



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
CAMPUS VARGINHA – MG

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA MANIFOLD PARA UMA
INSTALAÇÃO HIDRÁULICA (ÁGUA FRIA E QUENTE) COM TUBULAÇÃO DE
CPVC

VARGINHA – MG
2025

FLAVIANA RODRIGUES DA SILVA

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA MANIFOLD PARA UMA
INSTALAÇÃO HIDRÁULICA (ÁGUA FRIA E QUENTE) COM TUBULAÇÃO DE
CPVC**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Graduação em
Engenharia Civil do Centro Federal de
Educação Tecnológica de Minas Gerais
(CEFET-MG), Campus Varginha, como
requisito parcial para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Valéria Antônia Justino Rodrigues, Dra.

VARGINHA – MG
2025

FLAVIANA RODRIGUES DA SILVA

DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA MANIFOLD PARA UMA
INSTALAÇÃO HIDRÁULICA (ÁGUA FRIA E QUENTE) COM TUBULAÇÃO DE
CPVC

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Centro Federal de
Educação Tecnológica de Minas Gerais
como requisito parcial para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil.

Data de aprovação: 18 de Fevereiro de 2025
Banca examinadora:

Prof^o. Valéria Antônia Justino Rodrigues, Dra.
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) -
Unidade Varginha

Prof^o. Thairone Conti Serafini Aguiar, M.Sc
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) -
Unidade Varginha

Prof^a. Luciana Teixeira Batista, Dra.
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) -
Unidade Varginha

DEDICATÓRIA

Á Deus;
Á minha família;
Ao meu marido;
Á minha orientadora;
E a todas as pessoas que estiveram comigo nessa jornada, e me ajudaram a concluí-la.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a minha orientadora Valéria Antônia Justino Rodrigues, por todo o apoio e disponibilidade que me dedicou ao longo dos meses de orientação, por se mostrar sempre solícita a ajudar-me nas minhas dúvidas, e também por me apresentar um tema muito interessante e inovador para o meu trabalho.

Ao meu marido, Salvador Silva Júnior Rodrigues, por todo amor e dedicação que sempre teve comigo, principalmente nos momentos mais difíceis deste percurso, e por sempre estar ao meu lado, me apoiando em todas as minhas decisões.

Aos meus pais, pelos valores e ensinamentos que me deram ao longo da vida, por terem sido pais muito amorosos e dedicados aos seus filhos, e principalmente por me ensinarem o valor da educação, e que apesar da distância em que moramos continuam presentes me motivando a lutar pelos meus objetivos.

A todos os meus professores e colegas de curso, que foram de suma importância para o aprendizado adquirido, e também ao meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Aos meus amigos Vitor Guerra e Luciana, que estiveram presentes ao longo de todo o curso, pelos nossos momentos de estudo e descontração, vocês foram muito importantes nessa caminhada. E também gostaria de deixar um agradecimento especial a minha amiga Anislaine pelas dicas ofertadas para o meu trabalho de conclusão de curso.

RESUMO

As inovações tecnológicas executam um papel fundamental na modernização dos projetos de instalações hidráulicas de água fria e quente, fornecendo maior eficiência, segurança e sustentabilidade. O desenvolvimento de materiais como CPVC, PEX e PPR, bem como a aplicação de sistemas pressurizados e Manifold, são exemplos de melhorias que tornam as instalações mais eficientes e duráveis. Este trabalho objetivou o desenvolvimento de um projeto de sistema Manifold para uma instalação hidráulica de água fria e quente utilizando tubulação de CPVC. O sistema Manifold, identificado por um distribuidor central que abastece cada ponto de consumo por ramais individuais, fornece maior eficiência hidráulica, redução de perdas de carga e facilidade de manutenção em comparação com sistemas ramificados tradicionais. O estudo retratou os critérios de dimensionamento do sistema, considerando pressão, vazão e perda de carga, além das características do CPVC, um material amplamente utilizado devido à sua resistência térmica, durabilidade e facilidade de instalação. Por meio de cálculos e análises comparativas, o estudo demonstrou as vantagens técnicas do uso do Manifold com tubulação de CPVC em uma edificação residencial de padrão médio. Os resultados obtidos apontaram que a aplicação do sistema Manifold contribuiu para redução de custos com manutenções ao longo do ciclo de vida da edificação, pois reduziu as trocas de peças que apresentam baixa eficiência, como no caso de registros de gaveta, e apesar dos custos demonstrarem ser um pouco superior, em torno de 10,2% para aplicação do sistema com CPVC, este apresenta viabilidade técnica indiscutível.

PALAVRAS-CHAVE: sistema individualizado, eficiência hidráulica, reservatório Manifold térreo, pressurização.

