



LUCCA DE CAMPOS FONTOLAN

**ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DE DIFERENTES
CONCEPÇÕES DE TRAÇADO E DIMENSIONAMENTO DE
TUBULAÇÕES HIDRÁULICAS PREDIAIS PARA
ALIMENTAÇÃO DE BACIAS SANITÁRIAS**

LAVRAS

2019

LUCCA DE CAMPOS FONTOLAN

Análise técnica e econômica de diferentes concepções de traçado e dimensionamento de tubulações hidráulicas prediais para alimentação de bacias sanitárias

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da UFLA-MG, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

ORIENTADOR: MICHAEL SILVEIRA THEBALDI

LAVRAS

2019

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Fontolan, Lucca de Campos.

ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DE DIFERENTES
CONCEPÇÕES DE TRAÇADO E DIMENSIONAMENTO DE
TUBULAÇÕES HIDRÁULICAS PREDIAIS PARA
ALIMENTAÇÃO DE BACIAS SANITÁRIAS / Lucca de Campos
Fontolan. - 2019.

71 p.

Orientador(a): Michael Silveira Thebaldi.

Monografia (graduação) - Universidade Federal de Lavras,
2019.

Bibliografia.

1. Instalações hidráulicas. 2. Bacia sanitária. 3. Tubulações. I.
Thebaldi, Michael Silveira. II. Título.

AGRADECIMENTO

Gostaria de agradecer e dedicar este projeto às seguintes pessoas:

- Meu professor e orientador Michael Silveira Thebaldi por todo o apoio, paciência e orientação durante o período do trabalho;
- A minha família, minha mãe Iara, meu pai Fábio e minha irmã Noemi;
- Aos meus amigos, que me ajudaram a manter o foco em cada etapa da graduação e deste trabalho;
- A Deus por ter me iluminado e abençoado em minha caminhada.

RESUMO

Relacionando a negligência, em muitos casos, de instalações hidráulicas com objetivo de diminuir os custos da obra, este trabalho avalia sua tamanha importância na engenharia. Ele consiste na análise técnica e econômica de 4 tipos de traçado e dimensionamento de uma tubulação hidráulica predial, em um edifício de 10 andares, para a alimentação de bacias sanitárias. No primeiro traçado foram utilizadas válvulas de descargas nas bacias sanitárias e sendo estas alimentadas por colunas que também distribuem para o restante dos componentes hidráulicos (chuveiro e lavatório). No segundo, as válvulas de descarga também foram utilizadas, porém separando a coluna de distribuição da bacia sanitária com o resto dos elementos, ou seja, empregando colunas individuais à bacia sanitária. Ainda com as válvulas presentes, o terceiro traçado apresenta o barrilete individual como característica, ou seja, só terá presença de um barrilete na saída da caixa d'água. No quarto e último traçado foram utilizadas caixas acopladas nas bacias sanitárias ligadas a coluna conjunta do resto dos elementos hidráulicos do banheiro. Depois de todos os traçados dimensionados e analisados, foi possível inferir que os traçados 2 e 3 são os mais recomendados para se utilizar em uma construção, enquanto os traçados 1 e 4 não.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1-Relação perda de carga por pavimento com cada traçado.	45
Gráfico 2- Relação pressão dinâmica por pavimento em cada traçado.	46
Gráfico 3 - Comparação de custos de cada traçado	47
Figura 1 - Banheiro a ser estudado	24
Figura 2 - Isométrico do banheiro apresentando a bacia sanitária, com válvula de descarga, inserida na mesma coluna de água fria (CAF) dos outros aparelhos.....	26
Figura 3 - Isométrico do banheiro apresentando a bacia sanitária, com válvula de descarga, inserida em uma coluna de água fria (CAF) própria	27
Figura 4 - isométrico do banheiro apresentando a bacia sanitária, com caixa acoplada, inserida na mesma coluna de água fria (CAF) dos outros aparelhos.....	28
Figura 5 - Isométrico do banheiro apresentando a bacia sanitária, com válvula de descarga, inserida em uma coluna de água fria (CAF) própria, porém com um barrilete único para toda edificação.....	29
Figura 6 - Representação barriletes e colunas de alimentação do traçado 1.....	30
Figura 7 - Representação barriletes e colunas de alimentação do traçado 2.....	31
Figura 8 - Representação barriletes e colunas de alimentação do traçado 3.....	32
Figura 9 - Representação barriletes e colunas de alimentação do traçado 4.....	33
Figura 10 - Representação barriletes referentes ao traçado 4	34
Figura 11 - Ábaco utilizado para dimensionamento de tubulações de instalações prediais de água fria, em função dos pesos relativos e vazões de cada trecho	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Perda de carga localizada – equivalência em metros de tubulação de PVC rígido ou cobre.....	20
Tabela 2 - Altura dos pontos de utilização de diversos aparelhos hidráulicos	25
Tabela 3 - Relação Tipos de edificação/ Consumo diário	36
Tabela 4 - Pesos de aparelhos sanitários e peças de utilização	38
Tabela 5 - Dimensionamento reservatório superior e inferior.....	42
Tabela 6 - Perda de carga nos chuveiros do traçado 1	43
Tabela 7 - Perda de carga nos chuveiros do traçado 2.....	43
Tabela 8 - Perda de carga nos chuveiros do traçado 3.....	44
Tabela 9 - Perda de carga nos chuveiros do traçado 4.....	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

μ	Viscosidade dinâmica
A	Área da seção transversal
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BCA	Bacia sanitária c/ caixa acoplada
BI	Bidê
BH	Banheira de hidromassagem
BS	Bacia sanitária c/ válvula
C	Coeficiente que depende da natureza do material empregado na fabricação dos tubos e das condições de suas paredes internas
CAF	Coluna de água fria
CH	Chuveiro ou ducha
D	Diâmetro da tubulação
d	Diâmetro interno da tubulação
DC	Ducha higiênica
Di	Diâmetro interno
Dn	Diâmetro nominal
<i>f</i>	Coeficiente de atrito
g	Gravidade
h_{dist}	Perda de carga distribuída
H_i	Carga total da seção
h_i	Perda de carga
h_{loc}	Perda de carga localizada
h_{total}	Perda de carga total
k	Coeficiente de perda de carga
L	Comprimento da tubulação
Leq	Comprimento equivalente das peças especiais
LV	Lavatório

Lvirt	Comprimento virtual
MIC	Mictório
MLL	Máquina de lavar louça
MLR	Máquina de lavar roupa
ρ	Massa específica
P	Peso relativo dos aparelhos sanitários.
PIA	Pia
P_i	Pressão
Q	Vazão
RP	Registro de pressão
RG	Registro de gaveta
S	Área da seção transversal da tubulação
TJ	Torneira de jardim
TL	Torneira de limpeza
TQ	Tanque
Tsl	Tê de saída lateral
V	Velocidade
VD	Válvula de descarga
γ	Massa específica
Z_i	Carga de posição
Δh	Perda de carga

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	13
2.1 Objetivo geral	13
2.2 Objetivos específicos	13
3. REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1. Regimes de escoamento	14
3.2. Equação da continuidade	16
3.3. Equação da energia	16
3.4. Conduitos forçados	17
3.5. Perda de Carga	18
3.6. Instalações prediais de água fria	21
3.6.1 Norma pertinente e critérios de projeto	21
3.6.2 Dimensionamento e verificação do funcionamento	21
4. MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1. Local a ser analisado	24
4.2. Tipos de traçado	25
4.3 Dimensionamento do reservatório	35
4.4 Determinação dos diâmetros e das vazões	37
4.5 Perda de carga	40
4.6 Comparativo entre concepções	41
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
5.1. Dimensionamento do reservatório	42
5.2. Dimensionamento tubulação hidráulica de água fria	42
5.3 Perda de carga nos traçados	42
5.3.1. Traçado 1	42
5.3.2. Traçado 2	43
5.3.3. Traçado 3	44
5.3.4. Traçado 4	44
5.4 Comparação da perda de carga	45
5.5. Comparação da pressão dinâmica	46
5.6 Orçamentos	46
6. CONCLUSÃO	49
7. REFERÊNCIAS	50
APÊNDICE:	51
APÊNDICE A	51

APÊNDICE B.....	52
APÊNDICE C	53
APÊNDICE D	54
APÊNDICE E	55
APÊNDICE F.....	56
APÊNDICE G.....	57
APÊNDICE H.....	58
APÊNDICE I	59
APÊNDICE J.....	60
APÊNDICE K	61
APÊNDICE L.....	62
APÊNDICE M.....	63
APÊNDICE N.....	64
APÊNDICE O.....	65
APÊNDICE P	66
APÊNDICE Q.....	67
APÊNDICE R	68
ANEXO:	69
ANEXO 1	69
ANEXO 2	70
ANEXO 3	71

1. INTRODUÇÃO

O projeto de instalação hidráulica é, muitas vezes, negligenciado na composição de uma obra com intuito de economizar custos. Porém, problemas na execução, posicionamento dos aparelhos sanitários ou a escolha errônea do material a ser utilizado, podem causar inúmeros prejuízos ao consumidor, fazendo com que toda economia planejada anteriormente à execução da obra seja desperdiçada.

Para se saber a importância de um projeto de instalações hidráulicas bem feito, foi estimado que 75% das patologias dos edifícios é devido aos problemas de execução e principalmente na origem dos projetos (CARVALHO,2017).

Tem-se então, que este projeto, realizado de acordo com os objetivos e preceitos fixados em norma, garante a segurança e o conforto que o usuário necessita no seu dia a dia. As normas, por sua vez, são idealizadas por meio de análises e experimentos práticos, nas quais ela define métodos e regras para dimensionamento correto dos projetos.

Desta forma, o intuito por meio deste trabalho é mostrar as consequências físicas e econômicas de diferentes tipos de traçados e dimensionamentos de tubulações hidráulicas prediais para alimentação de bacias sanitárias. Com isso, ele traz uma perspectiva acerca dos motivos de elaborar um projeto de instalações hidráulica de água fria com um profissional da área.

Assim, teve-se como objetivo neste trabalho comparar tecnicamente e economicamente diversos tipos de traçado da tubulação de uma instalação predial de água fria com diferentes concepções da alimentação de bacias sanitárias, em um prédio de 10 andares e de “pavimento tipo”, com dois apartamentos por andar com um banheiro cada.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Comparar tecnicamente e economicamente diversos tipos de traçado da tubulação de uma instalação predial de água fria com diferentes concepções da alimentação de bacias sanitárias.

2.2 Objetivos específicos

- Dimensionar a rede predial em cada uma das concepções estudadas;
- Calcular as perdas de carga totais em cada um dos traçados concebidos;
- Determinar as pressões nos pontos de tomada de água de cada aparelho sanitário locado na rede hidráulica, verificando o funcionamento geral dos diferentes traçados de redes propostos;
- Determinar o orçamento dos materiais necessários em cada concepção hidráulica.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Regimes de escoamento

Fluidos são substâncias que são capazes de escoar e cujo volume toma a forma de seu recipiente. Quando em equilíbrio, os fluidos não suportam forças tangenciais ou cisalhantes. Todos os fluidos possuem um certo grau de compressibilidade e oferecem pequenas resistências à mudança de forma (PORDEUS, 2012), sendo divididos em líquidos e aeriformes (gases ou vapores).

Os problemas de enchimento e esvaziamento de tubulações e reservatórios fechados abordam os temas de escoamento de gases (ou vapores) na Hidráulica. É estudado esse tema para reservatórios fechados quando há que se dar passagem ao ar por meio de dispositivos tais como ventosas e respiradores. Também é estudado em problemas de aríete, no qual há um descolamento de coluna líquida em tubulações por fenômenos transitórios hidráulicos (AZEVEDO NETTO; FERNÁNDEZ, 2015).

Ainda segundo os mesmos autores a forma com que o líquido responde, na prática, a estrutura molecular e a energia interna influenciam nas várias situações de solicitação, ou seja, depende das propriedades físico-químicas. Porém, há uma diferença conceitual entre a característica de uma molécula de água para ciência e a mesma na engenharia hidráulica. Para apresentar características práticas (partícula fluida), são necessárias muitas moléculas juntas. A proximidade dessas moléculas entre si é função da atração que umas exercem sobre as outras, o que varia com a energia interna e, portanto, com a temperatura e a pressão.

Como visto acima, é imprescindível calcular a energia que o líquido irá despendar para escoar no encanamento, sendo assim, é importante entender a perda de carga na tubulação. Esta aparece no cálculo da potência de uma bomba e nas questões voltadas à escoamento de líquidos em tubulações. Ela é resultante do atrito interno do líquido com a tubulação, ou seja, da resistência oferecida pelas paredes em virtude da rugosidade e das alterações nas trajetórias devido à presença de peças e dispositivos intercalados na tubulação (MACINTYRE, 2010).

A observação dos líquidos quanto a direção da trajetória permite a distinção de dois tipos de movimentos:

- Regime Laminar: Também conhecido como lamelar ou tranquilo, as partículas do fluido percorrem trajetórias paralelas em seu movimento.
- Regime Turbulento: Também conhecido como “hidráulico”, as trajetórias são curvilíneas e irregulares, no qual elas se entrecruzam, formando uma série de minúsculos remoinhos (AZEVEDO NETTO; FERNÁNDEZ, 2015).

Outra forma de agrupar os regimes de escoamento é em relação ao tempo:

- Regime Permanente: Sua principal característica é que as propriedades do fluido em um ponto do campo não mudam com o tempo. Elas podem variar de ponto para ponto no trecho, mas devem permanecer constantes em relação ao tempo para um dado ponto qualquer;
- Regime Transiente: De modo contrário ao Regime Permanente, as propriedades do fluido em um ponto do trecho variam com o tempo (ANDRADE, 2012).

Também é possível separar os regimes de escoamento em relação a variação de sua trajetória:

- Regime Uniforme: é caracterizado pela velocidade ser constante em qualquer seção normal ao escoamento.
- Regime Não-Uniforme: é aquele em que as velocidades variam em cada seção transversal ao longo do escoamento (ANDRADE, 2012).

O regime de escoamento adotado para os cálculos de bombeamento e distribuição de água é do tipo denominado “regime turbulento”, pois a viscosidade da água é relativamente baixa, com isso, a distribuição das velocidades de escoamento é relativamente uniforme ao longo de cada seção transversal de escoamento (MACINTYRE, 2010). É identificado regime turbulento utilizando o Número de Reynolds, que é um valor adimensional que relaciona forças de inércia com forças viscosas da seguinte forma (Equação 1):

$$Re = \frac{\rho V L}{\mu} \quad (1)$$

em que:

ρ = massa específica (kg/m³);

V = velocidade do escoamento(m/s);

L = é a dimensão característica do escoamento (m); e

μ = viscosidade dinâmica (Pa.s).

É verificado escoamento turbulento ao passo que as forças de inércia, numerador, são muito maiores do que as forças viscosas, denominador (KESSLER, 2016).

3.2. Equação da continuidade

À fim de estudar o fluido com mais facilidade na hidráulica, considera-se o mesmo como sendo um fluido ideal. Sendo assim, pode-se considerar que ele possui densidade constante, e que sua velocidade de escoamento, em um ponto qualquer, também é invariável com relação ao tempo. Se o mesmo fosse analisado na forma como ele de fato se apresenta no ambiente, seriam exibidas equações muito complexas e de difícil resolução (HALLIDAY, 2009).

Nessa concepção, o fundamento da conservação da massa se apresenta como forma relevante em um projeto de instalações hidráulicas, pois o mesmo é fundamental para o desenvolvimento da equação da continuidade. Este aponta que para o escoamento permanente, a massa de fluido que passa por todas as seções de uma corrente de fluido por unidade de tempo é a mesma (HALLIDAY, 2009).

