



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

*Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL*

Túlio Montelo Faria

ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS POR MEIO DOS MÉTODOS DE
DIMENSIONAMENTO DE ÁGUA FRIA, UTILIZADOS PELO SOFTWARE ALTOQI
HYDROS V4 EM RESIDENCIA UNIFAMILIAR

Palmas – TO

2019

Túlio Montelo Faria

ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS POR MEIO DOS MÉTODOS DE
DIMENSIONAMENTO DE ÁGUA FRIA, UTILIZADOS PELO *SOFTWARE* ALTOQI
HYDROS V4 EM RESIDENCIA UNIFAMILIAR

Projeto apresentado como requisito
parcial da disciplina de Trabalho de
Conclusão de Curso (TCCII) do curso de
Engenharia Civil, orientado pelo Professor

Orientador: M.Sc. Denis Cardoso Parente

Palmas – TO

2019

Túlio Montelo Faria

ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS POR MEIO DOS MÉTODOS DE
DIMENSIONAMENTO DE ÁGUA FRIA, UTILIZADOS PELO *SOFTWARE* ALTOQI
HYDROS V4 EM RESIDENCIA UNIFAMILIAR

Projeto apresentado como requisito
parcial da disciplina de Trabalho de
Conclusão de Curso (TCCII) do curso de
Engenharia Civil, orientado pelo Professor

Orientador: M.Sc. Denis Cardoso Parente

BANCA EXAMINADORA

Orientador: M.Sc. Denis Cardoso Parente
Centro Universitário Luterano de Palmas

Avaliador 01
Centro Universitário Luterano de Palmas

Avaliador 02
Centro Universitário Luterano de Palmas

Palmas-TO
2019

Dedico esse trabalho à Deus que me concedeu o privilégio de chegar até aqui, promovendo saúde física e emocional, recursos financeiros e tudo que foi necessário para a conclusão deste e de todos os outros projetos da minha vida;

À minha querida esposa que muito contribuiu com apoio, compreensão e ideias;

À minha família, professores e amigos, pela companhia e colaboração;

Vai Corinthians.

O que as suas mãos tiverem que fazer, que o
façam com toda a sua força, pois na
sepultura, para onde você vai, não há
atividade nem planejamento, não há
conhecimento nem sabedoria.

Eclesiastes 9:10

RESUMO

FARIA, Túlio Montelo. **ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS POR MEIO DOS MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE ÁGUA FRIA, UTILIZADOS PELO SOFTWARE ALTOQI HYDROS V4 EM RESIDENCIA UNIFAMILIAR.** 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas – TO, 2019.

O presente estudo traz à baila o uso de ferramenta computacional (software ALTOQI HYDROS V4) para dimensionamento hidráulico de água fria, a fim de promover agilidade e precisão durante os processos e saber qual o método de cálculo é mais propício para execução do projeto, entre aqueles métodos oferecidos pelo programa (Hazen-Williams, Fair Whipple e Universal). A confiabilidade das informações emitidas pelo software Alto QI provem do fato de que seu banco de dados é alimentado por elementos atualizados, tanto com relação a norma 5626/1998 como quanto aos catálogos de peças. Em síntese, para o dimensionamento realizado, utilizou-se os três métodos, sendo o modelo Fair-Whippel-Hsão, adotado como referência na avaliação das pressões de saída, o modelo Hazzen Willians, que se aproximou bastante dos dados de saída de pressão nos pontos, tendo uma variação relativamente pequena, e o Universal, onde os valores de pressão nos pontos de saída são mais elevados e por isso foi o método que se mostrou mais eficiente para esse tipo de edificação. Além disso, referido método ainda proporciona alterações nos diâmetros das tubulações e altura de instalação do reservatório superior, tornando a edificação mais viável e econômica.

Palavras-chave: Dimensionamento. Métodos. Pressão.

ABSTRACT

FARIA, Túlio Montelo. **ANALYSIS OF RESULTS OBTAINED THROUGH COLD WATER DIMENSIONING METHODS, SOFTWARE USED BY ALTOQI HYDROS V4 SOFTWARE UNIFAMILY RESIDENCE.** 69 f. Work of Course Conclusion (Graduation) – Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas – TO, 2019.

The present study brings up the use of computational tool (ALTOQI HYDROS V4 software) for hydraulic cold water sizing, in order to promote agility and precision during the processes and to know which calculation method is most conducive for project execution, among others. those methods offered by the program (Hazen-Williams, Fair Whipple and Universal). The reliability of the information issued by the Alto IQ software stems from the fact that its database is fed by updated elements, both with regard to 5626/1998 and parts catalogs. In summary, for the sizing performed, the three methods were used, being the Fair-Whippel-Hsão model, adopted as a reference in the evaluation of the outlet pressures, the Hazzen Willians model, which closely approximated the pressure output data in the points, having a relatively small variation, and the Universal, where the pressure values at the outlet points are higher and so it was the most efficient method for this type of building. Moreover, this method also provides changes in pipe diameters and installation height of the upper reservoir, making the building more viable and economical.

Keywords: Sizing. Methods. Pressure.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 — Partes constituintes de um sistema de instalações prediais.	18
Figura 2 — Canalização de água fria com informações de projeto.	35
Figura 3 — Equação de Hazen-Williams	37
Figura 4 — Ábaco de Reynolds Number	38
Figura 5 - Nomograma para o cálculo de perda de cálculo em tubulações de cobre e plástico, segundo a fórmula de Fair-Whipple-Hsiao.....	43
Figura 6 - Nomograma para o cálculo de perda de cálculo em tubulações de aço galvanizado e ferro fundido, segundo a fórmula de Fair-Whipple-Hsiao.	44
Figura 7 – Planta baixa da residência unifamiliar	50
Figura 8 – Planta cobertura.	51
Figura 9 – Cortes.	52
Figura 10 – Fachadas	53
Figura 11 - Planta baixa pontos.....	54
Figura 12 - Planta baixa barrilhete.	56
Figura 13 - Isométrico barrilhete.	57
Figura 14 - Planta baixa colunas.	58
Figura 15 – Isométrico colunas.	59
Figura 16 – Isométrico da residência.	60
Figura 16 – Isométrico trechos.	61
Figura 17 – Isométrico dos pontos de uso.	62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 — Esquema das partes de uma Instalação Predial de Água Fria. .18	
Quadro 2 - Problemas práticos encontrados em condutos forçados 45	
Quadro 3 - Relação de diâmetros mínimos para dimensionamento do subsistema de Distribuição. 54	

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 — Pesos relativos nos pontos de utilização identificados em função do aparelho sanitário e da peça.....	24
Tabela 2 — Pressões máximas e mínimas segundo a NBR 5626/1998 – Valores em m.c.a (metro de coluna de água).	26
Tabela 3 — Perdas de carga localizadas para conexões da marca Tigre. ...	27
Tabela 4 — Relação entre ramais, hidrômetro e abrigo.	29
Tabela 5 — Planilha para dimensionamento de tubulação da rede de distribuição.	33
Tabela 6 — Valores da constante K para as peças comumente empregadas em instalações de bombeamento e em instalações prediais de água fria.	40
Tabela 7 — Comprimentos equivalentes, em metros, para conexões ou peças especiais de PVC rígido ou cobre.	42
Tabela 8 — Comprimentos equivalentes, em metros, para conexões ou peças especiais de aço galvanizado ou ferro fundido.	42
Tabela 9 – Pressões de saída obtida pelos 3 métodos de cálculo.	64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Φ	Diâmetro
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CAF	Coluna de Água Fria
Cd	Consumo diário
CEULP	Centro Universitário Luterano de Palmas
DRH	Departamento de Recursos Hídricos
DRH	Departamento de Recursos Hídricos
IPAF	Instalações Prediais de Água Fria
kPa	Kilo Pascal
MCA	Metro de coluna água
NBR	Norma Brasileira
NM	Norma Mercosul
PVC	Policloreto de vinil
ULBRA	Universidade Luterana do Brasil

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA.....	13
1.2	OBJETIVOS.....	14
1.2.1	Objetivo Geral.....	14
1.2.2	Objetivos Específicos.....	14
1.3	JUSTIFICATIVA.....	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1	INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA FRIA (IPAF).....	16
2.1.1	Partes principais	17
2.1.1.1	Subsistema de Alimentação	17
2.1.1.2	Subsistema de Reservação.....	18
2.1.1.3	Subsistema de Distribuição	18
2.1.2	Fontes de abastecimento.....	19
2.1.3	Sistemas de distribuição	19
2.1.4	Sistema de distribuição direta.....	20
2.1.5	Sistema de distribuição indireta	20
2.1.6	Materiais e Componentes	21
2.2	DIMENSIONAMENTO DAS INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA FRIA	22
2.2.1	Consumo Diário de água nas edificações.....	22
2.2.2	Vazões.....	22
2.2.2.1	Método dos Pesos.....	23
2.2.3	Pressões mínimas e máximas	23
2.2.3.1	Pressão Estática.....	24
2.2.3.2	Pressão Dinâmica	24
2.2.3.3	Pressão de Serviço	25
2.2.4	Velocidade Máxima da água.....	25
2.2.4.1	Golpe de Aríete	25
2.2.4.2	Cavitação.....	26
2.2.5	Perda de Carga nas canalizações	26
2.2.5.1	Perdas de Cargas Contínuas	26
2.2.5.2	Perdas de Cargas Localizadas.....	26
2.2.6	Abastecimento	27

2.2.6.1 Ramal Predial e Hidrômetro.....	27
2.2.7 Reservação.....	28
2.2.7.1 Reservatório Inferior	28
2.2.7.2 Reservatório Superior	28
2.2.7.3 Sistema elevatório	28
2.2.7.4 Tubulação de recalque	29
2.2.7.5 Tubulação de sucção	29
2.2.8 Distribuição	30
2.2.8.1 Memorial de Cálculo.....	30
2.2.9 AltoQi Hydros V4	33
2.2.10 Métodos de dimensionamento de perda de carga.....	35
2.2.10.1 Hazen-Williams.....	36
2.2.11 Fair Whipple.....	38
2.2.12 Método de Darcy-Weisbachou Fórmula Universal.....	45
3 METODOLOGIA	47
3.1 Delineamento da Pesquisa	47
3.2 Estruturação da pesquisa	47
3.3 Método de análise e avaliação.....	48
4 RESULTADOS.....	49
4.1 Concepção do projeto ao hidráulico.....	52
4.2 Dados Gerais	53
2.3 Pontos de água fria.....	54
4.3 Dimensionamento utiliza'ndo Hydros v4	62
4.4 DISCUSSÕES E RESULTADOS	63
5 CONCLUSÃO	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67

1 INTRODUÇÃO

A elaboração de projetos, execução, fiscalização e direção de obras e serviços técnicos são atividades atribuídas legalmente aos profissionais da engenharia, como se observa da análise do Decreto nº 23.569/33, da Lei nº 5.194/66 e da Resolução nº 218/73 do CONFEA.

Além disso, também cabe ao engenheiro o dever de conhecer os métodos mais eficazes e eficientes para atingir o desenvolvimento regular e qualitativo da obra.

Isso porque eficiência e eficácia tem sentidos diferentes. Enquanto a eficácia está relacionada, principalmente, à aplicação das normas e do planejamento, com vistas a garantir legalidade e correção do que será executado, a eficiência faz com que o profissional vá além do desenvolvimento do trabalho da forma correta, demonstrando também melhor forma de aproveitar os recursos, o total domínio do processo, o conhecimento de habilidades e a celeridade.

Assim, eficácia e eficiência se completam no sentido de fomentar o crescimento do profissional e de colocá-lo em alto nível de competitividade.

Outrossim, o profissional também precisa atentar-se para as nuances do mercado que, inevitavelmente, exige a execução de um trabalho moderno, dinâmico e confiável.

Neste sentido, em busca do aprimoramento de habilidades e de um serviço mais célere, o engenheiro tem tido a tecnologia como uma forte aliada para avaliar custos e qualidade, e no presente trabalho apresenta-se alguns dados obtidos de um potente recurso, que agrupa informações lógicas com diversas funções pré-programadas utilizando banco de dados e estrutura operacional já determinada, mundialmente conhecido como “*software* Alto Qi Hydros V4”

Referido software, objeto de parte deste estudo, é intitulado de AltoQi Hydros V4 e é um dos programas mais atuais e indicados para o dimensionamento de instalações prediais de água fria, pois utiliza prescrições da NBR nº 5626/98 e faz análise de cada trecho das grandezas necessárias para um perfeito dimensionamento, ou seja, avaliando pressão, vazão, velocidade e diâmetro.

Para dimensionamento de água fria, o software em comento disponibiliza três métodos de cálculos que se enquadram nas exigências da NBR nº 5626/98, sendo as equações de FAIR-WHIPPLE-HSIAO; HAZEN WILLIAMS e UNIVERSAL.

Destarte, a pesquisa aqui exposta fundamenta-se em conferir os resultados oferecidos pelo software e realizar o confronto entre eles, no âmbito de um dimensionamento de água fria em uma residência unifamiliar.

Trazer à baila tão importante análise é também instigar a habilidade do engenheiro em dominar o programa, haja vista o software ser mecanismo do qual o próprio engenheiro é mentor.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

O software oferece três métodos de cálculo para dimensionamento de pressão dinâmica, mas a inteligência do programa não aponta quais ou qual é mais recomendado para residências de pequeno porte.

Em razão disso cabe ao profissional exercer um olhar clínico sobre cada um desses métodos para finalmente aplicar aquele que proporciona maior qualidade e economia.

O desafio do presente trabalho é realizar uma análise pormenorizada de cada método, para que não fique nenhuma aparente dúvida acerca das metodologias apresentadas pelo software.

Dentro desse contexto, o projeto de pesquisa se propõe a responder os seguintes questionamentos: Os três métodos oferecem o mesmo nível de confiança? Entre eles qual é o mais adequado para o dimensionamento de uma residência unifamiliar?

Pode ocorrer de ser verificada a comprovação de que um dos métodos é superdimensionado e acarreta menos celeridade na execução da obra e maior custo.

Outra hipótese provável é atestar que todos os métodos, apesar de utilizar formas diferentes de cálculos, atingem o mesmo objetivo de economia e qualidade.

E a conjectura que pretende-se destrinchar é a descoberta de um único método capaz de viabilizar menor custo e maiores benefícios para a instalação de água fria em uma residência unifamiliar.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é comparar as metodologias de cálculos de água fria em residência unifamiliar, usados pelo software AltoQi Hydros V4, para ao final descobrir qual dos métodos apresenta melhor custo benefício.

O software disponibiliza três métodos de cálculos que se enquadram nas exigências da NBR nº 5626/98, sendo as equações de FAIR-WHIPPLE-HSIAO; HAZEN WILLIAMS e UNIVERSAL.

A comparação entre esses resultados baseia-se em averiguar vazão, pressão de serviço e diâmetro da tubulação, pois o software fornece cálculos para utilização dos métodos, mas não traz uma definição sobre qual desses métodos apresenta o melhor custo benefício.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Estudar o software escolhido para comparação (AltoQi Hydros V4);
- Realizar projeto arquitetônico residência unifamiliar;
- Realizar o traçado do sistema predial de água fria;
- Realizar dimensionamentos com base nos três métodos de instalação de água fria com AltoQi Hydros V4, conforme NBR nº 5626/98;
- Comparar os três métodos e verificar qual ou quais são mais indicados.

1.3 JUSTIFICATIVA

Pretende-se alcançar, por meio dos cálculos de perdas de carga e conforme estudos de diversos autores, o dimensionamento otimizado e capaz de refletir a realidade.

Comparar as metodologias de cálculos de água fria em uma residência unifamiliar, usados pelo software AltoQi Hydros V4, foi o procedimento adotado no presente trabalho para pleitear a definição da metodologia mais indicada.

Sabe-se, para dimensionamento de água fria, o software em comento disponibiliza três métodos de cálculos que se enquadram nas exigências da NBR nº 5626/98, sendo as equações de FAIR-WHIPPLE-HSIAO; HAZEN WILLIAMS e UNIVERSAL.

A comparação entre esses resultados baseia-se em averiguar pressão dinâmica nos pontos, pois o software fornece cálculos para utilização dos métodos, mas não traz uma definição sobre qual desses métodos apresenta o melhor custo benefício.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Os estudos que basearam o presente trabalho estão, principalmente, fundamentados na NBR nº 5626/98¹, que é a norma responsável por disciplinar os recursos legais para a execução de Instalações Prediais de Água Fria (IPAF).

As Instalações Prediais de Água Fria (IPAF), assim como as instalações de água quente, combate ao incêndio, pluvial e de esgoto, são como um subsistema de um sistema maior resguardadas por normas específicas conforme preconiza a NBR 56262.

O Professor Roberto de Carvalho Júnior (2011, p.20) descreve as IPAFs como uma grande conjuntura composta pelas tubulações, equipamentos, reservatórios e dispositivos, destinados ao abastecimento dos aparelhos e pontos de utilização de água da edificação.

Para melhor deslinde do tema, apresenta-se uma revisão bibliográfica sobre os componentes essenciais às IPAFs, Bem como os fundamentos para seu dimensionamento, haja vista serem referidos temas o arrimo para realização do presente trabalho.