ABSTRACT

Technological innovations play a key role in modernizing cold and hot water plumbing projects, providing greater efficiency, safety, and sustainability. The development of materials such as CPVC, PEX and PPR, as well as the application of pressurized and Manifold systems, are examples of improvements that make facilities more efficient and durable. This work aimed at the development of a Manifold system project for a hydraulic installation of cold and hot water using CPVC piping. The Manifold system, identified by a central distributor that supplies each point of consumption by individual branches, provides greater hydraulic efficiency, reduced head losses and ease of maintenance compared to traditional branched systems. The study portrayed the criteria for sizing the system, considering pressure, flow and pressure loss, in addition to the characteristics of CPVC, a widely used material due to its thermal resistance, durability, and ease of installation. Through calculations and comparative analyses, the study demonstrated the technical advantages of using Manifold with CPVC piping in an average residential building. The results obtained showed that the application of the Manifold system contributed to reducing maintenance costs throughout the building's life cycle, as it reduced the replacement of parts that present low efficiency, as in the case of drawer registers, and despite the costs proving to be a little higher, around 10.2% for the application of the system with CPVC, it presents indisputable technical feasibility.

KEYWORDS: individualized system, hydraulic efficiency, ground Manifold reservoir, pressurization

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistemas de distribuição: direto (a) e indireto com reservatório (b) .	14
Figura 2 - Altura do reservatório superior até o chuveiro (ponto de distribuição crítico)	15
Figura 3 - Capacidade de influenciar o custo final ao longo de suas fases.....	18
Figura 4 - Módulo de distribuição para sistema Manifold (água fria e quente) .	21
Figura 5 - Arquivo do projeto arquitetônico original desenvolvido no AutoCad	22
Figura 6 - Projeto arquitetônico elaborado no software Revit 2024	23
Figura 7 - Representação da identificação dos trechos e pontos de utilização	26
Figura 8 - Nomograma de pesos, vazões e diâmetros	28
Figura 9 - Diagrama de Moody-Rouse	29
Figura 10 - Perda de carga em conexões de CPVC (DN 28)	30
Figura 11 - Eficiência energética dos coletores solares (PMEE).....	31
Figura 12 - Fator de clima (FC)	31
Figura 13 - Irradiação solar global média (kWh/m ² .dia).....	32
Figura 14 - Fachada frontal da residência elaborada no Revit (2024).....	34
Figura 15 – Fachada lateral da residência elaborada no Revit (2024)	34
Figura 16 - Projeto arquitetônico da residência modelada no Revit (2024)	35
Figura 17 - Dimensões do reservatório	36
Figura 18 - Posicionamento dos reservatórios no pavimento térreo da edificação	37
Figura 19 – Detalhe do sistema de Manifold	37
Figura 20 - Variação da temperatura média anual ao longo do ano para Varginha/MG	38
Figura 21 - Especificações técnicas dos modelos de boiler comercializados pela Heliotek	39
Figura 22 - Isométrico da instalação hidráulica de água fria e quente	40
Figura 23 - Representação dos trechos para tubulação de água fria do banheiro social	41
Figura 24 - Representação dos trechos para tubulação de água quente do banheiro social	41
Figura 25 - Definição dos diâmetros dos elementos de distribuição do chuveiro mais crítico	43

Figura 26 - Indicação do diâmetro adotado para instalação de AF e AQ do banheiro social	44
Figura 27 - Características gerais das tubulações CPVC	47
Figura 28 - Fator kV e perda de carga na válvula misturada.....	48
Figura 29 - Curva de vazão do chuveiro	53
Figura 30 - Definição de modelos de pressurizadores da marca Texius.....	55
Figura 31 - Condições meteorológicas médias para Varginha/MG ao longo do ano	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características da edificação/Consumo per capita e habitantes	24
Tabela 2 - Consumo dos pontos de utilização de água quente (AQ)	25
Tabela 3 - Peso relativo nos pontos de consumo em cada aparelho sanitário e da peça de utilização.....	27
Tabela 4 - Consumo dos aparelhos de utilização da residência	36
Tabela 5 - Consumo dos aparelhos de utilização para água quente.....	38
Tabela 6 - Equivalência entre os diâmetros comerciais	43
Tabela 7 - Diâmetro interno da tubulação de CPVC Aquatherm	45
Tabela 8 - Variação das propriedades físicas da água com a temperatura	47
Tabela 9 - Dimensionamento inicial de água fria.....	52
Tabela 10 - Dimensionamento com redução de vazão de água fria	53
Tabela 11 - Dimensionamento inicial de água quente.....	54
Tabela 12 - Dimensionamento com redução de vazão de água quente	54
Tabela 13 - Especificações técnicas dos coletores solares	56

SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
Cd	Consumo diário
CPVC	Cloreto de Polivinila Clorado
FC	Fator de clima
IG	Irradiação Global
MCA	Metros de Coluna D'água
NBR	Norma Brasileira
PEX	Polietileno Reticulado
PMEE	Produção Média Mensal de Energia Específica
PPR	Polipropileno Copolímero Randon
PVC	Policloreto de Vinila
SPAFAQ	Sistema Predial de Água Fria e Água Quente