A Equação da Continuidade (Equação 2) estabelece que:

$$Q = A_1V_1 = A_2V_2 = \text{CONSTANTE} \quad (2)$$

em que:

Q= vazão presente no local (m³/s);

A= área da seção transversal (m²);

3.3. Equação da energia

Para compreender os parâmetros da equação da energia, primeiramente é necessário conhecer umas das leis fundamentais da natureza, a Primeira Lei da Termodinâmica, conhecida como princípio da conservação de energia. Ela alega que a energia não pode ser criada nem destruída durante um processo, ela só pode mudar de forma, ou seja, é importante toda e qualquer tipo de energia envolvida no ambiente de estudo (ÇENGEL; CIMBALA, 2015).

Tendo explicado a relevância de cada parte de energia no sistema, a equação da energia é composta da energia interna e das energias devidas à pressão, à

velocidade e à posição (PORDEUS, 2012). A carga total de uma seção “i” pode ser definida pela equação de Bernoulli para fluidos reais e ideais (Equação 3):

$$H_i = Z_i + \frac{P_i}{\gamma} + \frac{V_i^2}{2g} \quad (3)$$

em que:

H_i = Carga total da seção (m);

Z_i = Carga de posição (m);

P_i = Pressão (Pa);

γ = Massa específica (N/m³);

g = Aceleração da gravidade (m/s²)

Para entender o processo de transferência de um tipo de energia para outro, são reconhecidas fronteiras em cada variedade. Só é possível reconhecer a transferência de qualquer quantidade (como massa, momento e energia) após a passagem de uma fronteira pra outra. É considerado que uma quantidade entra em um sistema ao cruzar a fronteira de fora para dentro, e sai do sistema ao se mover na direção oposta. Ao se movimentar dentro de uma mesma fronteira não é considerado transferência de energia, uma vez que não sai da delimitação da fronteira. Por isso, é importante especificar e identificar as fronteiras antes de executar uma análise de engenharia (ÇENGEL; CIMBALA, 2015).

3.4. Condutos forçados

É considerado conduto forçado nas tubulações de hidráulica quando o fluido incompressível em questão escoar a uma pressão diferente da atmosférica e ocupa toda a seção do conduto. Se acaso o conduto não for totalmente preenchido pela água, este escoar a pressão atmosférica e o escoamento é classificado como operando em conduto livre (RESENDE, 2017).

Ao escoar por um conduto forçado, o fluido é submetido a variações de pressão, decorrentes da alternância na elevação do trecho, da velocidade de escoamento ou ainda do atrito do fluido com a face interna da parede do conduto. Como citado na Equação 2, a variação na velocidade de escoamento está associada a variações na área transversal do conduto, como ocorre nas reduções e ampliações, por exemplo.

Já o atrito, é função do grau de aspereza e de regularidade de sua superfície interna (RESENDE, 2017).

3.5. Perda de Carga

Ambos os casos citados acima provocam uma perda na energia hidráulica, denominada de perda de carga, que pode ser dividida em perda localizada ou distribuída (RESENDE, 2017).

A perda localizada acontece devido a singularidades na estrutura hidráulica, como ampliações, reduções, curvas, válvulas e outras peças, com área transversal não constante (RESENDE, 2017). Ela é considerada concentrada no ponto provocando uma queda acentuada da pressão no curto espaço compreendido pelo acessório (BARRAL,2013).

A perda distribuída verifica-se em consequência do atrito da água com as paredes internas da tubulação, ao longo de toda sua extensão e apresentando área transversal constante (RESENDE, 2017).

Para a formação de fórmulas mais precisas que ajudassem o cálculo das perdas de cargas e conseqüentemente no dimensionamento hidráulico, foi necessário mais que o apoio teórico. Várias experiências foram efetuadas para o desenvolvimento de fórmulas que expressem satisfatoriamente os valores da perda de carga distribuída, destacando-se entre outros, os trabalhos de Moody-Rouse, Hazen-Williams (BARRAL,2013).

As perdas de carga em geral são expressas pela fórmula (Equação 4):

$$h_f = \beta \frac{L}{D^m} Q^n \quad (4)$$

em que:

h_f = Perda de carga (m);

β = Coeficiente de perda de carga (adimensional);

L = Comprimento da tubulação (m);

D = Diâmetro da tubulação (m);

Q = Vazão (m³/s);

m = Coeficiente (adimensional);

n = Coeficiente (adimensional);

A fórmula de perda de carga para aplicação do ábaco de Moody-Rouse é (Equação 5), chamada de Fórmula Universal de perda de carga de Darcy-Weisbach:

$$h_f = f \frac{L V^2}{D 2g} \quad (5)$$

em que:

f = Coeficiente de atrito (adimensional);

O método de Hazen-Williams é o mais empregado no transporte de água e esgoto em canalizações diversas com diâmetro maior que 50mm (BARRAL,2013). Sua forma é dada pela Equação 6:

$$h_i = L \frac{10,641 Q^{1,85}}{C^{1,85} D^{4,87}} \quad (6)$$

em que:

C = Coeficiente que depende da natureza do material empregado na fabricação dos tubos e das condições de suas paredes internas (adimensional);

O método de Fair-Whipple-Hsiao é empregado no transporte de água com diâmetro menor que 100 mm (MACINTYRE, 2010). Sua forma para tubos lisos é (equação 7):

$$h_i = 0,000869 \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} L \quad (7)$$

A perda de carga localizada em cada acessório também pode ser aferida. Ela é calculada através do método dos comprimentos equivalentes ou virtuais, isso é, cada peça especial ou conexão acarreta uma perda de carga igual à que produziria um certo comprimento de tubulação com o mesmo diâmetro. Assim, esse método transforma as perdas de cargas em acessórios hidráulicos em uma perda de carga distribuída, como mostra a Tabela 1:

Tabela 1 - Perda de carga localizada – equivalência em metros de tubulação de PVC rígido ou cobre

Dn (mm)	Joelho 90°	Joelho 45°	Curva 90°	Curva 45°	Te 90° passagem Direta	Te 90° saída lateral	Te 90° saída bilateral	Entrada normal	Entrada Borda	Saída canalização	Val. Pé e crivo	Válvula retenção Leve	Válvula retenção Pesada	Reg. Globo Aberto	Reg. Gaveta aberto	Reg. Ângulo Aberto
15	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	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	2,4	0,4	1	0,9	9,5	2,7	4,1	11,4	0,2	6,1
25	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	0,3	8,4
32	2	1	0,7	0,5	1,5	4,6	4,6	0,6	1,8	1,4	15,5	4,9	7,4	22	0,4	10,5
40	3,2	1,3	1,2	0,6	2,2	7,3	7,3	1	2,3	3,2	18,3	6,8	9,1	35,8	0,7	17
50	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	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	7,8	1,6	3,3	3,5	25	8,2	12,5	38	0,9	19
75	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8	8	2	3,7	3,7	26,8	9,3	14,5	40	0,9	20
100	4,3	1,9	1,6	1	2,6	8,3	8,3	2,2	4	3,9	28,6	10,4	16	42,3	1	22,1
125	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10	10	2,5	5	4,9	37,4	12,5	19,2	50,9	1,1	26,2
150	5,4	2,6	2,1	1,1	3,8	11,1	11,1	2,8	5,6	5,5	43,4	13,9	21,4	56,7	1,1	28,2

Fonte: Macintyre (2010).

Após definido os valores para cada peça especial ou conexão, basta somá-los em cada trecho determinado para estipular o valor da perda de carga localizada total.

3.6. Instalações prediais de água fria

Um requisito indispensável atualmente na construção de prédios é a presença da instalação de água fria. A mesma traz conforto, higiene e habitabilidade para as pessoas que lá forem frequentar o local. No entanto, apesar da grande importância, muitas pessoas deixam de lado o estudo e o dimensionamento das instalações de água nas construções, procurando reduzir os gastos momentâneos da obra, empregando materiais incondizentes com o local ou até mesmo subdimensionando as tubulações. Devido a isso, infelizmente, inúmeras pessoas possuem desconfortos e prejuízos com as futuras manutenções corretivas (MACINTYRE, 2010).

3.6.1 Norma pertinente e critérios de projeto

Em setembro de 1998 foi aprovada a Norma 5626 da Associação Brasileira de Normas Técnicas. Ela define os requisitos de projeto, execução e manutenção das instalações hidráulicas prediais de água fria para garantir bom desempenho nas redes, segurança sanitária e potabilidade de água, quando aplicável. Pode ser aplicada a qualquer edificação (residencial ou não) que faça uso de água, sendo potável ou não (NBR 5626, 1998).

Outra norma de importância fundamental na garantia de maior segurança do trabalhador nas construções de edifícios de grande porte é a NBR 6493 (ABNT, 2018). A mesma fixa condições exigíveis para o emprego de cores, que identificam tubulações destinadas a canalização de fluídos e material fragmentado ou condutores elétricos.

3.6.2 Dimensionamento e verificação do funcionamento

À fim de se ter um dimensionamento seguro e durável na instalação hidráulica, algumas diretrizes devem ser seguidas (MOREIRA; PAULA, 2014):

- Garantir a preservação da potabilidade da água;
- Garantir o conforto ao usuário, implementando os aparelhos nos lugares mais adequados e de melhor acesso, com vazões apreciáveis, constantes e com presença de ruídos satisfatórios;
- Obter economia de energia e água;

- Garantir o melhor local para a tubulação, para possibilitar uma fácil manutenção.

Assim, tendo como base essas regras, é preciso saber por onde a água passa até chegar no cômodo do edifício. Existem 4 elementos principais no trajeto da água que parte de um reservatório superior de acumulação (MACINTYRE, 2010):

Barrilete de distribuição: tubulação que conecta entre si duas seções do reservatório superior, ou dois reservatórios superiores, do qual partem ramificações para as colunas de alimentação.

- a) Colunas de alimentação: são derivados do barrilete e descem verticalmente para alimentar os pavimentos existentes.
- b) Ramais: são tubulações derivadas da coluna de alimentação que servem grupos de aparelhos.
- c) Sub-ramais: São tubulações que conectam os ramais às peças de utilização do sistema.

O dimensionamento de um sub-ramal é feito segundo tabelas que foram formadas com base de resultados experimentais em cada aparelho. Nessa tabela cada peça de utilização é classificada com um diâmetro nominal (MACINTYRE, 2010).

Para o ramal de alimentação, podem ser levadas duas hipóteses para dimensionamento (MACINTYRE, 2010):

- 1) Consumo simultâneo de todos os aparelhos.
- 2) Consumo simultâneo máximo provável dos aparelhos.

Na primeira hipótese, é reconhecido que todos os aparelhos no qual o ramal abastece estão sendo utilizados ao mesmo tempo. É utilizada, em geral, em instalações de estabelecimentos onde há horários rigorosos para utilização da água. A segunda hipótese se baseia na ideia de que a probabilidade de todos os aparelhos estarem sendo utilizados ao mesmo tempo é pouco provável. Sendo assim, foi estabelecido um fator de utilização para o ramal, no qual, multiplicando-se o valor do consumo máximo possível, é possível obter o consumo máximo provável dos aparelhos funcionando simultaneamente (MACINTYRE, 2010). Após encontrado o consumo máximo, é possível definir o diâmetro nominal dos ramais.

A NBR 5626 (ABNT, 1998), estabelece a primeira hipótese para o cálculo tanto do ramal, quanto da coluna de alimentação. Nela, são atribuídos pesos as peças de

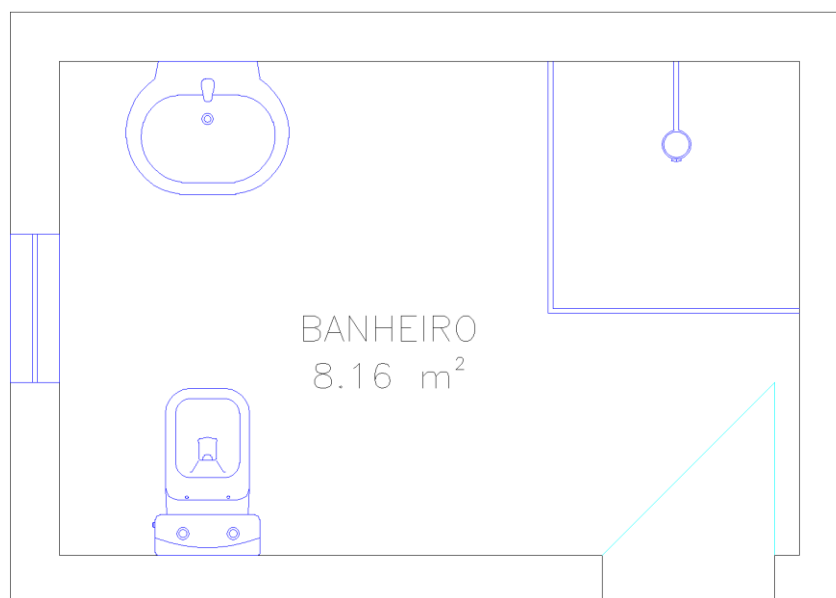
utilização para definir suas demandas e posteriormente, por meio de um gráfico, é atribuído o diâmetro recomendado para a tubulação.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Local a ser analisado

O objeto de estudo foi um edifício de múltiplos pavimentos, com 10 andares de pavimento tipo. O prédio em questão possui dois apartamentos por andar e 3 pessoas por apartamento, sendo todos traçados realizados voltados para os banheiros das unidades habitacionais (Figura 1).

Figura 1 - Banheiro a ser estudado



Fonte: o autor (2019).

O layout dos banheiros apresenta em sua constituição um lavatório, um chuveiro, uma bacia sanitária, podendo ser com caixa acoplada ou válvula de descarga. A disposição dos aparelhos sanitários foi feita para se obter o maior conforto dentro do banheiro, com uma disposição simples e eficiente. A altura das janelas dos banheiros é de 0,60 metros, mesmo valor sua largura, possuindo um peitoril de 1,5 metros. A porta apresenta altura de 2,10 metros por 0,7 metros de largura. O pé-direito do pavimento é de 3 metros, sendo assim, o prédio possui 32 metros de altura, adotando uma laje de 0,20 metros. Além disso, o mesmo apresenta um reservatório superior, ou seja, no topo do edifício e outro inferior.

4.2. Tipos de traçado

Para se obter maior precisão em comparação aos resultados práticos, é necessário adotar alturas comumente usuais para os aparelhos hidráulicos. Assim sendo os pontos de entrada para as diversas peças hidráulicas é apresentado na Tabela 2:

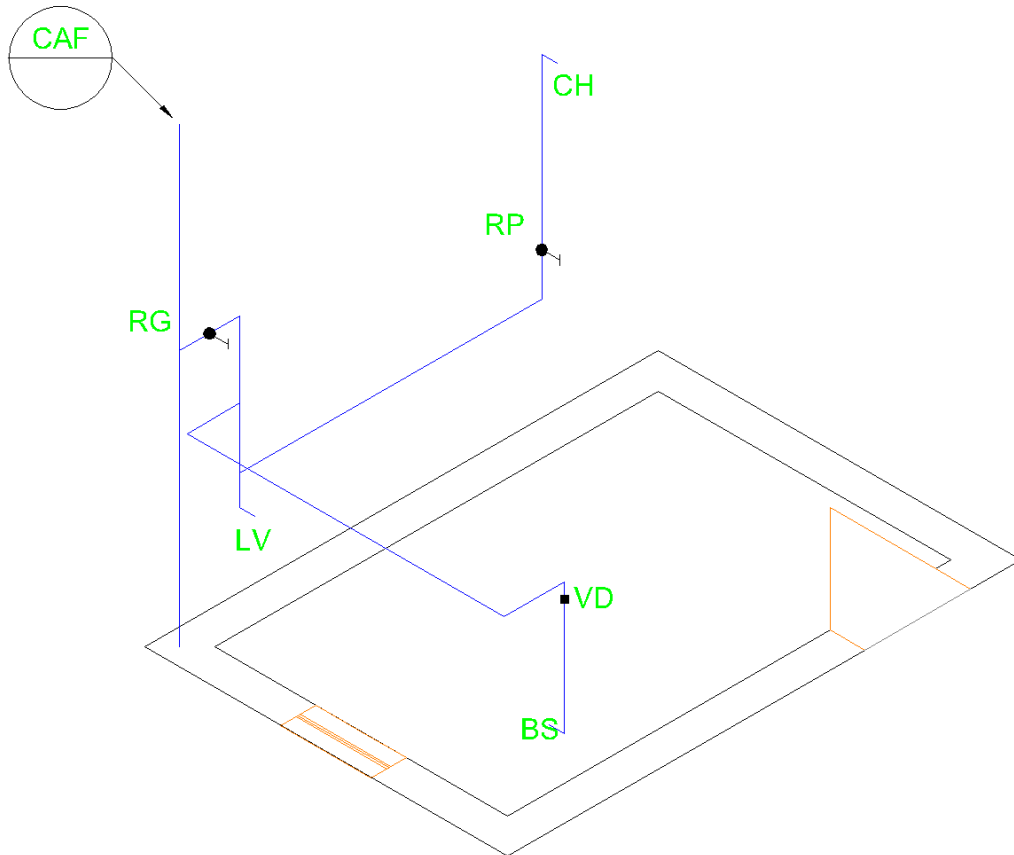
Tabela 2 - Altura dos pontos de utilização de diversos aparelhos hidráulicos

Sigla	Aparelho	Altura (cm)
BS	Bacia sanitária c/ válvula	33
BCA	Bacia sanitária c/ caixa acoplada	20
CH	Chuveiro ou ducha	220
LV	Lavatório	60
RP	Registro de pressão	110
RG	Registro de gaveta	180
VD	Válvula de descarga	110

Fonte: adaptado de Carvalho Júnior (2014).