2.1 INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA FRIA (IPAF)

Inicialmente, faz-se necessário entender que as Instalações Prediais de Água Fria devem atender às rigorosas determinações normativas, muitas das quais estão presentes na NBR 5626, dentre as quais, destacam-se:

- a) Preservar a potabilidade da água;
- b) Garantir o fornecimento de água de forma contínua em quantidade adequada, com pressões e velocidades compatíveis com o perfeito funcionamento dos aparelhos sanitários, peças de utilização e demais componentes;
- c) Promover economia de água e de energia;
- d) Possibilitar manutenção fácil e econômica;
- e) Evitar níveis de ruído inadequados à ocupação do ambiente;

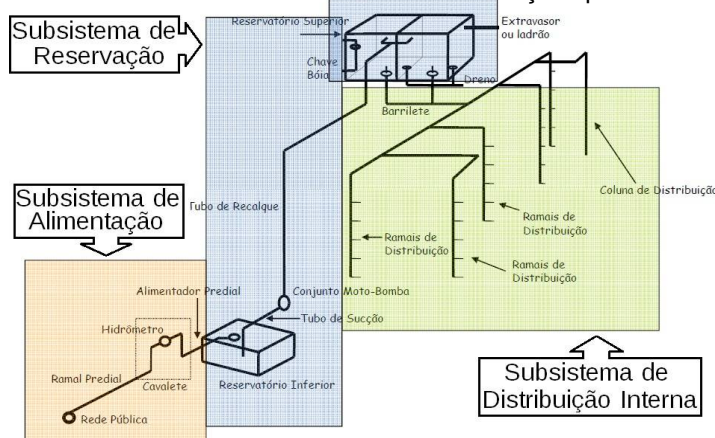
¹ ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998, p. 1.

- f) Proporcionar conforto aos usuários, prevendo peças de utilização adequadamente localizadas, de fácil operação, com vazões satisfatórias atendendo as demais exigências do usuário;
- g) Interdependência entre os sistemas de abastecimento de água, de esgoto e de águas pluviais com as instalações hidráulicas prediais.

2.1.1 Partes principais

De acordo com a referida norma técnica, as IPAFs se estendem desde a rede pública até o ponto de utilização do usuário, conforme ilustra a Figura 1:

Figura 1 — Partes constituintes de um sistema de instalações prediais.



Fonte: Tassi (2010).

Para melhor compreensão, o conjunto foi ordenado nos três subsistemas reconhecidos pela NBR 5626, indicados no Quadro 1.

Quadro 1 — Esquema das partes de uma Instalação Predial de Água Fria.

Subsistema de Alimentação	Subsistema de Reservação	Subsistema de Distribuição
Ramal predial Cavalete / Hidrômetro Alimentador predial	Reservatório inferior Estação elevatória Reservatório Superior	Barrilete Coluna Ramal Sub-ramal

Fonte: NBR 5626 (1998).

2.1.1.1 Subsistema de Alimentação

O Subsistema de Alimentação, bem como seus componentes, deve possuir resistência mecânica adequada às altas pressões (gera ruído e vibração) provenientes da fonte de abastecimento, conforme adverte a NBR 5626. Se enterrado, é conveniente estar de acordo com a NBR 7229 quanto à distância e

profundidade de fontes potencialmente poluidoras, e ainda estar posicionado acima do nível do lençol freático para diminuir a possibilidade de contaminação da instalação predial.

A Alimentação inicia no ramal predial, que parte da fonte de abastecimento e se estende até o hidrômetro, esse por sua vez é responsável pela medição do consumo de água e segue os preceitos da NBR 8193, e deve também atender as especificações estabelecidas pela concessionária. Após o hidrômetro, inicia-se o ramal de alimentação que se prolonga até a entrada de água no reservatório de acumulação. É importante que este seja dotado de torneira boia ou semelhante na sua extremidade a jusante.

2.1.1.2 Subsistema de Reservação

O Subsistema de Reservação garante fornecimento contínuo de água, e é composto pelos reservatórios inferior e superior assim como pelo sistema de recalque.

Referido subsistema é desenvolvido prevendo elementos de segurança e manutenção, como o extravasor, também chamado de “ladrão” ou “aviso”, que serve para indicar falha no funcionamento do dispositivo de interrupção do abastecimento, e é de instalação obrigatória em todos os reservatórios.

O sistema de recalque atua no sentido de possibilitar o transporte de água do reservatório inferior para o reservatório superior; nele incluem-se a canalização de sucção, o conjunto moto- bomba e a canalização de recalque. É conveniente a instalação de no mínimo duas moto-bombas independentes para garantir o abastecimento de água no caso de falha de uma das unidades. O reservatório superior fica ligado à tubulação de recalque e se destina a alimentação da rede predial de distribuição.

2.1.1.3 Subsistema de Distribuição

O Subsistema de Distribuição inicia no barrilete, inclui as colunas, ramais e sub-ramais chegando aos pontos de utilização - a extremidade das IPAF, conforme descreve a NBR 5626:

a) Barrilete: é a tubulação que se origina no reservatório e da qual derivam as colunas de distribuição, atua como uma solução para limitar as ligações ao reservatório. O traçado do barrilete depende da localização das colunas de

distribuição e pode ser: unificado ou ramificado. O tipo unificado tem a vantagem de abrigar os registros de operação em uma área restrita, facilitando a segurança e o controle do sistema, possibilitando a criação de um local fechado, embora de maiores dimensões. O tipo ramificado é mais econômico, possibilita uma quantidade menor de tubulações junto aos reservatórios;

b) Coluna de água fria (CAF): definida como a tubulação derivada do barrilete, desce verticalmente e alimenta os ramais nos pavimentos seguindo até os sub-ramais que alimentam as peças de utilização. As colunas de distribuição devem conter um registro de gaveta à montante do primeiro ramal. Quando a edificação possuir bacia sanitária com válvula de descarga é importante que essa seja alimentada por uma coluna exclusiva para evitar interferências com os demais pontos de utilização. A NBR 5626 pondera sobre a necessidade de ventilar colunas que alimentam válvulas de descarga. Na realidade, a ventilação é recomendável para evitar a possibilidade de contaminação das instalações devido à retrossifonagem¹⁰. Outro motivo para ventilar a coluna de distribuição é a ocorrência de bolhas de ar nas tubulações, diminuindo as vazões. Acontece que com a ventilação da coluna essas bolhas serão expelidas, melhorando o funcionamento das peças de utilização.

c) Ramal: tubulação derivada da coluna de distribuição de água fria e destinada a alimentar os sub-ramais;

d) Sub-ramal: tubulação que liga o ramal ao ponto de utilização.

2.1.2 Fontes de abastecimento

As fontes de abastecimento de água podem ser públicas, privado (nascentes, poços, etc.) ou misto. Quando provém da rede pública, as exigências da concessionária devem ser atendidas. O abastecimento pode ainda se constituir de água potável ou não potável, desde que atenda os requisitos relativos à segurança sanitária e de acordo com o uso doméstico da água, conforme a NBR 5626.

2.1.3 Sistemas de distribuição

A NBR 5626 prevê duas formas de abastecimento dos pontos de utilização: direto - a água chega diretamente da fonte de abastecimento - e, indireto, no qual a água chega de um reservatório existente na edificação. Cada

tipo de abastecimento reúne vantagens e desvantagens e muitas vezes adotar os dois é a melhor estratégia, resultando num abastecimento misto também anunciado na Norma citada. As definições dos sistemas de distribuição direto e indireto procedem de notas de aula de Tassi (2010).

2.1.4 Sistema de distribuição direta

A água provém diretamente da fonte de abastecimento. Essa distribuição normalmente garante água de melhor qualidade devido à taxa de cloro residual existente na água e devido à inexistência de reservatório no prédio. Outras vantagens são a maior pressão disponível uma vez que a pressão mínima de projeto em redes de distribuição pública é de 10 m.c.a e menor custo da instalação, não havendo necessidade de reservatórios, bombas, torneira de boia, etc. O principal inconveniente da distribuição direta é a irregularidade no abastecimento público e a variação de pressão ao longo do dia provocando problemas no funcionamento de aparelhos, como os chuveiros. Esse sistema não é compatível com o uso de válvulas de descarga em consequência do pequeno diâmetro das ligações domiciliares.

2.1.5 Sistema de distribuição indireta

Nesse sistema a água provém de um ou mais reservatórios existentes no edifício. Essa solução é recomendada quando a pressão de abastecimento público for insuficiente para o fornecimento direto. Mesmo quando a pressão for suficiente o uso de reservatórios pode se fazer necessário pela descontinuidade do abastecimento. O sistema de distribuição indireta com bombeamento é mais utilizado em grandes edifícios onde são necessários grandes reservatórios de acumulação.

Há duas possibilidades de sistema indireto de abastecimento: por gravidade e hidropneumático.

a) Por gravidade: quando a energia de alimentação predial não for suficiente será preciso dispor de dois reservatórios: um inferior e outro superior. Do reservatório inferior a água é lançada ao superior através do uso de bombas de recalque (moto-bombas). Se a pressão for suficiente contará com reservatório superior. No entanto, em qualquer das situações a alimentação do prédio será descendente por gravidade.

b) Hidropneumático: conta apenas com o uso de reservatório inferior. A alimentação acontece com entrada de energia no sistema, com uso de bombas de recalque (moto-bombas), no sentido ascendente. Segundo Creder (1991, p.8), sua instalação é de alto custo, sendo recomendada somente em casos especiais para aliviar a estrutura.

2.1.6 Materiais e Componentes

O projetista hidráulico é responsável pela determinação dos materiais e dos componentes empregados nas instalações prediais. Embora o mercado disponibilize uma ampla variedade de materiais e técnicas, esse profissional deve atender aos preceitos estabelecidos em norma, não somente o projetista, mas também construtores, instaladores, fabricantes de componentes, concessionárias e os próprios usuários devem atender ao que está definido pela Normatização.

A NBR 5626 estipula exigências e recomendações baseadas nas seguintes premissas:

a) a potabilidade da água não pode ser colocada em risco pelos materiais com os quais estará em contato permanente;

b) o desempenho dos componentes não deve ser afetado pelas consequências que as características particulares da água imponham a eles, bem como pela ação do ambiente onde acham-se inseridos;

c) os componentes devem ter desempenho adequado face às solicitações a que são submetidos quando em uso.

As instalações prediais de água fria devem ser projetadas, executadas e usadas de modo a evitar ou minimizar problemas de corrosão (materiais metálicos) ou degradação (materiais plásticos).

A seleção de materiais e, particularmente da tubulação que ficará embutida, merece especial atenção, sob pena de sofrerem graves patologias futuras, caso não haja essa seleção.

Os materiais mais utilizados para fabricação de tubos e componentes são os metálicos e plásticos. Sendo que os tubos e conexões de aço galvanizado (suportam pressões elevadas) e os de PVC rígido são os mais empregados.

Dentre os principais componentes utilizados destacam-se as tubulações, peças e conexões (curvas, joelhos, têes), misturadores, registros, Válvulas (de retenção, de pé com crivo, de descarga), caixa acoplada, hidrômetros, torneira de

boia e reservatórios. Muitos destes componentes possuem normatização específica, onde é possível encontrar uma descrição detalhada.

2.2 DIMENSIONAMENTO DAS INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA FRIA

A NBR 5626 lista uma série de exigências que precisam ser consideradas no momento da elaboração do projeto de IPAF e que devem se manter durante a vida útil do edifício. É fundamental mencionar também que as tubulações serão dimensionadas como condutos forçados e, portanto, são imprescindíveis que fiquem definidos no projeto hidráulico, para cada trecho da canalização, os valores de vazão, velocidade, perda de carga e pressão.

Adiante é apresentada uma série de conhecimentos para o dimensionamento do IPAF, incluindo expressões, tabelas e métodos, todos de acordo com a NBR 5626.

2.2.1 Consumo Diário de água nas edificações

O cálculo do consumo diário de água dentro de uma edificação resulta de uma boa coleta de informações, como pressão e vazão nos pontos de utilização, quantidade e frequência de utilização dos aparelhos, população, condições socioeconômicas, clima, entre outros.

O memorial descritivo de arquitetura também deve ser convenientemente estudado, pois algumas atividades básicas e complementares como piscina e lavanderia podem influenciar no consumo diário. Os valores utilizados para consumo per capita podem ser os definidos pelo DRH, que concluiu que as demandas hídricas per capita variam entre 125 e 250 L/hab/dia no caso de abastecimento urbano.

2.2.2 Vazões

Para que o IPAF funcione adequadamente, é imprescindível que os pontos de utilização assegurem as vazões mínimas necessárias aos aparelhos a eles conectados. Essas vazões serão o fundamento do dimensionamento de todas as canalizações do sistema.

A vazão mínima possibilita a determinação de “pesos” para cada peça de utilização, necessários para a aplicação do Método Hunter. Os valores da vazão e pesos de alguns componentes estão indicados na Tabela 1:

Tabela 1 — Pesos relativos nos pontos de utilização identificados em função do aparelho sanitário e da peça.

Aparelho sanitário		Peça de utilização	Vazão de projeto L/s	Peso relativo
Bacia sanitária		Caixa de descarga	0,15	0,3
		Válvula de descarga	1,7	32
Banheira		Misturador (água fria)	0,3	1
Bebedouro		Registro de pressão	0,1	0,1
Bidê		Misturador (água fria)	0,1	0,1
Chuveiro ou ducha		Misturador (água fria)	0,2	0,4
Chuveiro elétrico		Registro de pressão	0,1	0,1
Torneira de jardim ou lavagem em geral		Torneira	0,2	0,4
Tanque		Torneira	0,25	0,7
Lavadora de pratos ou de roupas		Registro de pressão	0,3	1
Lavatório		Torneira ou misturador (água fria)	0,15	0,3
Mictório cerâmico	com sifão integrado	Válvula de descarga	0,5	2,8
	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	0,3
Pia		Torneira ou misturador (água fria)	0,25	0,7
		Torneira elétrica	0,1	0,1

Fonte: NBR 5626 (1998).

2.2.2.1 Método dos Pesos

O Método dos Pesos tem por critério o consumo máximo provável, considerando a probabilidade do uso simultâneo das peças de utilização, resultando na redução do custo das instalações. Sua utilização é recomendada para instalações de uso residencial e se beneficiam dele as tubulações mais importantes, tais como, barrilete, colunas, ramais de distribuição e prediais (inseridos na Distribuição Direta).

2.2.3 Pressões mínimas e máximas

Nas instalações prediais, consideram-se três tipos de pressão: a estática (pressão nos tubos com a água parada), a dinâmica (pressão com a água em

movimento) e a pressão de serviço (pressão máxima que se pode aplicar a um tubo, conexão, válvula ou outro dispositivo, quando em uso normal).

2.2.3.1 Pressão Estática

A norma NBR 5626 diz que “em condições estáticas (sem escoamento), a pressão da água em qualquer ponto de utilização da rede predial de distribuição não deve ser superior a 400 kPa.”

Levando em conta a pressão de 400 kPa, que corresponde à 40 m.c.a (metros de coluna de água), conclui-se que a diferença entre a altura do reservatório superior e o ponto mais baixo da instalação predial não deve ser maior que 40 metros. Uma pressão acima desse valor ocasionará ruído, golpe de aríete e manutenção constante nas instalações.

Carvalho Júnior (2011, p. 73) aponta que uma forma prática de resolver o problema das altas pressões é a instalação de dispositivos reguladores de pressão, comumente colocados no subsolo do prédio.

2.2.3.2 Pressão Dinâmica

A NBR 5626 estabelece parâmetros para pressão dinâmica nos seguintes termos:

Em condições dinâmicas (com escoamento), a pressão da água nos pontos de utilização deve ser estabelecida de modo a garantir a vazão de projeto (...). Em qualquer caso, 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.

Sabe-se, a pressão dinâmica é obtida pela diferença entre a pressão estática e a soma das perdas de cargas distribuídas e localizadas. A norma em comento ainda salienta que uma pressão excessiva tende a aumentar o consumo de água, o que torna conveniente manter os valores das pressões dinâmicas nas peças de utilização, próximas aos mínimos necessários.

2.2.3.3 Pressão de Serviço

A norma NBR 5626 diz que: “o fechamento de qualquer peça de utilização não pode provocar sobrepressão em qualquer ponto da instalação que seja maior que 20 m.c.a. acima da pressão estática nesse ponto”.

Assim sendo, e de acordo com Carvalho Junior (2011, p.75), a pressão de serviço não deve ultrapassar a 60 m.c.a., pois é o resultado da máxima pressão estática (40 m.c.a.) somada à máxima sobrepressão (20 m.c.a.).

A Tabela 2 resume os valores de pressões limites citados na Norma e que devem ser atendidos no dimensionamento das instalações prediais de água fria.

Tabela 2 — Pressões máximas e mínimas segundo a NBR 5626/1998 – Valores em m.c.a (metro de coluna de água).

Aparelho	Pressão Máxima		Pressão Mínima
	Estática	Serviço	Dinâmica
Qualquer ponto de utilização	40	60	1
Ponto de utilização da válvula de descarga para bacia sanitária	40	60	1,5
Ponto de utilização da caixa de descarga	40	60	0,5
Qualquer ponto da rede de distribuição	-	-	0,5

Fonte: NBR 5626 (1998).

2.2.4 Velocidade Máxima da água

A NBR 5626 recomenda que as tubulações sejam dimensionadas de modo que a velocidade da água, em qualquer trecho, não ultrapasse valores superiores a 3 m/s. Acima desse valor, ocorre um ruído desagradável na tubulação, devido à vibração das paredes ocasionada pela ação do escoamento da água. Embora esse valor não evite golpe de aríete, serve para limitar a magnitude dos picos de pressão produzidos.

2.2.4.1 Golpe de Aríete

É um fenômeno que ocorre sempre que, num dado instante, a velocidade da água é modificada bruscamente, e que produz variações de pressão muito grandes.