SUMÁRIO

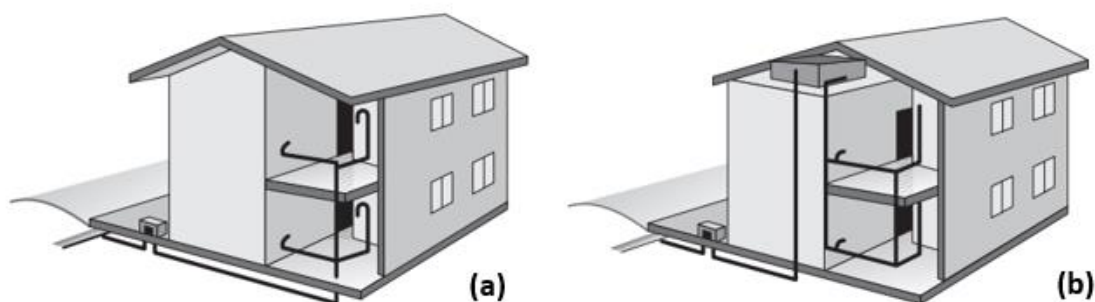
RESUMO	VI
ABSTRACT	VII
LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE TABELAS.....	X
SIGLAS.....	XI
1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	16
2.1. Geral.....	16
2.2. Específicos	16
3. JUSTIFICATIVA	16
4. REFERENCIAL TEÓRICO	17
4.1. Projetos hidráulicos prediais	17
4.2. Manifold em projetos hidráulicos	20
5. METODOLOGIA	22
5.1. Projeto arquitetônico	22
5.2. Dimensionamento da instalação hidráulica	23
5.2.1. Estimativa do consumo diário	24
5.2.2. Alimentador predial	25
5.2.3. Volume do reservatório	26
5.2.4. Dimensionamento dos elementos de distribuição	26
5.3. Verificação da pressão disponível	28
5.3.1. Perda de carga.....	29
5.4. Dimensionamento dos coletores solares.....	30
5.5. Dimensionamento do boiler	32
5.6. Viabilidade técnica e econômica	33
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
6.1. Projeto arquitetônico	33
6.2. Dimensionamento hidráulico de água fria e quente	34
6.2.1 Consumo diário e volume reservado	34
6.2.2 Dimensionamento do Boiler	38
6.2.3 Ramal predial interno (alimentação)	39
6.2.4 Elementos de distribuição interna	40
6.2.5. Cálculo do pressurizador.....	51
6.2.6. Cálculo das placas solares	55
7. ORÇAMENTO	57
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57

9. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	58
APÊNDICES.....	63

1. INTRODUÇÃO

Os projetos hidráulicos em edifícios de pequeno, médio ou grande porte são dimensionados para obter um sistema predial eficiente, garantindo que a água nos pontos de utilização tenha vazão e pressão adequada para o uso. Tanto a vazão como a pressão dependem do sistema de distribuição adotado, sendo eles classificados como direto, indireto ou misto. Basicamente, a diferença principal entre os dois primeiros sistemas refere-se a presença ou não de reservatório de água, popularmente chamado de caixa d'água. Já, o sistema misto é a utilização do direto para áreas externas e do indireto para áreas internas. Na Figura 1, é mostrado os sistemas de distribuição direto e indireto.

Figura 1 - Sistemas de distribuição: direto (a) e indireto com reservatório (b)



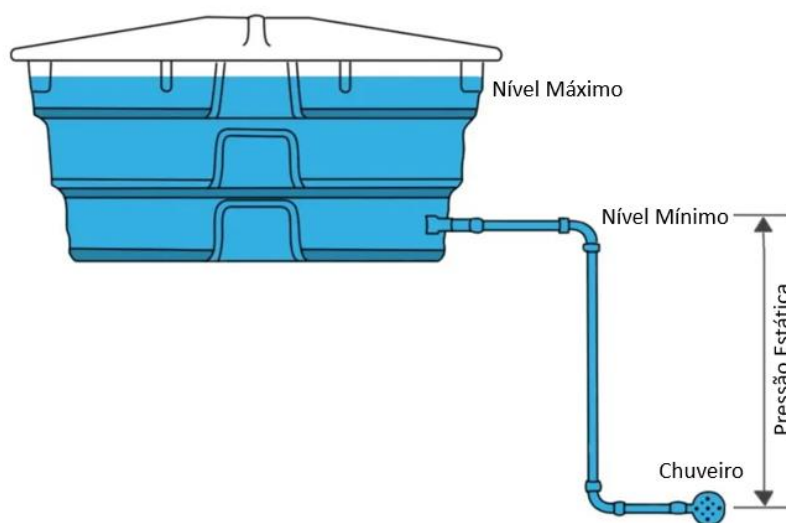
Fonte: Botelho; Ribeiro Júnior (2014).