Com base nesses valores de altura dos componentes hidráulicos foram elaborados os traçados dos estudos nos banheiros, apresentados nas Figuras 2, 3, 4 e 5.

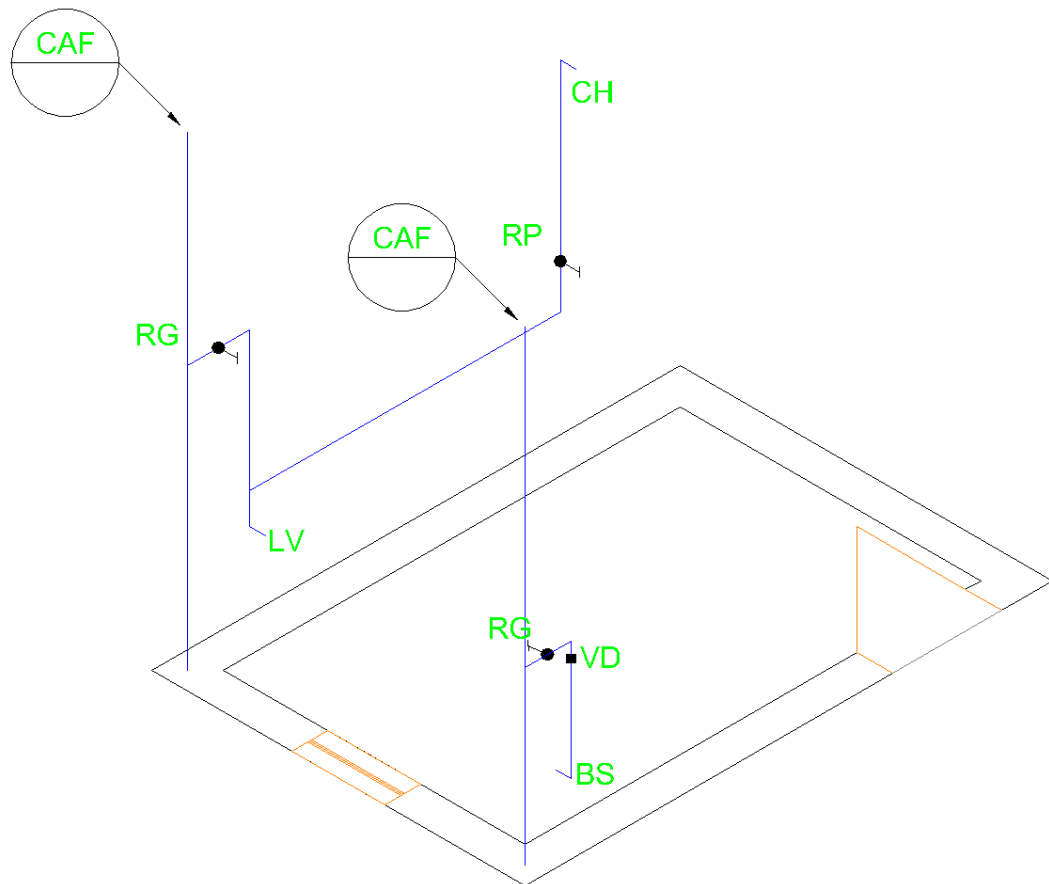
Figura 2 - Isométrico do banheiro apresentando a bacia sanitária, com válvula de descarga, inserida na mesma coluna de água fria (CAF) dos outros aparelhos



Fonte: o autor (2019).

A característica desse traçado é a ligação entre a bacia sanitária com válvula de descarga com o resto dos aparelhos sanitários, conseqüentemente têm-se menos colunas de alimentação no projeto, porém o fluxo muda de direção com muito mais frequência até a chegada da bacia sanitária.

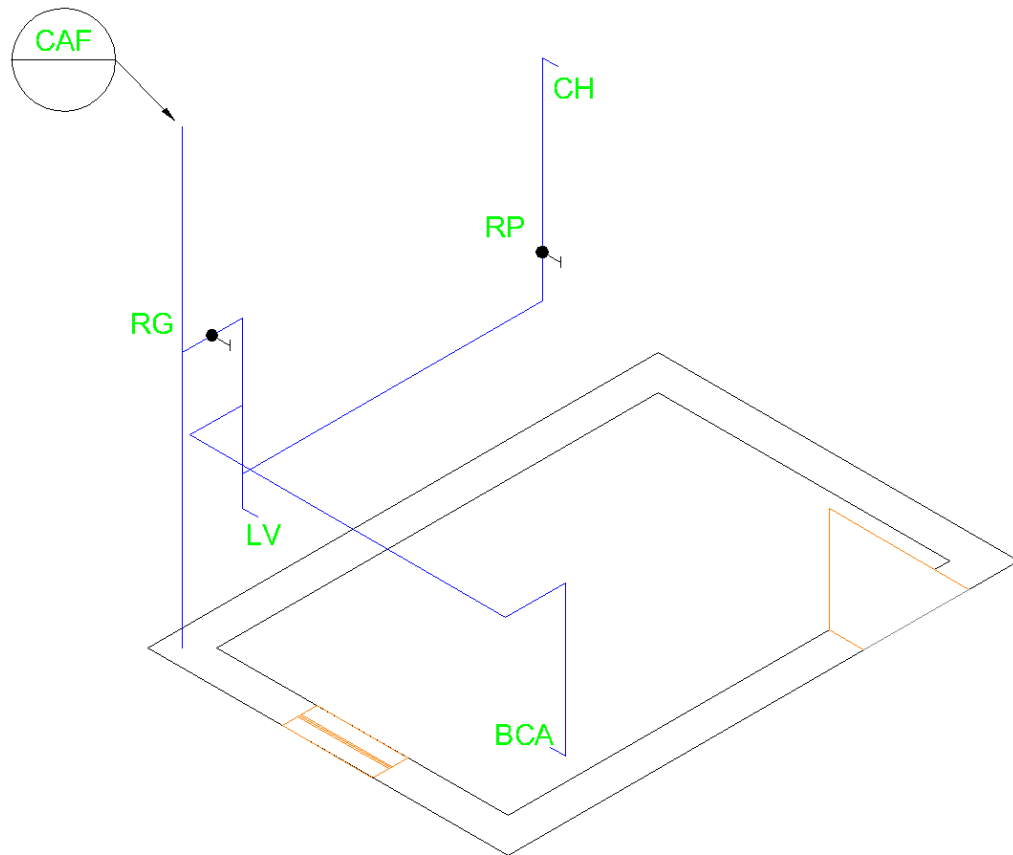
Figura 3 - Isométrico do banheiro apresentando a bacia sanitária, com válvula de descarga, inserida em uma coluna de água fria (CAF) própria



Fonte: o autor (2019).

A característica desse traçado é a separação entre a bacia sanitária com válvula de descarga com o resto dos aparelhos sanitários, consequentemente a distribuição dos pesos será diferente em cada ramal e sub-ramal.

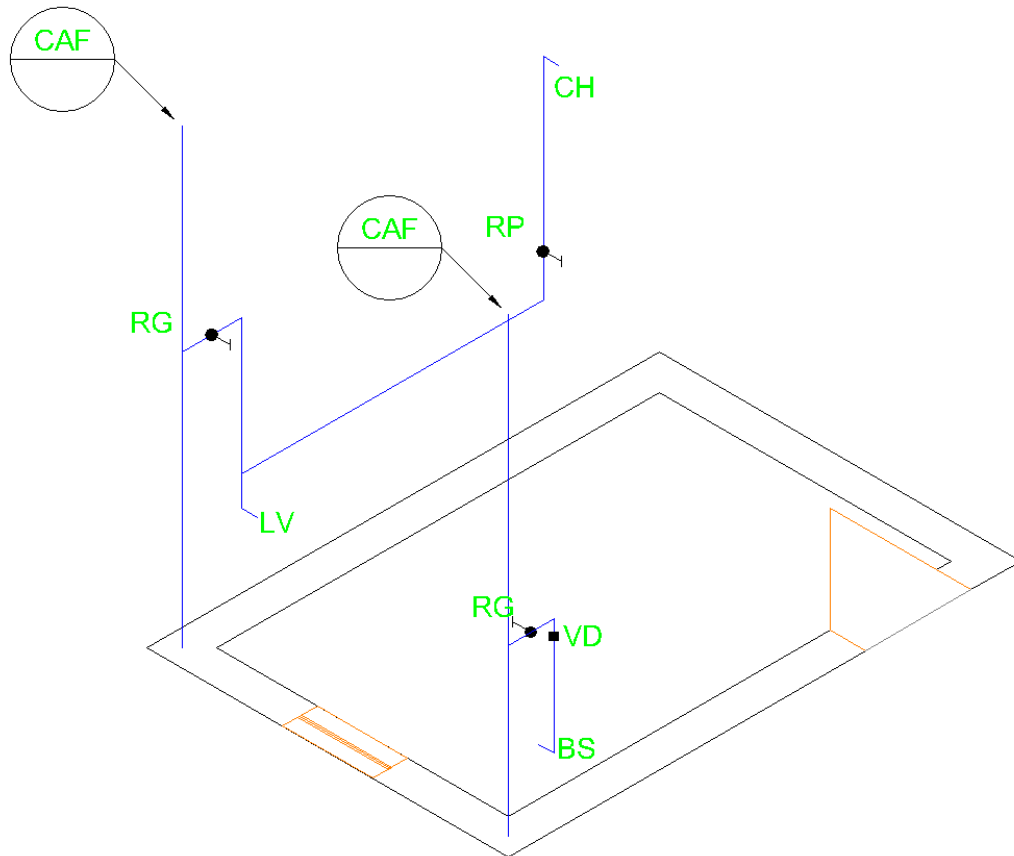
Figura 4 - isométrico do banheiro apresentando a bacia sanitária, com caixa acoplada, inserida na mesma coluna de água fria (CAF) dos outros aparelhos



Fonte: o autor (2019).

A característica desse traçado é a ligação entre a bacia sanitária de caixa acoplada com o resto dos aparelhos sanitários, conseqüentemente têm-se menos colunas de alimentação no projeto, e como a caixa acoplada tem um peso relativamente pequeno em relação a válvula, a somatória dos pesos é distinta do traçado 1.

Figura 5 - Isométrico do banheiro apresentando a bacia sanitária, com válvula de descarga, inserida em uma coluna de água fria (CAF) própria, porém com um barrilete único para toda edificação

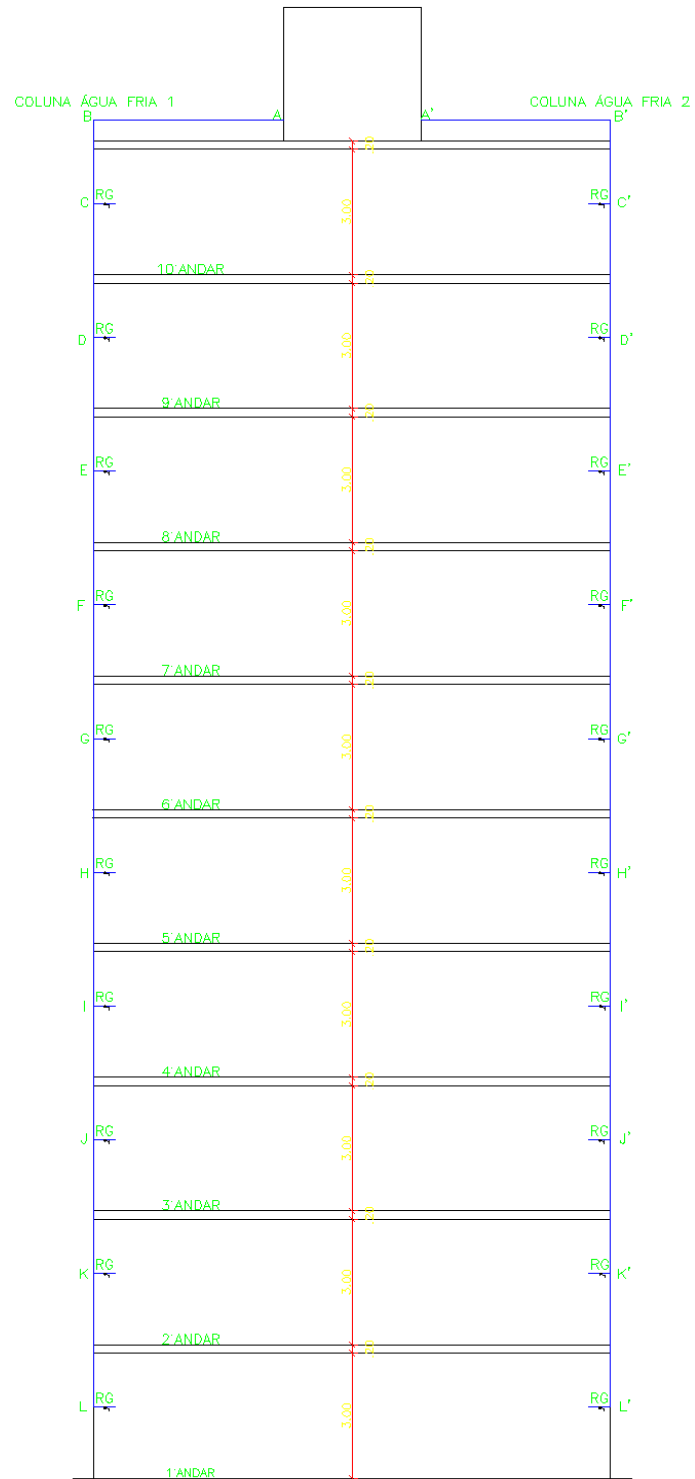


Fonte: o autor (2019).

O traçado 4 é semelhante ao traçado 2, porém a diferença está no traçado dos barriletes do prédio. Neste traçado existe apenas uma saída da caixa d'água para todos os banheiros, enquanto que para no traçado 2 existem mais.

Com relação a distribuição das colunas de alimentação e os barriletes, os traçados foram dimensionados conforme apresentado nas Figuras de 6 a 9.