De acordo com Vianna (1998, p. 97), algumas medidas podem ser tomadas a fim de minimizar seus efeitos, tais como: uma canalização de recalque mais

curta, de material metálico, com trecho horizontal antes de elevar. Salienta o mesmo autor que as velocidades da água não devem ser elevadas, evitando-se ultrapassar 1,5m/s.

2.2.4.2 Cavitação

A cavitação ocorre quando a água passa para o estado de vapor formando cavidades deste no interior da massa líquida. Isso acontece porque a pressão da água se iguala à sua pressão de vapor. Para que ocorra esse fenômeno é necessária uma velocidade média da água em torno de 8m/s. No entanto, mesmo à baixa velocidade é possível verificar episódios de cavitação nas partes mais altas das instalações prediais, devido às baixas pressões, causando ruído nas tubulações.

2.2.5 Perda de Carga nas canalizações

A perda de carga pode ser entendida como a diferença entre a energia inicial e a energia final de um líquido, quando ele flui em uma canalização de um ponto ao outro. As perdas de carga poderão ser contínuas ou localizadas e estão relacionadas à viscosidade e à turbulência do fluido. Portanto, o maior comprimento de tubos, maior número de conexões; tubos mais rugosos e menores diâmetros geram maiores atritos e choques e, conseqüentemente, maiores perdas de carga e menor pressão nas peças de utilização.

2.2.5.1 Perdas de Cargas Contínuas

São as perdas de carga ocasionadas pelo movimento da água na tubulação.

2.2.5.2 Perdas de Cargas Localizadas

As perdas de carga localizadas (perdas pontuais) ocorrem sempre que as condições de escoamento da água são modificadas. Essas perdas localizadas ocorrem nas conexões, registros etc., tendo em vista a elevação da turbulência da água nesses locais. Os valores são expressos em “comprimento equivalente de canalização” e estão disponíveis na Tabela de Perda de Carga da NBR 5626. A Tabela 3 lista perdas de carga para componentes da marca Tigre, e foram os valores

utilizados no dimensionamento do sistema de distribuição interna de água do Edifício Modelo.

Tabela 3 — Perdas de carga localizadas para conexões da marca Tigre.

DE (m m) D. ref. (pol)	20 1/2	25 3/4	32 1	40 1 1/4	50 1 1/2	60 2	75 2 1/2	85 3	110 4
Joelho 90°	1,10	1,20	1,50	2,00	3,20	3,40	3,70	3,90	4,30
Joelho 45°	0,40	0,50	0,70	1,00	1,30	1,50	1,70	1,80	1,90
Curva 90°	0,40	0,50	0,60	0,70	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60
Curva 45°	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
Tê 90° passagem direta	0,70	0,80	0,90	1,50	2,20	2,30	2,40	2,50	2,60
Tê 90° saída de lado	2,30	2,40	3,10	4,60	7,30	7,60	7,80	8,00	8,30
Tê 90° saída bilateral	2,30	2,40	3,10	4,60	7,30	7,60	7,80	8,00	8,30
Entrada Normal	0,30	0,40	0,50	0,60	1,00	1,50	1,60	2,00	2,20
Entrada Borda	0,90	1,00	1,20	1,80	2,30	2,80	3,30	3,70	4,00
Saída canalização	0,80	0,90	1,30	1,40	3,20	3,30	3,50	3,70	3,90
Válvula de Pé com Crivo	8,10	9,50	13,30	15,50	18,30	23,70	25,00	26,80	28,60
Válvula Retenção Leve	2,50	2,70	3,80	4,90	6,80	7,10	8,20	9,30	10,40
Válvula Retenção Pesada	3,60	4,10	5,80	7,40	9,10	10,80	12,50	14,20	16,00
Registro Globo Aberto	11,10	11,40	15,00	22,00	35,80	37,90	38,00	40,00	42,30
Registro Gaveta Aberto	0,10	0,20	0,30	0,40	0,70	0,80	0,90	0,90	1,00
Registro Globo Ângulo Aberto	5,90	6,10	8,40	10,50	17,00	18,50	19,00	20,00	22,10

Fonte: Manual Técnico Tigre (2013, p. 201).

2.2.6 Abastecimento

2.2.6.1 Ramal Predial e Hidrômetro

A determinação do diâmetro do ramal predial depende do sistema de distribuição no qual está inserido: direta ou indireta. No caso da distribuição direta, admitindo-se que o abastecimento de água seja contínuo com vazão suficiente para suprir o consumo diário por 24 horas (apesar do consumo dos aparelhos variar ao longo deste período).

Ao se tratar de uma distribuição indireta, com alimentação continua durante 24 horas do dia, atendendo o consumo diário, a velocidade deve permanecer entre 0,6m/s e 1m/s.

A maioria das concessionárias adota diâmetro do ramal predial de 25 mm (3/4") para residências. Através da Tabela 4 é possível determinar o cavalete e abrigo para o hidrômetro, tomando como 50 mm o limite máximo.

Tabela 4 — Relação entre ramais, hidrômetro e abrigo

Ramal predial diâmetro D (mm)	Hidrômetro		Cavalete diâmetro D (mm)	Abrigo dimensões: altura, largura e profundidade (m)
	Consumo provável (m³/dia)	Vazão característica (m³/dia)		
20	5	5	20	0,85 x 0,65 x 0,3
25	8	7	25	0,85 x 0,65 x 0,3
25	16	10	32	0,85 x 0,65 x 0,3
25	30	20	40	0,85 x 0,65 x 0,3
50	50	30	50	2,00 x 0,90 x 0,40

Fonte: Tassi (2010).

2.2.7 Reservação

O volume pode ser disposto em reservatórios superior e inferior, visto que se o reservatório superior, que fica na cobertura do prédio, estiver a uma altura elevada não poderá ser abastecido diretamente pelo alimentador. Mesmo que fosse possível elevar até a cobertura o volume total a ser armazenado, sem a necessidade de conjunto motor-bomba, a estrutura sobrecarregaria. É interessante também que volumes acima de 5m³ fiquem em câmaras separadas para facilidade de manutenção, conforme indicações de nota de aula (Tassi, 2010).

2.2.7.1 Reservatório Inferior

Na determinação do volume desse reservatório, recomenda-se que ele tenha 60% do Rt (volume de reservação).

2.2.7.2 Reservatório Superior

A queda d'água no reservatório superior deve ser monitorada por um dispositivo de controle da entrada de água e manutenção do nível desejado. Habitualmente o equipamento usado é a torneira de boia, que desliga automaticamente o conjunto moto-bomba. Outros dispositivos, que devem estar presentes no dimensionamento do reservatório superior, são o tubo extravasor e o tubo de limpeza.

2.2.7.3 Sistema elevatório

A Instalação Elevatória consiste no bombeamento de água de um reservatório inferior para um reservatório superior. O Sistema de Recalque é constituído pelas

canalizações e pelos meios mecânicos de elevação (conjunto moto-bomba e tubulações de sucção e recalque). No reservatório inferior é conveniente que se disponha de área para alojamento de dois conjuntos moto-bomba independentes e que funcionem separadamente garantindo o abastecimento de água no caso de falha de um dos conjuntos.

Para determinação de vazões de projeto o item 5.3.3 da NBR 5626 (Vazões no abastecimento de reservatórios) recomenda que a vazão seja o quociente entre a capacidade do reservatório e o tempo de enchimento. Orienta também, que esse tempo não seja superior a 6 horas para grandes reservatórios.

Ghisi (2004, p.24) indica tempos de enchimento de 4 a 6 horas dependendo do tipo de edifício: 4 horas de funcionamento para prédios de escritórios e comerciais, 4 à 5 horas de funcionamento para prédios de apartamentos e 6 horas de funcionamento para hospitais e hotéis.

Os reservatórios disponíveis no mercado têm medidas padronizadas e assim como na determinação das tubulações, após o dimensionamento do componente e decide-se pelo que tem medida próxima e conveniente, lembrando ainda que há a possibilidade de confeccionar o reservatório em alvenaria.

2.2.7.4 Tubulação de recalque

É importante prever a utilização de válvula de retenção na tubulação de recalque para amortecer o impacto sobre o sistema hidráulico causado pelo retorno da água quando da parada da bomba – Golpe de Aríete – sob o risco de danificar tubos, conexões e componentes da bomba.

2.2.7.5 Tubulação de sucção

É importante a instalação de válvula de pé ou de fundo de poço para impedir que a água succionada retorne quando da parada do funcionamento da bomba, evitando que esta trabalhe a seco (perda da escorva). A instalação do crivo, da mesma forma, também é recomendada uma vez que acoplado à válvula de pé impede a entrada de partículas sólidas.

Dessa forma é possível indicar qual o nível mínimo de água no reservatório inferior para que não entre ar na tubulação de sucção. Para se evitar arraste do

material de fundo é importante que a seja menor ou igual à metade do diâmetro da tubulação de recalque e maior ou igual a 0,30m.

2.2.8 Distribuição

Com base no estudo da NBR e da obra do aclamado autor Roberto de Carvalho Júnior, recomenda-se que o dimensionamento das tubulações de IPAF de uso residencial seja realizado pelo Método da Vazão Máxima Provável, que considera um fator probabilístico de uso simultâneo das peças de utilização.

Ele consiste em pré-dimensionar um valor de diâmetro e verificar vazão, pressões e limites de velocidade, resultando assim na alteração ou não desse valor inicial. Para tanto, a localização das colunas deve ser prevista no projeto arquitetônico - locação de *shafts*, se necessários. Estabelecido o traçado das tubulações (sub-ramais, ramais, barrilete), sucede a compatibilização entre o projeto hidráulico e o projeto global do edifício, a fim de manter a integridade estrutural e conciliar as instalações prediais.

2.2.8.1 Memorial de Cálculo

O memorial de cálculo é apresentado no anexo A da NBR 5626, e consiste no preenchimento da planilha apresentada na Tabela 5. Os seguintes dados e operações devem ser considerados na execução da planilha:

- a) trecho: semelhante ao modelo da norma, a planilha identifica os segmentos (coluna 2), mas com a inclusão de uma coluna (coluna 1) que descreve de que parte da distribuição (Barrilete, coluna, ramal, sub-ramal) é o trecho analisado;
- b) somatório dos pesos: descritos na Tabela 5, valor da soma de todos os pesos do trecho considerado (coluna 3) – valores referidos na Tabela 5;
- c) vazão estimada, em litros por segundo: valor da vazão total demandada simultaneamente, obtido pela equação 3.3, (coluna 4);
- d) diâmetro interno da tubulação, em milímetros: valor estimado até que todos os parâmetros sejam atendidos – pressão, vazão e velocidade - (coluna 5);
- e) velocidade, em metros por segundo: valor da velocidade da água no interior da tubulação, de acordo com equação 3.4, (coluna 6);
- f) perda de carga unitária, em quilopascal por metro: valor da perda de carga por unidade de comprimento da tubulação, obtido pela equação

3.5 (coluna 7);

g) diferença de cota (desce + ou sobe -), em metros: valor da distância vertical entre a cota de entrada e a cota de saída do trecho considerado, sendo positiva se a diferença ocorrer no sentido da descida e negativa se ocorrer no sentido da subida (ver coluna 8);

h) pressão disponível, em metros de coluna d'água: pressão disponível na saída do trecho considerado, depois de considerada a diferença de cota – soma dos valores da coluna 15 e coluna 8 - (coluna 9);

i) comprimento real da tubulação, em metros: valor relativo ao comprimento efetivo do trecho considerado (coluna 10);

j) comprimento equivalente da tubulação, em metros: valor relativo aos comprimentos equivalentes das conexões obtidos através da Tabela 5, (ver coluna 11);

k) perdas de carga, em quilopascals: soma dos valores calculado para perdas de carga no trecho considerado geradas pelos tubos – coluna 7 x coluna 12 – e pelos registros e outros componentes – coluna 7 x coluna 13 – (coluna 14);

l) pressão disponível residual, em metros de coluna d'água: pressão residual, disponível na saída do trecho considerado, depois de descontadas as perdas de carga verificadas no mesmo trecho²³ (ver coluna 15);

m) pressão requerida no ponto de utilização, em metros de coluna d'água: valor da pressão mínima necessária para alimentação da peça de utilização prevista²⁴ para ser instalada na saída do trecho considerado, quando for o caso (ver coluna.

Tabela 5 — Planilha para dimensionamento de tubulação da rede de distribuição

Barrilete/ coluna/ ramal	Trecho	Soma Dos Pesos ΣP	Vazão Q (l/s)	Diâmetro Φ (mm)	Velocidade V (m/s)	Perda de carga unitária (kPa/m)	Diferença de cotas (m)	Pressão disponível (m.c.a)	Comprimentos (m)		Perda de carga (m)			Pressão disponível residual (m.c.a)	Pressão requerida no ponto de utilização (m.c.a)
							Sobe (-) Desce (+)		Real	Equivalente	Tubos	Conexões/ Registros	Total		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)

Fonte: NBR 5626 (1998).

2.2.9 AltoQi Hydros V4

O AltoQi Hydros é um *software* comercial pago, desenvolvido para elaborar projetos de instalações hidráulicas e sanitárias prediais. Ele conta, também, com módulos para planejamento de instalações de Gás e Incêndio, tudo de forma integrada em sua própria base independente de CAD.

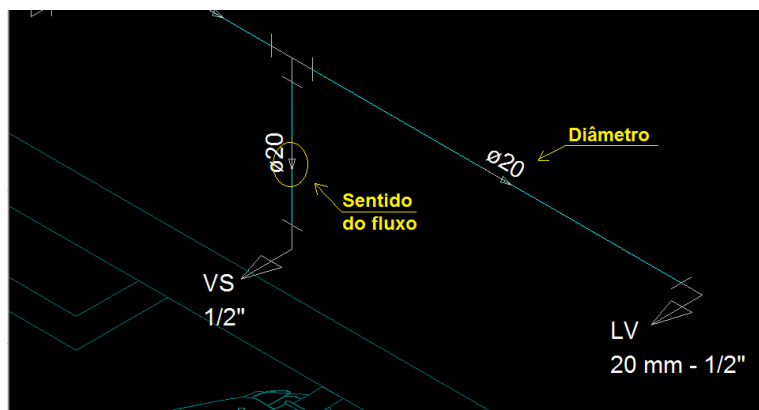
Trata-se de uma proposta de trabalho baseada em objetos inteligentes que têm associados a si, além das características de desenho, todos os dados necessários ao dimensionamento e à geração das listas de materiais.

Assim, simultaneamente à elaboração do traçado, inserem-se elementos que possuem informações para o cálculo do projeto. Desse modo, após desenhar os tubos em um detalhe isométrico e colocar nestes seus pontos de utilização – banheiro, área de serviço, etc – pode-se selecionar um componente qualquer e obter sua vazão de projeto e dimensioná-lo. O *software* tem ainda a capacidade de analisar as conectividades entre os elementos lançados e inferir o caminho do fluxo para conduzir a água da tomada do reservatório até uma peça de utilização.

Os objetos gráficos que representam a tubulação e as conexões também fornecem vantagens para o desenho do projeto. Analisando, por exemplo, um elemento tubo – que é uma entidade semelhante a uma linha e que possui informações diversas, como: material, diâmetro, luva, item para orçamento, etc – sua representação gráfica na planta inclui o texto que indica seu diâmetro e o sentido do fluxo — ver Figura 2. Este texto pode ser manipulado livremente (movido, apagado, etc.), mas permanece associado ao dispositivo. Ao mudar o diâmetro do tubo (manualmente ou pelo dimensionamento), o texto é alterado e vice-versa.

Ao representar o mesmo elemento em mais de uma planta (na planta baixa ou em um detalhe isométrico), os dois textos são independentes e podem ser manipulados separadamente, mas, ao alterar o diâmetro do tubo, todos são atualizados imediatamente. Caso um tubo seja apagado, ele e todos os textos associados serão eliminados de todos os desenhos onde estejam incluídos, as listas de materiais serão atualizadas e o programa apontará as conexões que devem ser redefinidas. Isto faz com que não haja divergências entre uma planta e um detalhe do mesmo elemento, ou entre o desenho e o dimensionamento, ou entre estes e as listas de materiais. Os mesmos princípios são válidos para as conexões.

Figura 2 — Canalização de água fria com informações de projeto.



Fonte: Autor.

O lançamento da rede pode ser realizado tridimensionalmente e/ou em planta baixa. O programa cria um modelo completo da tubulação da edificação, possibilitando uma visão do projeto como um todo, com todos os seus pavimentos, gerando listas e fazendo o dimensionamento de forma global sobre o qual se define plantas e detalhes.

O uso de um programa orientado a objetos inteligentes traz uma série de vantagens ao projeto (Perini, 2003, p.26):

- a) Todo o projeto está armazenado em um único arquivo e é gerenciado em um único ambiente;
- b) O mesmo tubo pode ser representado na planta e em diversos detalhes, sendo todos os desenhos alterados quando um tubo for modificado;
- c) O lançamento dos elementos define conectividades e fluxos que são utilizadas pelo programa, permitindo ao programa saber, em qualquer ponto, a vazão, a pressão e a velocidade;
- d) Um extenso cadastro associa itens de orçamento, simbologias e dados de cálculo em objetos chamados peças, que podem ser atribuídos ao projeto mantendo todas estas propriedades;
- e) Este cadastro inteligente permite associar a peça correta a uma conexão baseada na sua geometria;
- f) Os tubos podem ser dimensionados a qualquer instante e as modificações são refletidas imediatamente em todos os desenhos; associando-se peças às conexões, o programa permite obter listagens dos materiais por desenho, pavimento ou projeto, sempre atualizadas; O programa pode pesquisar o projeto inteiro verificando problemas de fluxo, de peças indefinidas, etc.;

g) Pode-se verificar a pressão hidráulica em qualquer ponto, com o programa pesquisando automaticamente a tomada d'água e calculando as perdas de carga em todo o percurso, mesmo através de diversos pavimentos.