Diferentemente, dos Estados Unidos e da Europa que utilizam sistema direto, o Brasil utiliza o sistema misto, tal escolha está relacionada com a continuidade, a regularidade e a pressão no fornecimento da água nos pontos de consumo internos da edificação, mas também visa atender o maior conforto devido à pressão, ou seja, maior fluxo nas torneiras externas que são utilizadas para limpeza. No mais, o sistema indireto apresenta um agravante em relação a pressão de atendimento no ponto crítico, pois, fornece vazão insuficiente ao chuveiro. Este fato, está relacionado à altura do reservatório superior (pressão estática) que deve ser capaz de entregar pelo menos a pressão mínima de 1 mca aos aparelhos hidrossanitários, conforme exigência da NBR 5626 (ABNT, 2020).

A pressão disponível nos pontos de utilização é considerada a partir do reservatório de distribuição, e não considerando a rede de abastecimento de

água conforme ocorre no sistema direto. É importante relatar que a distância do reservatório até o ponto consumo deve ser analisado a partir do nível mínimo, quando estiver no menor limite de fornecimento de água (condição crítica). Na Figura 2, é mostrado uma ilustração para exemplificar a altura correta a ser considerada entre o reservatório superior e o ponto de consumo, denominada como pressão estática.

Figura 2 - Altura do reservatório superior até o chuveiro (ponto de distribuição crítico)



Fonte: Adaptado de Aquecenorte (2024).

A instalação hidráulica, sistema composto por reservatórios, tubos, conexões e outros componentes, são subdivididos em elementos de distribuição denominados como: barrilete, coluna, ramal e sub-ramal, os quais são destinados a conduzir água fria vinda da rede de abastecimento público até os pontos de utilização (Reali *et al.*, 2002). Sendo assim, a localização do reservatório interfere diretamente na pressão que chega aos aparelhos hidrossanitários, devido ao percurso que a água faz em tubulações e conexões utilizadas no traçado da instalação. A pressão dinâmica (água em movimento), resultante da subtração entre a pressão estática (água em repouso) e a perda de carga, refere-se a energia utilizada pela água ao sair do reservatório para chegar no ponto de consumo, por exemplo, uma torneira.

Nos sistemas hidráulicos é comum encontrar casos de edificações com pressão insuficiente entre o reservatório e determinado ponto de utilização. Esta situação ocorre porque em alguns pontos, a perda de carga resulta em um valor de pressão dinâmica inferior ao necessário para o funcionamento da peça

hidrossanitária (Dantas; Nunes, 2021), visto que a pressão mínima exigida pela norma não atende adequadamente vários aparelhos. Ademais, projetos ineficientes com dimensionamentos incorretos podem causar diversos prejuízos para o imóvel, a médio e longo prazo, como pressão baixa nos pontos de utilização, manifestações patológicas, ruídos na tubulação, imprevistos na execução, sobras de materiais, custos com reparos e manutenções futuras, entre outros problemas. Diante disto, foi observado que a localização do reservatório é um ponto importante pois, pode interferir de forma negativa ou positiva no funcionamento dos sistemas hidráulicos prediais. Então, o estudo teve como finalidade, desenvolver um projeto hidráulico de água fria e quente utilizando sistema Manifold construído com tubos de CPVC, no qual o reservatório foi posicionado no térreo.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Dimensionar um sistema Manifold para uma instalação hidráulica de água fria e quente elaborada a partir de uma residência unifamiliar de padrão médio utilizando tubos de CPVC.

2.2. Específicos

- Elaborar um projeto arquitetônico de uma residência unifamiliar padrão médio;
- Utilizar o sistema Manifold individualizado térreo com CPVC;
- Dimensionar as instalações hidráulicas prediais de água fria e quente;
- Calcular a pressão disponível nos pontos de utilização;
- Definir a bomba de pressurização para o sistema Manifold;
- Analisar a viabilidade técnica do sistema Manifold com reservatório no térreo;
- Comparar os custos dos materiais para o sistema Manifold com CPVC e PEX.

3. JUSTIFICATIVA

No Brasil, os sistemas de distribuição de água numa edificação funcionam

de forma mista. A reserva de água utilizando reservatórios (caixas d'água) tem como objetivo atender a demanda diária da edificação em casos de interrupção do fornecimento, manutenção ou indisponibilidade devida sazonalidade pluviométrica.

No geral, os projetistas colocam as caixas d'água sobre a laje da edificação, com altura suficiente para tentar atender a pressão normativa de 1 mca nos pontos de consumo. Dentre eles, o chuveiro é considerado como crítico por apresentar menor pressão dinâmica devido à proximidade com o reservatório. Embora, a localização na laje forneça menor variação de pressão da água advinda da rede pública, a altura do reservatório até o ponto de consumo interfere bastante na vazão disponível. Este fato ocorre tanto em residências térreas como nos apartamentos próximos a cobertura das edificações com mais de um pavimento.

Acredita-se que posicionar o reservatório na laje não seja a escolha correta em relação ao melhor funcionamento das instalações hidráulicas, principalmente em termos de pressão e vazão. Parece que a maior preocupação do projetista é atender a norma técnica e não fornecer a pressão adequada ao funcionamento para cada ponto de utilização. Isto é um problema grave para os projetos hidráulicos.