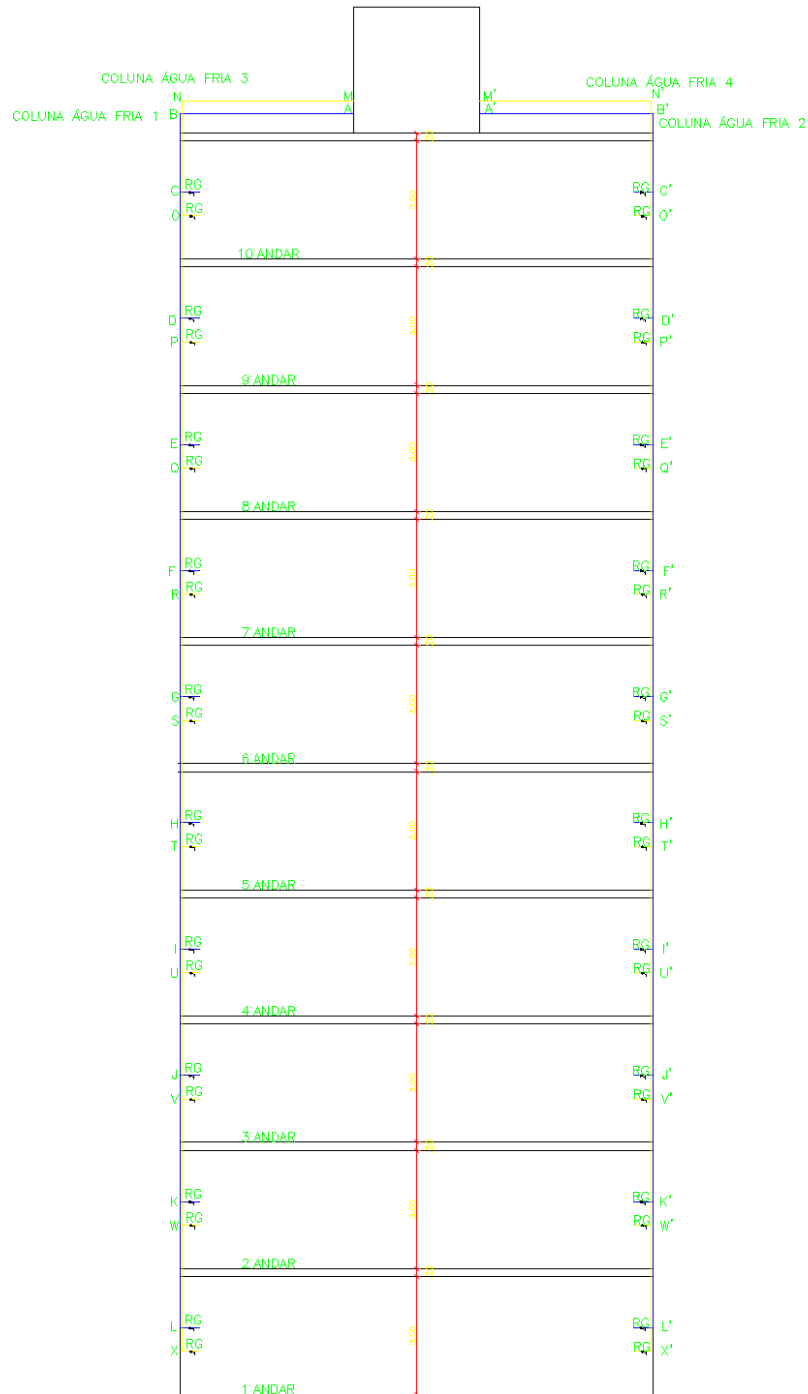
Figura 6 - Representação barriletes e colunas de alimentação do traçado 1



Fonte: o autor (2019).

O prédio apresenta duas colunas de alimentação ao todo para os banheiros, uma para cada apartamento do pavimento. Possui duas entradas na caixa d'água, e nas saídas das colunas de alimentação há presença dos registros gaveta (RG).

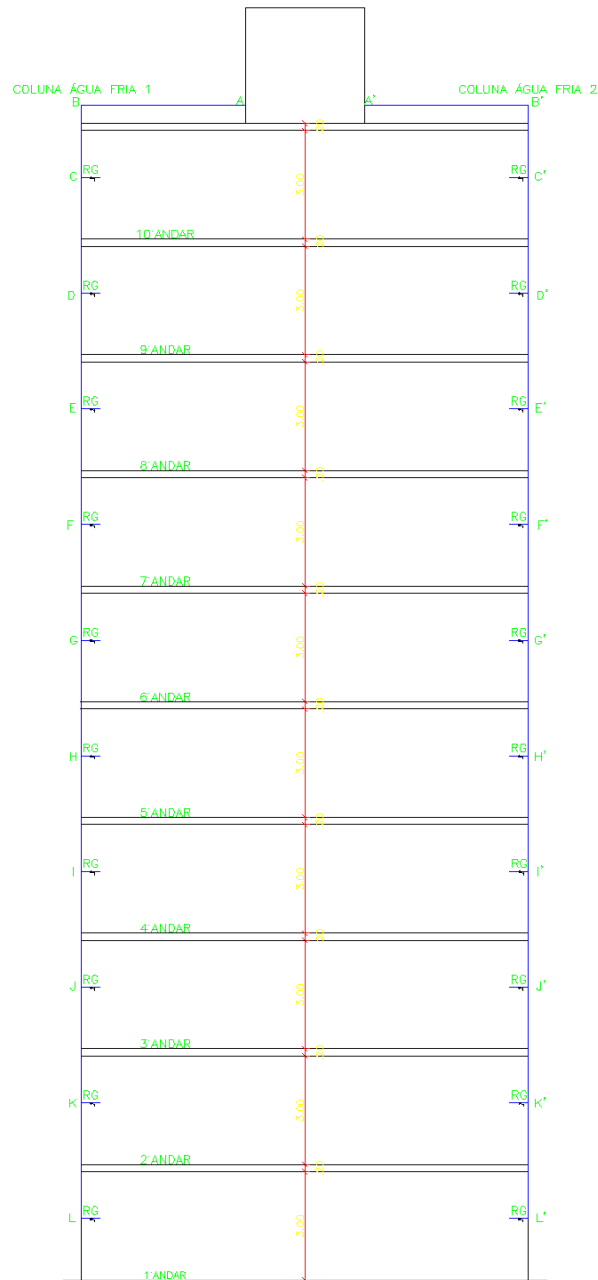
Figura 7 - Representação barriletes e colunas de alimentação do traçado 2



Fonte: o autor (2019).

O prédio apresenta quatro colunas de alimentação ao todo para os banheiros, duas para cada apartamento do pavimento. Uma delas é destinada exclusivamente a alimentação da bacia sanitária com válvula de descarga. Possui quatro entradas na caixa d'água, e nas saídas das colunas de alimentação há presença dos registros gaveta (RG).

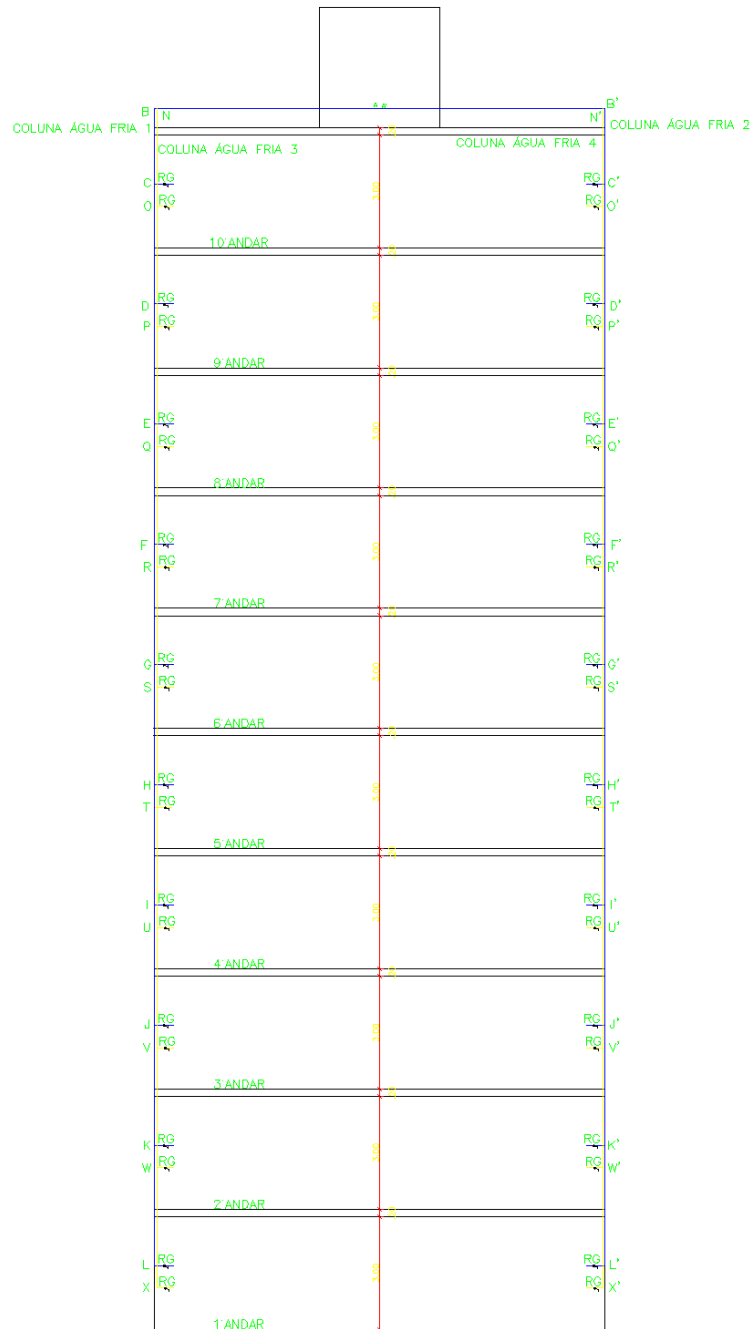
Figura 8 - Representação barriletes e colunas de alimentação do traçado 3



Fonte: o autor (2019).

O prédio apresenta duas colunas de alimentação ao todo para os banheiros, uma para cada apartamento do pavimento. Possui duas entradas na caixa d'água, e nas saídas das colunas de alimentação há presença dos registros gaveta (RG).

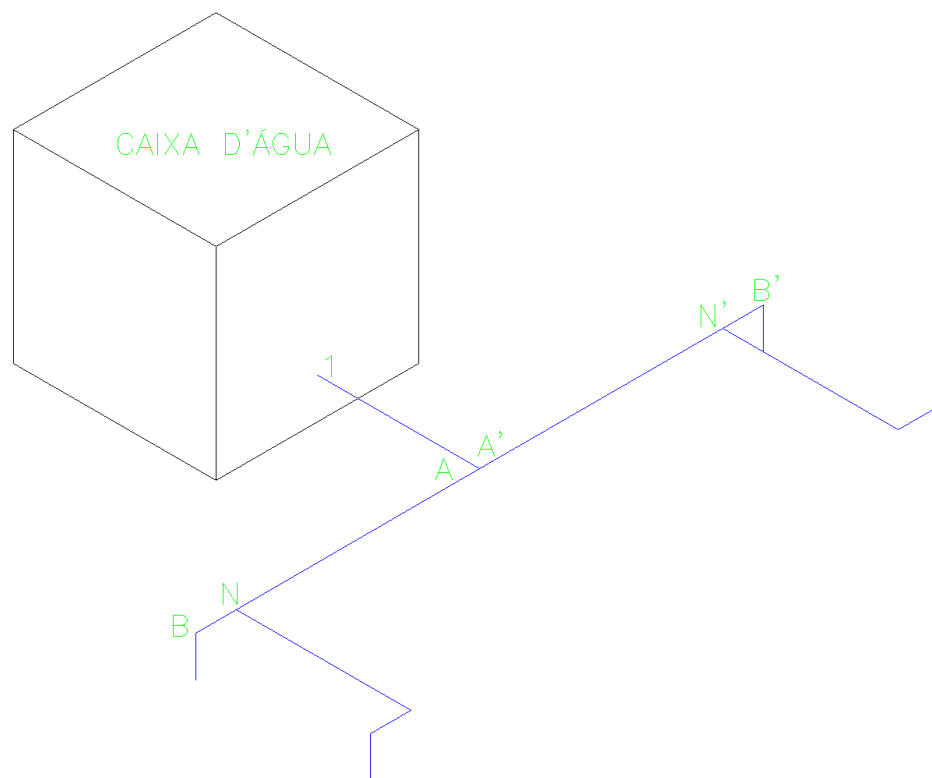
Figura 9 - Representação barriletes e colunas de alimentação do traçado 4



Fonte: o autor (2019).

O prédio apresenta quatro colunas de alimentação ao todo para os banheiros, duas para cada apartamento do pavimento. Possui apenas uma entrada na caixa d'água e a partir dela apresenta ramificações, como mostra a Figura 10, e nas saídas das colunas de alimentação há presença dos registros gaveta (RG).

Figura 10 - Representação barriletes referentes ao traçado 4



Fonte: o autor (2019).

Devido a altura do prédio ser invariável em todos os traçados, assim como a altura de cada aparelho sanitário, o cálculo da pressão estática é idêntico para cada dimensionamento. O mesmo é calculado subtraindo a altura do aparelho sanitário da altura do nível da água na caixa d'água, como mostra a equação 8:

$$\text{Pressão estática} = A_c - A_p \quad (8)$$

Em que:

A_c = Altura do nível da água na caixa d'água (m);

A_p = Altura do nível da água nos aparelhos sanitários (m).

Sendo assim, a pressão manométrica em cada chuveiro do prédio é, (Tabela 3):

Tabela 3: Pressão estática nos chuveiros, em m.c.a.

Andar	Pressão estática (m)
10°	4
9°	7,2
8°	10,4
7°	13,6
6°	16,8
5°	20
4°	23,2
3°	26,4
2°	29,6
1°	32,8

Fonte: o autor (2019).

4.3 Dimensionamento do Reservatório

Para o dimensionamento do reservatório superior é necessário que a capacidade do mesmo possa atender ao consumo de todas as peças de uma forma variável. Ele age como um regulador de distribuição (MACINTYRE, 2010).

O cálculo do dimensionamento do reservatório é feito com base no consumo per capita dos moradores locais (Tabela 3):

Tabela 3 - Relação Tipos de edificação/ Consumo diário

Tipos de edificação	Consumo (Litros/dia)
Alojamento provisório	80 per capita
Ambulatório	25 per capita
Apartamentos	200 per capita
Casas populares ou rurais	150 per capita
Cinemas e Teatros	2 por lugar
Creches	50 per capita
Edifícios públicos ou comerciais	50 per capita
Escolas (Externatos)	50 per capita
Escolas (Internato)	150 per capita
Escolas (Semi-internato)	100 per capita
Escritório	50 per capita
Garagens e posto de serviço	50 por automóvel/ 200 por caminhão
Hotéis (sem cozinha e sem lavanderia)	120 por hóspede
Hotéis (com cozinha e com lavanderia)	250 por hóspede
Indústrias- uso pessoal	80 por operário
Indústrias- com restaurante	100 por operário
Lavanderias	30 por Kg de roupa seca
Mercados	5 por m ² de área
Orfanatos, asilos, berçários	150 per capita
Piscinas – lâmina de água	2,5 cm por dia
Postos de serviços de automóveis	150 por veículo
Quartéis	150 per capita
Residência popular	150 per capita
Residência de padrão médio	200 per capita
Residência de padrão de luxo	250 per capita
Restaurantes e outros similares	25 por refeição

Fonte: adaptado de Carvalho Júnior (2014).

Dessa forma, o consumo *per capita* da edificação é de 200 Litros/ dia. Para determinar o consumo diário da população é necessário multiplicar o consumo diário *per capita* é multiplicado pelo número de habitantes do local. Além disso, é considerado que o volume do reservatório equivale a dois consumos diários.

É sugerido, quando for conveniente, a reservação maior que um consumo diário, e esta reserva deve ser feita nos reservatórios inferiores. A distribuição recomendada pela NBR 5626:1998 é de que o volume para cada reservatório seja:

Reservatório inferior: 3/5 do total.

Reservatório superior: 2/5 do total.

