água e chegando ao ponto de consumo. No dimensionamento do estudo de caso foi utilizada a primeira opção de dimensionamento, pois os desenhos foram gerados em arquivos separados.

Ao escolher a opção *Numeração: Numeração dos Nós: Manual Integrada*, o software pedirá para dar um clique sobre a tubulação e trecho a trecho será gerada a numeração e atribuído a cada trecho seu respectivo comprimento (FIG.25).

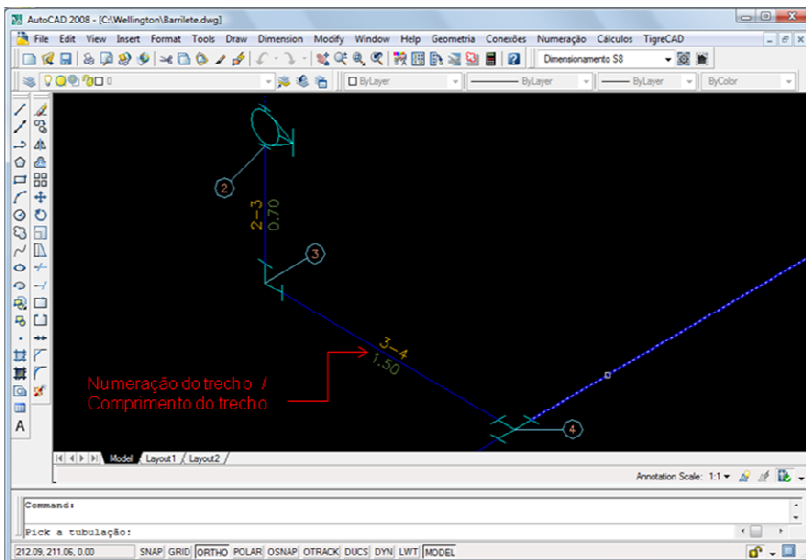


Figura 25 - Exemplo de numeração dos nós

É válido lembrar que, em todos os trechos, a tubulação deve estar conectada às bolsas das conexões e/ou registros, para que a numeração não seja interrompida. Caso haja algum erro ou falta de algum dado, o software 'A' emitirá um Diagnóstico indicando o problema e oferecendo possíveis soluções para a resolução.

3.3.4 Finalização do projeto

Após a numeração de todos os trechos do barrilete, colunas e isométricas, deve-se criar a ordenação através do *menu Cálculos: Distribuição: Criar ordenação* (FIG.26). Na barra de comando do AUTOCAD serão solicitadas duas informações. A primeira é 'Velocidade máxima <3.00>' onde o projetista poderá fornecer a velocidade máxima a ser considerada para o projeto. Seguindo a recomendação da NBR5626/1998 será considerada 3,00 m/s.

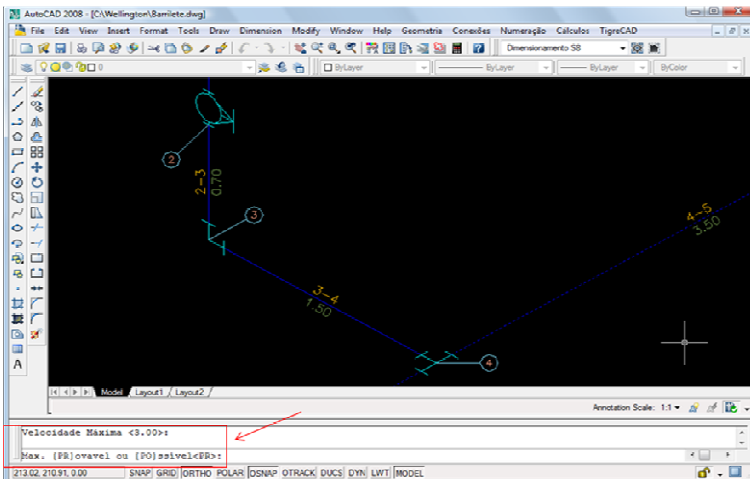


Figura 26 - Entrada de dados para o dimensionamento dos trechos numerados

A segunda informação solicitada é ‘Max. [PR]ovavel ou [PO]ssivel’, que solicitará ao projetista a escolha do tipo de dimensionamento que será considerado. No estudo de caso, foi empregado o critério máximo provável, ou seja, considerou-se a não ocorrência de uso simultâneo das peças de utilização. Após a entrada dos dados solicitados, o software gera a planilha de cálculo (FIG.27).

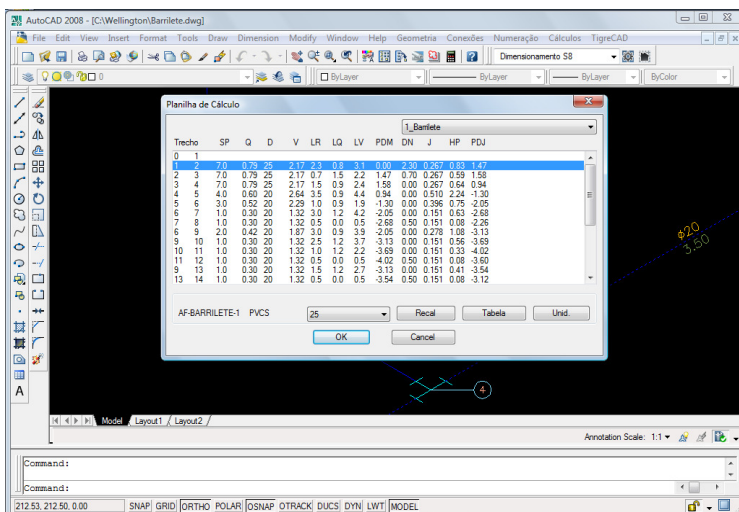


Figura 27 - Exemplo de Planilha de Cálculo gerada pelo Software ‘A’

Esta planilha possibilita ao projetista verificar trecho a trecho o peso relativo, a vazão, a velocidade, a pressão a montante e a jusante e o diâmetro da tubulação. Na planilha da FIG.27 podem ser observados trechos com pressões negativas. Para solucionar esses trechos, o software solicita ao projetista que altere os diâmetros e recalcule os trechos. Esses comandos podem ser visualizados na parte inferior da caixa de diálogo que apresenta os trechos com seus respectivos parâmetros. A FIG.28 apresenta a mesma planilha esboçada acima, mas agora com os diâmetros e pressões a montante e a jusante alterados.

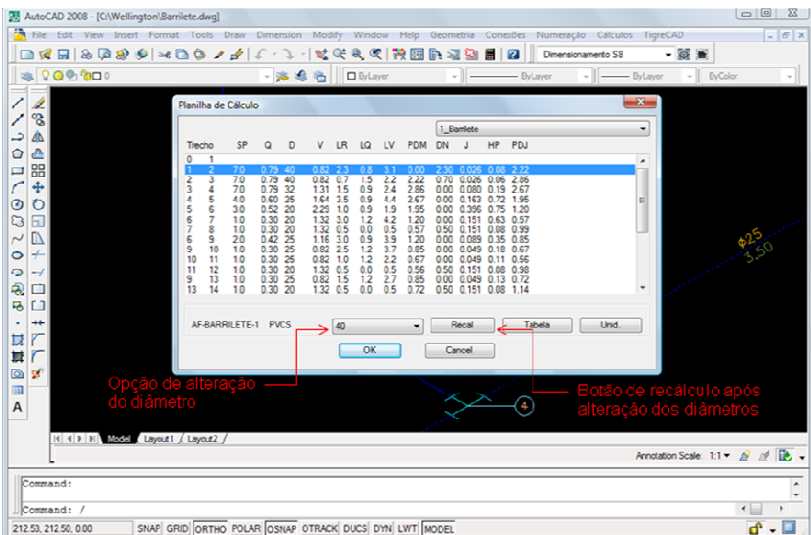


Figura 28 - Planilha de Cálculo com trechos recalculados

Caso o projetista altere o diâmetro de determinado trecho provocando uma velocidade máxima acima da estipulada anteriormente, o software emitirá uma mensagem alertando-o sobre o excesso e informando-o a velocidade máxima que foi considerada anteriormente (FIG.29).

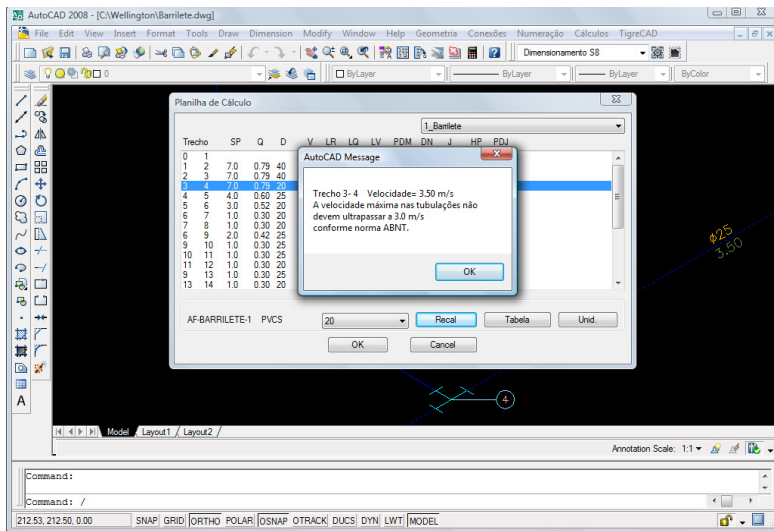


Figura 29 - Mensagem de alerta caso a velocidade máxima seja excedida

O software 'A', ao gerar a planilha de cálculo ilustrada acima (FIG.29) também origina automaticamente uma planilha na extensão .xls, armazenada na mesma pasta onde o desenho em .dwg está localizado.

3.3.5 Rotina de Dimensionamento do Software Hidro2

O dimensionamento por diâmetro de referência também é conhecido como pré-dimensionamento, no qual é considerado o diâmetro equivalente a polegadas, ou seja, considera-se que para todos os materiais há os mesmos valores de vazão, velocidade, pressão e diâmetro.

O pré-dimensionamento dos sistemas prediais é uma prática comum em muitos escritórios de projetos e um dos programas que permite ilustrar esse pré-dimensionamento é o programa HIDRO2. Este software foi desenvolvido pelo Laboratório de Hidráulica da Universidade Federal de Santa Maria e traz duas opções de dimensionamento, a Opção 1: Diâmetros internos, referência em polegadas (padrão) e a Opção 2: Diâmetros internos, referência materiais (FIG.30).



Figura 30 - Plataforma programa HIDRO2 – Escolha opção de dimensionamento

Fonte: HIDRO2 v.2.0

Para tratar com dimensionamento por diâmetro de referência será utilizada a opção 1 do software HIDRO2. A TAB.18 apresenta a equivalência diâmetro de referência do software com o diâmetro externo nominal dos tubos de PVC rígido soldável.

Tabela 18 - Equivalência DR x DN comercial

Diâmetro de Referência (Hidro2)		Diâmetro externo nominal
DR	Polegadas	DN
13	1/2"	20
19	3/4"	25
25	1"	32
32	1 1/4"	40
38	1 1/2"	50
50	2"	60
63	2 1/2"	75
75	3"	85
100	4"	110

O cálculo do projeto hidráulico-sanitário utilizando o software HIDRO2 possui uma rotina de dimensionamento de fácil entendimento, onde o projetista entra com os dados solicitados.

Antes de iniciar o dimensionamento é necessário elaborar o desenho do sub-sistema de distribuição interna do edifício (barrilete, colunas, ramais e sub-ramais) em escala real, inserir as conexões e registros referentes a cada trecho e numerá-los em ordem crescente. Após o término do desenho, para facilitar a entrada de dados no programa, recomenda-se realizar o somatório dos pesos acumulados de baixo para cima, ou seja, dos sub-ramais até chegar ao barrilete. O peso relativo referente a cada peça de utilização deve ser consultado na Tabela A1 do Anexo A da NBR5626/1998.

É necessário elucidar que, para o dimensionamento utilizando o software HIDRO2, a vazão de referência adotada no programa é de 0,3L/s para “PESO” unitário e a velocidade máxima é de 2,5 m/s, conforme recomenda a NBR5626(1982).

Cumpridas essas etapas iniciais o dimensionamento pode ser iniciado. Vale lembrar que o programa Hidro2 é operado através de letras e números, as quais são indicadas pelo mesmo, dando ao projetista o poder de escolha.

Ao abrir o programa aparece o menu principal (FIG.31) que apresenta quatro opções a saber:

- 1 – Iniciar Cálculo Novo
- 2 – Recuperar Cálculo Salvo
- 3 – Executar DOS
- 4 – Encerrar o Programa

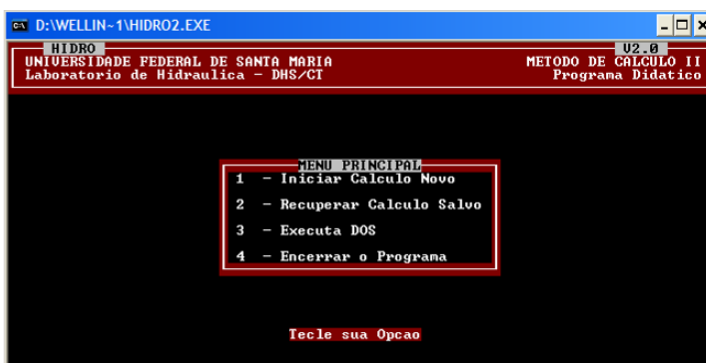


Figura 31 - Menu principal do Hidro2

Teclando a opção ‘1’ é aberta outra página idêntica àquela ilustrada na FIG.30. Esta página expõe as duas opções de dimensionamento operadas pelo programa e ao pé da página oferece a

seguinte mensagem ‘Tecla sua Opção’. Aqui será escolhida a OPCÃO 1 pois é ela que direciona o dimensionamento por diâmetro de referência, o qual exemplificará as implicações por essa escolha de diâmetro.