É importante salientar que o sistema conta com um ambiente de CAD integrado, o *QiCAD Viewer*, que permite abrir arquivos em formato CAD, DWG e DXF, visualizá-los, imprimi-los e gravá-los em outro formato. Portanto, para iniciar o dimensionamento é necessário que as plantas estejam digitalizadas e configuradas em uma dessas extensões. Para facilitar a etapa de inserção dos desenhos no *Hydros*, convém que os pavimentos estejam em arquivos separados, contendo apenas elementos relevantes para o projeto hidráulico, como posicionamento de aparelhos, pontos de utilização, localização dos reservatórios e tomada d'água, por exemplo.

Quanto à responsabilidade técnica, o programa está configurado de acordo com as normas vigentes e, no caso deste trabalho, para o dimensionamento da rede hidráulica, seguiram-se os preceitos da NBR 5626/98. Embora o aplicativo esteja atento à legislação, tanto os seus autores, quanto a empresa que o comercializa e os seus distribuidores esclarecem que a responsabilidade e o risco quanto aos resultados e desempenho do programa são assumidos pelo usuário e advertem que as informações devem ser testadas antes da sua efetiva utilização.

Assim, o referencial teórico deste trabalho é extraído da NBR 5626/98, que disciplina as regras das instalações, e de pesquisas em obras de autores especialistas em Instalações Prediais de água fria, que oferecem conceitos de vários componentes essenciais para as referidas instalações.

2.2.10 Métodos de dimensionamento de perda de carga

As perdas de carga são perdas de energia hidráulica devidas à viscosidade do fluido e ao seu atrito com as paredes internas das tubulações. Dentre as suas principais consequências pode-se citar: queda de pressão global; e gasto de energia suplementar com bombeamento, no recalque. Para dimensionamento da perda de carga existem inúmeros métodos de cálculos, todavia, no presente trabalho, iremos utilizar o software da Alto QI Hydros V4 que fornece dados obtidos por meio dos métodos Hazen-Williams, Fair-Whipple e Universal.

2.2.10.1 Hazen-Williams

Um dos métodos frequentemente utilizados para estimar as perdas de cargas distribuídas é através da Equação de Hazen-Williams. Uma das principais vantagens deste método é a sua simplicidade, quando comparado a outros métodos presentes na literatura. Por outro lado, ele não considera os efeitos da variação da temperatura e viscosidade do fluido.

$$\frac{\Delta P}{L} = \frac{Q^{1,35}}{C^{1,85} R^{1,17} A^{1,85}}$$

Sendo:

$(\Delta P/L) \rightarrow$ a perda de carga por comprimento do tubo

$Q \rightarrow$ a vazão do escoamento no tubo

$C \rightarrow$ coeficiente de rugosidade

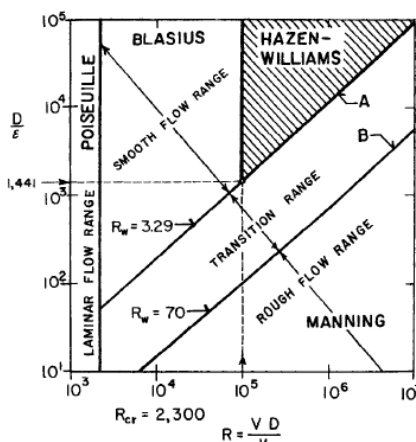
$R \rightarrow$ raio hidráulico

$A \rightarrow$ área interna do tubo

Em geral, os Coeficientes de rugosidade (C) são encontrados empiricamente e apresentados à partir de tabelas, como pode ser observado abaixo.

No entanto, esta fórmula é restrita apenas para algumas condições, como observado por Christensen (2000).

Figura 3 — Equação de Hazen-Williams



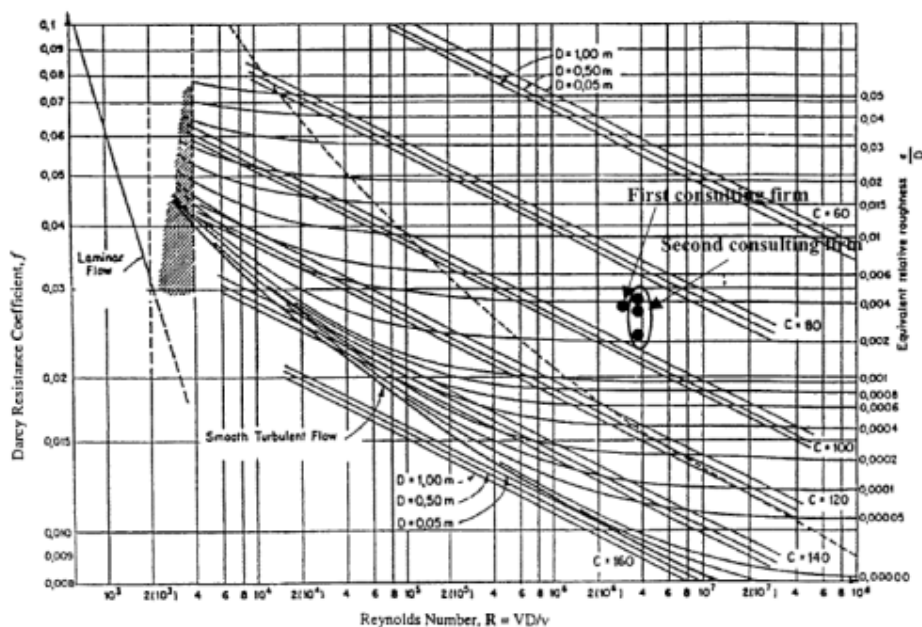
Fonte: Christensen (2000).

Pela Figura 3 pode-se observar que a equação de Hazen-Williams é válida apenas para escoamentos com alto Número de Reynolds (Re) e tubos

consideravelmente rugosos. Desta forma, pode-se dizer que a equação de Hazen-Williams é mais adequada para tubos com grandes diâmetros.

Porém, Bombardelli e García (2003) avaliaram o uso da equação de Hazen-Williams para casos de tubulações com grandes diâmetros. Estas análises foram motivadas com referência à um grande sistema de suprimento de água para uma grande área metropolitana, originalmente projetado com o uso da equação de Hazen-Williams. Depois de 5 anos em serviço, foi descoberto que o sistema era inadequado em prover a quantidade de água planejada. As análises consistiram de: (1) revisar a literatura se preocupando com a faixa de validade e precisão da equação da Hazen-Williams; (2) rever a base de dados empregada por Hazen e Williams para desenvolver a equação e (3) usando a altura manométrica e velocidade medidas por duas empresas de consultoria em engenharia independentes estimar o coeficiente de fricção para o sistema de tubos em questão, Figura 4.

Figura 4 — Ábaco de Reynolds Number



Predições obtidas com a equação de Hazen-Williams plotada no Diagrama de Moody, adaptado de Diskin (1960). Pontos de operação do tubo pertencentes ao caso de estudo (medidas pelas duas empresas de consultoria) (Bombardelli e García, 2003).

Ao rever os dados usados por Hazen e Williams, Bombardelli e García verificaram que a maioria dos tubos usados na obtenção da equação apresentavam

diâmetros abaixo de 1,78 metros (70 pol.) e análises realizadas por Diskin (1960) demonstram que a equação de Hazen-Williams é adequada apenas para $C > 100$, como se pode ver pela figura acima. Isso pode ter representado um grande problema para o projeto do caso de estudo, uma vez que o diâmetro do tubo era de 2,29 metros e $85 < C < 95$.

O caso apresentado acima, relacionado à um sistema com tubos de grandes diâmetros, foi um exemplo de um mal uso da equação de Hazen-Williams fora da região que ela realmente é válida. O escoamento em operação se situava em um regime totalmente turbulento. Quando a demanda aumentou, a operação contínua gerou um aumento da rugosidade equivalente, portanto os pontos de operação ficaram longe do regime de transição. Portanto, qualquer uso futuro da equação de Hazen-Williams para a verificação da perda de carga no sistema não tem significado. Com base nisso, Bombardelli e García recomendam fortemente o uso da equação de Darcy-Weisbach, que inclui todos os regimes de escoamento.

2.2.11 Fair Whipple

As fórmulas de Fair-Whipple-Hsiao foram estabelecidas para diferentes materiais (aço galvanizado, ferro fundido, cobre, plástico ou latão) conduzindo água quente ou água fria. Estas fórmulas, que são recomendadas pela Norma Brasileira voltada para projeto de instalações hidráulicas prediais, assumem as seguintes formas:

$$J = 0,002021 \times \frac{Q^{1,88}}{D^{4,88}}, \text{ tubos de aço galvanizado e ferro fundido conduzindo água fria.}$$

$$J = 0,000859 \times \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}, \text{ tubos de cobre ou plástico conduzindo água fria}$$

$$J = 0,000692 \times \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}}, \text{ tubos de cobre ou latão conduzindo água quente}$$

Além da dissipação contínua da energia que se verifica no movimento da água em qualquer conduto, existem as perdas locais (localizadas, acidentais ou singulares). Estas perdas ocorrem em função do aumento da turbulência do fluido em escoamento. Este aumento de turbulência, por sua vez, é consequência principalmente da variação da forma, da direção ou da seção do conduto.

Na prática, além de os condutos não serem retilíneos, são usualmente peças especiais e conexões (registros, válvulas, medidores, curvas, etc.) que, em virtude de sua forma e disposição, provocam perdas locais.

As perdas de carga localizadas somam-se às perdas contínuas. No entanto, podem ser desprezadas quando a velocidade da água for pequena ($v < 1,0$ m/s), quando o comprimento do conduto for maior que 4000 vezes o seu diâmetro ou quando existirem poucas peças no circuito hidráulico em estudo. Considerar ou não as perdas de carga localizadas nem sempre é uma tarefa fácil; o engenheiro tomará esta decisão tendo em vista os valores das perdas localizadas frente às perdas contínuas e da sua vivência profissional.

A expressão geral aplicável à determinação das perdas de carga localizadas, obtida a partir do teorema de Borda-Carnot, apresenta a seguinte forma:

$$\Delta h = K \frac{V^2}{2g}$$

A expressão anterior permite calcular as perdas de carga localizadas, sendo K um coeficiente obtido experimentalmente para cada peça especial ou conexão. A Tabela 6 apresenta os valores de K para as peças mais comumente empregadas em instalações de bombeamento e em instalações prediais de água fria.

Tabela 7 — Valores da constante K para as peças comumente empregadas em instalações de bombeamento e em instalações prediais de água fria.

Peça especial ou conexão	K	Peça especial ou conexão	K
Ampliação gradual	0,30 ¹	Medidor venturi	2,50 ²
Bocais	2,75	Redução gradual	0,15
Comporta aberta	1,00	Registro de ângulo, aberto	5,00
Cotovelo de 90°	0,90	Registro de gaveta, aberto	0,20
Cotovelo de 45°	0,40	Registro de globo, aberto	10,00
Crivo	0,75	Saída de canalização	1,00
Curva de 90°	0,40	Tê, passagem direta	0,60
Curva de 45°	0,20	Tê, saída de lado	1,30
Entrada normal	0,50	Tê, saída bilateral	1,80
Entrada de borda	1,00	Válvula de pé	1,75
Velocidade	1,00	Válvula de retenção	2,75
Junção	0,40		

Notas: ¹ definido com base na velocidade maior; ² definido com base na velocidade na canalização

Fonte: NBR 5626 (1998).

Este método consiste na adição ao comprimento real da tubulação, somente para efeito de cálculo, comprimentos de tubos, com mesmo diâmetro do conduto em estudo, capazes de provocar as mesmas perdas de carga produzidas pelas peças que substituem. A tubulação adquire, portanto, certo

comprimento virtual e a perda de carga total é calculada por uma das fórmulas indicadas para a determinação das perdas de carga contínuas.

Deste modo, qualquer peça pode ser substituída por um comprimento equivalente que, a partir da aplicação da fórmula universal, produz a seguinte perda de carga localizada:

$$\Delta h_L = \frac{f}{D} \times \frac{V^2}{2g} L_{\text{equivalente}}$$

$$L_{\text{equivalente}} = \frac{K \times D}{f}$$

$$\Delta H_T = \Delta H_L + \Delta H_D$$

onde: ΔH_T = perda de carga total

ΔH_L = perda de carga localizada

ΔH_D = perda de carga distribuída

$$\Delta H_T = L_e \times J + L_r \times J$$

$$\Delta H_T = J (L_e + L_r)$$

sendo: L_e = comprimento equivalente (tabelado)

L_r = comprimento real

Desta forma, a última expressão permite organizar tabelas nas quais são registrados os comprimentos fictícios a serem adicionados à tubulação e que provocam a mesma perda de carga ocasionada pelas peças de igual diâmetro que substituem. As Tabelas 7 e 8 permitem a obtenção de comprimentos equivalentes para diferentes peças especiais e conexões de diferentes materiais. As Figuras 5 e 6, por sua vez, apresentam nomogramas que facilitam a apropriação das perdas de carga unitárias para tubulações de diferentes materiais.

Tabela 7 — Comprimentos equivalentes, em metros, para conexões ou peças especiais de PVC rígido ou cobre.

















Diâmetro Nominal		Joelho 90°	Joelho 45°	Curva 90°	Curva 45°	Te 90° pas. direta	Te 90° saída lateral	Te 90° saída bilat.	Entrada normal	Entrada Borda	Saída canalização	Val. pé e crivo	Válv. reten. leve	Válv. reten. pesada	Reg. globo aberto	Reg. gaveta aberto	Reg. Ângulo aberto
mm	pol.																
15	½"	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3	2,3	0,3	0,9	0,8	8,1	2,5	3,5	11,1	0,1	5,9
20	¾"	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 ¼"	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 ½"	3,2	1,0	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	1,3	1,3	0,7	2,3	7,6	7,6	1,1	2,8	3,3	23,7	7,1	10,8	37,9	0,8	18,5
60	2 ½"	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	4,7	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	27,4	17,5	19,2	50,9	1,1	25,2
150	6"	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1	11,1	2,8	5,8	5,5	43,4	13,9	21,4	53,7	1,2	28,9

Tabela 8 —Comprimentos equivalentes, em metros, para conexões ou peças especiais de aço galvanizado ou ferro fundido.

















Diâmetro Nominal		Joelho 90°	Joelho 45°	Curva 90°	Curva 45°	Te 90° pas. direta	Te 90° saída lateral	Te 90° saída bilat.	Entrada normal	Entrada Borda	Saída canalização	Val. pé e crivo	Válv. reten. leve	Válv. reten. pesada	Reg. globo aberto	Reg. gaveta aberto	Reg. Ângulo aberto
mm	pol.																
13	½"	0,5	0,2	0,3	0,2	0,1	0,7	0,8	0,2	0,4	0,4	3,6	1,1	1,6	4,9	0,1	2,6
19	¾"	0,7	0,3	0,5	0,3	0,1	1,0	1,3	0,2	0,5	0,5	5,6	1,6	2,4	6,7	0,1	3,6
25	1"	0,9	0,4	0,7	0,4	0,2	1,4	1,7	0,3	0,7	0,7	7,3	2,1	3,2	8,2	0,2	4,6
32	1 ¼"	1,2	0,5	0,8	0,5	0,2	1,7	2,1	0,4	0,9	0,9	10,0	2,7	4,0	11,3	0,2	5,6
38	1 ½"	1,4	0,7	1,0	0,6	0,3	2,1	2,5	0,5	1,0	1,0	11,6	3,2	4,8	13,4	0,3	6,7
50	2"	1,9	0,9	1,4	0,8	0,3	2,7	3,3	0,7	1,5	1,5	14,4	4,2	6,4	17,4	0,4	8,5
63	2 ½"	2,4	1,1	1,7	1,0	0,4	3,4	4,2	0,9	1,9	1,9	17,0	5,2	8,1	21,0	0,4	10,0
75	3"	2,8	1,3	2,0	1,2	0,5	4,1	5,0	1,1	2,2	2,2	20,0	6,3	9,7	26,0	0,5	13,0
100	4"	3,8	1,7	2,7		0,7	5,5	6,7	1,6	3,2	3,2	23,0	8,4	12,9	34,0	0,7	17,0
125	5"	4,7	2,2			0,8	6,9	8,3	2,0	4,0	4,0	30,0	10,4	16,1	43,0	0,9	21,0
150	6"	5,6	2,6	4,0		1,0	8,2	10,0	2,5	5,0	5,0	39,0	12,5	19,3	51,0	1,1	26,0

Figura 5 - Nomograma para o cálculo de perda de cálculo em tubulações de cobre e plástico, segundo a fórmula de Fair-Whipple-Hsiao.