4.4 Determinação dos diâmetros e das vazões

Utilizando o método dos pesos relativos preconizado pela NBR 5626 (ABNT, 1998), foi possível identificar a vazão de projeto e assim a velocidade de projeto para cada trecho. A tabela X (Tabela 4) identifica os aparelhos sanitários que podem existir em uma edificação atribuindo-os pesos para definir suas demandas.

Tabela 4 - Pesos de aparelhos sanitários e peças de utilização

Aparelho sanitário e peças de utilização	Vazão de projeto (L/s)	Pesos
Bacia sanitária com caixa de descarga	0,15	0,3
Bacia sanitária com válvula de descarga	1,7	40
Banheira (Misturador - água fria)	0,3	1
Bebedouro com registro de pressão	0,1	0,1
Bidê (Misturador - água fria)	0,1	0,1
Chuveiro (Misturador – água fria)	0,2	0,5
Lavatório (Torneira ou misturador)	0,15	0,5
Chuveiro elétrico	0,1	0,1
Máquina de lavar roupas ou pratos	0,3	1
Mictório de descarga descontinua tipo calha (por metro)	0,15	0,3
Pia/Torneira ou misturador (água fria)	0,25	0,7
Pia/Torneira elétrica	0,1	0,1
Tanque de lavar-Torneira	0,25	0,7
Torneira de jardim ou lavagem em geral	0,2	0,4

Fonte: Macintyre (2010).

Para o cálculo dos ramais e colunas de alimentação primeiramente foi necessário somar os pesos de todos os aparelhos sanitários presentes em cada trecho definido no seu traçado. Logo após o cálculo da vazão de projeto é feito por meio da Equação 9:

$$Q = 0,3\sqrt{\sum P} \quad (9)$$

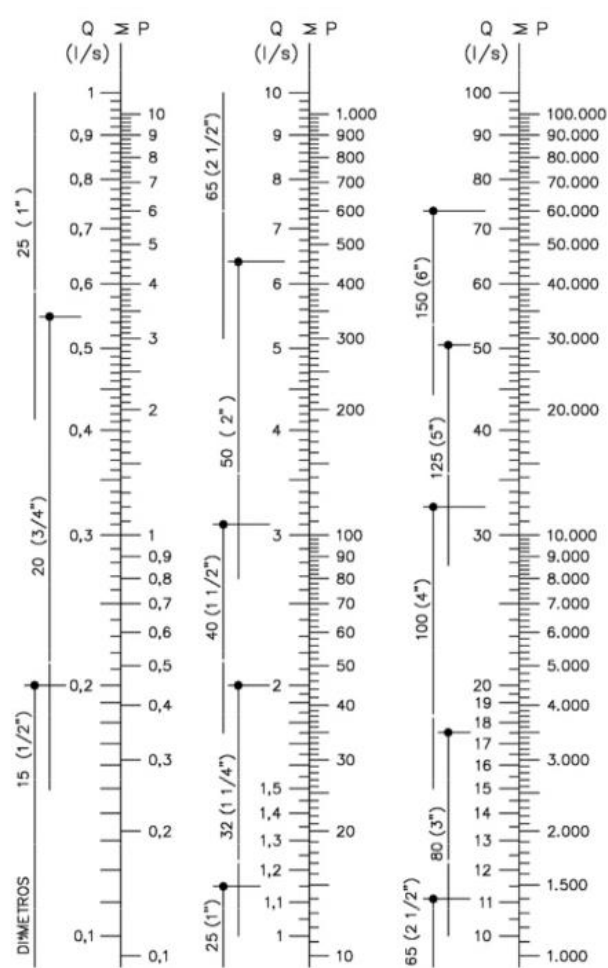
Em que:

Q: vazão de projeto (L/s);

P: Peso relativo dos aparelhos sanitários.

Após encontrado o valor da descarga, é obtido o valor do diâmetro nominal padrão para esse tipo de vazão com base no ábaco apresentado na Figura 11:

Figura 11 - Ábaco utilizado para dimensionamento de tubulações de instalações prediais de água fria, em função dos pesos relativos e vazões de cada trecho



Fonte: Macintyre (2010).

Com isso, é possível determinar a velocidade de escoamento de cada trecho, com base na descarga e no diâmetro verificados (Equação 10):

$$V = \frac{4Q}{\pi d^2} \quad (10)$$

Em que:

V= Velocidade de escoamento (m/s);

d = diâmetro interno da tubulação (m).

É importante ressaltar que é recomendado que a velocidade máxima de escoamento, de acordo com NBR 5626 (ABNT,1998), não ultrapasse os 3,0 m/s, evitando problemas futuros devido ao excesso de velocidade (ruídos e perda de carga excessiva). Também é aconselhado que a velocidade presente na tubulação seja superior a 0,60 m/s. Ela também recomenda que a pressão estática máxima não ultrapasse 40 m.c.a. (metros de coluna d'água). Fora isso, é necessário que a pressão dinâmica na válvula de descarga não seja inferior a 1,5 m.c.a. (metros de coluna d'água).

4.5 Perda de carga

A determinação da perda de carga nas instalações hidráulicas foi realizada a partir da soma de duas de suas componentes, a perda de carga distribuída e a perda de carga localizada (Equação 11):

$$h_{\text{total}} = h_{\text{dist}} + h_{\text{loc}} \quad (11)$$

Em que:

h_{total} = perda de carga total (m);

h_{dist} = perda de carga distribuída (m);

h_{loc} = perda de carga localizada (m).

Para a perda de carga distribuída foi utilizada a equação de Fair-Whipple-Hsiao (Equação 7). Para calculá-la se faz necessário dimensões e conhecimento das seguintes variáveis: vazão de escoamento, diâmetro da tubulação e comprimento do trecho definido. O comprimento foi definido a partir dos desenhos isométricos da edificação, com isso, todas as variáveis já foram definidas anteriormente.

Já a perda de carga localizada foi calculada por meio do método dos comprimentos equivalentes, determinados por meio de valores indicados na tabela 1.

4.6 Comparativo entre concepções

Depois de dimensionados os trechos, foi feito um comparativo no funcionamento como um todo, verificando o custo de cada traçado e as partes positivas e negativas de cada um deles.

O custo será contabilizado através de uma tabela de preço obtida de um fornecedor de condutos hidráulicos e por meio dela foi definido qual dos traçados é o mais rentável.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Dimensionamento do reservatório

Foi estimado o número de habitantes de cada apartamento em 3 pessoas, portando o consumo total calculado foi de 12000 litros/dia. Sendo assim, considerando dois consumos diários, foi encontrado o valor de 9600 litros para o reservatório superior e utilizou-se então uma caixa d'água de 10000 litros. Já para o reservatório inferior foi dimensionado 14400 litros, utilizando-se assim de uma caixa d'água de 15000 litros. A divisão de consumo de cada reservatório, 40% para o superior e 60% para o inferior, é apresentada pela Tabela 5.

Tabela 5 - Dimensionamento reservatório superior e inferior

Consumo per capita diário (L/dia)	Nº de habitantes por apartamento	Nº de apartamentos por andar	Nº de andares	Consumo total (L/dia)	Reservatório Superior (L) (2 diárias)	Reservatório inferior (L) (2 diárias)
200	3	2	10	12000	9600	14400

Fonte: o autor (2019).

5.2. Dimensionamento tubulação hidráulica de água fria

O cálculo do dimensionamento das tubulações de água fria (Barriletes, colunas de alimentação, ramais e sub-ramais) estão presentes nos apêndices A até H.

Pode-se inferir que o valor da velocidade não ultrapassa os 3,0 m/s, estando dentro das normas de utilização. Entretanto, no trecho 03*01 verifica-se que a velocidade está abaixo de 0,60 m/s, que é o mínimo recomendado para o fluxo de água fria. Este trecho alimenta a saída de água do chuveiro. O diâmetro nominal do trecho já é de 20mm, no qual já é considerado relativamente pequeno para a situação. Portanto, a verificação da pressão dinâmica é de grande importância para garantir que o fluxo da água não interfira no funcionamento do chuveiro.

5.3 Pressão nos traçados

5.3.1. Traçado 1

A pressão dinâmica no traçado 1 é mostrada na Tabela 6:

Tabela 6 – Pressão dinâmica nos chuveiros do traçado 1

Andar	Pressão dinâmica (m)
10°	2,70
9°	5,66
8°	8,64
7°	11,65
6°	14,68
5°	17,84
4°	20,58
3°	23,58
2°	26,74
1°	29,71

Fonte: o autor (2019).

Analisando-se os dados da Tabela 6 nota-se que em todos os chuveiros a pressão dinâmica é superior à 1 m.c.a, garantindo a funcionalidade do mesmo.

5.3.2. Traçado 2

A pressão dinâmica no traçado 2 é dada pela Tabela 7:

Tabela 7 - Pressão dinâmica nos chuveiros do traçado 2

Andar	Pressão dinâmica (m)
10°	3,29
9°	6,28
8°	9,36
7°	12,45
6°	15,55
5°	18,67
4°	21,80
3°	24,98
2°	28,05
1°	31,21

Fonte: o autor (2019).

Analisando-se os dados da Tabela 7 nota-se que em todos os chuveiros a pressão dinâmica é superior à 1 m.c.a, garantindo a funcionalidade do mesmo.

5.3.3. Traçado 3

A pressão dinâmica no traçado 3 é dada pela Tabela 8:

Tabela 8 - Pressão dinâmica nos chuveiros do traçado 3

Andar	Pressão dinâmica (m)
10°	3,38
9°	6,45
8°	9,53
7°	12,62
6°	15,73
5°	18,86
4°	22,00
3°	25,16
2°	28,33
1°	31,48

Fonte: o autor (2019).

Analisando-se os dados da Tabela 8 nota-se que em todos os chuveiros a pressão dinâmica é superior à 1 m.c.a, garantindo a funcionalidade do mesmo.

5.3.4. Traçado 4

A pressão dinâmica no traçado 4 é dada pela Tabela 9:

Tabela 9 - Pressão dinâmica nos chuveiros do traçado 4

Andar	Pressão dinâmica (m)
10°	2,72
9°	5,71
8°	8,79
7°	11,88
6°	14,98
5°	18,10
4°	21,23
3°	24,41
2°	27,47
1°	30,64

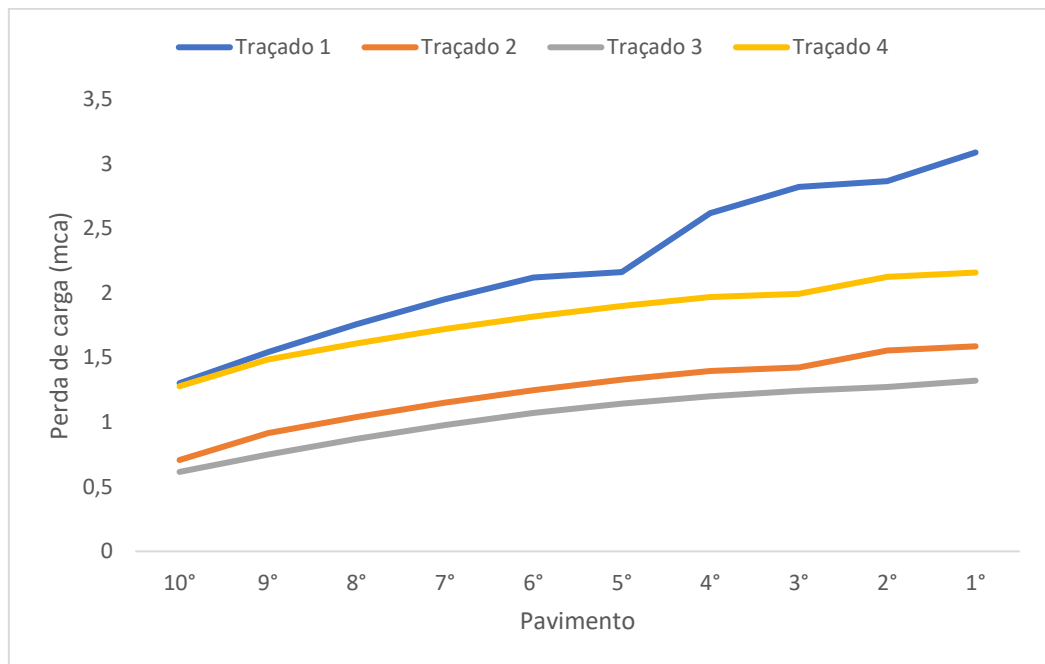
Fonte: o autor (2019).

Analisando-se os dados da Tabela 8 nota-se que em todos os chuveiros a pressão dinâmica é superior à 1 m.c.a, garantindo a funcionalidade do mesmo.

5.4 Comparação da perda de carga

A fim de facilitar a comparação entre os traçados, no que se refere à perda de carga e a carga disponível, nos diferentes níveis do pavimento, o Gráfico 1 foi elaborado acerca da variação da perda de carga em cada pavimento do prédio.

Gráfico 1- Perda de carga acumulada por pavimento em cada um dos traçados estudados.



Fonte: o autor (2019).

Ao analisar o gráfico 1, é possível concluir que o traçado 1 apresenta a maior perda de carga em todos os pavimentos, enquanto o traçado 3 possui as menores perdas de cargas. Isso ocorre, pois, o traçado 1 apresenta inúmeras peças especiais e conexões, e as mesmas possuem grandes valores de perda de carga. Já o traçado 3, apresenta menores vazões e menor comprimento total em relação aos outros, e conforme a fórmula de Fair-Whipple-Hsiao (Equação 7) mostra, quanto menor a vazão maior a perda de carga (ao quadrado), e também quanto menor o comprimento total, menor a perda de carga.

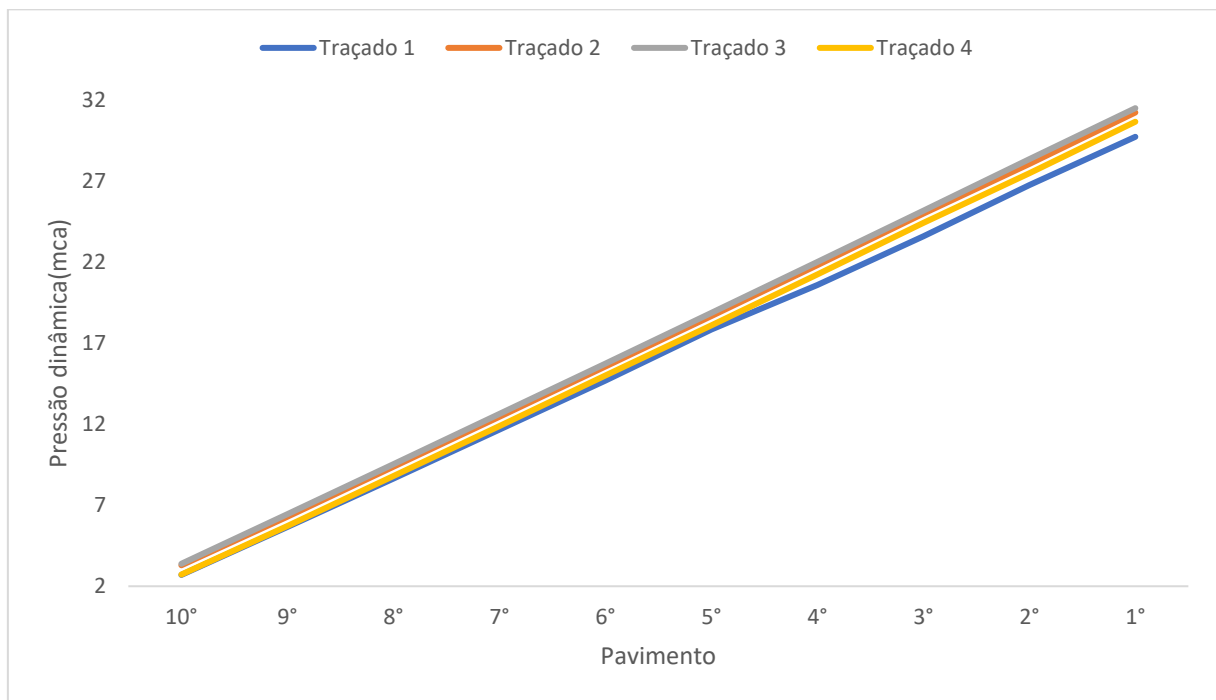
No décimo pavimento, ou seja, no andar superior, a perda de carga dos traçados 1 e 4 são relativamente próximas uma da outra - isso ocorre devido ao traçado 4 só apresentar uma entrada na caixa d'água e conseqüentemente a vazão é aumentada, e a perda de carga e vazão são diretamente proporcionais, elevando

assim a perda de carga, quase igualando ao traçado 1. Porém a perda de carga no traçado 1 aumenta em maior taxa em cada pavimento em relação ao traçado 4, ainda devido a presença de inúmeras conexões, como os joelhos de 90°.