Ao digitar a tecla ‘1’ o programa abre uma terceira página que oferece vários tipos de cálculo (FIG.32). Na parte inferior da caixa aparece a mensagem ‘Digite a Letra correspondente a Opção’. Para o estudo que está proposto neste trabalho, a letra a ser digitada é ‘A’ – Planilha de Água Fria.

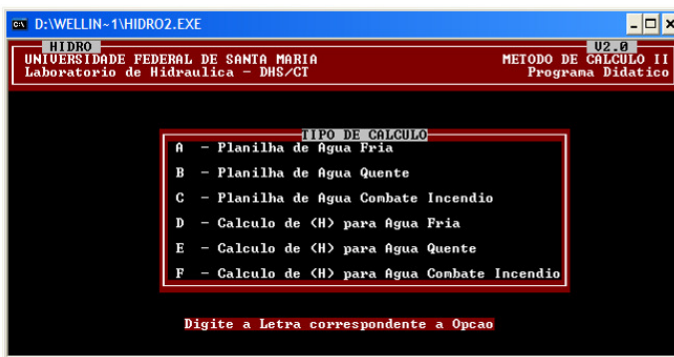


Figura 32 – Terceira página do programa - Opções de cálculo oferecidas

Digitando a Letra ‘A’ o programa segue para a quarta página onde será iniciada a entrada de dados para a confecção do cálculo (FIG.33). Nesta página são três os dados a serem preenchidos: Trecho, Local e Material. As mensagens que aparecem na parte inferior da página orientarão o projetista no preenchimento desses dados.

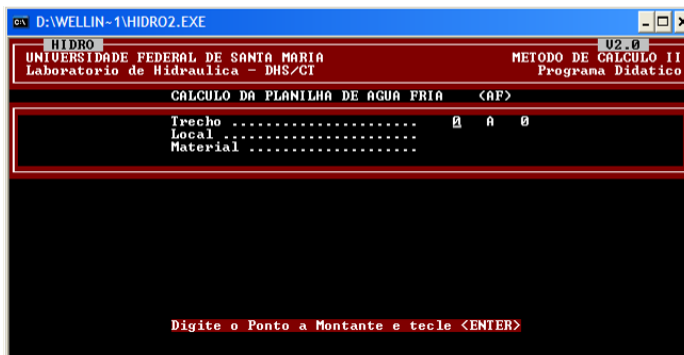


Figura 33 - Quarta página do programa – Início entrada de dados

A primeira mensagem é ‘Digite o Ponto a Montante e tecla <ENTER>’. Digitando ‘1’ por exemplo, o número ‘1’ passa a representar o ponto a montante e o programa pede ‘Digite o Ponto a Jusante e tecla <ENTER>’ (FIG.34). Digitando ‘2’ a opção ‘Trechos já está completada e o programa passa para o preenchimento do ‘Local’.

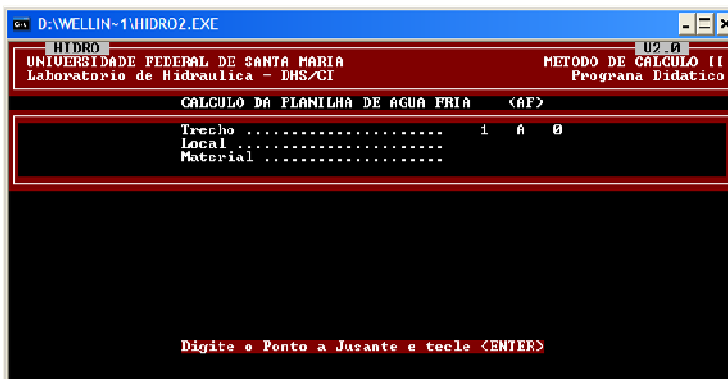


Figura 34 - Quarta página do programa – Continuação entrada de dados



Figura 35 -- Quarta página do programa – Identificação do ‘Local’

Para o preenchimento do ‘Local’ o Hidro2 indica ‘Digite a opção correspondente e tecla <ENTER>’. Nesse caso são ofertadas ao projetista doze possíveis locais, que corresponderá a parte do sub-sistema de distribuição que o trecho está representando (FIG.35). Sugerindo a letra ‘B’ por exemplo, o ‘Local’ fica preenchido com ‘BARRILETE’ e o software passa para o preenchimento do dado ‘Material’ (FIG.36).



Figura 36 - Quarta página do programa – Escolha do material

Também para ‘Material’ aparece a mensagem ‘Digite a opção correspondente e tecle <ENTER>’. São oito as opções oferecidas pelo programa. Para o estudo de caso está sendo considerado PVC rígido soldável, por isso, a opção a ser selecionada é ‘A’ – Plástico Soldável .. PVC-AF. Após selecionar essa opção o programa pergunta ‘Os dados estão corretos? S/N’ (FIG.37) e digitando ‘S’ o programa passa para a quinta página (FIG.38).



Figura 37 - Quarta página do programa – Confirmação dos dados preenchidos



Figura 38 - Quinta página do programa – Continuação entrada de dados

Na parte superior da quinta página aparecem os dados da página anterior agora já preenchidos e logo em seguida são solicitados outros cinco dados: Pressão no Ponto 1, Somatório dos Pesos, Somatório número de diâmetros, Comprimento da Tubulação e Diferença de Nível. A mensagem na parte inferior da página ‘Entre com os Dados para o Cálculo e tecla <ENTER>’ orienta o projetista no preenchimento desses dados.

A ‘Pressão no Ponto 1’ deve ser preenchida com a pressão a jusante do ponto anterior. Caso seja esse ponto o início da isométrica de um banheiro por exemplo, deve ser indicada a pressão do trecho imediatamente anterior.

O ‘Somatório dos Pesos’ deve ser lido nas plantas que foram preenchidas antes do início do cálculo com o programa.

O ‘Somatório do número de Diâmetros’ será obtido através da TAB.19. No Roteiro de Atividades para o Dimensionamento do Hidro2 está explicitado que essa tabela foi obtida através da média dos valores dos comprimentos equivalentes adotados pela NBR5626 de todos os diâmetros utilizados em Instalações Prediais, para cada peça.

O ‘Comprimento da Tubulação’ será obtido diretamente nos desenhos do sub-sistema de distribuição interna dos edifícios, assim como a ‘Diferença de Nível’, lembrando que esta terá valor positivo se a tubulação for descendente e valor negativo se a tubulação estiver ascendente.

Tabela 19 - Relação entre perda de carga localizada e número de diâmetros que correspondem ao comprimento equivalente das peças

N.º	Tipo de peça	Número de Diâmetro	
		PVC e Cobre	FG e FF
1	Cotovelo 90	69	35
2	Cotovelo 45	29	16
3	Curva Longa 90	26	14
4	Curva Longa 45	15	11
5	Entrada Normal	23	13
6	Entrada de Borda	57	29
7	Saída de Canalização	56	29
8	Registro de Gaveta Aberto	11	7
9	Registro Globo Aberto	706	354
10	Registro de Ângulo Aberto	366	184
11	Tê de Saída Lateral e Bilateral	146	73
12	Tê de Passagem Direta	45	22
13	Válvula de Retenção Tipo Leve	158	84
14	Válvula de Retenção Tipo Pesada	233	126
15	Válvula de Pé com Crivo	511	268

Fonte: Roteiro de Atividades para o Dimensionamento do HIDRO2.

Completado todos os dados, na parte inferior da página cinco aparecerá novamente a pergunta ‘Os dados estão corretos? S/N’ (FIG.39). Digitando ‘S’ o programa passa para a sexta página (FIG.40).

The screenshot shows the HIDRO2 software interface. At the top, it displays the file path 'D:\WELLIN-1\HIDRO2.EXE' and the window title 'HIDRO'. Below this, there is a header section with 'UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA' and 'Laboratorio de Hidraulica - DHS/CT'. The main title of the window is 'ISO1 - CALCULO DA PLANILHA DE AGUA FRIA (AF)'. The interface is divided into several sections:

- Input Section:** Shows 'Trecho' (Section) as 'Local', 'Material' as 'RAMAL SIMPLES', and 'PUC-AFs' as 'PUC-AFs'. The calculation method is 'METODO DE CALCULO II Programa Didatico'.
- RESULTS (RESULTADOS) Section:**

Parameter	Value	Unit	Parameter	Value	Unit
SP	3.0	s/u	SD	1.46	s/u
Q	0.52	l/s	PDM	2.41	mca
D	25.0	mm	DN	0.10	m
U	1.06	m/s	J	0.0634	m/m
LR	0.10	m	HP	0.24	mca
LQ	3.65	m	PDJ	2.28	mca
LU	3.75	m			
- Footer Section:** A menu bar with options: 'A-Altera N-Anula C-Cont H-Alt/RS L-Lista Q-Arquivo D-DOS M-Menu F-Fim'.

Figura 39 - Quinta página do programa – Confirmação dos dados preenchidos



Figura 40 - Sexta página do programa – Exposição dos parâmetros do trecho calculado

Nesta página são expostos os resultados referentes ao trecho calculado como: vazão (Q), velocidade (V), pressões a montante (PDM) e a jusante (PDJ), perda de carga (J) e o diâmetro (D) sugerido pelo programa diante dos resultados obtidos. Na parte inferior desta página o programa fornece ao projetista algumas opções de entrada: Ao optar por 'A – Altera' o programa perguntará se a alteração será em 'D – Diâmetro', que alterará apenas o diâmetro do trecho indicado, 'T – Trecho', que retornará à página três, dando a possibilidade de alterar algum dos dados anteriormente fornecidos ou 'P' – Padrão de Diâmetros (FIG.41). O projetista também pode optar por 'C' e continuar o dimensionamento, por 'Q' e arquivar o dimensionamento, por 'M' e retornar ao menu principal ou por 'L' - Lista.



Figura 41 - Sexta página do programa – Opções de alteração de dados

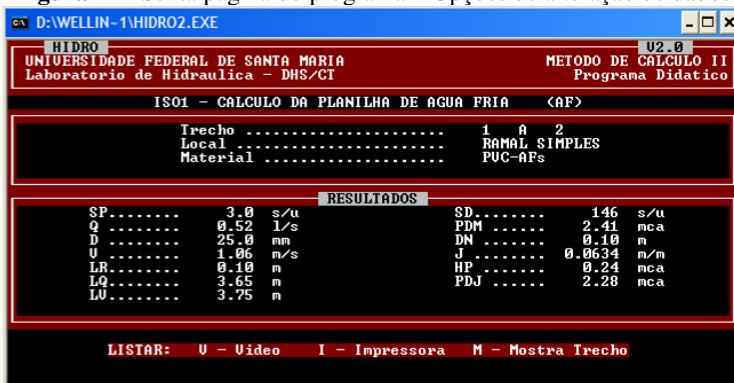


Figura 42 - Sexta página do programa – Opções para ‘L – Lista’

Optando por ‘L’ – Lista, o programa fornece na parte inferior da página as alternativas: ‘V’ que significa apenas visualizar de uma só vez todos os trechos já dimensionados; ‘I’ que conduz à impressão dos trechos calculados e ‘M’ que mostra um trecho específico (FIG.42).

Selecionando a letra ‘V’ é aberta a sétima e última página do programa (FIG.43) onde é possível visualizar todos os trechos com seus respectivos resultados.

TRECHO	SP	Q	D	U	LR	LQ	LU	EDM	DN	J	HP	PDJ	
1-2	1	3.7	0.58	25.0	1.18	1.9	5.7	7.6	1.29	1.79	0.076	0.58	2.44
2-3	2	3.0	0.52	25.0	1.06	0.1	3.7	7.0	2.41	0.19	0.063	0.24	2.20
3-4	3	1.0	0.30	19.0	1.06	1.0	1.3	2.3	2.20	0.09	0.009	0.24	2.07
4-5	4	2.0	0.42	25.0	0.86	3.7	10.6	14.2	2.28	0.60	0.044	0.63	2.25
5-6	5	0.3	0.16	19.0*	0.58	0.3	1.3	1.6	1.45	-0.30	0.031	0.05	1.10

Figura 43 - Sétima página do programa – Representação de todos os trechos dimensionados

Na quarta coluna ‘D’ de Diâmetro podem ser conferidos os diâmetros de referência obtidos. Especificamente no trecho 5-6 observa-se que o diâmetro está indicado com um asterisco. Esse sinal indica que esse trecho sofreu alteração no seu diâmetro. Nessa página também se observa os mesmos comandos ‘Alterar’, ‘Continuar’ e outros já mencionados anteriormente na FIG.40.