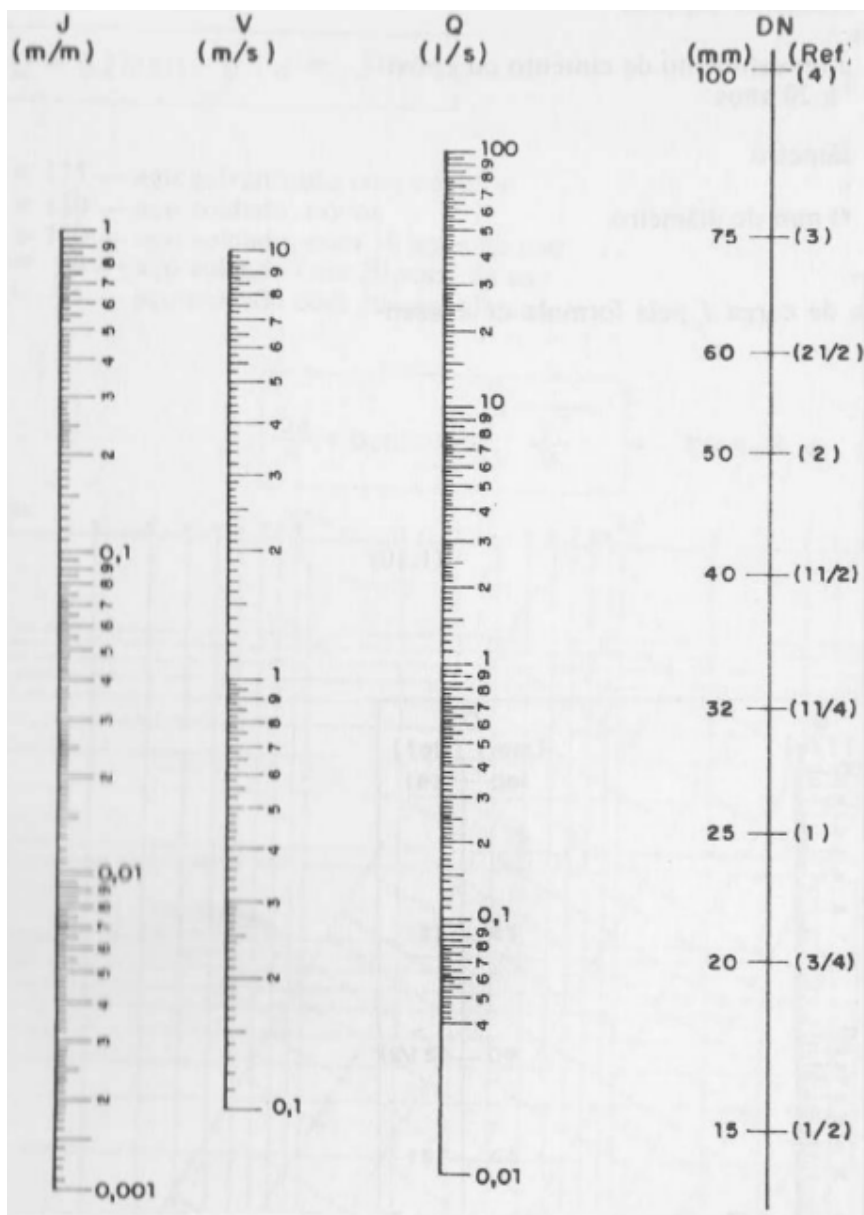
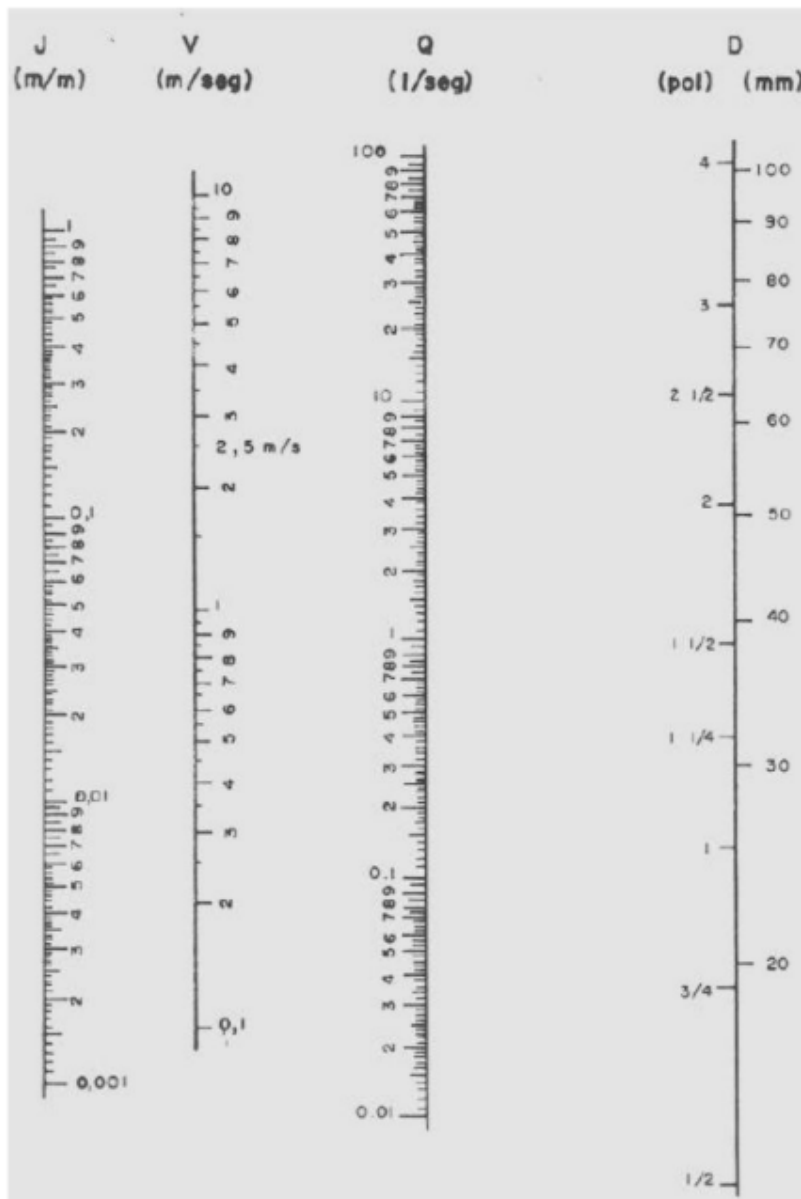


Figura 6 - Nomograma para o cálculo de perda de cálculo em tubulações de aço galvanizado e ferro fundido, segundo a fórmula de Fair-Whipple-Hsiao.



Problemas práticos dos condutos forçados, do ponto de vista prático, o cálculo das tubulações forçadas consiste em determinar os quatro elementos: vazão, diâmetro, velocidade média do escoamento e perda de carga unitária. Ligando estas variáveis, estão disponíveis a equação da Continuidade:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \times V$$

E as expressões aplicáveis ao cálculo da perda de carga (que podem ser representadas pelo formato geral:

$$J = \beta \frac{Q^n}{D^m}$$

Desta forma, duas das quatro variáveis relacionadas devem ser conhecidos (ou arbitrados) para que as outras duas sejam calculadas. Assim, podemos formular seis diferentes problemas práticos, conforme relação apresentada pelo Quadro 2.

Quadro 2 - Problemas práticos encontrados em condutos forçados

Problema	Variáveis conhecidas	Variáveis procuradas
1	D, J	Q, v
2	D, Q	J, v
3	D, v	J, Q
4	Q, v	D, J
5	Q, J	D, v
6	v, J	D, Q

Nos quatros primeiros problemas o diâmetro é dado e, por isto, a solução é facilmente obtida, principalmente com o uso de ábacos e tabelas.

O quinto problema é característico dos sistemas de abastecimento de água, uma vez que a perda de carga unitária é um dado topográfico e a vazão é obtida pela previsão de crescimento da população, tendo em vista o alcance do projeto e consumo per capita. Assim, com a fórmula adequada a cada caso, ou por meio de ábacos, podem ser determinados o diâmetro e a velocidade média de escoamento.

O sexto problema tem solução imediata a partir do uso de ábacos. Caso contrário, é resolvido por meio de tentativas, da seguinte maneira:

- Escolhe-se um diâmetro compatível com a velocidade dada e calcula-se a vazão;
- Com este valor de vazão e com o diâmetro arbitrado, por meio da fórmula escolhida, calcula-se a perda de carga unitária;
- Se o valor encontrado coincidir com o dado o problema está resolvido;
- Geralmente a coincidência não se verifica na primeira tentativa, mas o resultado obtido orienta a escolha do novo diâmetro para a nova tentativa;
- O processo continua até que a perda de carga unitária se ajuste à que foi dada.

Em todos os problemas relacionados anteriormente, admite-se que a natureza do material dos tubos empregados na montagem da instalação seja previamente conhecida.

2.2.12 Método de Darcy-Weisbachou Fórmula Universal

A utilização da Fórmula Universal para a determinação das perdas de carga em condutos forçados é recomendada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT em diversas normas aplicáveis a projetos de saneamento básico e instalações hidráulicas prediais. Assim sendo, entre outros exemplos, a NBR 5626:1998 (ABNT, 1998), que trata do projeto das instalações hidráulicas prediais de água fria, expressa que “para calcular o valor da perda de carga nos tubos, recomenda-se utilizar a equação universal, obtendo-se os valores das rugosidades junto aos fabricantes dos tubos.

Da mesma forma, a NBR 12.215:1991 (ABNT, 1991), que trata do projeto de adutora de água para abastecimento público, expressa que “o cálculo da perda de carga distribuída deve ser feito de preferência pela Fórmula Universal”. Essa fórmula é, na realidade, a fórmula de Darcy- Weisbach (VIANNA, 2009):

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{U^2}{2g}$$

Na qual o coeficiente f , denominado “fator de atrito”, é determinado por um conjunto de expressões que dependem se o regime de escoamento é laminar ou turbulento. As demais grandezas ali representadas são: h_f = perda de carga; L = extensão do tubo; D diâmetro interno do tubo; U = velocidade média com que o fluido é transportado no interior do tubo ($U = Q / A$, onde A é a área da seção reta do tubo); g = aceleração da gravidade.

Em 1977, Stuart W Churchill apresentou a expressão, reproduzida a seguir, que permite determinar o valor de f para todos os regimes de escoamento:

$$f = 8 \left[\left(\frac{8}{\text{Re}} \right)^{12} + \frac{1}{(A+B)^{\frac{1}{5}}} \right]^{\frac{1}{12}}$$

onde:

$$A = \left[2,457 \ln \frac{1}{\left(\frac{7}{\text{Re}} \right)^{0,9} + \frac{0,27k}{D}} \right]^{16}$$

$$B = \left(\frac{37530}{\text{Re}} \right)^{16}$$

Nas expressões acima, tem-se:

Re = número de Reynolds = UD/ν ;

k = rugosidade média das paredes internas da canalização.

ν = viscosidade cinemática do fluido.

D = diâmetro

Não obstante as recomendações da ABNT, muitos profissionais de engenharia ainda preferem utilizar fórmulas empíricas, notadamente Hazen-Williams, Fair-Whipple-Hsiao e Flamant, em seus cálculos hidráulicos. Embora essas fórmulas sejam reconhecidamente mais fáceis de utilizar em calculadoras eletrônicas, elas embutem certa possibilidade de erros grosseiros, que ocorrerão na medida em que forem empregadas fora de seus campos de aplicação (tais como: velocidades muito pequenas ou muito elevadas; diâmetros muito pequenos ou muito grandes; viscosidades da água muito diferentes das usuais, devido a temperaturas muito baixas ou muito elevadas; entre outros fatores).

3 METODOLOGIA

3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

A presente pesquisa é classificada como Pesquisa Aplicada, tendo como escopo a conclusão sobre a análise de métodos de dimensionamento nas Instalações Prediais de Água Fria (IPAF), de modo que todos os achados possam gerar significativa melhora na execução de uma obra em curto prazo.

No que concerne a abordagem, tem-se a abordagem mista, onde foram utilizados fatos qualitativos, haja vista que a definição do tema partiu da necessidade de saber qual método de dimensionamento, entre os três disponíveis no software (Hazen-Williams, Fair Whipple e Universal), oferece ou oferecem maior confiança, e muitos dados quantitativos, posto que os c são essenciais para aferir essa confiança.

Ressalta-se que a pesquisa realizada também é descritiva, pois o assunto já é conhecido e a contribuição é para proporcionar facilidades na economia e qualidade da obra, com a utilização do melhor método de cálculo oferecido pelo software.

3.2 ESTRUTURAÇÃO DA PESQUISA

E para a construção deste trabalho foi necessária, primeiramente, ampla pesquisa bibliográfica, seja para compreensão de todos os compostos que englobam as instalações prediais de água fria ou para melhor análise de projetos arquitetônicos, bem como aqueles de execução, especialmente o hidráulico, tudo com o objetivo de levantar os critérios e técnicas de dimensionamento apontados na legislação e na literatura.

Além disso, foi necessário estudo específico da disciplina de Projeto de Sistemas Hidráulicos para conhecer e explorar o software AltoQi Hydros.

Após estudos, houve a escolha do tipo de construção que serviria para respaldar a análise dos métodos de cálculos de dimensionamento e a opção mais adequada foi a residência unifamiliar, posto que se trata de um modelo de obra mais popular e com maior demanda na construção civil.

Com a confecção do projeto arquitetônico de uma residência unifamiliar e a organização da sua estrutura hidráulica foi possível adquirir os dados para aplicação do dimensionamento das instalações de água fria no Programa.

E por fim, utilizou-se o software AltoQi Hydros para cálculos de dimensionamento, que demandou conceitos de uso do programa, informações sobre os métodos aplicados, além de minucioso conhecimento de suas ferramentas para manejo dos dados.

3.3 MÉTODO DE ANÁLISE E AVALIAÇÃO

Para a presente pesquisa, aplicou-se o exame de conteúdo, que é utilizado principalmente para análise qualitativa dos dados extraídos do software.

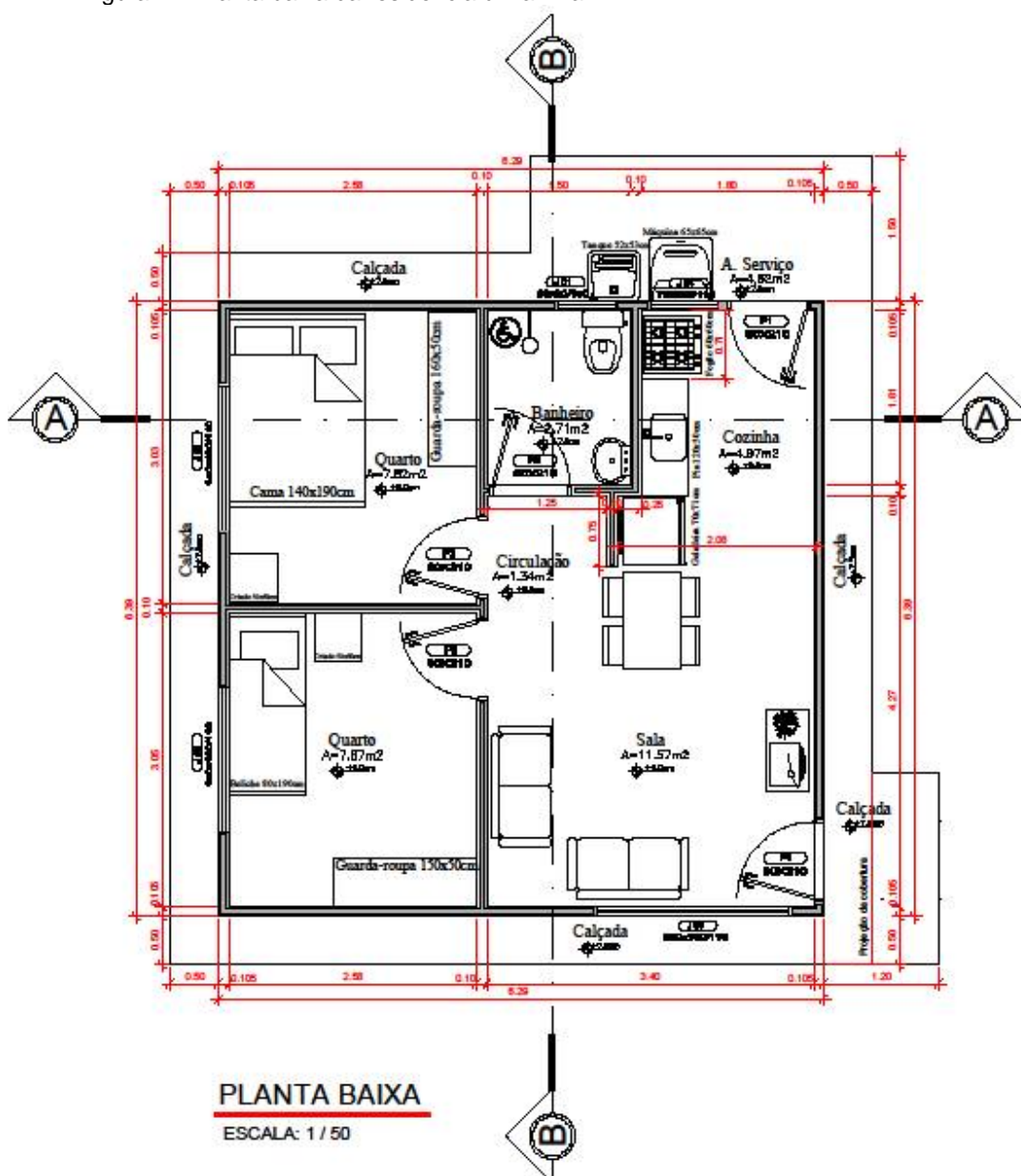
Assim, primeiramente foram retiradas as informações do projeto arquitetônico de uma residência unifamiliar, no âmbito das instalações hidráulicas de água fria, e inseridas no software *AltoQi* Hydros para cálculos de dimensionamento, segundo os métodos de Hazen-Williams, Fair Whipple e Universal.