5.5. Comparação da pressão dinâmica

Após calculadas as perdas de carga, foram calculadas e comparadas as pressões dinâmicas em cada traçado (Gráfico 2). As tabelas dos resultados dos cálculos de pressões dinâmicas estão disponíveis nos Apêndices I à L.

Gráfico 2- Relação pressão dinâmica nos chuveiros por pavimento em cada traçado.



Fonte: o autor (2019).

É importante ressaltar que, quanto maior a pressão dinâmica no aparelho sanitário melhor será o seu funcionamento. Com isso, e por meio da análise do gráfico 2, foi possível concluir que o traçado 1 apresenta os piores resultados para a pressão dinâmica, acompanhado do traçado 4. Mesmo assim, as suas pressões são consideradas suficientes para um bom funcionamento dos aparelhos sanitários.

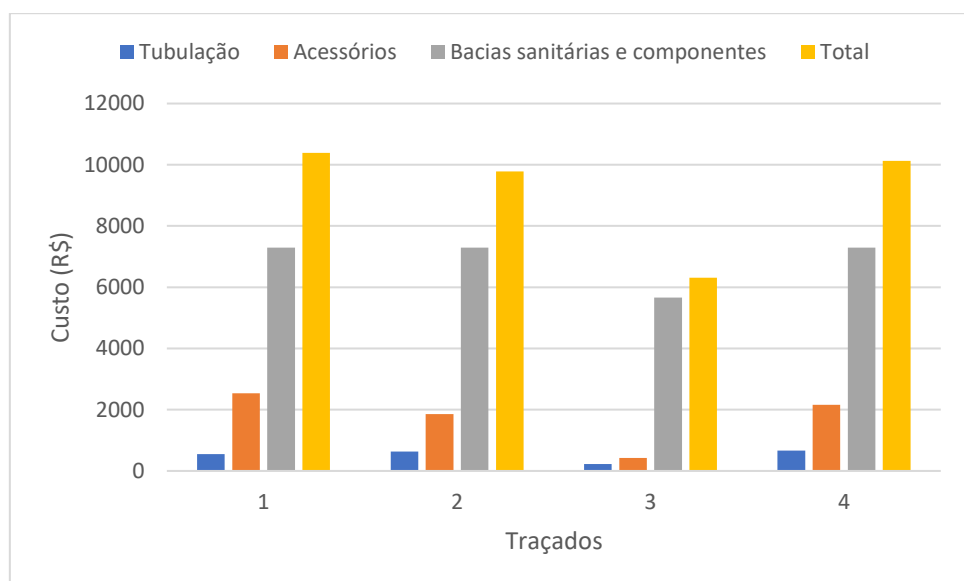
5.6 Orçamentos

Após feitos os dimensionamentos, foram analisados também os orçamentos de cada traçado. Para se ter um valor verídico e plausível de orçamento a empresa Capifer - Comércio de Matérias para Construção forneceu todos os valores de peças de utilização na instalação de água fria e sua tabela de dados está disponível no anexo 1 deste trabalho. Estes também forneceram os orçamentos completos dos componentes das bacias sanitárias, tanto com válvula de descarga quanto com a caixa acoplada. O Anexo 2 apresenta o orçamento para o custo da bacia sanitária com caixa acoplada, enquanto o Anexo 3 apresenta para a bacia com a válvula de descarga.

A quantidade de luvas não foi considerada no cálculo do dimensionamento pois a mesma não tem um número fixo para se utilizar dentro da obra. Para saber o tópico que cada traçado possui mais despesa, foram divididos em 3 partes principais do orçamento total de cada traçado. Uma fração relacionada ao custo da tubulação, outra ao custo com acessórios e uma ao custo das bacias sanitárias e seus componentes. Posteriormente foi feito o orçamento total de cada traçado. As tabelas relacionadas aos cálculos do orçamento de cada traçado estão presentes nos Apêndices M à R.

Para comparar o orçamento de cada traçado, o Gráfico 3 apresenta uma relação entre os diferentes tipos de despesas (Custos com a tubulação, com os acessórios hidráulicos e com as bacias sanitárias e seus componentes).

Gráfico 3 - Comparação de custos de cada traçado



Fonte: o autor (2019).

Após a determinação de todos os orçamentos, foi possível verificar que o dimensionamento mais caro dos quatro estudados foi o do traçado 1, de 10389,24 reais. Os componentes e a bacia sanitária com válvula de descarga, são aproximadamente 1,30 vezes mais caros que os componentes e a bacia com caixa acoplada, presente no traçado 3. Isso faz com que os traçados que apresentem a válvula de descarga em seu layout, automaticamente fiquem mais caros em relação ao que tem a caixa acoplada. Outro fator que o deixa mais caro é que o mesmo apresenta uma grande quantidade de acessórios, como o joelho 90°, que por sua vez são caros. A presença de joelhos 90° é necessária pois o traçado necessita contornar a parede do banheiro para chegar ao devido local.

Por conseguinte, o dimensionamento mais barato foi do traçado 3, com 6316,3 reais, por três motivos principais: o primeiro é a presença da bacia sanitária com caixa acoplada, com ela o somatório dos pesos permaneceu baixo e garantiu a presença de diâmetros baixos em toda a tubulação. Pode-se notar pelo anexo 1 que conforme aumenta o diâmetro da tubulação, mais caro se torna a peça; o segundo é quantidade de colunas. O traçado 3 apresenta apenas duas colunas de alimentação para todos os banheiros, o que reduziu a quantidade de tubulação a ser utilizada; o terceiro é o custo reduzido das bacias sanitárias com caixa acoplada comparado as de válvula de descarga.

Pode-se notar também que não houve uma diferença relativamente alta ao se utilizar apenas uma entrada na caixa d'água. A diferença entre os traçados 2 e 4 foi de apenas 337,46 reais, porém o traçado 4 ainda acaba não sendo recomendado devido ao preço mais elevado que seu semelhante (traçado 2).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Depois de analisados todos os traçados, é possível concluir que os traçados 2 e 3 são os mais recomendados para se utilizar em uma construção, devido à relação custo - benefício que ambos possuem.

O traçado 3 apresenta o menor custo de implementação e as menores dimensões. Porém o lado negativo é que ao dar descarga na bacia sanitária, será necessário aguardar um breve tempo até que toda a caixa de descarga se encha novamente - em comparação com a válvula de descarga, seu jato de água tem fluxo menor.

Em compensação, a implementação do traçado 2 é mais onerosa que do que o 3, porém o usuário tem total autonomia de utilizar a descarga a quantidade de vezes que quiser, sem necessitar de aguardar o enchimento do seu reservatório.

Os traçados 1 e 4 não são recomendados para a utilização pois além de ambos serem os que possuem valor de aquisição mais elevado, ainda apresentam problemas de utilização.

Ao implementar o traçado 1, o usuário pode ter problemas com a variação de fluxo de água do seu banheiro, pois, ao utilizar a válvula de descarga juntamente com qualquer outro aparelho hidráulico no banheiro a perda de carga da mesma irá se intensificar fazendo com que a pressão disponível no sistema seja inferior, afetando os outros aparelhos.

Ao implementar o traçado 4, toda a água dos banheiros estará passando por uma única tubulação, isso diminuirá a flexibilização de operação do sistema e aumentará as chances de patologias futuras e redução de durabilidade..

7. REFERÊNCIAS

ANDRADE A.S. *Máquinas Hidráulicas*. 2012, Universidade Federal do Paraná, Paraná. 20 Slides.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5626: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, p. 02. 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6493: Emprego de cores para identificação de tubulações. 1994.

BARRAL M.F. *Perda de carga*. 2013, São Paulo. 30 Slides.

CARVALHO JUNIOR, R. A importância do projeto hidráulico. 2017 disponível em: < <http://www.ycon.com.br/hidraulica/importancia-do-projeto-hidraulico/>>. Acesso em: 12/09/2019.

CARVALHO JUNIOR, R. Instalações prediais hidráulico-sanitárias: princípios básicos para elaboração de projetos. São Paulo: Blücher, 2014.

ÇENGEL Y.A.; CIMBALA J.M. *Mecânica dos fluidos: fundamentos e aplicações*. 3ª Ed. São Paulo. 2015.

HALLIDAY, D. *Fundamentos de Física*. Vol. 2. 8ª Ed. Rio de Janeiro. LTC. 2009.

KESSLER M. *Escoamento Turbulento*. 2016, Disponível em: <<https://www.esss.co/blog/escoamento-turbulento/>>. Acesso em: 20/09/2019.

MACINTYRE A.J. *Instalações Hidráulicas: Prediais e Industriais*. 2010, Rio de Janeiro.

MOREIRA L.C.; PAULA R.F. *Diretrizes para auxílio e controle de instalações hidrossanitárias*. 2014, Goiânia.

NETTO A.; FERNÁNDEZ M.F. *Manual da hidráulica*. 2015.

PORDEUS R.V. *Regime de escoamento*. 2012, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN.

RESENDE M.F. *A variação das características hidráulicas em condutos forçados devido à infestação pelo *Limnoperma fortunei**. 2017, Belo Horizonte.

APÊNDICE:

APÊNDICE A - Dimensionamento ramais e sub-ramais no traçado 1

Trecho	Aparelh o	ΣP	Q(L/s)	Dn(mm)	Di(mm)	S (m ²)	V(m/s)	Peças especias	Leq(m)	Redução	L(m)	Lvirt(m)	Δh (m)	Registro Pressão
06*05	Lv+BS+Ch	32,4	1,70762994	40	35,2	0,00097314	1,754763335	2 Tsl+ Curva 90°+RG	16,5	0	0,9	2,4	0,326175836	0
05*04	BS	32	1,69705627	40	35,2	0,00097314	1,743897823	3 Curva 90°	3,6	0	3,72	7,32	0,135735349	0
05*03	Lv+Ch	0,4	0,18973666	20	17	0,00022698	0,83591771	Tsl	2,4	0,102	0,4	2,902	0,025649208	0
03*02	Lv	0,3	0,16431677	20	17	0,00022698	0,723925972	-	0	0	0,2	0,2	0,001374311	0
03*01	Ch	0,1	0,09486833	20	17	0,00022698	0,417958855	2 Curva 90°	1	0	3,4	4,4	0,011561834	0,349379209

Fonte: o autor (2019). Em que: Dn = Diâmetro nominal; Di = diâmetro interno; S= área da seção transversal da tubulação; Leq= comprimento equivalente das peças especiais; L= comprimento da tubulação; Lvirt= Comprimento virtual; Δh = perda de carga; Lv= lavatório; BS= bacia sanitária com válvula de descarga; Ch= chuveiro; Tsl= Tê de saída lateral; RG= registro gaveta.

APÊNDICE B- Dimensionamento barriletes e colunas de alimentação no traçado 1

Trecho	ΣP	Q (L/s)	Q (m ³ /s)	Dn (mm)	Di (mm)	S (m ²)	V (m/s)	Peças especiais	Leq (m)	Redução (m)	L (m)	Lvirtual (m)	Δh (m)
A-C	324	5,4	0,0054	60	53,4	0,00223961	2,411134096	Entrada Borda+ Curva 90°+ Tsl	12,5	0	6,4	18,9	0,451981145
C-D	291,6	5,12288981	0,00512289	60	53,4	0,00223961	2,287402646	Tsl	7,8	0	3,2	11	0,239890691
D-E	259,2	4,82990683	0,00482991	60	53,4	0,00223961	2,156583896	Tsl	7,8	0	3,2	11	0,216398845
E-F	226,8	4,51796414	0,00451796	60	53,4	0,00223961	2,017299516	Tsl	7,8	0	3,2	11	0,192536017
F-G	194,4	4,18282201	0,00418282	60	53,4	0,00223961	1,86765644	Tsl	7,8	0	3,2	11	0,168241659
G-H	162	3,81837662	0,00381838	60	53,4	0,00223961	1,704929269	-	0	0	3,2	3,2	0,041726047
H-I	129,6	3,41525987	0,00341526	50	44	0,001520531	2,246097069	2Tsl	15,2	0,264	3,2	18,664	0,455871245
I-J	97,2	2,95770181	0,0029577	50	44	0,001520531	1,945177121	Tsl	7,6	0	3,2	10,8	0,205087804
J-K	64,8	2,41495342	0,00241495	50	44	0,001520531	1,588230469	-	0	0	3,2	3,2	0,042617327
K-L	32,4	1,70762994	0,00170763	40	35,2	0,00097314	1,754763335	Tsl+ Curva 90°	8,5	0,2112	3,2	11,9112	0,223284231

Fonte: o autor (2019).

APÊNDICE C- Dimensionamento ramais e sub-ramais no traçado 2

Trecho	Aparelho	ΣP	Q(L/s)	Dn(mm)	Di(mm)	S (m ²)	V(m/s)	Peças especiais	Leq(m)	Redução	L(m)	Lvirt(m)	Δh (m)	Registro Pressão
06*05	BS	32	1,69705627	40	35,2	0,00097314	1,743897823	Tsl+ 2 Curva 90°+RG	10,4	0	1,07	11,47	0,212689133	0
04*03	Lv+Ch	0,4	0,18973666	20	17	0,00022698	0,83591771	2 Tsl+ 1 Curva 90°	5,3	0,102	1,3	6,702	0,059235352	0
03*02	Lv	0,3	0,16431677	20	17	0,00022698	0,723925972	-	0	0	0,2	0,2	0,001374311	0
03*01	Ch	0,1	0,09486833	20	17	0,00022698	0,417958855	2 Curva 90°	1	0	3,4	4,4	0,011561834	0,349379209

Fonte: o autor (2019).