3.4 CONFIGURAÇÃO DOS CENÁRIOS

Para que fosse possível analisar a influência da adoção do diâmetro interno ou do diâmetro externo, da rotina otimizada, de um software comercial ou de um software didático no dimensionamento de sistemas prediais, o empreendimento em questão foi dimensionado considerando cinco cenários:

Cenário A – Dimensionamento utilizando o software didático Hidro 2, considerando diâmetro de referência (Parâmetros Hidráulicos: Velocidade máxima: 2,5 m/s; Pressão mínima nas derivações: 0,5 m.c.a; Pressão Mínima de funcionamento das Peças de Utilização);

Cenário B - Dimensionamento utilizando a rotina otimizada, considerando diâmetro interno das tubulações (Parâmetros Hidráulicos: Velocidade máxima: 3,0 m/s; Pressão mínima nas derivações: 0,5 m.c.a; Pressão Mínima de funcionamento das Peças de Utilização);

Cenário C - Dimensionamento utilizando a rotina otimizada, considerando diâmetro de referência (Parâmetros Hidráulicos: Velocidade máxima: 3,0 m/s; Pressão mínima nas derivações: 0,5 m.c.a;

Pressão Mínima de funcionamento das Peças de Utilização);

Cenário D - Dimensionamento utilizando a rotina otimizada, atendendo a norma europeia (DIN EN 806-3/2006) com relação às velocidades máximas admissíveis e considerando o diâmetro interno (Parâmetros Hidráulicos: Velocidade máxima: 2,0 m/s (barrilete e coluna) e 4,0 m/s (ramais e sub-ramais); Pressão mínima nas derivações: 0,5 m.c.a; Pressão Mínima de funcionamento das Peças de Utilização);

Cenário E - Dimensionamento utilizando o software comercial 'A', considerando o diâmetro interno das tubulações (Parâmetros Hidráulicos: Velocidade máxima: 3,0 m/s; Pressão mínima nas derivações: 0,5 m.c.a; Pressão Mínima de funcionamento das Peças de Utilização).

Em todos os cenários, foram realizadas verificações de atendimento às pressões mínimas e máximas, determinadas pelas respectivas normas.

As tabelas resultantes do dimensionamento foram analisadas e processadas. Foram então obtidas tabelas com informações sobre o diâmetro dos trechos, classificados de acordo com sua posição no sistema de distribuição (barrilete, coluna, ramal e sub-ramal).

3.5 QUANTIFICAÇÃO DO SISTEMA DE ÁGUA FRIA E ANÁLISE ECONÔMICA

A quantificação de materiais do sistema de água fria foi realizada manualmente, baseando-se nos projetos desenvolvidos para cada um dos cinco cenários apresentados anteriormente. Utilizou-se a linha de PVC soldável de um fabricante nacional para as especificações do sistema de água fria. Apesar do software "A" processar o levantamento dos materiais automaticamente, optou-se por aplicar o mesmo procedimento de quantificação dos demais cenários, de forma a adotar um padrão que não influenciasse nos resultados.

Os materiais foram organizados em três grupos: 1 - Tubulação e adesivos; 2 - Conexões e 3 - Metais (registros internos ao sistema). Os metais externos à alvenaria não foram considerados, pois sua somatória será a mesma para todos os cenários.

Durante a fase de concepção do projeto procurou-se desenvolver traçados de tubulação que considerasse as conexões em seus diversos diâmetros disponíveis no mercado no ano de 2010. Desta forma, as principais conexões consideradas foram buchas de redução, joelhos de 45° e de 90°, tees 90° e de redução, luvas e adaptadores (Tigre, 2008).

Adotaram-se comandos (registros) metálicos, isto é, em bronze com acabamento cromado e/ou acabamento bruto (considerados quando

localizados em ambientes de difícil acesso tais como, barriletes e shafts).

Para a comparação de custos, foram considerados os preços de mercado fornecidos pela Tigre S.A, no caso dos tubos e conexões, e de um distribuidor de material hidráulico de Belo Horizonte para os metais.

A lista de materiais e os respectivos orçamentos (unitários e totais) para cada cenário, podem ser conferidos no Apêndice II.

A comparação entre os orçamentos finais considerou separadamente o preço dos três grupos de materiais (1- tubulação e adesivos; 2 - Conexões e 3 - Metais) de forma a possibilitar a checagem do grupo ou dos grupos que mais contribuíram no preço final do sistema de água fria.

Os resultados foram analisados por meio de histogramas e gráficos de coluna.

4 RESULTADOS

Este capítulo trata dos resultados obtidos com o dimensionamento realizado nos seguintes cenários:

Cenário A - Dimensionamento utilizando o software didático Hidro 2, considerando diâmetro de referência;

Cenário B - Dimensionamento utilizando a rotina otimizada, considerando diâmetro interno das tubulações;

Cenário C - Dimensionamento utilizando a rotina otimizada, considerando diâmetro de referência;

Cenário D - Dimensionamento utilizando a rotina otimizada, atendendo a norma europeia (DIN EN 806-3) com relação às velocidades máximas admissíveis e considerando o diâmetro interno.

Cenário E - Dimensionamento utilizando o Software 'A', considerando o diâmetro interno das tubulações.

4.1 DIÂMETRO DOS TRECHOS POR CENÁRIO

Analisando o diâmetro dos trechos dos sub-ramais no Bloco A, percebe-se que o cenário B, que utiliza rotina otimizada e diâmetro interno, o cenário D, que utiliza a norma DIN EN 806-3 e o cenário E, que utilizou o software comercial, apresentaram 90% dos trechos com diâmetro de 20 mm (FIG.44).

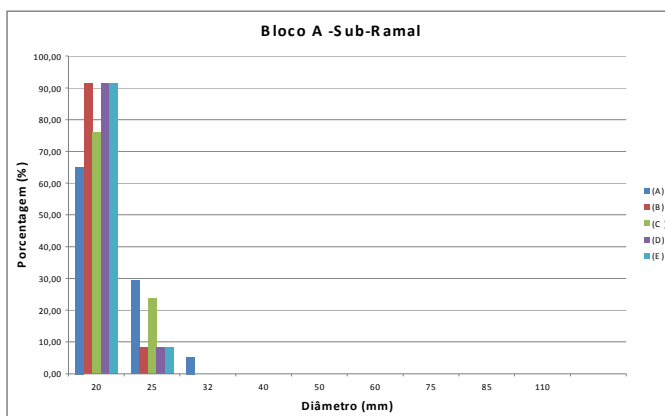


Figura 44 – Distribuição dos diâmetros no sub-ramal nos cenários para o Bloco A

A análise dos trechos do ramal mostra que o cenário D, que utiliza parâmetros da norma DIN EN 806-3, possui trechos com menores diâmetros (20 mm), seguido pelo cenário B, que utilizou a rotina otimizada (FIG.45).

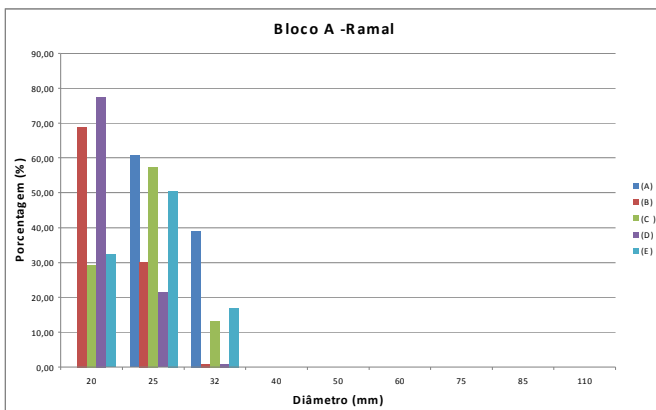


Figura 45 – Distribuição dos diâmetros no ramal nos cenários para o Bloco A

Já nas colunas, o cenário B, que utilizou a rotina otimizada e os parâmetros da NBR 5626/1998, forneceu diâmetros menores (FIG.46). 85% dos trechos de colunas do cenário B tiveram diâmetros de 20, 25 e 32 mm. O cenário D, que utilizou a norma européia, teve apenas 55% dos trechos de colunas nos trechos 20, 25 e 32 mm.

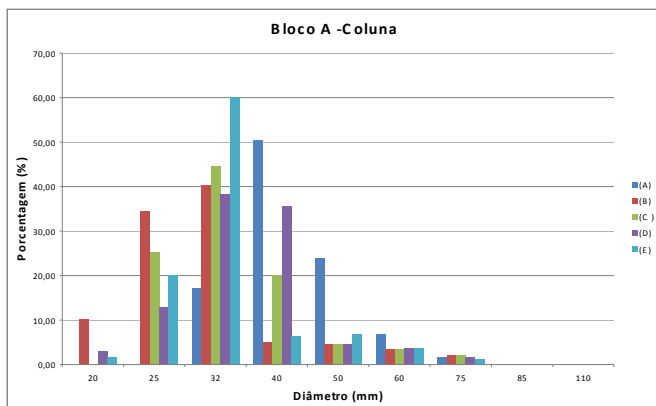


Figura 46 – Distribuição dos diâmetros na coluna nos cenários para o Bloco A

Através da análise do diâmetro dos trechos localizados no barrilete (FIG.47), conclui-se que o cenário A, que utiliza a norma brasileira antiga (NBR 5686/1982) e diâmetro de referência, e o cenário E, que utilizou um software comercial, determinaram diâmetros de 110 mm 25% e 8% a mais que os demais cenários, respectivamente.

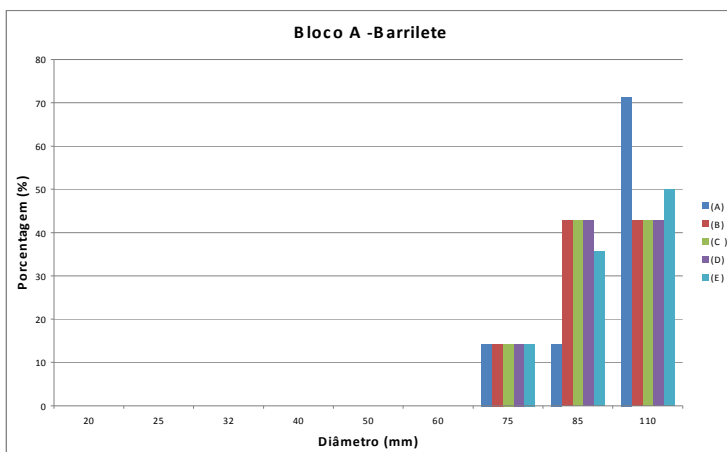


Figura 47 – Distribuição dos diâmetros no barrilete nos cenários para o Bloco A

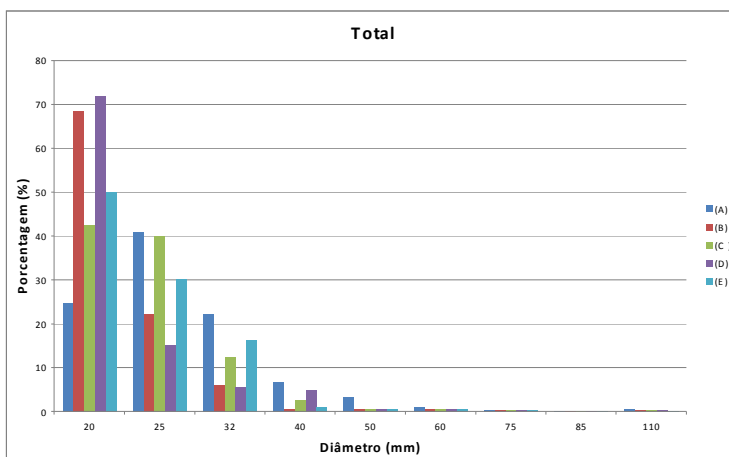


Figura 48 – Distribuição total dos diâmetros nos cenários

Considerando o material consumido para o Bloco A e o Bloco B, o cenário B, que utilizou a rotina otimizada e os parâmetros da NBR 5626/1998, e o cenário D, que adotou parâmetros da norma européia DIN EN 806-3, apresentaram trechos com diâmetro menores que os demais cenários (FIG.48).

4.2 QUANTIFICAÇÃO DOS MATERIAIS POR CENÁRIO

O dimensionamento por métodos diferentes gera listas de materiais diferentes, que conseqüentemente podem apresentar custos diferenciados. Isto ocorre porque determinadas conexões, devido à procura de mercado, tem preços diferenciados. Para ilustrar esta constatação foram gerados gráficos com a listagem de conexões dos cenários B, que utilizou a rotina otimizada e os parâmetros da NBR 5626/1998, e o cenário E, que fez uso do software 'A'. Neste tipo de análise foram considerados os materiais necessários para a montagem dos sistemas nos Bloco A e B.

Analisando as conexões do tipo 1 (adaptadores, bucha de redução e joelhos), percebe-se que o cenário B apresenta muito mais joelhos de 20 e 25 mm, enquanto o cenário E possui mais joelhos de 110 mm (FIG.49 e 50). Conclui-se também que o cenário E necessita de mais buchas de redução que o cenário B, indicando que ocorre mais alterações de diâmetros no projeto.