Por outro lado, atender 1 mca no ponto crítico não é uma tarefa simples para os projetistas, quanto mais fornecer pressão suficiente para o funcionamento ideal do chuveiro. Ademais, existem outros pontos que devem ser analisados pelo projetista, quando for realizar a escolha do sistema ou material da tubulação, entre outros fatores. Adotar projetos não convencionais podem trazer melhores soluções, como por exemplos, evitar a ocorrência de manifestações patológicas devido a possíveis vazamentos e diminuir a dificuldade de limpeza e manutenção nos casos de reservatório colocado na laje. Diante disto, posicionar o reservatório no pavimento inferior é uma solução pouco comum, porém, inovadora com inúmeras vantagens para as instalações hidráulicas prediais que adotam o sistema Manifold.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

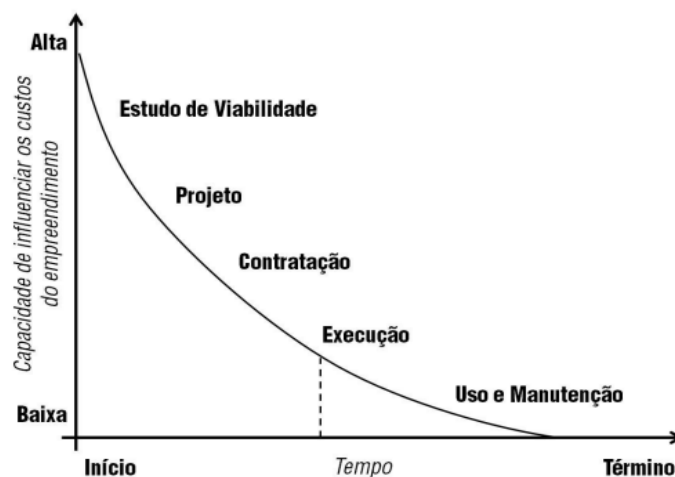
4.1. Projetos hidráulicos prediais

O sistema hidráulico predial, assim como os demais sistemas relativos à construção civil, tem apresentado inovações ao longo dos anos. Com isso, surgiram especificações técnicas mais precisas e rigorosas por meio de normas que visam padronizar as instalações de forma mais eficiente, durável e econômica, sem que haja perda de qualidade do sistema.

A NBR 5626 (ABNT, 2020) especifica requisitos para projeto, execução, operação e manutenção de instalações prediais de água fria e quente. Apesar da nova NBR apresentar menos detalhes que a versão anterior, foi observado que no texto da norma atual, o projetista tem mais liberdade para dimensionar as instalações, pensando na realidade de cada local. Neste sentido, Botelho e Ribeiro Junior (2014) e Macintyre (2017) descreveram que o projeto hidrossanitário é eficiente quando todas as instalações são projetadas com base no menor custo sem prejudicar o seu funcionamento durante a vida útil da edificação.

Na construção civil, os ciclos de vida dos empreendimentos são bastante longos na ordem de décadas e compreendem diversas fases. Nas instalações hidráulicas não é diferente, este sistema deve ser pensado em todas fases, passando pelo projeto, construção, uso e manutenção. Neste sentido, verifica-se a importância do planejamento na concepção e no projeto, onde são tomadas as decisões que influenciam o custo final do empreendimento (Costa, 2019). Na Figura 3, é mostrado o gráfico, desenvolvido pelo grupo americano Construction Industry Institute, que demonstra como o custo final ao longo de suas fases é influenciado em cada etapa do empreendimento.

Figura 3 - Capacidade de influenciar o custo final ao longo de suas fases



Fonte: Adaptado de Melhado (1994).

Na Figura 3, pode ser observado que quanto antes uma falha for detectada, menor será o custo da correção, de tal forma que as vantagens do controle de qualidade são maiores nas etapas iniciais do empreendimento. Neste sentido, a NBR 5626 (ABNT, 2020) relata que as instalações devem ser projetadas para que ao longo da vida útil do edifício seja assegurado o fornecimento de água com qualidade, economia e vazão suficiente em todos os pontos de consumo, sem ocorrência de ruídos inadequados, com facilidade de operação e menor surgimento de patologias.

Outro ponto importante em relação a proposta eficiente do projeto hidráulico, é o menor desperdício de materiais que refletem no custo do empreendimento se o projeto não tiver um traçado otimizado (Nicolau; Barreto; Marques Neto, 2017). Em geral, os resíduos da construção civil advêm de perdas e desperdícios em todas as etapas da construção, sendo eles sobras de materiais ou incorporados na espessura de emboço. Em contrapartida, Formoso *et al.* (2002) afirmaram que o controle sobre as causas da geração de resíduos, sejam eles tubulações hidráulicas por exemplo, é uma tarefa complexa na obra. Não só a previsão de materiais é um problema nas obras, a escolha correta também é importante, por exemplo definir materiais do tubo ou conexões com menor perda de carga, permitem o bom funcionamento da instalação hidráulica.