E então, com base nos cálculos obtidos, o presente estudo fundamentou-se em conferir os resultados oferecidos pelo software e realizar o confronto entre esses para ao final saber qual método melhor se apresenta para a execução da obra.

4 RESULTADOS

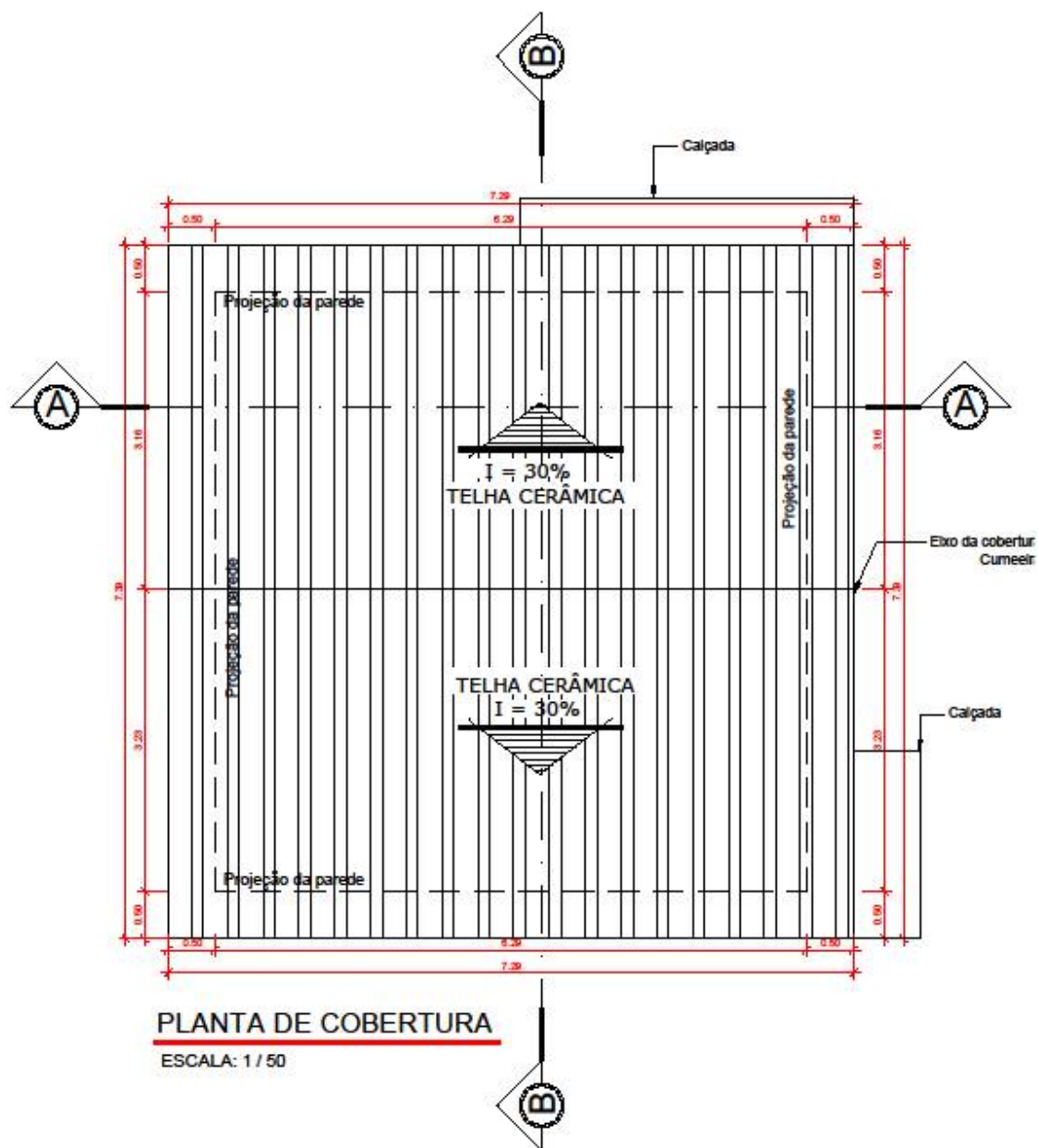
Para a realização deste trabalho foi utilizado um modelo residencial típico unifamiliar elaborado na cidade de Palmas - TO, em função da avaliação dos métodos de dimensionamento de sistemas hidráulicos utilizando software comercial e verificando suas determinadas variações relacionada principalmente a pressão de saída da tubulação do ponto receptor, as Figuras 7, 8, 9 e 10 lustram o projeto residencial unifamiliar a qual foi utilizado como objeto de estudo e elaboração do trabalho.

Figura 7 – Planta baixa da residência unifamiliar



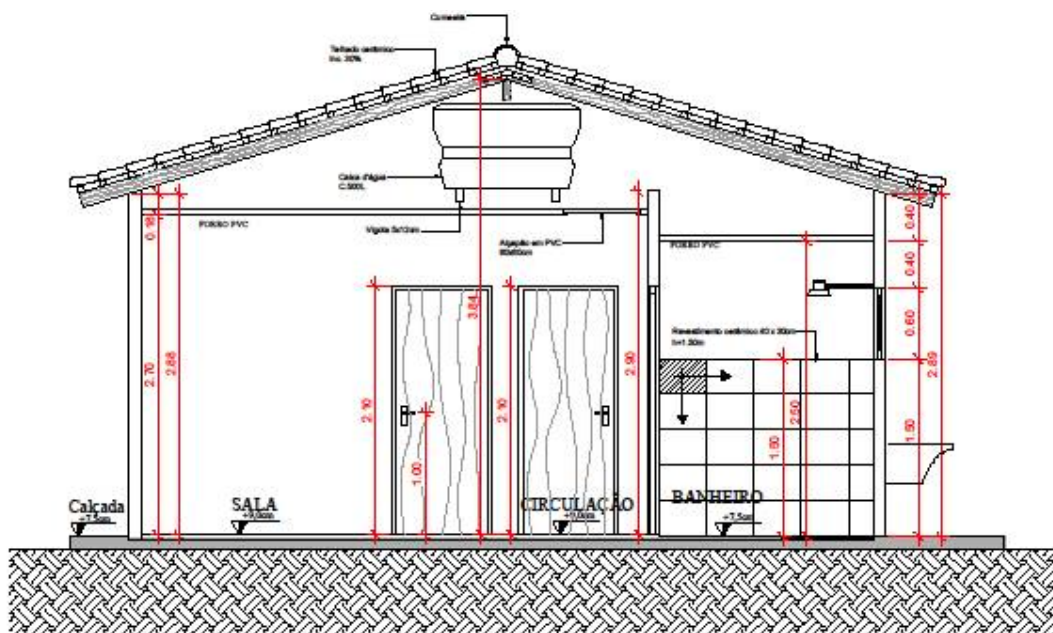
Fonte: Autor (2019).

Figura 8 – Planta cobertura.

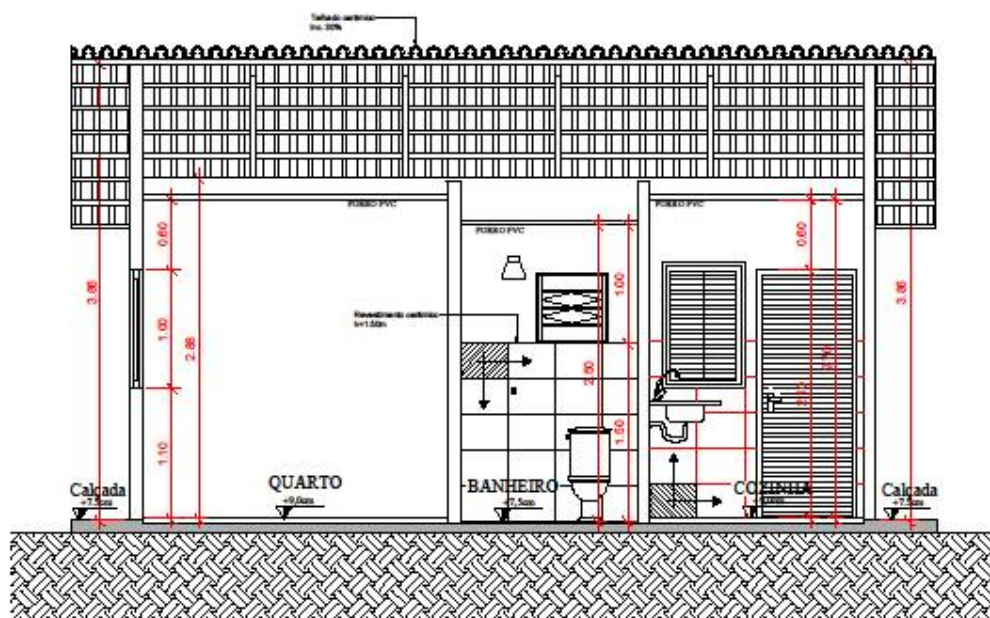


Fonte: Autor (2019).

Figura 9 – Cortes.

**CORTE BB**

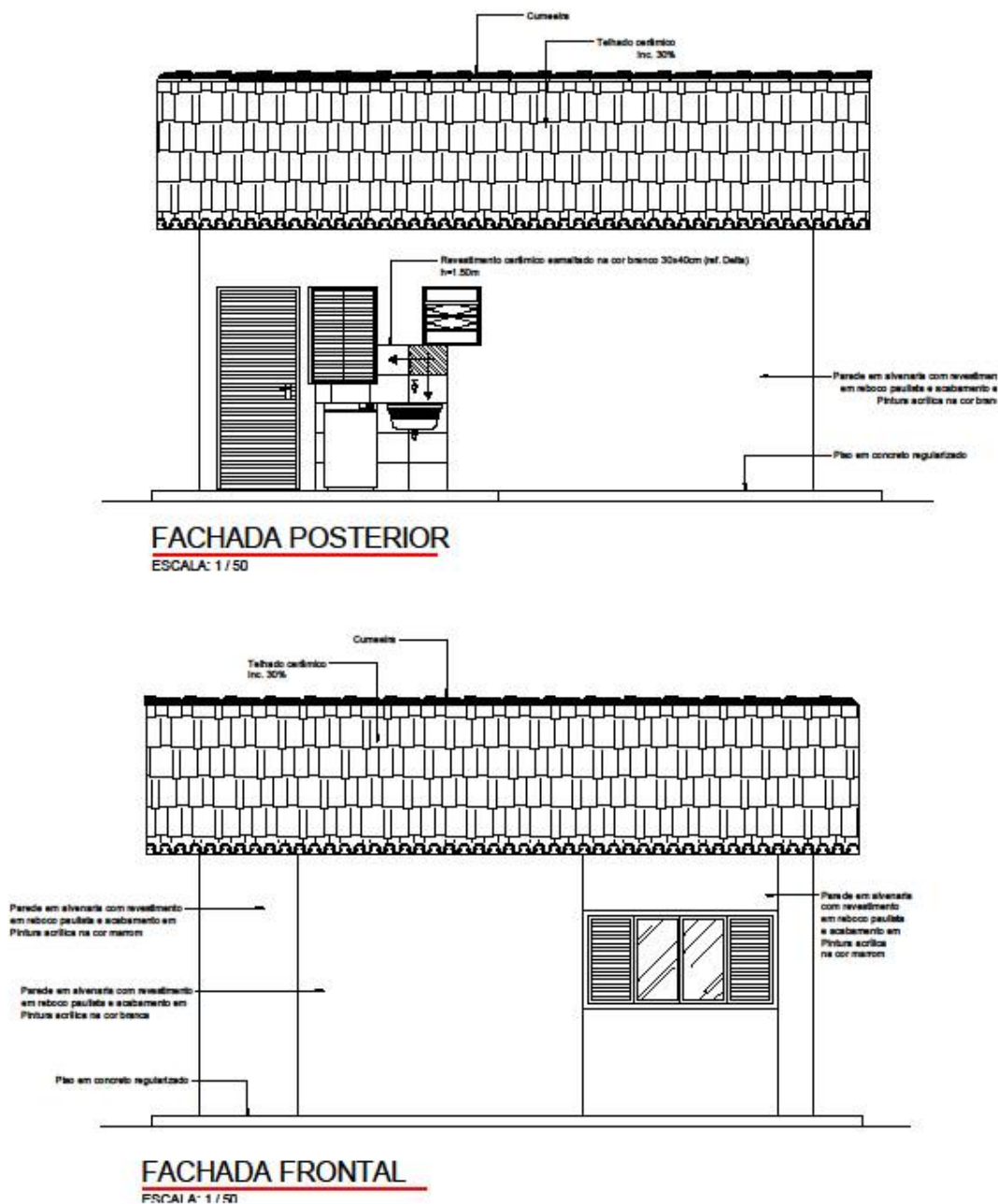
ESCALA: 1 / 50

**CORTE AA**

ESCALA: 1 / 50

Fonte: Autor (2019).

Figura 10 - Fachadas



Fonte: Autor (2019).

4.1 CONCEPÇÃO DO PROJETO AO HIDRÁULICO

Para se dá ao início do experimento utilizando o *Hydros v4*, foi averiguado o projeto arquitetônico que determina os ambientes onde estará a distribuição dos pontos, bem como o uso comum e privativo, nesta etapa foi também identificado a

localização do reservatório, a ligação de água da rede pública (concessionária) até a residência e dos pontos de utilização, por apresentar uma edificação simples apenas térrea, o projeto arquitetônico não se utilizou de shafts e a determinação da tubulação foi de distribuição de modelo padrão ao executado, o projeto segundo a NBR 5626/1998. O projeto conta o subsistema de alimentação e distribuição de água, não foi apresentado reservação de água no projeto por apresentar uma edificação pequeno porte.

4.2 DADOS GERAIS

- Tipo de Ocupação: residencial unifamiliar térrea
- Capacidade de pessoas: 4 pessoas
- Tipo de sistema de alimentação: Rede pública de água
- Reservação: única, Caixa d'água
- Consumo diário: 0,45m³/dia
- Tempo de reservação: 24 horas
- Volume do reservatório Superior: 500L

Os diâmetros utilizados foram fixados no mínimo para sistema de água fria 20mm e para o barrilete de 25mm de acordo com o Quadro 3 que representa a relação de diâmetros mínimos para dimensionamento.

Quadro 3: Relação de diâmetros mínimos para dimensionamento do subsistema de Distribuição.

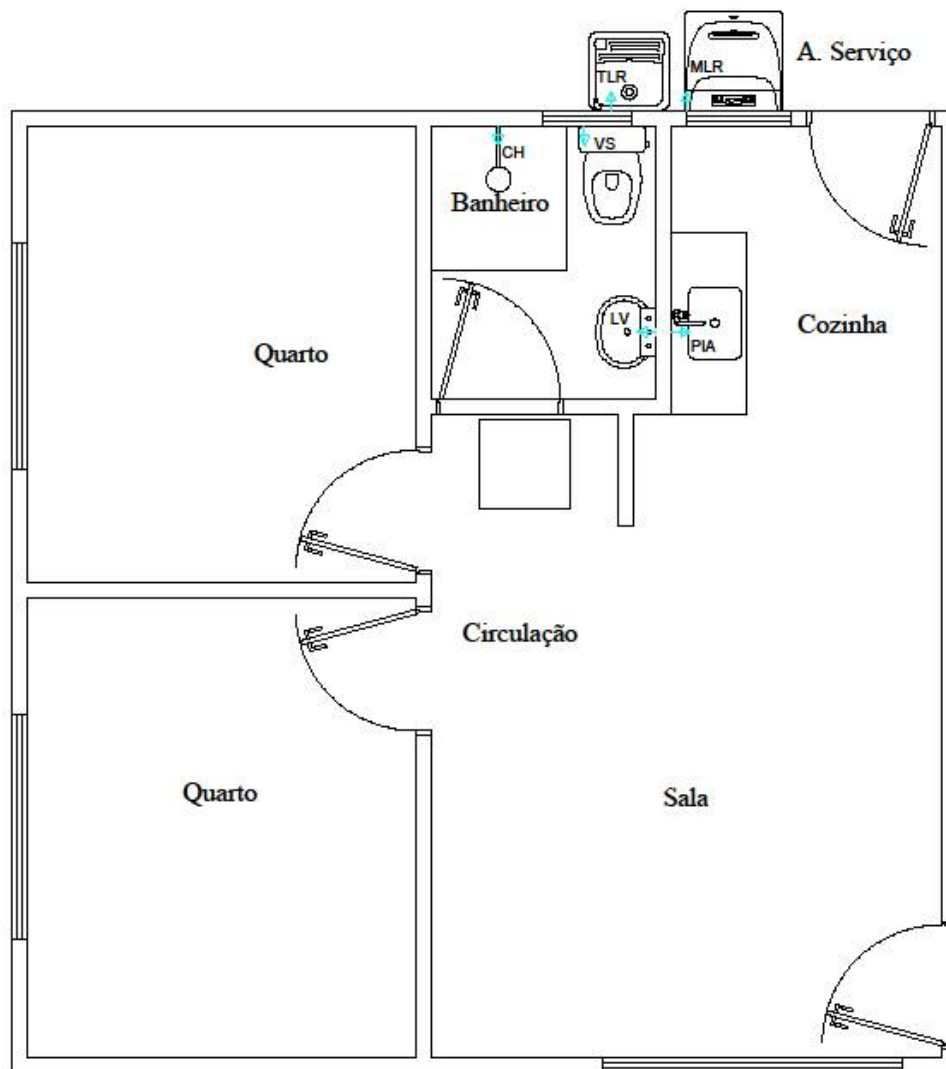
Aparelho sanitário	Peça de utilização	Diâmetro mínimo (mm)
Pia Cozinha	Torneira	20
Lavadora de Louças	Registro de pressão	25
Tanque	Torneira	25
Lavadora de roupas	Registro de pressão	25
Lavatório	Torneira	20
Bacia Sanitária	Caixa de descarga	20
Chuveiro elétrico	Registro de pressão	20

Fonte: NBR 5626 (1998).