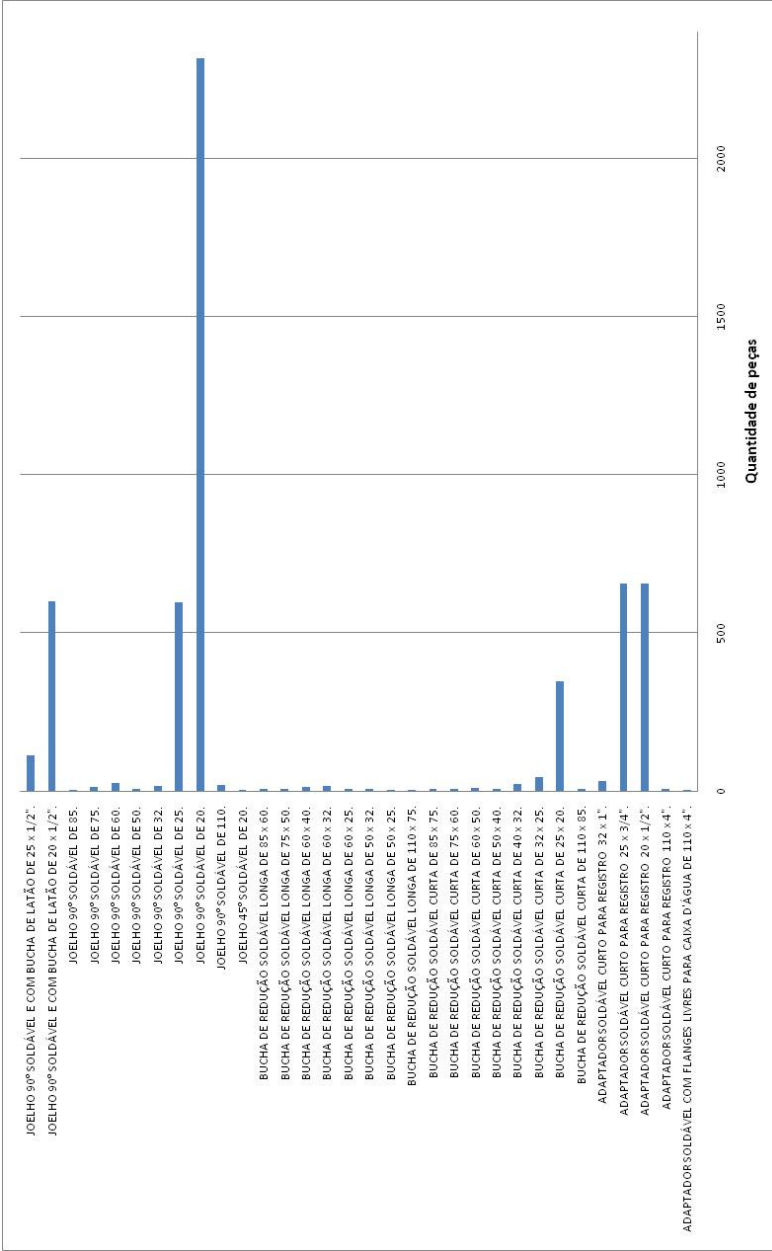


Figura 49 – Conexões Tipo 1 no Cenário B

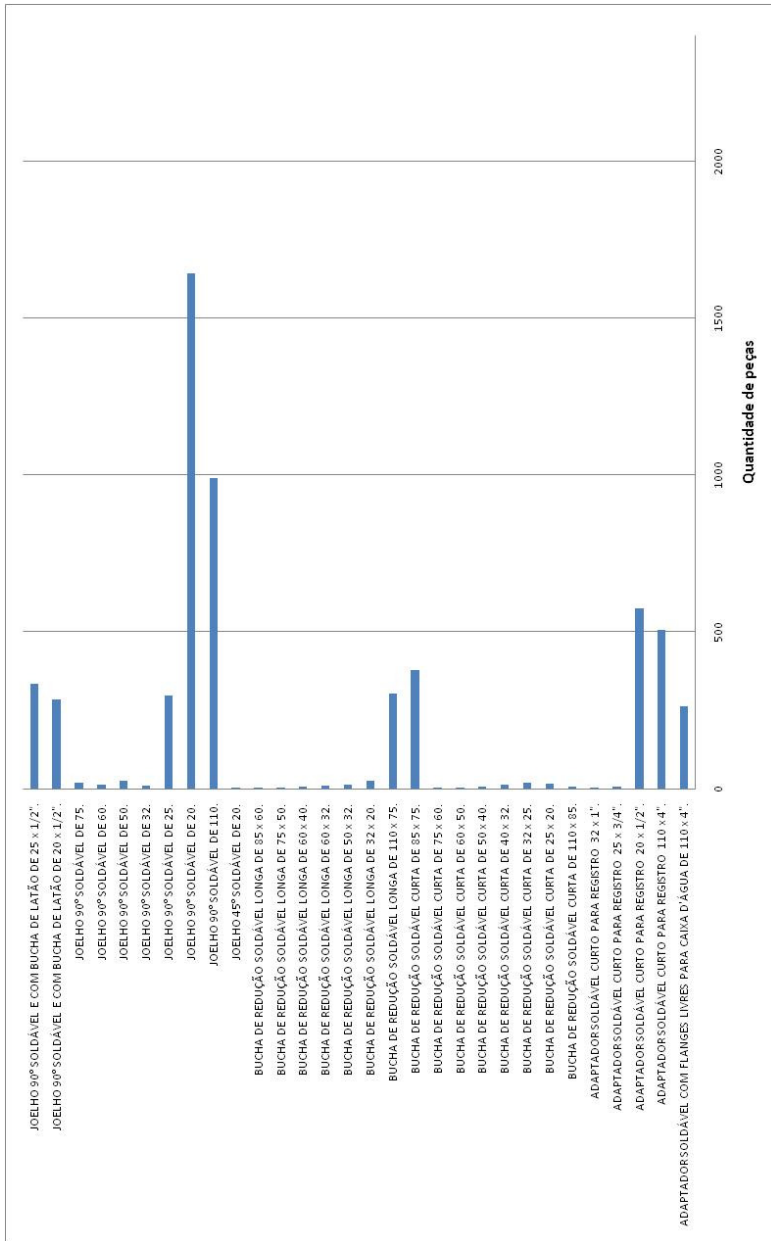


Figura 50 – Conexões Tipo 1 no cenário E

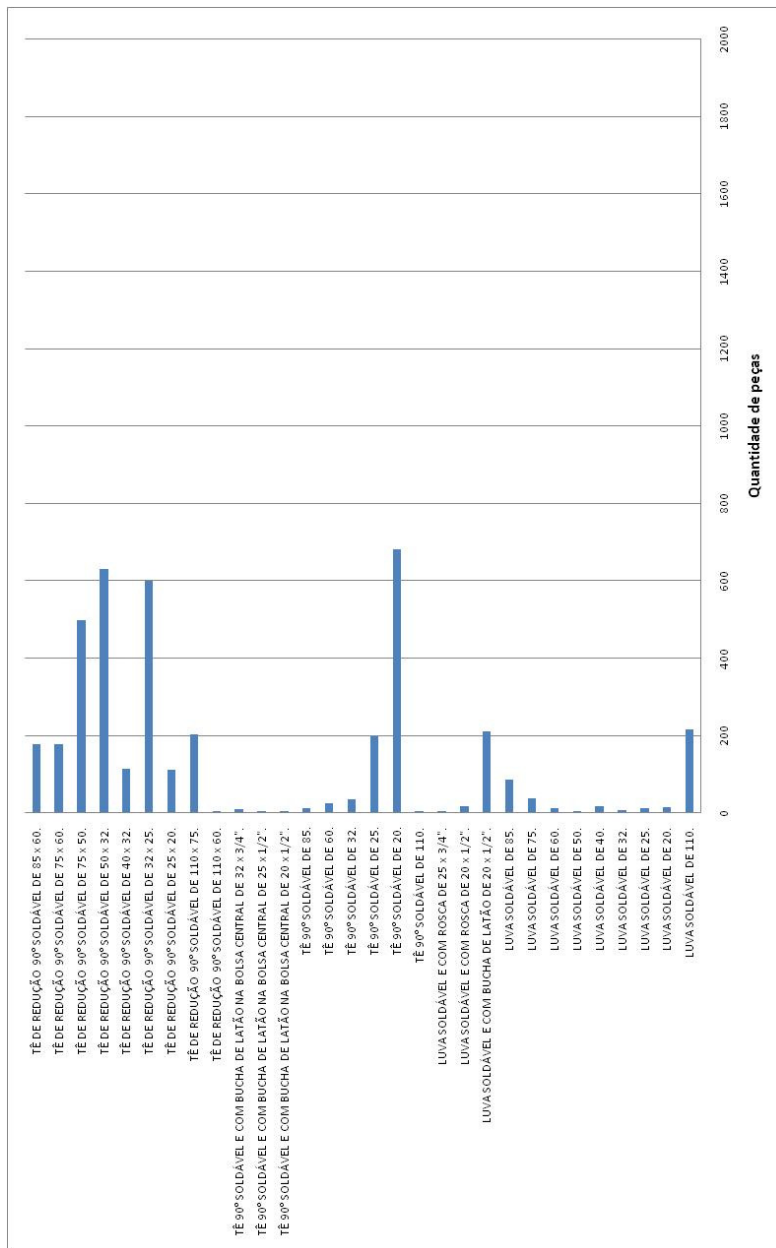


Figura 52 – Conexões Tipo 2 no cenário E

4.3 COMPARAÇÃO DE CUSTOS POR CENÁRIO

Após o orçamento das planilhas foram produzidos gráficos comparativos dos custos absolutos entre os cinco cenários, para cada um dos grupos de materiais: tubos e adesivos; conexões e metais (FIG.53, FIG.54 e FIG.55). Para este tipo de análise foram considerados os materiais necessários para os Blocos A e B do empreendimento piloto. Em todos os grupos o cenário A, que considera o diâmetro de referência e utiliza o Hidro 2 (baseado na norma NBR 5626/1982), apresentou maiores custos em todos os grupos (tubos e adesivos; conexões e metais). Por outro lado, o cenário B, que utiliza o diâmetro interno e a rotina otimizada, apresentou menores custos em todos os grupos.

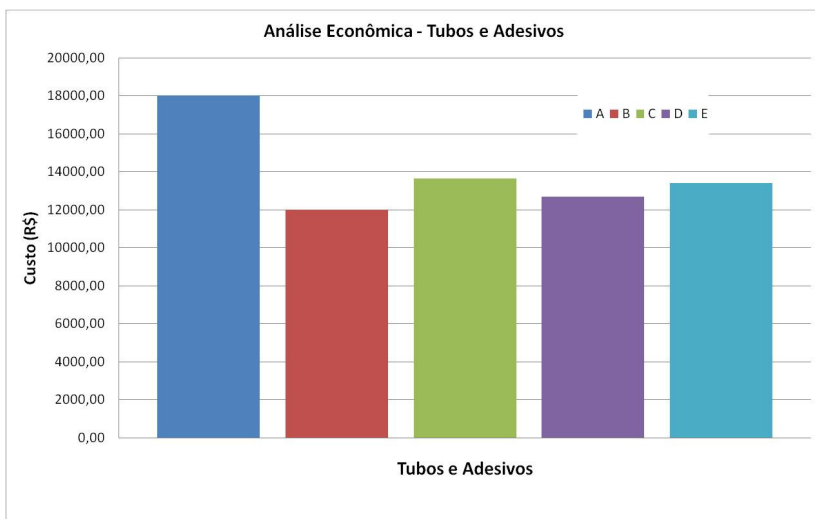


Figura 53 – Custo absoluto para tubos e adesivos considerando os cinco cenários

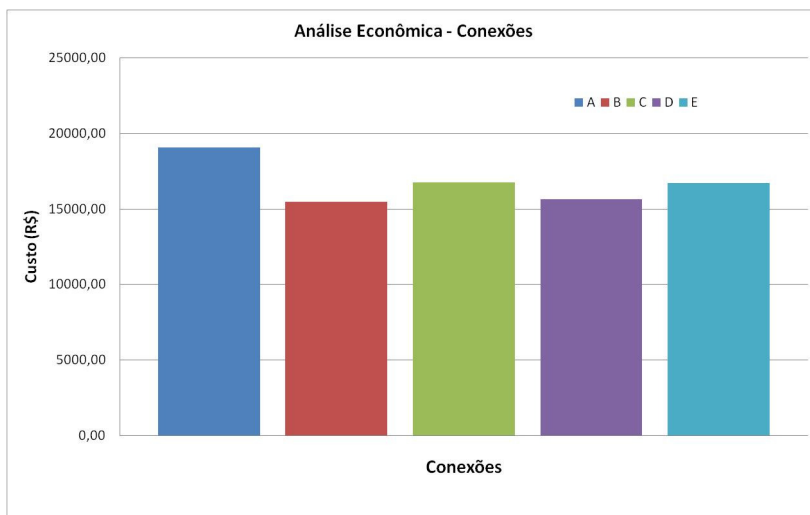


Figura 54 – Custo absoluto para conexões considerando os cinco cenários

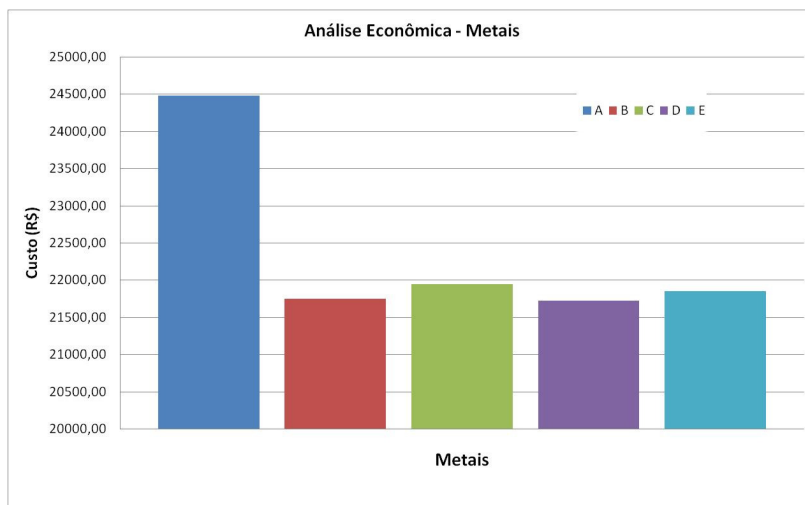


Figura 55 – Custo absoluto para os metais considerando os cinco cenários

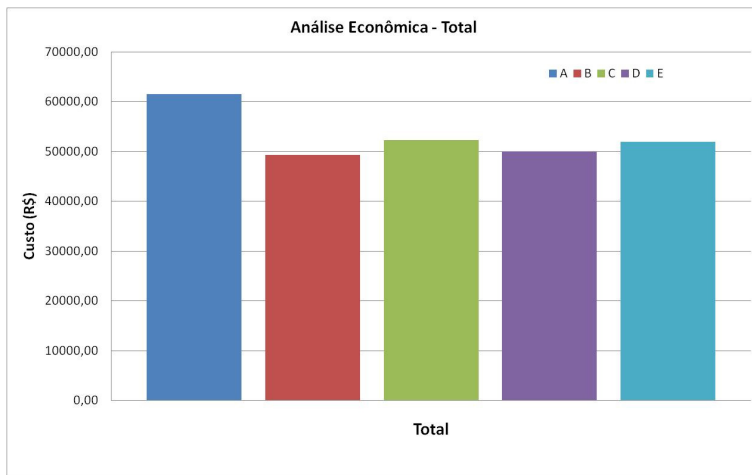


Figura 56 – Custo absoluto total considerando os cinco cenários

A análise dos custos totais (FIG.56) por cenários mostrou que o cenário A, que considera no dimensionamento o diâmetro de referência e utiliza o Hidro 2, apresentou maior custo (R\$ 61.548,55) e o cenário B, que considera o diâmetro interno e a rotina otimizada, forneceu o menor custo do sistema (R\$ 49.253,91). A diferença representa 25% do valor total apresentado pelo cenário B.