A perda de carga refere-se ao gasto de energia que a água gasta durante o escoamento e, podem ser classificadas em distribuída ou localizada, devido as mudanças de seção de escoamento e/ou de direção do fluxo. Existem várias fórmulas para determinar a perda de carga, porém, a NBR 5626 (ABNT, 2020) recomenda a utilização da equação Universal (Darcy-Weisbach). Esta equação foi sugerida devido a sua ampla aplicação e, no caso de utilizar equações empíricas, convém adotar a mais indicada para o material e o diâmetro da tubulação (Silva, 2023). Ademais, estudos mostraram que a perda de carga calculada pela equação Fair-Whipple-Hsiao, recomendada pela versão anterior da NBR 5626, apresentou um decréscimo percentual em relação ao uso da equação universal. Em contrapartida, a menor perda de carga não necessariamente indica maior eficiência, como observado no caso dos registros.

Embora, os registros de gaveta sejam bastante utilizados nas instalações hidráulicas e apresentam uma aplicação importante no estaqueamento da água na área molhada, a quantidade e a localização deles deve ser pensada pelo

projetista. Por outro lado, mesmo tendo maior perda de carga localizada, o uso de registros de globo ainda é o mais indicado para fechar a saída de água no reservatório quando for necessário parar o escoamento, visto que os registros de gaveta não interrompem completamente o fluxo. Ademais, os registros devem ser utilizados sempre em menor número possível, pois além de possuírem um alto custo de aquisição, podem ocasionar vazamentos em suas juntas, além de introduzirem perdas de carga (Santos Júnior *et al.*, 2018).). Por fim, é importante ressaltar que a perda de carga é um fenômeno relevante para o escoamento em condutos forçados devido à grande influência na vazão, ponto significativo a ser considerado nos projetos hidráulicos (Baptista *et al.*, 2014).

4.2. Manifold em projetos hidráulicos

A busca por sistemas construtivos eficientes de menor custo é um grande desafio para os projetos de engenharia e arquitetura. A descoberta de novos materiais e equipamentos trazem inovações e modernização para o setor, possibilitando maior qualidade e duração da edificação. Neste sentido, Cabral *et al.* (2017) comentaram que o mercado da construção civil está sempre otimizando os métodos construtivos e buscando novas tecnologias capazes de tornar a execução dos projetos mais rápida e eficiente, principalmente quanto à construção das alvenarias, instalações elétricas e hidráulicas.

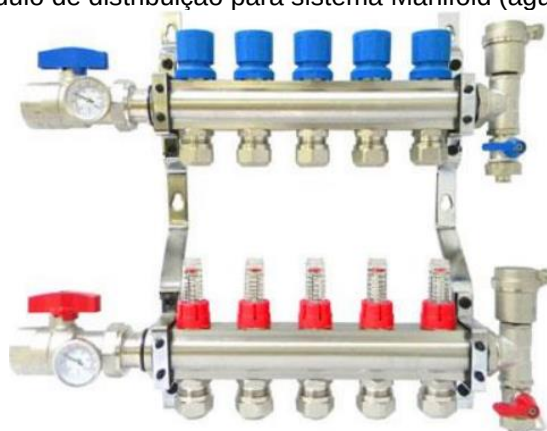
Umas destas inovações foi a descoberta de novos materiais para os tubos, introduzindo no mercado do Cloreto de Polivinila Clorado (CPVC) que uma versão do Policloreto de vinila (PVC) com um processo adicional de cloração (KRONA, 2024). A adição de cloro aumenta a resistência térmica, mecânica e química, fazendo com que o CPVC tenha mais durabilidade e maior desempenho em sistemas de água fria e quente (Lacopo *et al.*, 2023). Além, do CPVC são também comercializados o Polipropileno Copolímero Random (PPR) e o polietileno reticulado (PEX).

Lacopo *et al.* (2023) relataram que apesar de mais caros que o PVC e o CPVC, o PEX foi recomendado para sistemas hidráulicos em paredes de concreto, apresentando melhor isolamento térmico e execução rápida. Outro ponto relevante é não possuir conexões intermediárias que diminuam a perda de carga localizada (Anselmo; Oneda, 2023). Apesar das vantagens, a sua utilização ainda é limitada uma vez que o seu dimensionamento é pouco

conhecido e empregado.

Por outro lado, o PEX pode ser instalado por meio de um sistema Manifold centralizado e a distribuição de água pode ser direcionada até o ponto de utilização dentro de conduítes, geralmente no final da obra, permitindo a futura substituição dos tubos sem danificar a alvenaria (Carvalho Júnior, 2021). O Manifold é um sistema que leva a água a partir de um módulo distribuidor de água sem conexões intermediárias até os pontos de utilização. Na Figura 4, é mostrado o quadro de distribuição Manifold utilizado PEX.

Figura 4 - Módulo de distribuição para sistema Manifold (água fria e quente)



Fonte: Brandão (2010).

Embora, existem muitas vantagens, há limites relacionado a flexibilidade, visto que, não é possível fazer um ângulo de curvatura pequena (90°), sendo necessário utilizar um cotovelo da linha PEX para que não haja dobras na tubulação. Outro problema com a flexibilidade está relacionado aos diâmetros comerciais que são limitados. O PEX está disponível no mercado com os diâmetros de 16, 20, 25 e 32 mm.