2.3 PONTOS DE ÁGUA FRIA

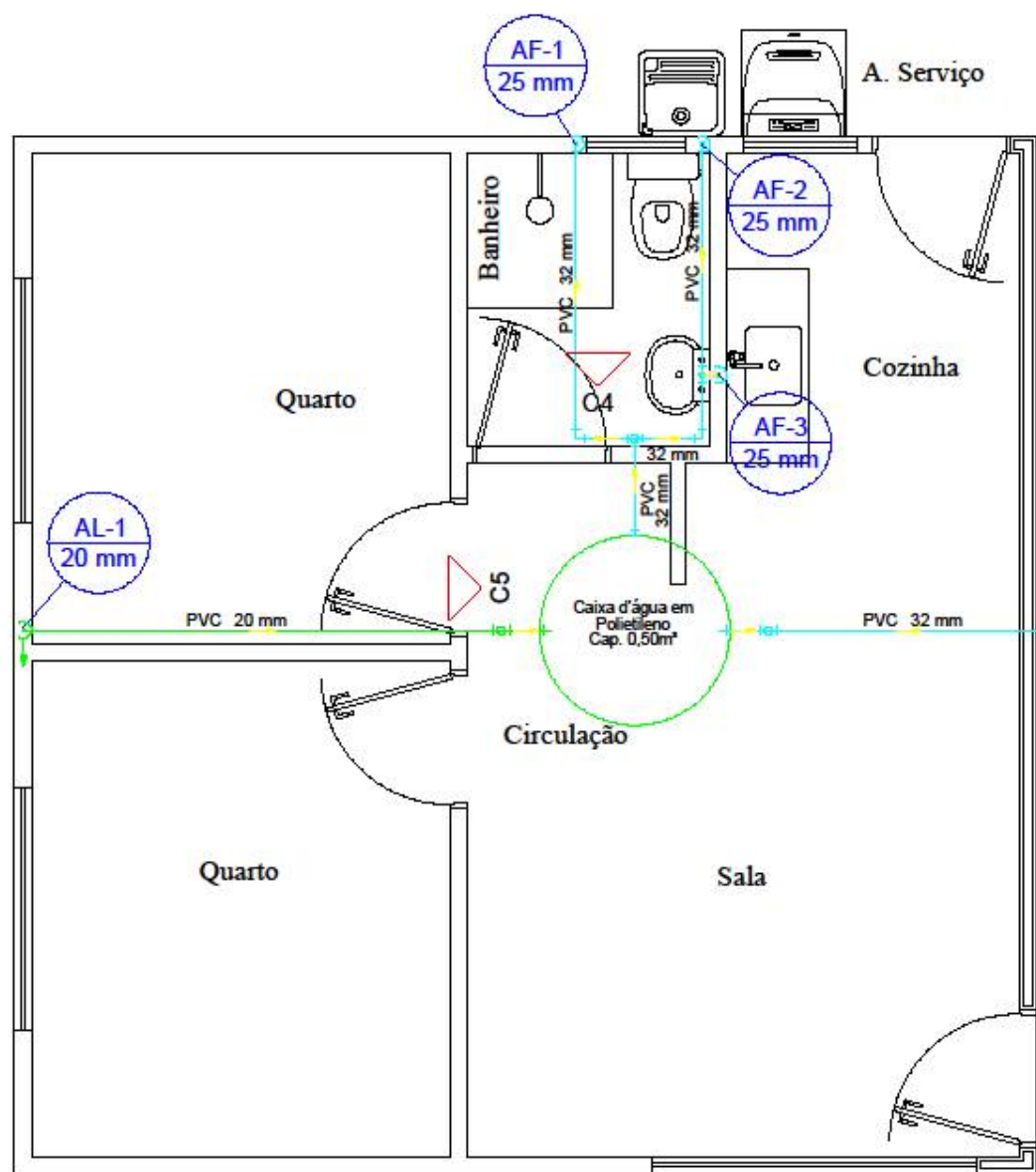
De acordo com o projeto arquitetônico foi redigido os seguintes pontos de água fria, situando-se os pontos de utilização: Banheiro, Cozinha e área de serviço. A determinação do traçado, foi elaborado através do estudo de concepção da edificação a receber um traçado ideal que atende aos aspectos fundamentais de economia em tubulação e conexão e a disponibilização das pressões de saída com base nos critérios mínimos de norma, se tratando de uma edificação térrea não temos caso de pressões máximas. As Figuras 11 a 18 demonstram o traçado determinado de acordo com os pontos de uso e suas respectivas vistas isométricas.

Figura 11 - Planta baixa pontos.



Fonte: Autor (2019).

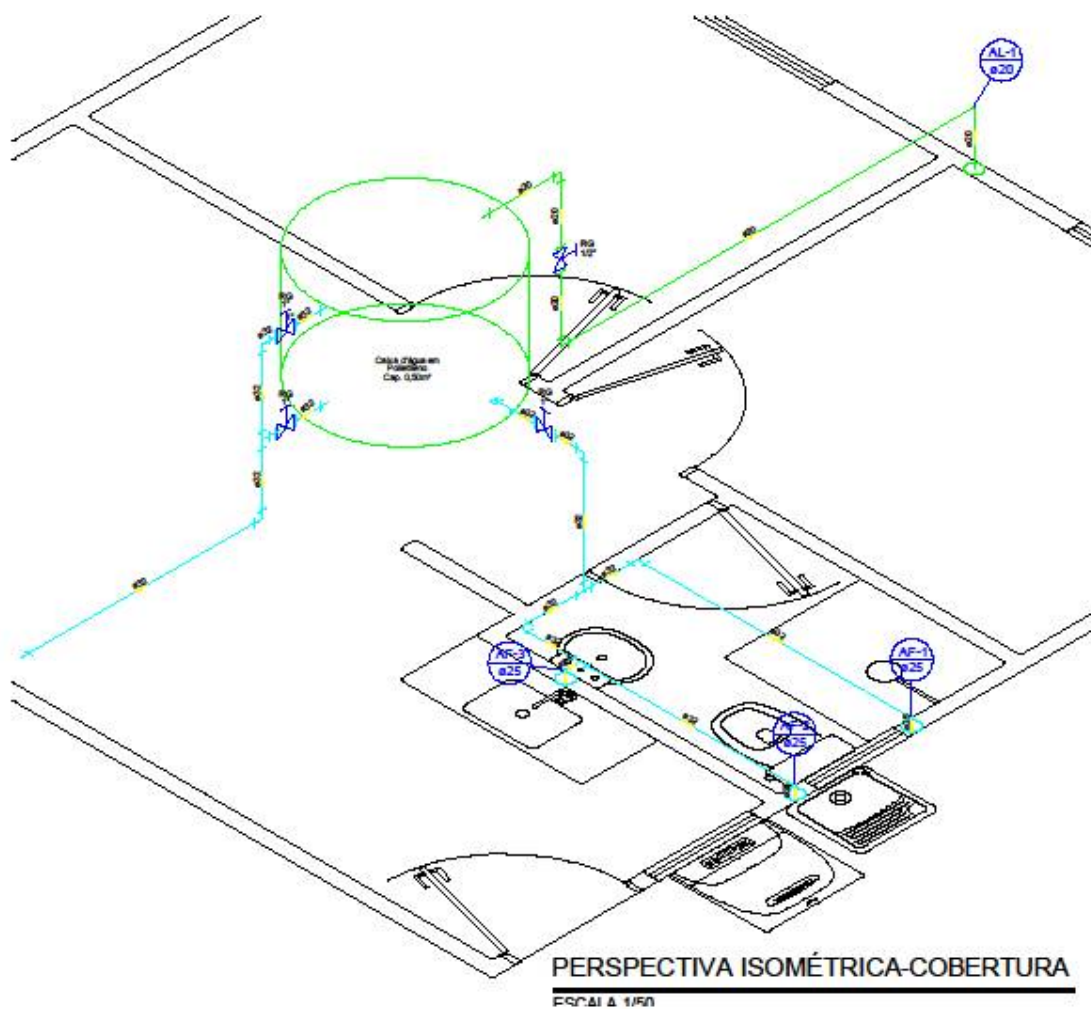
Figura 12 - Planta baixa barrilete.



PLANTA BAIXA- BARRILETE

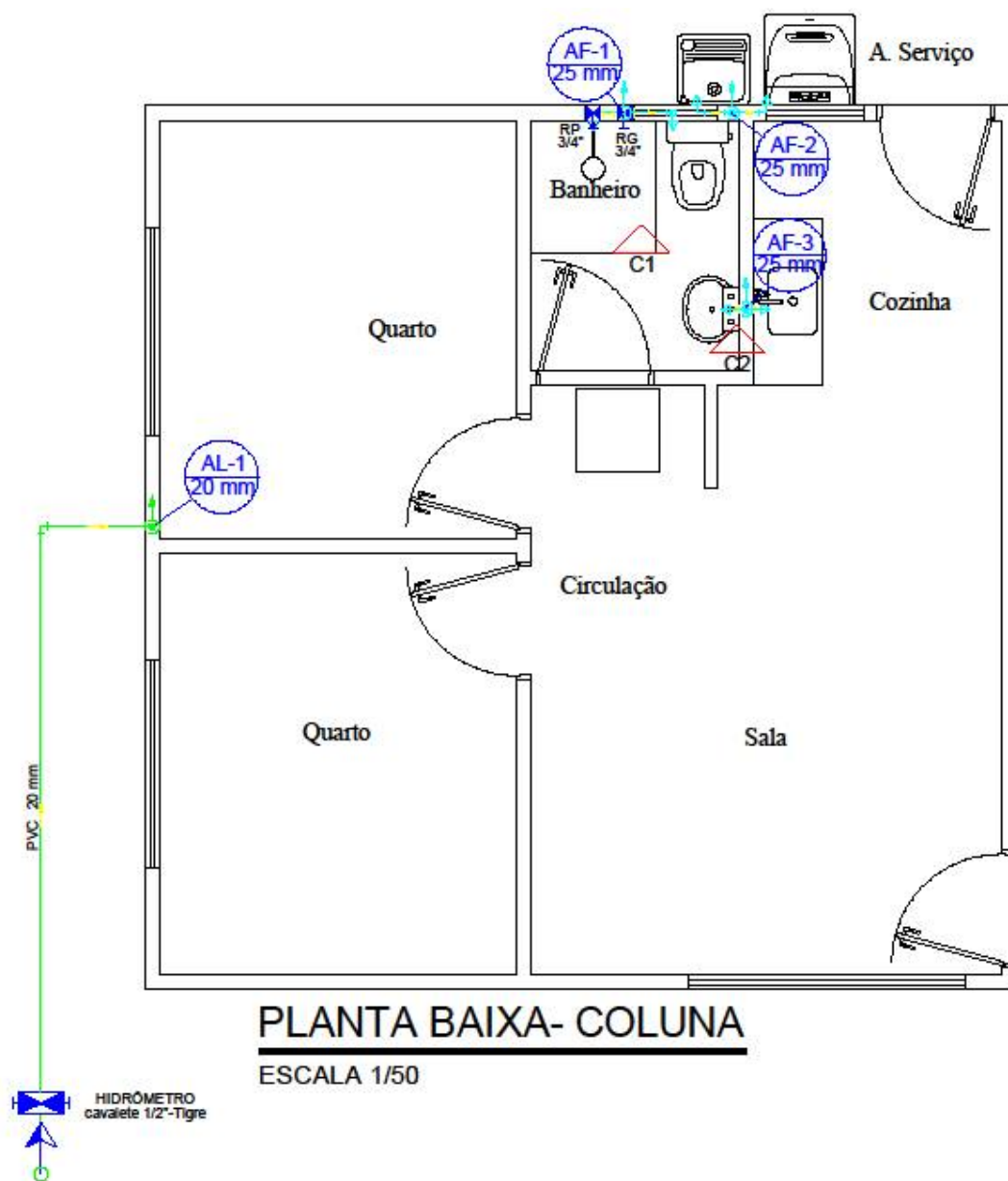
Fonte: Autor (2019).

Figura 13: Isométrico barrilhete



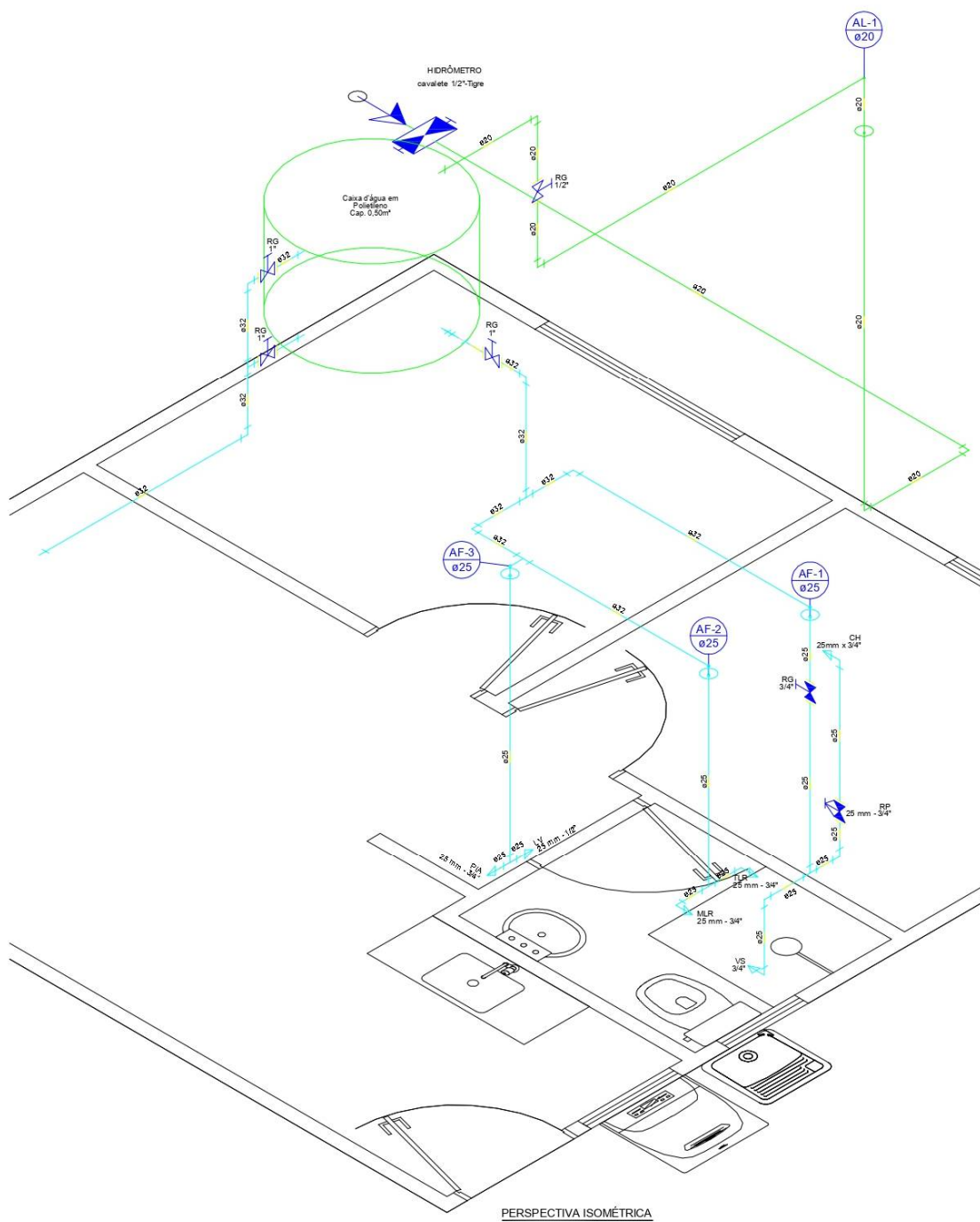
Fonte: Autor (2019).

Figura 14: Planta baixa colunas.