APÊNDICE D- Dimensionamento barriletes e colunas de alimentação no traçado 2

Trecho	ΣP	Q (l/s)	Q (m ³ /s)	Dn (mm)	Di (mm)	S (m ²)	V (m/s)	Peças especiais	Leq (m)	Redução (m)	L (m)	Lvirtual (m)	Δh (m)
A-C	4	0,6	0,0006	32	27,8	0,000606987	0,988488855	Entrada Borda+ Curva 90°	2,5	0	6,4	8,9	0,072943079
C-D	3,6	0,56920998	0,00056921	25	21,6	0,000366435	1,553370744	2 Tsl	6,2	0,1296	3,2	9,5296	0,208157896
D-E	3,2	0,53665631	0,00053666	25	21,6	0,000366435	1,464531982	Tsl	3,1	0	3,2	6,3	0,124136733
E-F	2,8	0,50199602	0,000502	25	21,6	0,000366435	1,369944227	Tsl	3,1	0	3,2	6,3	0,110447873
F-G	2,4	0,464758	0,00046476	25	21,6	0,000366435	1,268321901	Tsl	3,1	0	3,2	6,3	0,096511467
G-H	2	0,42426407	0,00042426	25	21,6	0,000366435	1,157814193	Tsl	3,1	0	3,2	6,3	0,082280198
H-I	1,6	0,37947332	0,00037947	25	21,6	0,000366435	1,035580496	Tsl	3,1	0	3,2	6,3	0,067686033
I-J	1,2	0,32863353	0,00032863	25	21,6	0,000366435	0,896839017	-	0	0	3,2	3,2	0,02672927
J-K	0,8	0,26832816	0,00026833	20	17	0,00022698	1,182166162	2 Tsl	4,8	0,102	3,2	8,102	0,131331841
K-L	0,4	0,18973666	0,00018974	20	17	0,00022698	0,83591771	Curva 90°	0,5	0	3,2	3,7	0,032702298
M-O	320	5,36656315	0,00536656	60	53,4	0,00223961	2,396204329	Entrada Borda+ Curva 90°+ Tsl	12,5	0	7,24	19,74	0,46696573
O-P	288	5,09116882	0,00509117	60	53,4	0,00223961	2,273239026	Tsl	7,8	0	3,2	11	0,23729727
P-Q	256	4,8	0,0048	60	53,4	0,00223961	2,143230307	Tsl	7,8	0	3,2	11	0,214059391
Q-R	224	4,48998886	0,00448999	60	53,4	0,00223961	2,004808378	Tsl	7,8	0	3,2	11	0,190454541
R-S	192	4,15692194	0,00415692	60	53,4	0,00223961	1,856091892	Tsl	7,8	0	3,2	11	0,166422825
S-T	160	3,79473319	0,00379473	60	53,4	0,00223961	1,69437233	-	0	0	3,2	3,2	0,041274954
T-U	128	3,39411255	0,00339411	50	44	0,001520531	2,232189214	2 Tsl	15,2	0,264	3,2	18,664	0,450942893
U-V	96	2,93938769	0,00293939	50	44	0,001520531	1,933132565	Tsl	7,6	0	3,2	10,8	0,202870632
V-W	64	2,4	0,0024	50	44	0,001520531	1,57839613	-	0	0	3,2	3,2	0,042156598
W-X	32	1,69705627	0,00169706	40	35,2	0,00097314	1,743897823	Tsl + Curva 90°	8,5	0,2112	3,2	11,9112	0,22087034

Fonte: o autor (2019).

APÊNDICE E- Dimensionamento ramais e sub-ramais no traçado 3

Trecho	Aparelho	ΣP	Q(L/s)	Dn(mm)	Di(mm)	S (m ²)	V(m/s)	Peças especiais	Leq(m)	Redução	L(m)	Lvirt(m)	Δh (m)	Registro Pressão
06*05	Lv+BCA+Ch	0,7	0,25099801	20	17	0,00022698	1,105815188	2 Tsl+ Curva 90°+RG	5,5	0	0,9	6,4	0,092302787	0
05*04	BCA	0,3	0,16431677	20	17	0,00022698	0,723925972	3 Curva 90°	3,6	0	3,72	7,32	0,050299797	0
05*03	Lv+Ch	0,4	0,18973666	20	17	0,00022698	0,83591771	Tsl	2,4	0	0,4	2,8	0,024747685	0
03*02	Lv	0,3	0,16431677	20	17	0,00022698	0,723925972	-	0	0	0,2	0,2	0,001374311	0
03*01	Ch	0,1	0,09486833	20	17	0,00022698	0,417958855	2 Curva 90°	1	0	3,4	4,4	0,011561834	0,349379209

Fonte: o autor (2019).

APÊNDICE F- Dimensionamento barriletes e colunas de alimentação no traçado 3

Trecho	ΣP	Q (L/s)	Q (m ³ /s)	Dn (mm)	Di (mm)	S (m ²)	V (m/s)	Peças especiais	Leq (m)	Redução (m)	L (m)	Lvirtual (m)	Δh (m)
A-C	7	0,79372539	0,00079373	32	27,8	0,000606987	1,307647842	Entrada Borda+ Curva 90°+ Tsl	0	0	6,4	6,4	0,085591837
C-D	6,3	0,75299402	0,00075299	32	27,8	0,000606987	1,240543668	Tsl	7,8	0	3,2	11	0,134155121
D-E	5,6	0,70992957	0,00070993	32	27,8	0,000606987	1,169595786	Tsl	7,8	0	3,2	11	0,121017673
E-F	4,9	0,66407831	0,00066408	32	27,8	0,000606987	1,094056678	Tsl	7,8	0	3,2	11	0,10767276
F-G	4,2	0,61481705	0,00061482	32	27,8	0,000606987	1,012899663	Tsl	7,8	0	3,2	11	0,09408652
G-H	3,5	0,56124861	0,00056125	25	21,6	0,000366435	1,531644209	-	0	0,1296	3,2	3,3296	0,070958615
H-I	2,8	0,50199602	0,000502	25	21,6	0,000366435	1,369944227	2Tsl	0	0	3,2	3,2	0,056100507
I-J	2,1	0,4347413	0,00043474	25	21,6	0,000366435	1,186406503	Tsl	0	0	3,2	3,2	0,043615955
J-K	1,4	0,35496479	0,00035496	25	21,6	0,000366435	0,968696853	-	0	0	3,2	3,2	0,030589018
K-L	0,7	0,25099801	0,000251	20	17	0,00022698	1,105815188	Tsl+ Curva 90°	0	0,102	3,2	3,302	0,047622469

Fonte: o autor (2019).

APÊNDICE G- Tabela 15: Dimensionamento ramais e sub-ramais no traçado 4

Trecho	Aparelho	ΣP	Q(L/s)	Dn(mm)	Di(mm)	S (m ²)	V(m/s)	Peças especiais	Leq(m)	Redução	L(m)	Lvirt(m)	Δh (m)	Registro Pressão
06*05	BS	32	1,69705627	40	35,2	0,00097314	1,743897823	Tsl+ 2 Curva 90°+RG	10,4	0	1,07	11,47	0,212689133	0
04*03	Lv+Ch	0,4	0,18973666	20	17	0,00022698	0,83591771	2 Tsl+ 1 Curva 90°	5,3	0	1,3	6,6	0,058333829	0
03*02	Lv	0,3	0,16431677	20	17	0,00022698	0,723925972	-	0	0	0,2	0,2	0,001374311	0
03*01	Ch	0,1	0,09486833	20	17	0,00022698	0,417958855	2 Curva 90°	1	0	3,4	4,4	0,011561834	0,349379209

Fonte: o autor (2019).

APÊNDICE H- Dimensionamento barriletes e colunas de alimentação no traçado 4

Trecho	ZP	Q (L/s)	Q (m ³ /s)	Dn (mm)	Di (mm)	S (m ²)	V (m/s)	Pegadas especiais	Leq (m)	Redução (m)	L (m)	Lvirtual (m)	Δh (m)
1-A	648	7,63675324	0,00763675	75	66,6	0,003483681	2,192150758	Entrada de borda	3,7	0	2	5,7	0,097773122
A-N	324	5,4	0,0054	60	53,4	0,00223961	2,411134096	2 Tsl	15,6	0,3204	5,95	21,8704	0,523016319
N-C	4	0,6	0,0006	32	27,8	0,000606987	0,988488855	Curva 90°	0,7	0,1668	2,05	2,9168	0,02390566
C-D	3,6	0,56920998	0,00056921	25	21,6	0,000366435	1,553370744	2 Tsl	6,2	0,1296	3,2	9,5296	0,208157896
D-E	3,2	0,53665631	0,00053666	25	21,6	0,000366435	1,464531982	Tsl	3,1	0	3,2	6,3	0,124136733
E-F	2,8	0,50199602	0,000502	25	21,6	0,000366435	1,369944227	Tsl	3,1	0	3,2	6,3	0,110447873
F-G	2,4	0,464758	0,00046476	25	21,6	0,000366435	1,268321901	Tsl	3,1	0	3,2	6,3	0,096511467
G-H	2	0,42426407	0,00042426	25	21,6	0,000366435	1,157814193	Tsl	3,1	0	3,2	6,3	0,082280198
H-I	1,6	0,37947332	0,00037947	25	21,6	0,000366435	1,035580496	Tsl	3,1	0	3,2	6,3	0,067686033
I-J	1,2	0,32863353	0,00032863	25	21,6	0,000366435	0,896839017	-	0	0	3,2	3,2	0,02672927
J-K	0,8	0,26832816	0,00026833	20	17	0,00022698	1,182166162	2 Tsl	4,8	0,102	3,2	8,102	0,131331841
K-L	0,4	0,18973666	0,00018974	20	17	0,00022698	0,83591771	Curva 90°	0,5	0	3,2	3,7	0,032702298
N-O	320	5,36656315	0,00536656	60	53,4	0,00223961	2,396204329	2 Curvas 90°+ Tsl	10,6	0	4,81	15,41	0,364536064
O-P	288	5,09116882	0,00509117	60	53,4	0,00223961	2,273239026	Tsl	7,8	0	3,2	11	0,23729727
P-Q	256	4,8	0,0048	60	53,4	0,00223961	2,143230307	Tsl	7,8	0	3,2	11	0,214059391
Q-R	224	4,48998886	0,00448999	60	53,4	0,00223961	2,004808378	Tsl	7,8	0	3,2	11	0,190454541
R-S	192	4,15692194	0,00415692	60	53,4	0,00223961	1,856091892	Tsl	7,8	0	3,2	11	0,166422825
S-T	160	3,79473319	0,00379473	60	53,4	0,00223961	1,69437233	-	0	0	3,2	3,2	0,041274954
T-U	128	3,39411255	0,00339411	50	44	0,001520531	2,232189214	2 Tsl	15,2	0,264	3,2	18,664	0,450942893
U-V	96	2,93938769	0,00293939	50	44	0,001520531	1,933132565	Tsl	7,6	0	3,2	10,8	0,202870632
V-W	64	2,4	0,0024	50	44	0,001520531	1,57839613	-	0	0	3,2	3,2	0,042156598
W-X	32	1,69705627	0,00169706	40	35,2	0,00097314	1,743897823	Tsl + Cruva 90°	8,5	0,2112	3,2	11,9112	0,22087034

Fonte: o autor (2019).

APÊNDICE I- Cálculo pressões dinâmicas do traçado 1

Andar	Pressão dinâmica (m)
10°	2,70
9°	5,66
8°	8,64
7°	11,65
6°	14,68
5°	17,84
4°	20,58
3°	23,58
2°	26,74
1°	29,71

Fonte: o autor (2019).

APÊNDICE J- Cálculo pressões dinâmicas do traçado 2

Andar	Pressão dinâmica (m)
10°	3,29
9°	6,28
8°	9,36
7°	12,45
6°	15,55
5°	18,67
4°	21,80
3°	24,98
2°	28,05
1°	31,21

Fonte: o autor (2019).

APÊNDICE K- Cálculo pressões dinâmicas do traçado 3

Andar	Pressão dinâmica (m)
10°	3,38
9°	6,45
8°	9,53
7°	12,62
6°	15,73
5°	18,86
4°	22,00
3°	25,16
2°	28,33
1°	31,48

Fonte: o autor (2019).

APÊNDICE L- Cálculo pressões dinâmicas do traçado 4

Andar	Pressão dinâmica (m)
10°	2,72
9°	5,71
8°	8,79
7°	11,88
6°	14,98
5°	18,10
4°	21,23
3°	24,41
2°	27,47
1°	30,64

Fonte: o autor (2019).

APÊNDICE M- Discriminação orçamentária da tubulação e dos acessórios no traçado hidráulico 1

Peça	Dimensão (mm)	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total (R\$)
Curva 90°	Diâmetro =20	40	2,48	99,20
Curva 90°	Diâmetro =25	0	2,48	0
Curva 90°	Diâmetro =32	0	7,41	0
Curva 90°	Diâmetro =40	82	13,78	1129,96
Curva 90°	Diâmetro =50	0	14,30	0
Curva 90°	Diâmetro =60	2	40,30	80,60
Curva 90°	Diâmetro =75	0	51,48	0
Tê	Diâmetro =20	20	0,96	19,20
Tê	Diâmetro =25	0	1,30	0
Tê	Diâmetro =32	0	4,14	0
Tê	Diâmetro =40	42	12,03	505,26
Tê	Diâmetro =50	6	11,24	67,44
Tê	Diâmetro =60	10	55,58	555,80
Tê	Diâmetro =75	0	35,07	0
Tê redução	D=40; d=32	0	8,39	0
Tê redução	D=40; d=20	10	8,39	83,90
Luva	Diâmetro =20	0	0,74	0
Luva	Diâmetro =25	0	0,86	0
Luva	Diâmetro =32	0	2,27	0
Luva	Diâmetro =40	0	4,75	0
Luva	Diâmetro =50	0	4,81	0
Luva	Diâmetro =75	0	24,1	0
Luva redução	D=25; d=20	0	12,37	0
Luva redução	D=32; d=25	0	3,27	0
Luva redução	D=40; d=32	0	1,61	0
Tubo -6m	Diâmetro =20	20	2,96	59,20
Tubo -6m	Diâmetro =25	0	3,38	0
Tubo -6m	Diâmetro =32	0	9,95	0
Tubo -6m	Diâmetro =40	22	12,48	274,56
Tubo -6m	Diâmetro =50	4	13,23	52,92
Tubo -6m	Diâmetro =60	8	20,7	165,60
Tubo -6m	Diâmetro =75	0	39,32	0
			Total =	3093,64

Fonte: o autor (2019).

APÊNDICE N- Discriminação orçamentária da tubulação e dos acessórios no traçado hidráulico 2

Peça	Dimensão (mm)	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Curva 90°	Diâmetro =20	62	2,48	153,76
Curva 90°	Diâmetro =25	0	2,48	0
Curva 90°	Diâmetro =32	2	7,41	14,82
Curva 90°	Diâmetro =40	42	13,78	578,76
Curva 90°	Diâmetro =50	0	14,300	0
Curva 90°	Diâmetro =60	2	40,30	80,60
Curva 90°	Diâmetro =75	0	51,48	0
Tê	Diâmetro =20	44	0,96	42,24
Tê	Diâmetro =25	14	1,30	18,20
Tê	Diâmetro =32	0	4,14	0
Tê	Diâmetro =40	22	12,03	264,66
Tê	Diâmetro =50	6	11,24	67,44
Tê	Diâmetro =60	10	55,58	555,80
Tê	Diâmetro =75	0	35,07	0
Tê redução	D=40; d=32	0	8,39	0
Tê redução	D=40; d=20	10	8,39	83,90
Luva	Diâmetro =20	0	0,74	0
Luva	Diâmetro =25	0	0,86	0
Luva	Diâmetro =32	0	2,27	0
Luva	Diâmetro =40	0	4,75	0
Luva	Diâmetro =50	0	4,81	0
Luva	Diâmetro =75	0	24,1	0
Luva redução	D=25; d=20	0	12,37	0
Luva redução	D=32; d=25	0	3,27	0
Luva redução	D=40; d=32	0	1,61	0
Tubo -6m	Diâmetro =20	24	2,96	71,04
Tubo -6m	Diâmetro =25	8	3,38	27,04
Tubo -6m	Diâmetro =32	4	9,95	39,80
Tubo -6m	Diâmetro =40	22	12,48	274,56
Tubo -6m	Diâmetro =50	4	13,23	52,92
Tubo -6m	Diâmetro =60	8	20,70	165,60
Tubo -6m	Diâmetro =75	0	39,32	0
Total=				2491,14

Fonte: o autor (2019).