A comparação entre o cenário A e o cenário C permite concluir, uma vez que ambos consideram o diâmetro de referência, que as diferenças observadas deve-se ou as diferenças dos parâmetros hidráulicos considerados nas diferentes normas (NBR 5626 -1982 no cenário A e NBR 5626 – 1998 no cenário C) ou ao método de cálculo (Hidro 2 no cenário A e método otimizado no cenário C). A diferença entre estes cenários foi em torno de 17% do valor total do cenário C.

A adoção de diâmetro de referência também provoca aumento no custo das instalações, em torno de 6% (diferença entre o custo do cenário B e C).

A análise entre o cenário B, que utiliza os critérios de velocidade da NBR 5626 (1998) e o cenário D, que utiliza os critérios de velocidade da norma europeia DIN EN 806-3, mostra que não houve grandes diferenças no custo total (aproximadamente 1% do valor total do cenário D). Entretanto, a análise de diâmetros por trecho, mostrou que a norma europeia fornece dimensionamento superior para os trechos de coluna.

O custo total do sistema obtido com o cenário E, utilizando o

software comercial ‘A’, foi maior que o custo total do cenário B, que utilizou a rotina otimizada. Esta diferença foi de aproximadamente 6%.

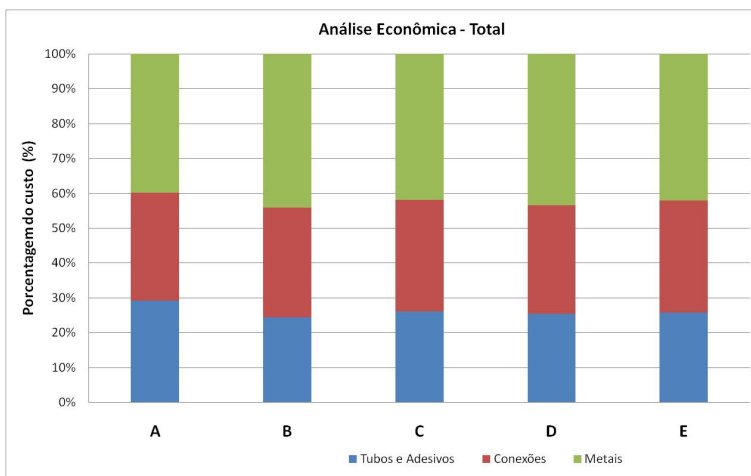


Figura 57 – Porcentagem do custo total por cenário

O custo das conexões representou aproximadamente 30% do valor total, em todos os cenários (FIG.57). No cenário B as tubulações e adesivos apresentaram custo da ordem de 25% do total, inferior à porcentagem deste grupo nos demais cenários. Entretanto, o custo dos metais apresentou maior porcentagem neste cenário (45%). Em todos os cenários, os metais apresentaram custos proporcionais superiores aos demais grupos (tubulações e adesivos; conexões).

Em geral, as normas de projeto, na área da construção civil e de sistemas hidráulicos são muito conservadoras na maioria das aplicações. Isto leva a simplificações nos procedimentos de projeto, mas conduzem ao uso excessivo de materiais, o que implica no uso excessivo de energia (Berg, 1973).

O tipo e a idade das construções, o comprimento, o material e a dimensão das tubulações são parâmetros que influenciam o custo das instalações (Wong, 2002). Desta forma, os valores de custos apresentados neste estudo são bastante específicos para uma edificação de padrão médio, mas auxiliam elucidar consensos técnicos que necessitam de maior verificação científica.

Ressalta-se que, os custos das instalações neste tipo de edificação pode servir de referência (benchmark) de forma que valores muito divergentes significam problemas nestes sistemas (Wong, 2002).

5 CONCLUSÃO

O presente estudo mostrou que o dimensionamento que utiliza a rotina otimizada e diâmetro interno foi capaz de produzir uma economia da ordem de 6% com relação ao dimensionamento gerado por um software comercial “A” e uma economia de 17% em relação ao dimensionamento que faz uso do diâmetro de referência. Considerando que o empreendimento em questão é de padrão médio, esta economia em empreendimentos de custo superior, pode representar porcentagens superiores uma vez que estas apresentam maiores espaços e mais tipos de sistemas (água quente, ar condicionado, aquecimento de piso radiante, etc).

Em termos de matéria prima, projetos com tubulações de menor diâmetro e pouca variação dos mesmos ao longo dos trechos representam um ganho em sustentabilidade ambiental, pois tem-se um consumo inferior de insumos em relação aos demais projetos. Isto ocorreu com o dimensionamento gerado pela rotina otimizada com o diâmetro interno.

A comparação entre as diferentes normas (NBR 5626/98 e DIN EN 806-3) mostrou que em termos de economia em projetos, não ocorre diferenças significativas. Entretanto, quando se compara os diâmetros dos trechos, percebe-se que a norma européia fornece diâmetros superiores nas colunas, devido ao critério de velocidade adotado por esta, da ordem de 2,0 m/s. Portanto, caso seja proposta uma atualização da norma brasileira com base na norma européia, este item não deve ser considerado.

Provavelmente, as modificações incorporadas na norma brasileira (NBR 5626/98), comparada à NBR5626/1982, produziram redução de custo, uma vez que o cenário C apresentou uma economia de 17% em relação ao cenário A.

Portanto, ao se trabalhar com a rotina otimizada considerando o diâmetro interno do PVC rígido soldável, chegou-se a um dimensionamento mais fino e criterioso, o que conforma algumas conclusões:

Apesar do tempo sem atualização da atual norma brasileira, podem ser desenvolvidos projetos com dimensionamentos mais econômicos e ambientalmente sustentáveis considerando os parâmetros da mesma;

Independentemente do tipo de dimensionamento, o custo dos materiais (tubulações, conexões e metais) apresentam porcentagens fixas

do valor total;

Adoção de softwares comerciais para o dimensionamento pode levar a projetos menos otimizados e conseqüentemente mais caros do que os realizados com metodologia aberta.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho sugere as seguintes abordagens para trabalhos futuros:

Comparação utilizando a rotina otimizada em casos de medição individualizada (considerando leitura convencional x leitura remota) e coletiva, como contribuição para a normatização ainda incipiente das concessionárias de água;

Estudos de caso considerando outros materiais em uso para tubulações sob pressão, pois cada material tem características próprias e diâmetros internos diferenciados;

Aplicação do presente estudo para diferentes softwares comerciais.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5626*: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro: ABNT, 1982. 40 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5626*: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro: ABNT, 1998. 41p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5648*: Sistemas Prediais de água fria – Tubos e conexões de PVC 6,3, PN 750Kpa, com junta soldável - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 1999. 13p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7198*: Projeto e Execução de Instalações Predial de Água Quente: Rio de Janeiro: ABNT, 1993. 6p.

BELINAZO, Hélio João. *Programa HIDRO v. 2.0: Dimensionamento das tubulações de água por computador*. Desenvolvido pelo Laboratório de Hidráulica da Universidade Federal de Santa Maria, RS, 1988.

BERG, C. A. Energy Conservation through Effective Utilization, *Science*, v. 181. n. 4095, 1973, pp. 128 – 138

BORGES, Wellington Luiz Borges; BORGES, Ruth Silveira. *Manual de Instalações Prediais Hidráulico-sanitárias e de gás*. 4 Ed., São Paulo: Pini, 1992. 546p.

CREDER, Hélio. *Instalações Hidráulicas e Sanitárias*. 6 Ed., Rio de Janeiro: Grupo Editorial Nacional, 2006. 423p.

DEUSTCHES INSTITUIT FUR NORMUNG, *DIN EN 806-3*: Specification for Instalation Inside Buildings conveying water for human consumption : 2006

GRAÇA, Moacyr E. A da; GONÇALVES, Orestes Marraccini. *Sistemas Prediais de Distribuição de Água Fria – Determinação das Vazões de Projeto*. Boletim Técnico / Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo: EPUSP, 1987.

IHVE - THE INSTITUTION OF HEATING AND VENTILATION ENGINEERS; *Pipe-Sizing data and tables for ducts*, London, 1946 Edition.

ILHA, M. S. de O. e GONÇALVES, O. M.. *Sistemas Prediais de Água Fria*. Textos Técnicos / Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo: EPUSP, 1994. Disponível em: <<http://publicacoes.pcc.usp.br/PDF/tpcc08.pdf>> Acesso em 14 jun. 2009.

MACINTYRE, Archibald Joseph. *Instalações Hidráulicas Prediais e Industriais*. 4 Ed., Rio de Janeiro: Grupo Editorial Nacional, 2010. 579p.

NETTO, Azevedo. FERNANDEZ, M. F.; ARAUJO, R.; ITO, A E. (co-autores). *Manual de Hidráulica*. 8 Ed, São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 1998. 669p.

TIGRE, Tubos e Conexões. Predial Água Fria, 2008.

VIANNA, Marcos Rocha. *Instalações Hidráulicas Prediais*. 3 Ed., Belo Horizonte: Imprimatur Artes Ltda, 2004. 360p.

WEBSTER, C. D. “Na Investigation of The Use of Outlets in Multi-Storey Flats”, *The Buildings Services Engineer (JIHVE)*, Vol. 39, January, 1972, p.215-233.

WHITE, F. M. *Mecânica dos Flúidos*, 4 ed., Rio de Janeiro: McGraw – Hill, 2002. 570p.

WONG, L. T. A cost model for plumbing and drainage systems *Facilities* v. 20, n. 11 a 12, 2002 ,pp. 386-393.

WONG, L. T. e MUI, K. W Modeling water consumption and flow rates for flushing water systems in high-rise residential buildings in Hong Kong, *Building and Environment*, v. 42, 2007, pp. 2024–2034.

APÊNDICES

APÊNDICE I – PROJETO ARQUITETÔNICO DO ESTUDO DE CASO.

As plantas baixas, os cortes e as fachadas do estudo de caso estão organizados em nove formatos A0 que receberam a seguinte nomenclatura:

ARQ.ESTUDO.DE.CASO.FL01.pdf
ARQ.ESTUDO.DE.CASO.FL02.pdf
ARQ.ESTUDO.DE.CASO.FL03.pdf
ARQ.ESTUDO.DE.CASO.FL04.pdf
ARQ.ESTUDO.DE.CASO.FL05.pdf
ARQ.ESTUDO.DE.CASO.FL06.pdf
ARQ.ESTUDO.DE.CASO.FL07.pdf
ARQ.ESTUDO.DE.CASO.FL08.pdf
ARQ.ESTUDO.DE.CASO.FL09.pdf

Estes formatos estão gravados em CD anexo a este trabalho.