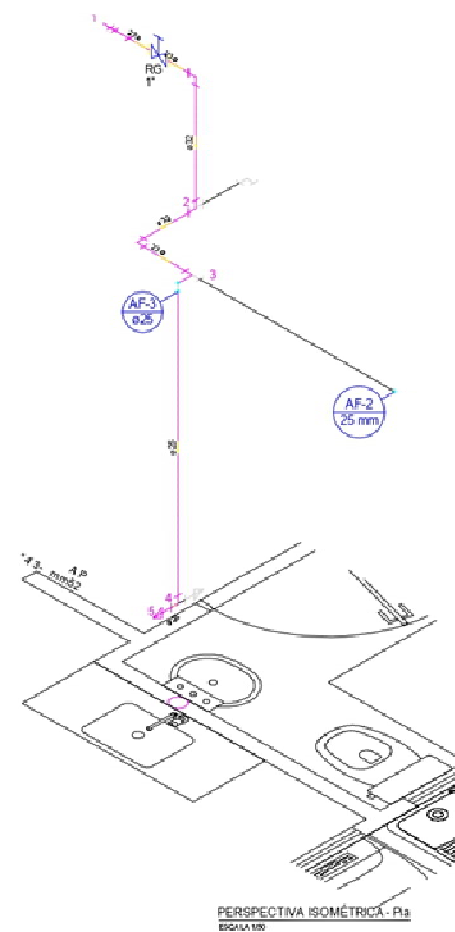
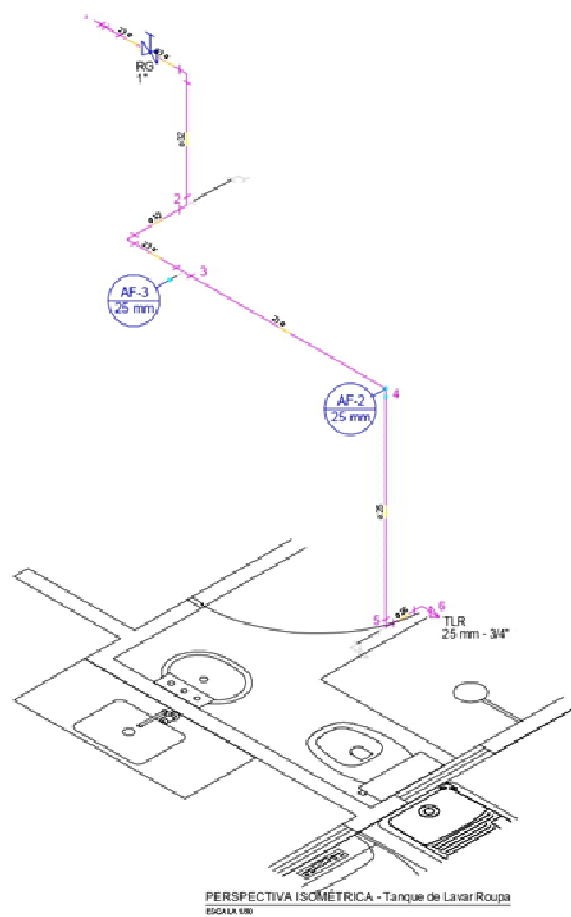
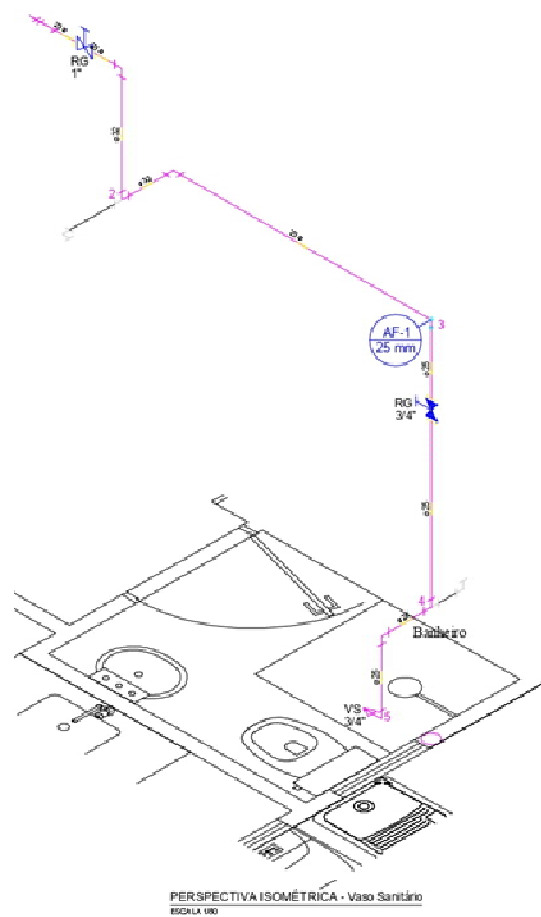
Fonte: Autor (2019).

Figura 16 – Isométrico da residência.



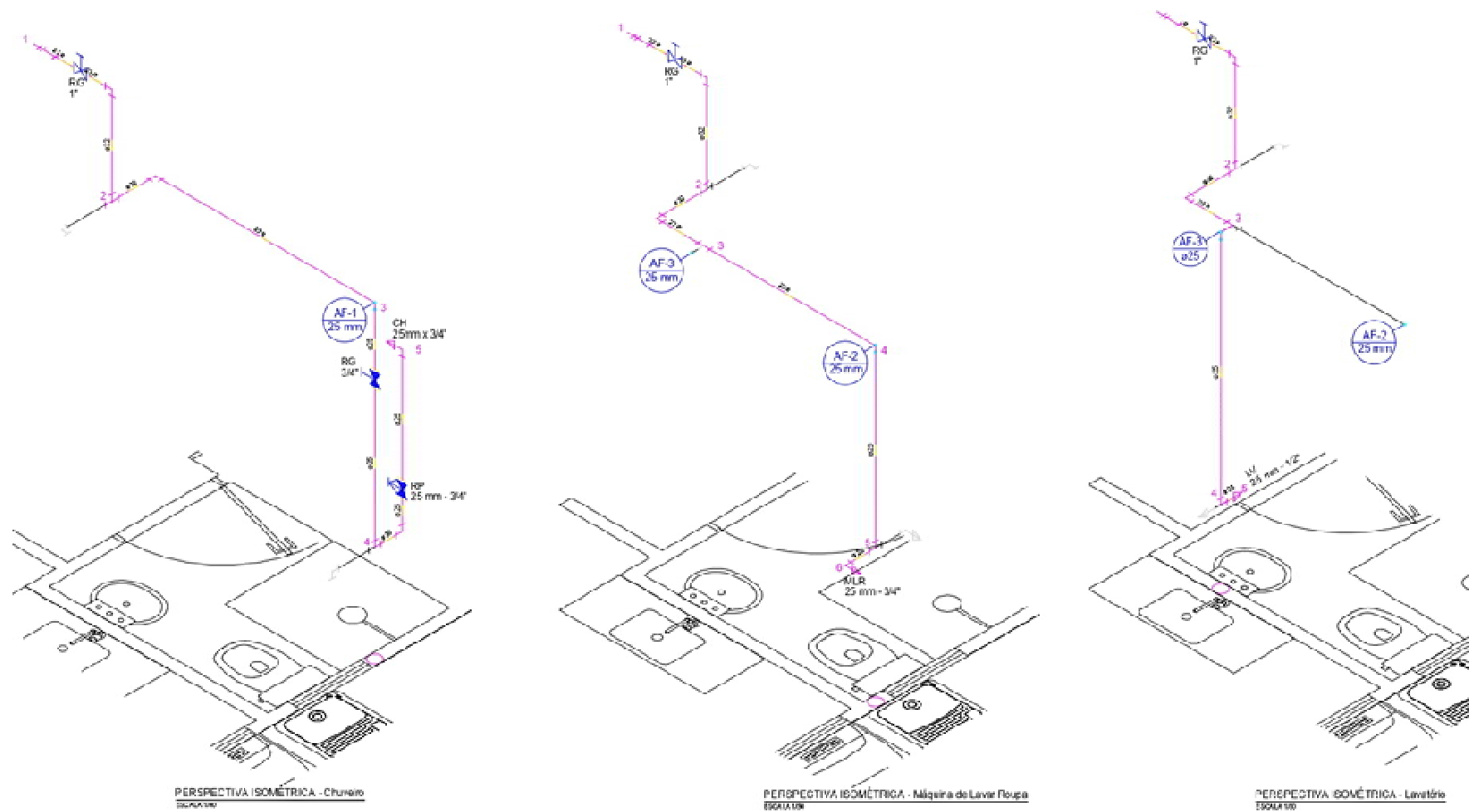
Fonte: Autor (2019).

Figura 16 – Isométrico trechos.



Fonte: Autor (2019).

Figura 17 – Isométrico dos pontos de uso.



Fonte: Autor (2019).

4.3 DIMENSIONAMENTO UTILIZANDO HYDROS V4

Após realização do projeto arquitetônico, lançou-se os dados para realização dos cálculos na ferramenta computacional Hydros e, com a utilização de três modelos matemáticos de cálculo de dimensionamento de água fria da residência unifamiliar, foi possível obter os resultados e fazer o confronto sobre a eficácia de cada um, em acordo com todos os dados gerados pelo software e a fundamentação teórica matemática.

A planta arquitetônica é importada para o Hydros e assim são feitas as configurações de escala e origem, para que a tubulação seja corretamente lançada.

A configuração do software em relação a planta baixa foi totalmente descrita em sua fase de concepção, a planta baixa é totalmente limpa trabalhando com os setores “térreo” e “barrilhete”.

Ressaltando que se trata de uma residencial unifamiliar térrea, e por isso, no dimensionamento dos sistemas hidráulicos, são adicionados os pontos os quais serão ligados à alimentação do sistema, ou seja, “pia, chuveiro, vaso sanitário e etc”.

As descidas foram determinadas de acordo com os estudos em sala de aula da matéria de projeto de instalações Hidráulicas, esquematizando todo modelo construtivo referenciado na execução do projeto, utilizando o Hydros, sabendo que para a coluna de descida, o diâmetro mínimo utilizado será de 25mm.

Além disso, o software também é alimentado com elementos fornecidos pelos fabricantes das peças hidráulicas, a exemplo dos coeficientes de atrito e rugosidade. Ressalta-se que as configurações das peças e as informações pertinentes, abastecem o programa e são por ele consideradas com base na norma.

Foram realizados vários modelos de traçados, sendo escolhido, para o presente projeto, aquele que se mostrou mais econômico e viável.

O dimensionamento foi realizado de acordo com o croqui elaborado no projeto, assim, as especificações dadas no projeto são referenciadas no software. Importa lembrar que em uma edificação térrea, os dados de entrada é somente o pé direto da edificação, onde na cobertura situa-se a caixa d'água e a sua altura, conforme as informações ditadas, é de 2,80m.

Em sequência foi lançada a planta do pavimento, prescrevendo os elementos importantes do projeto hidráulico, trazendo informações sobre a composição de bacia sanitária, pia, máquina de lavar, tanque e etc.

Utilizou-se o projeto arquitetônico de cobertura para localização do reservatório e pontos de coluna de alimentação de água fria.

O software disponibiliza o modelo isométrico, com o fim de facilitar a visualização total do projeto, bem como de contribuir para a execução dele.

4.4 DISCUSSÕES E RESULTADOS

Os dimensionamentos realizados com o software AltoQi HydrosV4, geraram três resultados distintos, utilizando os modelos matemáticos aplicáveis no programa e avaliando as pressões nos pontos de utilização.

Para o alcance do resultado final deste trabalho, primeiramente foi necessário a composição de relatórios que expressassem todos os dados das pressões obtidas na ferramenta computacional.

E por meio dos relatórios gerados pelo *software*, organizados em forma de tabela, foi possível fazer a comparação nas pressões de saída, utilizando os modelos de cálculo: Universal, Hazzen-Willians e Fair-Whippel-Hsiao, conforme demonstrado na Tabela 9:

Tabela 9 – Pressões de saída obtida pelos 3 métodos de cálculo.

Saída	Pressão Dinâmica Universal	Pressão Dinâmica Hazzen-Willians	Pressão Dinâmica Fair-Whippel-Hsiao
Chuveiro 25mm	1.20	1.15	1.12
Lavatório 25mm	2.38	2.26	2.24
Pia 25 mm	2.30	2.16	2.14
Caixa Acoplada 3/4	3.04	2.99	2,96
Maq. Lavar Roupa 25mm	1.72	1.57	1.55
Tanque Lavar Roupa 25mm	1.78	1.64	1.62

Fonte: Autor (2019).

Nos resultados gerados pode-se observar uma diferença nos valores de pressão de saída, utilizando a equação de Fair-Whippel-Hsião. No fator de base estatístico temos uma média de variação entre a Hazzen-Williams, com valor médio de 1,36%. Já em relação a equação do modelo universal, os valores de variação são respectivamente maiores, atingindo o valor médio de variação de 8,87%.

No modelo Universal, para calcular a pressão dinâmica em qualquer ponto da instalação, se faz necessário calcular as perdas de carga do sistema (distribuídas e localizadas).

As perdas distribuídas (ao longo de um tubo) dependem do seu comprimento e diâmetro interno, dependem, também, da rugosidade da sua superfície interna e da sua vazão.

De acordo com a NBR 5626, “para calcular o valor da perda de carga nos tubos, recomenda-se utilizar a equação universal, obtendo-se os valores das rugosidades junto aos fabricantes dos tubos”.

Assim, fazendo a leitura da equação, temos os valores exclusivos e diferentes daqueles encontrados no método Fair Whipper.

No software há informações do modelo utilizado e dos valores adquiridos nos cálculos dos pontos de saída e de pressão, desta feita, é possível analisar quais valores de saída são condizentes com o referencial.

No que se refere ao modelo de cálculo de Fair-Whippel-Hsiao, o cálculo da pressão é como se todos os aparelhos estivessem funcionando simultaneamente, ocorre que, na realidade, isso é pouco provável. Este modelo de cálculo realiza as equações de Fair de acordo com o material utilizado e o diâmetro é geralmente até 100mm, assim, os valores de coeficientes para tubos lisos e rugosos são usados em situações de estudo para pequenos diâmetros.

Destarte, empregando os dados gráficos do ábaco de Fair-Whippel-Hisao, é possível calcular as tubulações de ramais e descobrir as prováveis pressões nos pontos de utilização.

Importa salientar que o software computa valores de acordo com a inserção de dados locados e fornece o cálculo dos resultados do dimensionamento de água fria, nos seguintes aspectos: pressão nos pontos, diâmetro e perdas de cargas.

Na aplicação do dimensionamento utilizando Hazzen-Williams, as recomendações fundamentais estão no estudo da ocorrência de escoamento turbulento de transição e na ausência de efeitos viscosos da superfície.

Os dados dos coeficientes tratados estatisticamente, o coeficiente C é direcionado em função exclusiva da parede, assim a aplicabilidade da fórmula é favorável a diâmetros superiores a 50mm e aos fatores de temperatura.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo trouxe à baila o uso de ferramenta computacional (*software* ALTOQI HYDROS V4) para dimensionamento hidráulico de água fria, a fim de promover agilidade e precisão durante os processos e saber qual o método de cálculo é mais propício para execução do projeto, entre aqueles métodos oferecidos pelo programa (Hazen-Williams, Fair Whipple e Universal).

A confiabilidade das informações emitidas pelo *software* Alto QI provem do fato de que seu banco de dados é alimentado por elementos atualizados, tanto com relação a norma 5626/1998 como quanto aos catálogos de peças.

O dimensionamento, utilizando o *software*, apresenta uma segurança a favor da avaliação na estrutura global, nos componentes das peças e nos critérios mínimos necessários da pressão.

A escolha do tipo de construção que serviria para respaldar a análise dos métodos de cálculos de dimensionamento foi fundamentada na opção mais popular e com maior demanda na construção civil, por isso foi eleita para o desenvolvimento do projeto, a residência unifamiliar.

Com a confecção do projeto arquitetônico de uma residência unifamiliar e a organização da sua estrutura hidráulica foi possível adquirir os dados para aplicação do dimensionamento das instalações de água fria no Programa.

Assim, para o dimensionamento realizado, utilizou-se os três métodos, sendo o modelo Fair-Whippel, adotado como referência na avaliação das pressões de saída, o modelo Hazzen Willians, que se aproximou bastante dos dados de saída de pressão nos pontos, tendo uma variação relativamente pequena.

E o Universal, onde os valores de pressão nos pontos de saída são mais elevados, se mostrou como o método mais eficiente para esse tipo de edificação, pois ficou comprovado que as pressões são maiores que aquelas estabelecidas nos métodos Hazzen Willians e da Fair-Whippel.

Referido método, ainda proporciona alterações nos diâmetros das tubulações e altura de instalação do reservatório superior, tornando a edificação mais viável e econômica, mantendo, ainda, as pressões mínimas exigidas pela norma.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GONÇALVES, Orestes Marraccini Gonçalves et al. Execução e Manutenção de Sistemas Hidráulicos Prediais. São Paulo: Pini, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5626: instalação predial de água fria. Rio de Janeiro 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6027: Sumário. Rio de Janeiro, 2002.

TASSI, R. Instalações prediais de água fria. 2010. 138 f. Notas de aula.

TIGRE S. A. M294 Manual técnico Tigre. 5. ed. Joinville, 2013.

VIANNA, M. R. Instalações hidráulicas prediais. 2. ed. Belo Horizonte, 1998.

TCC I Final- Túlio Montelo Faria 01-11-19.doc (01/11/2019):

Documentos candidatos

[researchgate.net/pub...](#) [2,62%][docplayer.com.br/414...](#) [1,07%][maisengenharia.altoq...](#) [0,62%][tcc.bu.ufsc.br/Ssoci...](#) [0,4%][conic-semesp.org.br/...](#) [0,31%][escavador.com/sobre/...](#) [0,24%][blog.saude.gov.br/in...](#) [0,16%][ferias.tur.br/cidade...](#) [0,03%][altoqi.com.br/](#) [0,03%]

Arquivo de entrada: TCC I Final- Túlio Montelo Faria 01-11-19.doc (9588 termos)

Arquivo encontrado		Total de termos	Termos comuns	Similaridade (%)	
researchgate.net/pub...	Visualizar	2594	312	2,62	
docplayer.com.br/414...	Visualizar	4063	145	1,07	
maisengenharia.altoq...	Visualizar	7379	106	0,62	
tcc.bu.ufsc.br/Ssoci...	Visualizar	15367	101	0,4	
conic-semesp.org.br/...	Visualizar	543	32	0,31	
escavador.com/sobre/...	Visualizar	3219	31	0,24	
blog.saude.gov.br/in...	Visualizar	1285	18	0,16	
ferias.tur.br/cidade...	Visualizar	990	4	0,03	
altoqi.com.br/	Visualizar	769	4	0,03	
doccity.com/pt/intro...	-	-	-	-	Parece que o documento não existe ou não pode ser acessado. HTTP response code: 403