Para edificações multifamiliares ou residências alto padrão, que possui maior demanda de água e, conseqüentemente, maiores diâmetros, o PEX pode não ter diâmetros comerciais disponíveis. Ademais, tubos PEX com diâmetros acima até 32 mm começam a enrijecer da mesma forma que uma tubulação tradicional (Farina, 2023). Atender vazões maiores não é um problema com uso do CPVC que é comercializado com diâmetros de 15, 22, 28, 35, 42, 54, 73, 89 e 114 mm. Tendo em vista que as instalações hidráulicas computam de 10,8 a 12,5% do valor total da obra (Mattos, 2009), além da escolha do material é importante verificar o uso de novas propostas para as instalações hidráulicas.

Neste sentido, comparar o desempenho e o custo do sistema Manifold com a utilização de CPVC em substituição do PEX é importante para edificações maiores.

5. METODOLOGIA

5.1. Projeto arquitetônico

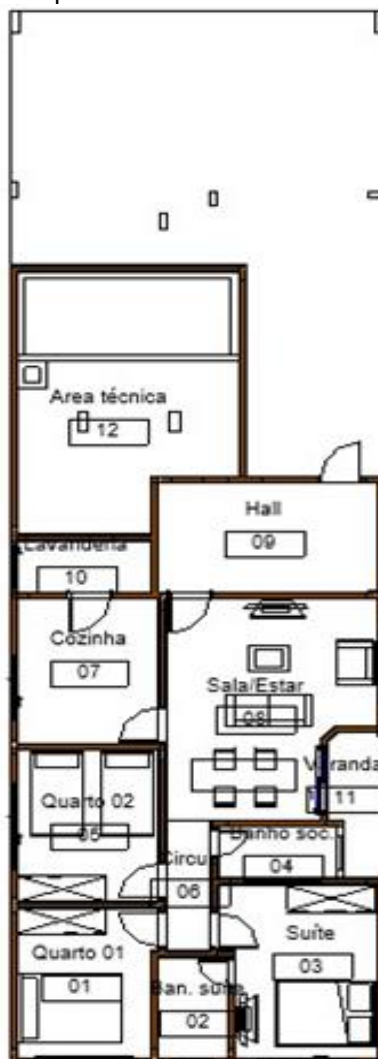
O projeto arquitetônico foi elaborado utilizando o software Revit versão 2024 a partir de um projeto já existente, desenvolvido no software AutoCad versão 2017 de uma residência térrea unifamiliar (Figura 5). O projeto inicial era um edifício de 4 pavimentos, no qual foi adaptado de forma a ser utilizado somente um dos pavimentos com adaptações, sendo elas, alterações na cobertura, retirada da escada de acesso aos andares superiores e do lavabo e a inserção da área correspondente a área técnica para o sistema Manifold. Conforme (Figura 6).

Figura 5 - Arquivo do projeto arquitetônico original desenvolvido no AutoCad



Fonte: Do autor (2025).

Figura 6 - Projeto arquitetônico elaborado no software Revit 2024



Fonte: Do autor (2025).

Antes de iniciar o dimensionamento do Sistema Predial de Água Fria e Água Quente (SPAFAQ) foi representado o traçado da tubulação de forma eficiente em termos técnicos e econômicos (menor trajeto para redução da perda de carga).

5.2. Dimensionamento da instalação hidráulica

A instalação hidráulica, água fria (AF) e quente (AQ), foi elaborado de acordo com a NBR 5626 (ABNT, 2020). A distribuição de água nos pontos de utilização da residência foi realizada por Manifold que consiste em um sistema de controle de forma centralizada onde a abertura e o fechamento de fluxo são realizados por meio de válvulas de esfera individualizadas ou setorizadas. O sistema Manifold foi desenvolvido com a tubulação de CPVC conforme técnica

utilizada pelo grupo de treinamento em instalações hidrossanitárias (Expert, 2025). A escolha do CPVC foi devido ao material poder ser utilizado tanto para água fria como para quente e ter capacidade de suportar altas temperaturas e pressões (Martins; Rodrigues, 2021).

5.2.1. Estimativa do consumo diário

O consumo diário de água fria [$C_{d(AF)}$], relacionado com os usos específicos e com o número de ocupantes da edificação, foi calculado por meio da equação (1), utilizando as informações descritas na Tabela 1.

$$C_{d(AF)} = C_p N \quad (1)$$

Onde:

$C_{d(AF)}$: Consumo diário de água fria (L/d);

C_p : Consumo per capita diário (L/hab.d);

N: População da residência (hab).