APÊNDICE II – QUANTITATIVOS DOS CENÁRIOS (LISTAS DE MATERIAIS)

CENÁRIO A

LISTA DE MATERIAIS					
ITEM	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.	PREÇO	
				UNIT.R\$	TOTAL R\$
1.00	Tubos e Conexões em PVC Soldável				
1.01	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 20.	barra	111	7,09	786,99
1.02	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 25.	barra	366	10,05	3678,30
1.03	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 32.	barra	328	15,98	5241,44
1.04	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 40.	barra	85	23,00	1955,00
1.05	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 50.	barra	52	35,66	1854,32
1.06	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 60.	barra	12	47,39	568,68
1.07	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 75.	barra	16	75,18	1202,88
1.08	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 85.	barra	1	95,65	95,65
1.09	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 110.	barra	16	160,53	2568,48
1.10	ADAPTADOR SOLDÁVEL CURTO PARA REGISTRO 20 x 1/2".	pç	8	0,22	1,76
1.11	ADAPTADOR SOLDÁVEL CURTO PARA REGISTRO 25 x 3/4".	pç	817	0,34	277,78
1.12	ADAPTADOR SOLDÁVEL CURTO PARA REGISTRO 32 x 1".	pç	520	0,60	312,00
1.13	ADAPTADOR SOLDÁVEL CURTO PARA REGISTRO 110 x 4".	pç	8	11,82	94,56
1.14	ADAPTADOR SOLDÁVEL COM FLANGES LIVRES PARA CAIXA D'ÁGUA DE 110 x 4".	pç	4	83,10	332,40
1.15	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL LONGA DE 60 x 32.	pç	41	1,31	53,71
1.16	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL LONGA DE 60 x 40.	pç	3	1,43	4,29
1.17	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL LONGA DE 75 x 50.	pç	2	2,37	4,74
1.18	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL LONGA DE 85 x 60.	pç	3	3,77	11,31
1.19	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL LONGA DE 110 x 75.	pç	5	26,22	131,10
1.20	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL CURTA DE 25 x 20.	pç	816	0,12	97,92
1.21	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL CURTA DE 32 x 25.	pç	259	0,21	54,39
1.22	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL CURTA DE 40 x 32.	pç	32	0,38	12,16
1.23	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL CURTA DE 50 x 40.	pç	29	0,72	20,88
1.24	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL CURTA DE 60 x 50.	pç	27	1,68	45,36
1.25	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL CURTA DE 75 x 60.	pç	12	2,37	28,44
1.26	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL CURTA DE 110 x 85.	pç	3	21,87	65,61
1.27	JOELHO 45° SOLDÁVEL DE 25.	pç	1	0,43	0,43
1.28	JOELHO 90° SOLDÁVEL DE 20.	pç	509	0,34	173,06
1.29	JOELHO 90° SOLDÁVEL DE 25.	pç	1407	0,51	717,57
1.30	JOELHO 90° SOLDÁVEL DE 32.	pç	1016	0,91	924,56
1.31	JOELHO 90° SOLDÁVEL DE 50.	pç	3	2,77	8,31
1.32	JOELHO 90° SOLDÁVEL DE 60.	pç	31	6,67	206,77
1.33	JOELHO 90° SOLDÁVEL DE 75.	pç	14	9,49	132,86
1.34	JOELHO 90° SOLDÁVEL DE 110.	pç	20	27,83	556,60
1.35	LUVA SOLDÁVEL DE 20.	pç	111	0,25	27,75
1.36	LUVA SOLDÁVEL DE 25.	pç	366	0,35	128,10
1.37	LUVA SOLDÁVEL DE 32.	pç	238	0,60	142,80
1.38	LUVA SOLDÁVEL DE 40.	pç	85	0,95	80,75
1.39	LUVA SOLDÁVEL DE 50.	pç	52	1,63	84,76
1.40	LUVA SOLDÁVEL DE 60.	pç	11	2,87	31,57
1.41	LUVA SOLDÁVEL DE 75.	pç	16	5,42	86,72
1.42	LUVA SOLDÁVEL DE 85.	pç	1	7,67	7,67
1.43	LUVA SOLDÁVEL DE 110.	pç	16	15,60	249,60
1.44	TÊ 90° SOLDÁVEL DE 20.	pç	1	0,46	0,46
1.45	TÊ 90° SOLDÁVEL DE 25.	pç	581	0,70	406,70
1.46	TÊ 90° SOLDÁVEL DE 32.	pç	65	1,33	86,45
1.47	TÊ 90° SOLDÁVEL DE 60.	pç	33	6,37	210,21
1.48	TÊ 90° SOLDÁVEL DE 75.	pç	1	12,78	12,78
1.49	TÊ 90° SOLDÁVEL DE 110.	pç	4	31,86	127,44

CENÁRIO A

1.50	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 25 x 20.	pç	11	0,61	6,71
1.51	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 32 x 25.	pç	244	1,05	256,20
1.52	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 40 x 25.	pç	173	1,85	320,05
1.53	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 40 x 32.	pç	67	1,79	119,93
1.54	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 50 x 25.	pç	6	2,30	13,80
1.55	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 50 x 32.	pç	109	2,59	282,31
1.56	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 75 x 60.	pç	13	15,78	205,14
1.57	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 85 x 60.	pç	3	15,51	46,53
1.58	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 110 x 60.	pç	8	25,71	205,68
1.59	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 110 x 75.	pç	8	26,59	212,72
1.60	LUVA SOLDÁVEL E COM ROSCA DE 20 x 1/2".	pç	6	0,36	2,16
1.61	LUVA SOLDÁVEL E COM ROSCA DE 25 x 3/4".	pç	253	0,55	139,15
1.62	LUVA SOLDÁVEL E COM ROSCA DE 32 x 1".	pç	56	0,94	52,64
1.63	JOELHO 90° SOLDÁVEL E COM BUCHA DE LATÃO DE 20 x 1/2".	pç	194	4,42	857,48
1.64	JOELHO 90° SOLDÁVEL E COM BUCHA DE LATÃO DE 25 x 1/2".	pç	462	4,46	2060,52
1.65	JOELHO 90° SOLDÁVEL E COM BUCHA DE LATÃO DE 32 x 3/4".	pç	56	6,45	361,20
1.66	LUVA SOLDÁVEL E COM BUCHA DE LATÃO DE 20 x 1/2".	pç	627	4,32	2708,64
1.67	LUVA SOLDÁVEL E COM BUCHA DE LATÃO DE 25 x 1/2".	pç	4	4,36	17,44
1.68	TÊ 90° SOLDÁVEL E COM BUCHA DE LATÃO NA BOLSA CENTRAL DE 25 x 1/2".	pç	352	4,71	1657,92
1.69	TÊ 90° SOLDÁVEL E COM BUCHA DE LATÃO NA BOLSA CENTRAL DE 32 x 3/4".	pç	500	7,15	3575,00
	Metais e acabamentos				
1.70	REGISTRO DE PRESSÃO DE 1/2".	pç	6	24,31	145,86
1.71	REGISTRO DE PRESSÃO DE 3/4".	pç	253	24,87	6292,11
1.72	REGISTRO DE PRESSÃO DE 1".	pç	56	24,87	1392,72
1.73	REGISTRO DE GAVETA CROMADO DE 1/2".	pç	1	24,31	24,31
1.74	REGISTRO DE GAVETA CROMADO DE 3/4".	pç	272	24,87	6764,64
1.75	REGISTRO DE GAVETA CROMADO DE 1".	pç	232	35,64	8268,48
1.76	REGISTRO DE GAVETA BRUTO DE 3/4".	pç	10	14,50	145,00
1.77	REGISTRO DE GAVETA BRUTO DE 4".	pç	4	333,00	1332,00
1.78	TORNEIRA LIMPEZA OU JARDIM DE 1/2".	pç	9	12,45	112,05
1.79	ADESIVO PVC FRASCO DE 850g.	pç	**	30,56	30,56
1.80	FITA VEDA ROSCA DE 18 mm x 50 m.	pç	**	6,27	6,27
1.81	SOLUÇÃO LIMPADORA FRASCO DE 1000 cm3.	pç	**	29,26	29,26
				TOTAL	61548,55

OBSERVAÇÕES:

_ Foi considerado 10% de acréscimo para as tubulações e uma luva soldável a cada 6,0m de tubo.

CENÁRIO B

LISTA DE MATERIAIS					
ITEM	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.	PREÇO	
				UNIT.R\$	TOTAL R\$
1.00	 Tubos e Conexões em PVC Soldável				
1.01	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 20, L=6,00m.	barra	535	7,09	3793,15
1.02	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 25, L=6,00m.	barra	220	10,05	2211
1.03	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 32, L=6,00m.	barra	82	15,98	1310,36
1.04	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 40, L=6,00m.	barra	11	23,00	253
1.05	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 50, L=6,00m.	barra	8	35,66	285,28
1.06	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 60, L=6,00m.	barra	8	47,39	379,12
1.07	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 75, L=3,00m.	barra	1	37,59	37,59
1.08	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 75, L=6,00m.	barra	14	75,18	1052,52
1.09	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 85, L=6,00m.	barra	4	95,65	382,6
1.10	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 110, L=6,00m.	barra	14	160,53	2247,42
1.11	ADAPTADOR SOLDÁVEL CURTO PARA REGISTRO 20 x 1/2".	pç	657	0,22	144,54
1.12	ADAPTADOR SOLDÁVEL CURTO PARA REGISTRO 25 x 3/4".	pç	656	0,34	223,04
1.13	ADAPTADOR SOLDÁVEL CURTO PARA REGISTRO 32 x 1".	pç	32	0,60	19,2
1.14	ADAPTADOR SOLDÁVEL CURTO PARA REGISTRO 110 x 4".	pç	8	11,82	94,56
1.15	ADAPTADOR SOLDÁVEL COM FLANGES LIVRES PARA CAIXA D'ÁGUA DE 110 x 4".	pç	4	83,1	332,4
1.16	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL LONGA DE 50 x 25.	pç	2	0,82	1,64
1.17	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL LONGA DE 50 x 32.	pç	7	0,95	6,65
1.18	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL LONGA DE 60 x 25.	pç	8	1,21	9,68
1.19	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL LONGA DE 60 x 32.	pç	17	1,31	22,27
1.20	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL LONGA DE 60 x 40.	pç	13	1,43	18,59
1.21	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL LONGA DE 75 x 50.	pç	7	2,37	16,59
1.22	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL LONGA DE 85 x 60.	pç	5	3,77	18,85
1.23	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL LONGA DE 110 x 75.	pç	1	21,39	21,39
1.24	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL CURTA DE 25 x 20.	pç	348	0,12	41,76
1.25	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL CURTA DE 32 x 25.	pç	45	0,21	9,45
1.26	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL CURTA DE 40 x 32.	pç	22	0,38	8,36
1.27	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL CURTA DE 50 x 40.	pç	8	0,72	5,76
1.28	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL CURTA DE 60 x 50.	pç	11	1,68	18,48
1.29	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL CURTA DE 75 x 60.	pç	5	2,37	11,85
1.30	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL CURTA DE 85 x 75.	pç	6	2,15	12,9
1.31	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL CURTA DE 110 x 85.	pç	5	21,87	109,35
1.32	JOELHO 45° SOLDÁVEL DE 20.	pç	1	0,33	0,33
1.33	JOELHO 90° SOLDÁVEL DE 20.	pç	2318	0,34	788,12
1.34	JOELHO 90° SOLDÁVEL DE 25.	pç	598	0,51	304,98
1.35	JOELHO 90° SOLDÁVEL DE 32.	pç	16	0,91	14,56
1.36	JOELHO 90° SOLDÁVEL DE 50.	pç	7	2,77	19,39
1.37	JOELHO 90° SOLDÁVEL DE 60.	pç	25	6,67	166,75
1.38	JOELHO 90° SOLDÁVEL DE 75.	pç	14	9,49	132,86
1.39	JOELHO 90° SOLDÁVEL DE 85.	pç	2	14,17	28,34
1.40	JOELHO 90° SOLDÁVEL DE 110.	pç	20	27,83	556,6
1.41	LUVA SOLDÁVEL DE 20.	pç	535	0,25	133,75
1.42	LUVA SOLDÁVEL DE 25.	pç	220	0,35	77
1.43	LUVA SOLDÁVEL DE 32.	pç	82	0,60	49,2
1.44	LUVA SOLDÁVEL DE 40.	pç	11	0,95	10,45
1.45	LUVA SOLDÁVEL DE 50.	pç	8	1,63	13,04
1.46	LUVA SOLDÁVEL DE 60.	pç	8	2,87	22,96
1.47	LUVA SOLDÁVEL DE 75.	pç	14	5,42	75,88
1.48	LUVA SOLDÁVEL DE 85.	pç	4	7,67	30,68
1.49	LUVA SOLDÁVEL DE 110.	pç	14	15,60	218,4

CENÁRIO B

1.50	TÊ 90° SOLDÁVEL DE 20.	pç	578	0,46	265,88
1.51	TÊ 90° SOLDÁVEL DE 25.	pç	160	0,70	112
1.52	TÊ 90° SOLDÁVEL DE 60.	pç	14	6,37	89,18
1.53	TÊ 90° SOLDÁVEL DE 85.	pç	6	17,46	104,76
1.54	TÊ 90° SOLDÁVEL DE 110.	pç	2	31,86	63,72
1.55	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 25 x 20.	pç	291	0,61	177,51
1.56	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 32 x 25.	pç	198	1,05	207,9
1.57	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 40 x 25.	pç	25	1,85	46,25
1.58	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 50 x 25.	pç	17	2,3	39,1
1.59	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 60 x 25.	pç	6	4,49	26,94
1.60	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 75 x 60.	pç	13	15,78	205,14
1.61	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 85 x 60.	pç	3	15,51	46,53
1.62	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 110 x 60.	pç	8	25,71	205,68
1.63	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 110 x 75.	pç	6	26,59	159,54
1.64	LUVA SOLDÁVEL E COM ROSCA DE 20 x 1/2".	pç	203	0,36	73,08
1.65	LUVA SOLDÁVEL E COM ROSCA DE 25 x 3/4".	pç	112	0,55	61,6
1.66	JOELHO 90° SOLDÁVEL E COM BUCHA DE LATÃO DE 20 x 1/2".	pç	600	4,42	2652
1.67	JOELHO 90° SOLDÁVEL E COM BUCHA DE LATÃO DE 25 x 1/2".	pç	112	4,46	499,52
1.68	LUVA SOLDÁVEL E COM BUCHA DE LATÃO DE 20 x 1/2".	pç	631	4,32	2725,92
1.69	TÊ 90° SOLDÁVEL E COM BUCHA DE LATÃO NA BOLSA CENTRAL DE 20 x 1/2".	pç	612	4,52	2766,24
1.70	TÊ 90° SOLDÁVEL E COM BUCHA DE LATÃO NA BOLSA CENTRAL DE 25 x 1/2".	pç	224	4,71	1055,04
1.71	TÊ 90° SOLDÁVEL E COM BUCHA DE LATÃO NA BOLSA CENTRAL DE 32 x 3/4".	pç	16	7,15	114,4
	Metais e acabamentos				
1.71	REGISTRO DE PRESSÃO DE 1/2".	pç	203	24,31	4934,93
1.72	REGISTRO DE PRESSÃO DE 3/4".	pç	112	24,87	2785,44
1.73	REGISTRO DE GAVETA CROMADO DE 1/2".	pç	217	24,31	5275,27
1.74	REGISTRO DE GAVETA CROMADO DE 3/4".	pç	272	24,87	6764,64
1.75	REGISTRO DE GAVETA CROMADO DE 1".	pç	16	24,87	397,92
1.76	REGISTRO DE GAVETA BRUTO DE 1/2".	pç	10	14,50	145
1.77	REGISTRO DE GAVETA BRUTO DE 4".	pç	4	333,0	1332
1.78	TORNEIRA LIMPEZA OU JARDIM DE 1/2".	pç	9	12,45	112,05
1.79	ADESIVO PVC FRASCO DE 850g.	pç	**	30,56	30,56
1.80	FITA VEDA ROSCA DE 18 mm x 50 m.	pç	**	6,27	6,27
1.81	SOLUÇÃO LIMPADORA FRASCO DE 1000 cm3.	pç	**	29,26	29,26
				TOTAL	49253,91

OBSERVAÇÕES:

_ Foi considerado 10% de acréscimo para as tubulações e uma luva soldável a cada 6,0m de tubo.