APÊNDICE O- Discriminação orçamentária da tubulação e dos acessórios no traçado hidráulico 3

Peça	Dimensão (mm)	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Curva 90°	Diâmetro =20	122	2,48	302,56
Curva 90°	Diâmetro =25	0	2,48	0
Curva 90°	Diâmetro =32	2	7,41	14,82
Curva 90°	Diâmetro =40	0	13,78	0
Curva 90°	Diâmetro =50	0	14,3	0
Curva 90°	Diâmetro =60	0	40,3	0
Curva 90°	Diâmetro =75	0	51,48	0
Tê	Diâmetro =20	62	0,96	59,52
Tê	Diâmetro =25	6	1,30	7,80
Tê	Diâmetro =32	10	4,14	41,40
Tê	Diâmetro =40	0	12,03	0
Tê	Diâmetro =50	0	11,24	0
Tê	Diâmetro =60	0	55,58	0
Tê	Diâmetro =75	0	35,07	0
Tê redução	D=40; d=32	0	8,39	0
Tê redução	D=40; d=20	0	8,39	0
Luva	Diâmetro =20	0	0,74	0
Luva	Diâmetro =25	0	0,86	0
Luva	Diâmetro =32	0	2,27	0
Luva	Diâmetro =40	0	4,75	0
Luva	Diâmetro =50	0	4,81	0
Luva	Diâmetro =75	0	24,10	0
Luva redução	D=25; d=20	0	12,37	0
Luva redução	D=32; d=25	0	3,27	0
Luva redução	D=40; d=32	0	1,61	0
Tubo -6m	Diâmetro =20	42	2,96	124,32
Tubo -6m	Diâmetro =25	6	3,38	20,28
Tubo -6m	Diâmetro =32	8	9,95	79,60
Tubo -6m	Diâmetro =40	0	12,48	0
Tubo -6m	Diâmetro =50	0	13,23	0
Tubo -6m	Diâmetro =60	0	20,70	0
Tubo -6m	Diâmetro =75	0	39,32	0
			Total	650,30

Fonte: o autor (2019).

APÊNDICE P- Discriminação orçamentária da tubulação e dos acessórios no traçado hidráulico 4

Peça	Dimensão (mm)	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Curva 90°	Diâmetro =20	62	2,48	153,76
Curva 90°	Diâmetro =25	0	2,48	0
Curva 90°	Diâmetro =32	2	7,41	14,82
Curva 90°	Diâmetro =40	42	13,78	578,76
Curva 90°	Diâmetro =50	0	14,30	0
Curva 90°	Diâmetro =60	4	40,30	161,20
Curva 90°	Diâmetro =75	0	51,48	0
Tê	Diâmetro =20	44	0,96	42,24
Tê	Diâmetro =25	14	1,30	18,20
Tê	Diâmetro =32	0	4,14	0
Tê	Diâmetro =40	22	12,03	264,66
Tê	Diâmetro =50	6	11,24	67,44
Tê	Diâmetro =60	14	55,58	778,12
Tê	Diâmetro =75	0	35,07	0
Tê redução	D=40; d=32	0	8,39	0
Tê redução	D=40; d=20	10	8,39	83,90
Luva	Diâmetro =20	0	0,74	0
Luva	Diâmetro =25	0	0,86	0
Luva	Diâmetro =32	0	2,27	0
Luva	Diâmetro =40	0	4,75	0
Luva	Diâmetro =50	0	4,81	0
Luva	Diâmetro =75	0	24,1	0
Luva redução	D=25; d=20	0	12,37	0
Luva redução	D=32; d=25	0	3,27	0
Luva redução	D=40; d=32	0	1,61	0
Tubo -6m	Diâmetro =20	44	2,96	130,24
Tubo -6m	Diâmetro =25	8	3,38	27,04
Tubo -6m	Diâmetro =32	2	9,95	19,90
Tubo -6m	Diâmetro =40	12	12,48	149,76
Tubo -6m	Diâmetro =50	4	13,23	52,92
Tubo -6m	Diâmetro =60	10	20,70	207,00
Tubo -6m	Diâmetro =75	2	39,32	78,64
			Total	2828,60

Fonte: o autor (2019).

APÊNDICE Q- Descrição orçamentária da bacia sanitária e seus componentes nos traçados hidráulicos 1, 2 e 4

Peça	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
ACAB.VALV.HYDRA MAX DE	20	43,6	872
ADAPTADOR SOLDAVEL CUR	20	4,58	91,6
ANEL DE VEDACAO PULVIT	20	10,1	202
ASSENTO TIGRE MAX PLEN	20	26,9	538
BACIA DECA CONV.IZY BR	20	111,1	2222
BASE VALV.DESC.DECA HY	20	119,9	2398
BOLSA SPUD ASTRA 1 1/2	20	6,5	130
CONJ.FIXACAO NOVA ORIO	20	8,7	174
TUBO LIG.NOVA ORION LI	20	25,6	512
TUBO P/ VALV.DESCARGA	20	7,8	156
ANEL DE VEDACAO PULVIT	0	10,1	0
ASSENTO TIGRE MAX PLEN	0	26,9	0
BACIA DECA P/CAIXA ACO	0	102,3	0
CAIXA ACOPL.DUAL FLUX	0	127,6	0
CONJ.FIXACAO NOVA ORIO	0	8,7	0
LIGACAO FLEXIVEL PVC A	0	7,7	0
		Total=	7295,6

Fonte: o autor (2019).

APÊNDICE R- Discriminação orçamentária da bacia sanitária e seus componentes no traçado hidráulico 3

Peça	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
ACAB.VALV.HYDRA MAX DE	0	43,6	0
ADAPTADOR SOLDAVEL CUR	0	4,58	0
ANEL DE VEDACAO PULVIT	0	10,1	0
ASSENTO TIGRE MAX PLEN	0	26,9	0
BACIA DECA CONV.IZY BR	0	111,1	0
BASE VALV.DESC.DECA HY	0	119,9	0
BOLSA SPUD ASTRA 1 1/2	0	6,5	0
CONJ.FIXACAO NOVA ORIO	0	8,7	0
TUBO LIG.NOVA ORION LI	0	25,6	0
TUBO P/ VALV.DESCARGA	0	7,8	0
ANEL DE VEDACAO PULVIT	20	10,1	202
ASSENTO TIGRE MAX PLEN	20	26,9	538
BACIA DECA P/CAIXA ACO	20	102,3	2046
CAIXA ACOPL.DUAL FLUX	20	127,6	2552
CONJ.FIXACAO NOVA ORIO	20	8,7	174
LIGACAO FLEXIVEL PVC A	20	7,7	154
		Total=	5666

Fonte: o autor (2019).

ANEXO:
ANEXO 1 – Orçamento Capifer

EF		EMP	CÓDIGO	DESCRIÇÃO / REFERÊNCIA	R/E	UNID.	QUANTIDADE	VR. UNIT	VR. TOTAL
N	002	02172		CURVA 90G SOLDAVEL TIG	R	UN	1,00	2,48	2,48
N	002	02089		CURVA 90G SOLDAVEL TIG	R	UN	1,00	2,48	2,48
N	002	02113		CURVA 90G SOLDAVEL TIG	R	UN	1,00	7,41	7,41
N	002	02050		CURVA 90G SOLDAVEL TIG	R	UN	1,00	13,78	13,78
N	002	02149		CURVA 90G SOLDAVEL TIG	R	UN	1,00	14,30	14,30
N	002	02073		CURVA 90G SOLDAVEL TIG	R	UN	1,00	40,30	40,30
N	002	02051		CURVA 90G SOLDAVEL TIG	R	UN	1,00	51,48	51,48
N	002	02097		LUVA REDUCAO SOLD. TIG	R	UN	1,00	12,37	12,37
N	002	02129		LUVA REDUCAO SOLD. TIG	R	UN	1,00	3,27	3,27
N	002	02059		LUVA REDUCAO SOLD. TIG	R	UN	1,00	1,61	1,61
N	002	02174		LUVA SOLDAVEL TIGRE 20	R	UN	1,00	0,74	0,74
N	002	02068		LUVA SOLDAVEL TIGRE 25	R	UN	1,00	0,86	0,86
N	002	02122		LUVA SOLDAVEL TIGRE 32	R	UN	1,00	2,27	2,27
N	002	02175		LUVA SOLDAVEL TIGRE 40	R	UN	1,00	4,75	4,75
N	002	02093		LUVA SOLDAVEL TIGRE 50	R	UN	1,00	4,81	4,81
N	002	02123		LUVA SOLDAVEL TIGRE 75	R	UN	1,00	24,10	24,10
N	002	02193		TE 90G SOLDAVEL TIGRE	R	UN	1,00	0,96	0,96
N	002	02069		TE 90G SOLDAVEL TIGRE	R	UN	1,00	1,30	1,30
N	002	02076		TE 90G SOLDAVEL TIGRE	R	UN	1,00	4,14	4,14
N	002	02098		TE 90G SOLDAVEL TIGRE	R	UN	1,00	12,03	12,03
N	002	02176		TE 90G SOLDAVEL TIGRE	R	UN	1,00	11,24	11,24
N	002	02131		TE 90G SOLDAVEL TIGRE	R	UN	1,00	55,68	55,68
N	002	02077		TE 90G SOLDAVEL TIGRE	R	UN	1,00	35,07	35,07
N	002	23202		TE REDUCAO 90G SOLD. T	R	UN	1,00	8,39	8,39
N	002	02005		TUBO SOLDAVEL TIGRE 20	R	MT	6,00	2,96	17,75
N	002	02002		TUBO SOLDAVEL TIGRE 25	R	MT	6,00	3,38	20,30
N	002	02006		TUBO SOLDAVEL TIGRE 32	R	MT	6,00	9,95	59,70
N	002	02007		TUBO SOLDAVEL TIGRE 40	R	MT	6,00	12,48	74,90
N	002	02003		TUBO SOLDAVEL TIGRE 50	R	MT	6,00	13,23	79,40
N	002	02004		TUBO SOLDAVEL TIGRE 60	R	MT	6,00	20,70	124,20
N	002	02001		TUBO SOLDAVEL TIGRE 75	R	MT	6,00	39,32	236,90
Total Produtos: 927,97									TOTAL: 927,97
Vendedor: 031 - ANDRE BRESCIANI		Volume: 0,00		Peso Bruto: 66,000					
Profissional: -		Região: -		Data Previsão: 15/10/2019		Data Emissão: 15/10/2019		Hora: 06:35:09	
NCM: A: 39172300 B: 39174090		Mensagem:							
End.Entrega: AV, 999999 - Bairro: RAIA - CAPIVARI - CEP: 13360-000									
Mens. Exp.:									
Transportadora: - FONE: () -									
CEP: - -									
Valor do Frete:		0,00 Destinatário(FOB)							



CAPIFER COMERCIO DE MATERIAS PARA CONSTRUÇÃO LTDA

AVENIDA PIO XII, 470 RAIA
CAPIVARI - SP - CEP: 13360-000
CNPJ: 09.611.792/0002-96

IE: 253105110117

Fone: (19) 3492-8800

Fax: () -

ORÇAMENTO Nº 000002001729

1/1

Cliente: CONSUMIDOR (CAPIVARI)

Código: 00002651

"REIMPRESSÃO"

Fantasia: CONSUMIDOR (CAPIVARI)

Fone: (19) 3492-8800

Endereço: AV, 999999

Bairro: RAIA

Município: CAPIVARI

C.E.P.: 13360-000

CNPJ/CPF: 999.999.999-99


IE/RG:

Cond.Pag.: A VISTA


061 - A VISTA

Form.Pag.: 001 - DINHEIRO (A VISTA)

ANEXO 2- Orçamento 2 Capifer

		CAPIFER COMERCIO DE MATERIAS PARA CONSTRUÇÃO LTDA AVENIDA PIO XII, 470 RAIA CAPIVARI - SP - CEP: 13360-000 CNPJ: 09.611.792/0002-96						IE: 253105110117	
		Fone: (19) 3492-8800		Fax: () -					
ORÇAMENTO Nº 000002001872								1/1	
Cliente: RAFAEL BRESSIANI		Código: 00001970							
Fantasia: RAFAEL BRESSIANI		Fone: () -							
Endereço: RUA 24 DE JUNHO, 331		Bairro: NOVA APARECIDA							
Município: CAPIVARI		C.E.P.: 13360-000							
CNPJ/CPF: 268.344.928-36		IE/RG: 25286377 X							
Cond.Pag.: (01)028.									
Form.Pag.: 014 - CARTEIRA									
EF	EMP	CÓDIGO	DESCRIÇÃO / REFERÊNCIA	R/E	UNID.	QUANTIDADE	VR. UNIT	VR. TOTAL	
N	002	03161	ANEL DE VEDACAO PULVIT	E	UN	1,00	10,10	10,10	
N	002	27415	ASSENTO TIGRE MAX PLEN	E	UN	1,00	26,90	26,90	
N	002	11303	BACIA DECA P/CAIXA ACO	E	UN	1,00	102,30	102,30	
N	002	19731	CAIXA ACOPL DUAL FLUX	E	UN	1,00	127,60	127,60	
N	002	13025	CONJ.FIXACAO NOVA ORIO	E	UN	1,00	8,70	8,70	
N	002	12993	LIGACAO FLEXIVEL PVC A	E	UN	1,00	7,70	7,70	
Total Produtos: 283,30								TOTAL: 283,30	
Vendedor: 013 - HENRIQUE		Volume: 0,00		Peso Bruto: 3,000					
Profissional: -									
Região: -									
NCM: A: 39174090 B: 39222000 C: 40069000 D: 69109000 E: 74153900									
Mensagem:									
End.Entrega: RUA 24 DE JUNHO, 331 - Bairro: NOVA APARECIDA - CAPIVARI - CEP: 13360-000									
Mens. Exp.:									
Transportadora: 99999 - O PROPRIO FONE: () -									
Valor do Frete: 0,00 Destinatário(FOB)									
A)18/11/2019									
283,30									

ANEXO 3- Orçamento 3 Capifer

		CAPIFER COMERCIO DE MATERIAS PARA CONSTRUÇÃO LTDA AVENIDA PIO XII, 470 RAIA CAPIVARI - SP - CEP: 13360-000 CNPJ: 09.611.792/0002-96						IE: 253105110117	
		Fone: (19) 3492-8800		Fax: () -					
ORÇAMENTO N° 000002001871								1/1	
Cliente:		RAFAEL BRESSIANI				Código:		00001970	
Fantasia:		RAFAEL BRESSIANI				Fone:		() -	
Endereço:		RUA 24 DE JUNHO, 331				Bairro:		NOVA APARECIDA	
Município:		CAPIVARI				C.E.P.:		13360-000	
CNPJ/CPF:		268.344.928-36				IE/RG:		25286377 X	
Cond.Pag.:		(01)02B.							
Form.Pag.:		006 - ESP. 28 DIAS FF							
Form.Pag.:		014 - CARTEIRA							
EF	EMP	CÓDIGO	DESCRIÇÃO / REFERÊNCIA	R/E	UNID.	QUANTIDADE	VR. UNIT	VR. TOTAL	
N	002	15286	ACAB.VALV HYDRA MAX DE	E	UN	1,00	43,60	43,60	
N	002	02079	ADAPTADOR SOLDAVEL CUR	E	UN	1,00	4,58	4,58	
N	002	03161	ANEL DE VEDACAO PULVIT	E	UN	1,00	10,10	10,10	
N	002	27415	ASSENTO TIGRE MAX PLEN	E	UN	1,00	26,90	26,90	
N	001	11293	BACIA DECA CONV.IZY BR	E	UN	1,00	111,10	111,10	
N	002	02378	BASE VALV.DESC.DECA HY	E	UN	1,00	119,90	119,90	
N	002	12977	BOLSA SPUD ASTRA 1 1/2	E	UN	1,00	6,50	6,50	
N	002	13025	CONJ.FIXACAO NOVA ORIO	E	UN	1,00	8,70	8,70	
N	002	01995	TUBO LIG.NOVA ORION LI	E	UN	1,00	25,60	25,60	
N	002	02026	TUBO P/ VALV.DESCARGA	E	UN	1,00	7,80	7,80	
Total Produtos: 364,78								TOTAL: 364,78	
Vendedor:		013 - HENRIQUE		Volume:		0,00		Peso Bruto: 8,000	
Profissional:		-							
Região:		-							
NCM:		A: 39172300 B: 39174090 C: 39222000 D: 40069000 E: 69109000 F: 74112110 G: 74153900 H: 84818019 I: 84819010							
Mensagem:									
End.Entrega:		RUA 24 DE JUNHO, 331 - Bairro: NOVA APARECIDA - CAPIVARI - CEP: 13360-000							
Mens. Exp.:									
Transportadora:		99999 - O PROPRIO FONE: () -							
		CEP: - CIDADE CONVERSÃO -							
Valor do Frete:		0,00 Destinatário(FOB)							
A)18/11/2019		364,78							