CENÁRIO C

LISTA DE MATERIAIS					
ITEM	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.	PREÇO	
				UNIT.R\$	TOTAL R\$
1.00	Tubos e Conexões em PVC Soldável				
1.01	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 20, L=6,00m.	barra	212	7,09	1503,08
1.02	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 25, L=6,00m.	barra	456	10,05	4582,8
1.03	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 32, L=6,00m.	barra	139	15,98	2221,22
1.04	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 40, L=6,00m.	barra	42	23,00	966
1.05	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 50, L=6,00m.	barra	7	35,66	249,62
1.06	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 60, L=6,00m.	barra	7	47,39	331,73
1.07	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 32, L=3,00m.	barra	1	37,59	37,59
1.08	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 75, L=6,00m.	barra	14	75,18	1052,52
1.09	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 85, L=6,00m.	barra	4	95,65	382,6
1.10	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 110, L=6,00m.	barra	14	160,53	2247,42
1.11	ADAPTADOR SOLDÁVEL CURTO PARA REGISTRO 20 x 1/2".	pç	61	0,22	13,42
1.12	ADAPTADOR SOLDÁVEL CURTO PARA REGISTRO 25 x 3/4".	pç	964	0,34	327,76
1.13	ADAPTADOR SOLDÁVEL CURTO PARA REGISTRO 32 x 1".	pç	320	0,60	192
1.14	ADAPTADOR SOLDÁVEL CURTO PARA REGISTRO 110 x 4".	pç	8	11,82	94,56
1.15	ADAPTADOR SOLDÁVEL COM FLANGES LIVRES PARA CAIXA D'ÁGUA DE 110 x 4".	pç	4	83,1	332,4
1.16	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL LONGA DE 50 x 32.	pç	12	0,95	11,4
1.17	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL LONGA DE 60 x 32.	pç	22	1,31	28,82
1.18	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL LONGA DE 60 x 40.	pç	12	1,43	17,16
1.19	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL LONGA DE 75 x 50.	pç	7	2,37	16,59
1.20	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL LONGA DE 85 x 60.	pç	5	3,77	18,85
1.21	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL LONGA DE 110 x 75.	pç	1	21,39	21,39
1.22	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL CURTA DE 25 x 20.	pç	549	0,12	65,88
1.23	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL CURTA DE 32 x 25.	pç	191	0,21	40,11
1.24	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL CURTA DE 40 x 32.	pç	28	0,38	10,64
1.25	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL CURTA DE 50 x 40.	pç	16	0,72	11,52
1.26	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL CURTA DE 60 x 50.	pç	11	1,68	18,48
1.27	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL CURTA DE 75 x 60.	pç	5	2,37	11,85
1.28	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL CURTA DE 85 x 75.	pç	6	2,15	12,9
1.29	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL CURTA DE 110 x 85.	pç	5	21,87	109,35
1.30	JOELHO 45° SOLDÁVEL DE 20.	pç	1	0,33	0,33
1.31	JOELHO 90° SOLDÁVEL DE 20.	pç	756	0,34	257,04
1.32	JOELHO 90° SOLDÁVEL DE 25.	pç	1952	0,51	995,52
1.33	JOELHO 90° SOLDÁVEL DE 32.	pç	224	0,91	203,84
1.34	JOELHO 90° SOLDÁVEL DE 50.	pç	7	2,77	19,39
1.35	JOELHO 90° SOLDÁVEL DE 60.	pç	25	6,67	166,75
1.36	JOELHO 90° SOLDÁVEL DE 75.	pç	14	9,49	132,86
1.37	JOELHO 90° SOLDÁVEL DE 85.	pç	2	14,17	28,34
1.38	JOELHO 90° SOLDÁVEL DE 110.	pç	20	27,83	556,6
1.39	LUVA SOLDÁVEL DE 20.	pç	212	0,25	53
1.40	LUVA SOLDÁVEL DE 25.	pç	456	0,35	159,6
1.41	LUVA SOLDÁVEL DE 32.	pç	139	0,60	83,4
1.42	LUVA SOLDÁVEL DE 40.	pç	42	0,95	39,9
1.43	LUVA SOLDÁVEL DE 50.	pç	7	1,63	11,41
1.44	LUVA SOLDÁVEL DE 60.	pç	7	2,87	20,09
1.45	LUVA SOLDÁVEL DE 75.	pç	14	5,42	75,88
1.46	LUVA SOLDÁVEL DE 85.	pç	4	7,67	30,68
1.47	LUVA SOLDÁVEL DE 110.	pç	14	15,60	218,4
1.48	TÊ 90° SOLDÁVEL DE 20.	pç	41	0,46	18,86
1.49	TÊ 90° SOLDÁVEL DE 25.	pç	309	0,70	216,3

CENÁRIO C

1.50	TÊ 90° SOLDÁVEL DE 32.	pç	49	1,33	65,17
1.51	TÊ 90° SOLDÁVEL DE 60.	pç	20	6,37	127,4
1.52	TÊ 90° SOLDÁVEL DE 85.	pç	16	17,46	279,36
1.53	TÊ 90° SOLDÁVEL DE 110.	pç	2	31,86	63,72
1.54	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 25 x 20.	pç	417	0,61	254,37
1.55	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 32 x 25.	pç	326	1,05	342,3
1.56	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 40 x 25.	pç	33	1,85	61,05
1.57	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 40 x 32.	pç	62	1,79	110,98
1.58	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 50 x 32.	pç	18	2,59	46,62
1.59	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 75 x 50.	pç	13	9,76	126,88
1.60	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 75 x 60.	pç	4	15,78	63,12
1.61	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 85 x 60.	pç	3	15,51	46,53
1.62	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 110 x 60.	pç	8	25,71	205,68
1.63	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 110 x 75.	pç	6	26,59	159,54
1.64	LUVA SOLDÁVEL E COM ROSCA DE 20 x 1/2".	pç	7	0,36	2,52
1.65	LUVA SOLDÁVEL E COM ROSCA DE 25 x 3/4".	pç	308	0,55	169,4
1.66	JOELHO 90° SOLDÁVEL E COM BUCHA DE LATÃO DE 20 x 1/2".	pç	416	4,42	1838,72
1.67	JOELHO 90° SOLDÁVEL E COM BUCHA DE LATÃO DE 25 x 1/2".	pç	296	4,46	1320,16
1.68	LUVA SOLDÁVEL E COM BUCHA DE LATÃO DE 20 x 1/2".	pç	630	4,32	2721,6
1.69	LUVA SOLDÁVEL E COM BUCHA DE LATÃO DE 25 x 1/2".	pç	1	4,36	4,36
1.70	TÊ 90° SOLDÁVEL E COM BUCHA DE LATÃO NA BOLSA CENTRAL DE 20 x 1/2".	pç	451	4,52	2038,52
1.71	TÊ 90° SOLDÁVEL E COM BUCHA DE LATÃO NA BOLSA CENTRAL DE 25 x 1/2".	pç	337	4,71	1587,27
1.72	TÊ 90° SOLDÁVEL E COM BUCHA DE LATÃO NA BOLSA CENTRAL DE 32 x 3/4".	pç	64	7,15	457,6
	Metais e acabamentos				
1.73	REGISTRO DE PRESSÃO DE 1/2".	pç	7	24,31	170,17
1.74	REGISTRO DE PRESSÃO DE 3/4".	pç	308	24,87	7659,96
1.75	REGISTRO DE GAVETA CROMADO DE 1/2".	pç	18	24,31	437,58
1.76	REGISTRO DE GAVETA CROMADO DE 3/4".	pç	325	24,87	8082,75
1.77	REGISTRO DE GAVETA CROMADO DE 1".	pç	160	24,87	3979,2
1.78	REGISTRO DE GAVETA BRUTO DE 1/2".	pç	9	14,50	130,5
1.79	REGISTRO DE GAVETA BRUTO DE 3/4".	pç	3	14,50	43,5
1.80	REGISTRO DE GAVETA BRUTO DE 1".	pç	4	333,0	1332
1.81	TORNEIRA LIMPEZA OU JARDIM DE 1/2".	pç	9	12,45	112,05
1.82	ADESIVO PVC FRASCO DE 850g.	pç	**	30,56	30,56
1.83	FITA VEDA ROSCA DE 18 mm x 50 m.	pç	**	6,27	6,27
1.84	SOLUÇÃO LIMPADORA FRASCO DE 1000 cm3.	pç	**	29,26	29,26
				TOTAL	52324,52

OBSERVAÇÕES:

_ Foi considerado 10% de acréscimo para as tubulações e uma luva soldável a cada 6,0m de tubo.

CENÁRIO D

LISTA DE MATERIAIS					
ITEM	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.	PREÇO	
				UNIT.R\$	TOTAL R\$
1.00	 Tubos e Conexões em PVC Soldável				
1.01	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 20, L=6,00m.	barra	530	7,09	3757,7
1.02	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 25, L=6,00m.	barra	176	10,05	1768,8
1.03	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 32, L=6,00m.	barra	75	15,98	1198,5
1.04	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 40, L=6,00m.	barra	69	23,00	1587
1.05	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 50, L=6,00m.	barra	5	35,66	178,3
1.06	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 60, L=6,00m.	barra	7	47,39	331,73
1.07	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 75, L=3,00m.	barra	1	37,59	37,59
1.08	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 75, L=6,00m.	barra	14	75,18	1052,52
1.09	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 85, L=6,00m.	barra	5	95,65	478,25
1.10	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 110, L=6,00m.	barra	14	160,53	2247,42
1.11	ADAPTADOR SOLDÁVEL CURTO PARA REGISTRO 20 x 1/2".	pç	657	0,22	144,54
1.12	ADAPTADOR SOLDÁVEL CURTO PARA REGISTRO 25 x 3/4".	pç	656	0,34	223,04
1.13	ADAPTADOR SOLDÁVEL CURTO PARA REGISTRO 32 x 1".	pç	32	0,60	19,2
1.14	ADAPTADOR SOLDÁVEL CURTO PARA REGISTRO 110 x 4".	pç	8	11,82	94,56
1.15	ADAPTADOR SOLDÁVEL COM FLANGES LIVRES PARA CAIXA D'ÁGUA DE 110 x 4".	pç	4	83,1	332,4
1.16	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL LONGA DE 50 x 25.	pç	7	0,82	5,74
1.17	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL LONGA DE 50 x 32.	pç	4	0,95	3,8
1.18	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL LONGA DE 60 x 25	pç	1	1,21	1,21
1.19	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL LONGA DE 60 x 32.	pç	16	1,31	20,96
1.20	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL LONGA DE 60 x 40.	pç	13	1,43	18,59
1.21	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL LONGA DE 75 x 50.	pç	6	2,37	14,22
1.22	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL LONGA DE 85 x 60.	pç	5	3,77	18,85
1.23	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL LONGA DE 110 x 75.	pç	1	21,39	21,39
1.24	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL CURTA DE 25 x 20.	pç	430	0,12	51,6
1.25	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL CURTA DE 32 x 25.	pç	48	0,21	10,08
1.26	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL CURTA DE 40 x 32.	pç	28	0,38	10,64
1.27	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL CURTA DE 50 x 40.	pç	15	0,72	10,8
1.28	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL CURTA DE 60 x 50.	pç	11	1,68	18,48
1.29	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL CURTA DE 75 x 60.	pç	5	2,37	11,85
1.30	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL CURTA DE 85 x 75.	pç	6	2,15	12,9
1.31	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL CURTA DE 110 x 85.	pç	5	21,87	109,35
1.32	JOELHO 45° SOLDÁVEL DE 20.	pç	1	0,33	0,33
1.33	JOELHO 90° SOLDÁVEL DE 20.	pç	2319	0,34	788,46
1.34	JOELHO 90° SOLDÁVEL DE 25.	pç	597	0,51	304,47
1.35	JOELHO 90° SOLDÁVEL DE 32.	pç	16	0,91	14,56
1.36	JOELHO 90° SOLDÁVEL DE 50.	pç	7	2,77	19,39
1.37	JOELHO 90° SOLDÁVEL DE 60.	pç	27	6,67	180,09
1.38	JOELHO 90° SOLDÁVEL DE 75.	pç	12	9,49	113,88
1.39	JOELHO 90° SOLDÁVEL DE 85.	pç	2	14,17	28,34
1.40	JOELHO 90° SOLDÁVEL DE 110.	pç	20	27,83	556,6
1.41	LUVA SOLDÁVEL DE 20.	pç	530	0,25	132,5
1.42	LUVA SOLDÁVEL DE 25.	pç	176	0,35	61,6
1.43	LUVA SOLDÁVEL DE 32.	pç	75	0,60	45
1.44	LUVA SOLDÁVEL DE 40.	pç	69	0,95	65,55
1.45	LUVA SOLDÁVEL DE 50.	pç	5	1,63	8,15
1.46	LUVA SOLDÁVEL DE 60.	pç	7	2,87	20,09
1.47	LUVA SOLDÁVEL DE 75.	pç	14	5,42	75,88
1.48	LUVA SOLDÁVEL DE 85.	pç	5	7,67	38,35
1.49	LUVA SOLDÁVEL DE 110.	pç	14	15,60	218,4

CENÁRIO D

1.50	TÊ 90° SOLDÁVEL DE 20.	pç	679	0,46	312,34
1.51	TÊ 90° SOLDÁVEL DE 25.	pç	118	0,70	82,6
1.52	TÊ 90° SOLDÁVEL DE 60.	pç	15	6,37	95,55
1.53	TÊ 90° SOLDÁVEL DE 85.	pç	6	17,46	104,76
1.54	TÊ 90° SOLDÁVEL DE 110.	pç	2	31,86	63,72
1.55	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 25 x 20.	pç	98	0,61	59,78
1.56	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 32 x 25.	pç	183	1,05	192,15
1.57	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 40 x 25.	pç	173	1,85	320,05
1.58	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 50 x 25.	pç	18	2,3	41,4
1.59	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 60 x 25.	pç	6	4,49	26,94
1.60	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 75 x 50.	pç	8	9,76	78,08
1.61	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 75 x 60.	pç	4	15,78	63,12
1.62	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 85 x 60.	pç	3	15,51	46,53
1.63	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 110 x 60.	pç	8	25,71	205,68
1.64	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 110 x 75.	pç	6	26,59	159,54
1.65	LUVA SOLDÁVEL E COM ROSCA DE 20 x 1/2".	pç	203	0,36	73,08
1.66	LUVA SOLDÁVEL E COM ROSCA DE 25 x 3/4".	pç	112	0,55	61,6
1.67	JOELHO 90° SOLDÁVEL E COM BUCHA DE LATÃO DE 20 x 1/2".	pç	600	4,42	2652
1.68	JOELHO 90° SOLDÁVEL E COM BUCHA DE LATÃO DE 25 x 1/2".	pç	112	4,46	499,52
1.69	LUVA SOLDÁVEL E COM BUCHA DE LATÃO DE 20 x 1/2".	pç	631	4,32	2725,92
1.70	TÊ 90° SOLDÁVEL E COM BUCHA DE LATÃO NA BOLSA CENTRAL DE 20 x 1/2".	pç	628	4,52	2838,56
1.71	TÊ 90° SOLDÁVEL E COM BUCHA DE LATÃO NA BOLSA CENTRAL DE 25 x 1/2".	pç	208	4,71	979,68
1.72	TÊ 90° SOLDÁVEL E COM BUCHA DE LATÃO NA BOLSA CENTRAL DE 32 x 3/4".	pç	16	7,15	114,4
	Metals e acabamentos				
1.73	REGISTRO DE PRESSÃO DE 1/2".	pç	203	24,31	4934,93
1.74	REGISTRO DE PRESSÃO DE 3/4".	pç	112	24,87	2785,44
1.75	REGISTRO DE GAVETA CROMADO DE 1/2".	pç	215	24,31	5226,65
1.76	REGISTRO DE GAVETA CROMADO DE 3/4".	pç	272	24,87	6764,64
1.77	REGISTRO DE GAVETA CROMADO DE 1".	pç	16	24,87	397,92
1.78	REGISTRO DE GAVETA BRUTO DE 1/2".	pç	12	14,50	174
1.79	REGISTRO DE GAVETA BRUTO DE 4".	pç	4	333,0	1332
1.80	TORNEIRA LIMPEZA OU JARDIM DE 1/2".	pç	9	12,45	112,05
1.81	ADESIVO PVC FRASCO DE 850g.	pç	**	30,56	30,56
1.82	FITA VEDA ROSCA DE 18 mm x 50 m.	pç	**	6,27	6,27
1.83	SOLUÇÃO LIMPADORA FRASCO DE 1000 cm3.	pç	**	29,26	29,26
				TOTAL	50054,37

OBSERVAÇÕES:

_ Foi considerado 10% de acréscimo para as tubulações e uma luva soldável a cada 6,0m de tubo.

CENÁRIO E

LISTA DE MATERIAIS					
ITEM	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.	PREÇO	
				UNIT.R\$	TOTAL R\$
1.00	Tubos e Conexões em PVC Soldável				
1.01	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 20, L=6,00m.	barra	283,0	7,09	2006,47
1.02	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 25, L=6,00m.	barra	333,0	10,05	3346,65
1.03	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 32, L=6,00m.	barra	215,0	15,98	3435,7
1.04	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 40, L=6,00m.	barra	15,0	23,00	345
1.05	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 50, L=6,00m.	barra	11,0	35,66	392,26
1.06	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 60, L=6,00m.	barra	7,0	47,39	331,73
1.07	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 75, L=3,00m.	barra	1,0	37,59	37,59
1.08	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 75, L=6,00m.	barra	16,0	75,18	1202,88
1.09	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 85, L=6,00m.	barra	5,0	95,65	478,25
1.10	TUBO DE PVC SOLDÁVEL DE 110, L=6,00m.	barra	11,0	160,53	1765,83
1.11	ADAPTADOR SOLDÁVEL CURTO PARA REGISTRO 20 x 1/2".	pç	263	0,22	57,86
1.12	ADAPTADOR SOLDÁVEL CURTO PARA REGISTRO 25 x 3/4".	pç	506	0,34	172,04
1.13	ADAPTADOR SOLDÁVEL CURTO PARA REGISTRO 32 x 1".	pç	576	0,60	345,6
1.14	ADAPTADOR SOLDÁVEL CURTO PARA REGISTRO 110 x 4".	pç	8	11,82	94,56
1.15	ADAPTADOR SOLDÁVEL COM FLANGES LIVRES PARA CAIXA D'ÁGUA DE 110 x 4".	pç	4	83,1	332,4
1.16	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL LONGA DE 32 x 20.	pç	5	0,30	1,5
1.17	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL LONGA DE 50 x 32.	pç	17	0,95	16,15
1.18	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL LONGA DE 60 x 32.	pç	18	1,31	23,58
1.19	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL LONGA DE 60 x 40.	pç	14	1,43	20,02
1.20	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL LONGA DE 75 x 60.	pç	7	2,37	16,59
1.21	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL LONGA DE 85 x 60.	pç	4	3,77	15,08
1.22	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL LONGA DE 110 x 75.	pç	3	21,39	64,17
1.23	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL CURTA DE 25 x 20.	pç	379	0,12	45,48
1.24	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL CURTA DE 32 x 25.	pç	304	0,21	63,84
1.25	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL CURTA DE 40 x 32.	pç	24	0,38	9,12
1.26	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL CURTA DE 50 x 40.	pç	12	0,72	8,64
1.27	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL CURTA DE 60 x 50.	pç	9	1,68	15,12
1.28	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL CURTA DE 75 x 60.	pç	5	2,37	11,85
1.29	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL CURTA DE 85 x 75.	pç	4	2,15	8,6
1.30	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL CURTA DE 110 x 85.	pç	4	21,87	87,48
1.31	JOELHO 45° SOLDÁVEL DE 20.	pç	1	0,33	0,33
1.32	JOELHO 90° SOLDÁVEL DE 20.	pç	991	0,34	336,94
1.33	JOELHO 90° SOLDÁVEL DE 25.	pç	1643	0,51	837,93
1.34	JOELHO 90° SOLDÁVEL DE 32.	pç	298	0,91	271,18
1.35	JOELHO 90° SOLDÁVEL DE 50.	pç	10	2,77	27,7
1.36	JOELHO 90° SOLDÁVEL DE 60.	pç	26	6,67	173,42
1.37	JOELHO 90° SOLDÁVEL DE 75.	pç	12	9,49	113,88
1.38	JOELHO 90° SOLDÁVEL DE 110.	pç	20	27,83	556,6
1.39	LUVA SOLDÁVEL DE 20.	pç	283	0,25	70,75
1.40	LUVA SOLDÁVEL DE 25.	pç	333	0,35	116,55
1.41	LUVA SOLDÁVEL DE 32.	pç	215	0,60	129
1.42	LUVA SOLDÁVEL DE 40.	pç	15	0,95	14,25
1.43	LUVA SOLDÁVEL DE 50.	pç	11	1,63	17,93
1.44	LUVA SOLDÁVEL DE 60.	pç	7	2,87	20,09
1.45	LUVA SOLDÁVEL DE 75.	pç	16	5,42	86,72
1.46	LUVA SOLDÁVEL DE 85.	pç	5	7,67	38,35
1.47	LUVA SOLDÁVEL DE 110.	pç	11	15,60	171,6
1.48	TÊ 90° SOLDÁVEL DE 20.	pç	36	0,46	16,56
1.49	TÊ 90° SOLDÁVEL DE 25.	pç	86	0,70	60,2

CENÁRIO E

1.50	TÊ 90° SOLDÁVEL DE 32.	pç	211	1,33	280,63
1.51	TÊ 90° SOLDÁVEL DE 60.	pç	18	6,37	114,66
1.52	TÊ 90° SOLDÁVEL DE 85.	pç	5	17,46	87,3
1.53	TÊ 90° SOLDÁVEL DE 110.	pç	3	31,86	95,58
1.54	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 25 x 20.	pç	681	0,61	415,41
1.55	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 32 x 25.	pç	198	1,05	207,9
1.56	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 40 x 32.	pç	34	1,79	60,86
1.57	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 50 x 32.	pç	24	2,59	62,16
1.58	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 75 x 50.	pç	12	9,76	117,12
1.59	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 75 x 60.	pç	4	15,78	63,12
1.60	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 85 x 60.	pç	3	15,51	46,53
1.61	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 110 x 60.	pç	8	25,71	205,68
1.62	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL DE 110 x 75.	pç	4	26,59	106,36
1.63	LUVA SOLDÁVEL E COM ROSCA DE 20 x 1/2".	pç	203	0,36	73,08
1.64	LUVA SOLDÁVEL E COM ROSCA DE 25 x 3/4".	pç	112	0,55	61,6
1.65	JOELHO 90° SOLDÁVEL E COM BUCHA DE LATÃO DE 20 x 1/2".	pç	599	4,42	2647,58
1.66	JOELHO 90° SOLDÁVEL E COM BUCHA DE LATÃO DE 25 x 1/2".	pç	113	4,46	503,98
1.67	LUVA SOLDÁVEL E COM BUCHA DE LATÃO DE 20 x 1/2".	pç	631	4,32	2725,92
1.68	TÊ 90° SOLDÁVEL E COM BUCHA DE LATÃO NA BOLSA CENTRAL DE 20 x 1/2".	pç	499	4,52	2255,48
1.69	TÊ 90° SOLDÁVEL E COM BUCHA DE LATÃO NA BOLSA CENTRAL DE 25 x 1/2".	pç	177	4,71	833,67
1.70	TÊ 90° SOLDÁVEL E COM BUCHA DE LATÃO NA BOLSA CENTRAL DE 32 x 3/4".	pç	176	7,15	1258,4
	Metais e acabamentos				
1.71	REGISTRO DE PRESSÃO DE 1/2".	pç	203	24,31	4934,93
1.72	REGISTRO DE PRESSÃO DE 3/4".	pç	112	24,87	2785,44
1.73	REGISTRO DE GAVETA CROMADO DE 1/2".	pç	20	24,31	486,2
1.74	REGISTRO DE GAVETA CROMADO DE 3/4".	pç	197	24,87	4899,39
1.75	REGISTRO DE GAVETA CROMADO DE 1".	pç	288	24,87	7162,56
1.76	REGISTRO DE GAVETA BRUTO DE 1/2".	pç	10	14,50	145
1.77	REGISTRO DE GAVETA BRUTO DE 4".	pç	4	333,0	1332
1.78	TORNEIRA LIMPEZA OU JARDIM DE 1/2".	pç	9	12,45	112,05
1.79	ADESIVO PVC FRASCO DE 850g.	pç	**	30,56	30,56
1.80	FITA VEDA ROSCA DE 18 mm x 50 m.	pç	**	6,27	6,27
1.81	SOLUÇÃO LIMPADORA FRASCO DE 1000 cm3.	pç	**	29,26	29,26
				TOTAL	51958,7

OBSERVAÇÕES:

_ Foi considerado 10% de acréscimo para as tubulações e uma luva soldável a cada 6,0m de tubo.