Tabela 1 - Características da edificação/Consumo per capita e habitantes

EDIFICAÇÃO	CONSUMO	DETERMINANDO "USUÁRIOS"
Alojamento Provisórios	80 per capita	1 habitante por cama / beliche 2 habitantes
Residências até 50 m ²	200 per capita	2 habitantes por quarto
Residências acima de 50m ²	250 per capita	2 habitantes por quarto
Residências de Luxo	300 per capita	2 habitantes por quarto
Apartamentos até 150m ²	200 per capita	2 habitantes por quarto
Apartamentos acima de 150m ²	250 per capita	2 habitantes por quarto

Fonte: Adaptado de Águas de Manaus (2025).

Como a residência possui 190,15 m² foi utilizado o consumo per capita (C_p) de 250 L/hab.d com a taxa de ocupação de 2 habitantes por quarto. Este valor de C_p é o mesmo indicado pela literatura técnica para residências de padrão médio. Nas edificações brasileiras, o sistema de distribuição público é do tipo misto, no qual ocorre distribuição de água de forma indireta na parte interna e direta na parte externa. Neste caso, a NBR 5626 (ABNT, 2020) estabelece que o volume suficiente para atender a pelo menos 24 horas de consumo normal.

Ao contrário da água fria (AF), o cálculo do consumo diário para água quente (AQ) considerou as informações em relação ao uso dos aparelhos hidráulicos. Informações mais próximas da realidade podem ser obtidas a partir dos fabricantes de aparelhos, que disponibilizam catálogos, juntamente com a preferência dos clientes. Na Tabela 2, é mostrado a demanda de água

considerando as variações de consumo em cada aparelho.

Tabela 2 - Consumo dos pontos de utilização de água quente (AQ)

Aparelhos	Consumo Mínimo	Consumo Máximo	Ciclo Diário (min/pessoa)	Temperatura de Consumo °C
Ducha de banho	3,0 L/min	15 L/min	10	39-40°C
Lavatório	3,0 L/min	4,8 L/min	2	39-40°C
Ducha Higiênica	3,0 L/min	4,8 L/min	2	39-40°C
Banheira	80 L	440 L	Banho	39-40°C
Pia de Cozinha	2,4 L/min	7,2 L/min	3	39-50°C
Lava Louças (12 pessoas)	20 L	20 L	Lavagem	39-40°C
Máquina de Lavar Roupas	90 L	200 L	Lavagem	39-40°C

Fonte: NBR 15569 (ABNT, 2021).

Levando em consideração as informações da Tabela 2, O cálculo do consumo diário de água quente [$C_{d(AQ)}$] foi realizado pela equação (2).

$$C_{d(AQ)} = \sum Q_c C N \quad (2)$$

Onde:

$C_{d(AQ)}$: Consumo diário de água quente (L/d);

Q_c : Vazão de consumo em cada aparelho (L/min);

C : Ciclo diário em cada aparelho (min/hab);

N : População da residência (hab).

5.2.2. Alimentador predial

O diâmetro do alimentador refere-se ao menor diâmetro com capacidade de fornecer a vazão mínima dentro do tempo estabelecido na norma técnica ($t \leq 6,67$ h). O diâmetro foi calculado pela equação (3), baseada na equação da continuidade, utilizando o consumo diário (vazão mínima) e a velocidade da água ($0,6 \leq V \leq 1,0$ m/s) para garantir que a água seja fornecida em quantidade suficiente e com pressão adequada.

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} \quad (3)$$

Onde:

D : Diâmetro interno mínimo (m);

Q : Consumo diário (m^3/s);

V : Velocidade da água (m/s).

5.2.3. Volume do reservatório

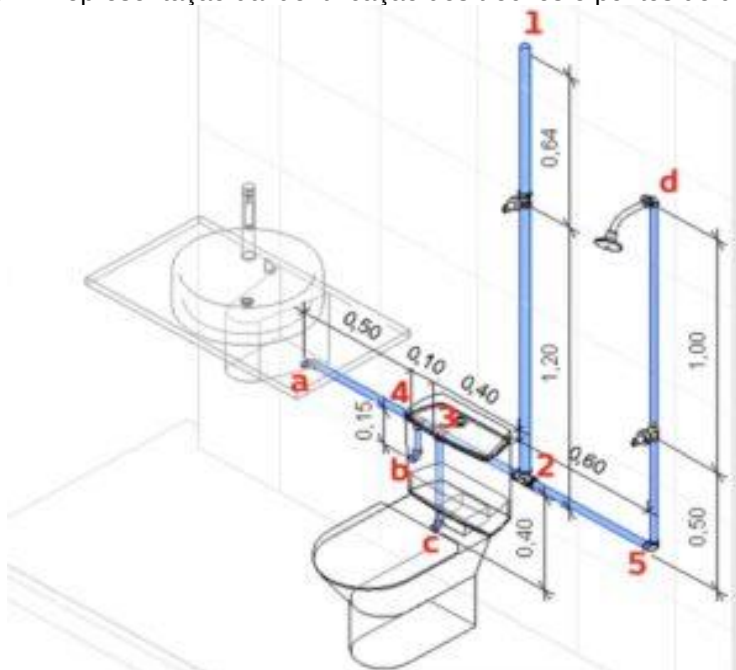
O sistema Manifold foi localizado no térreo e fornecerá água indiretamente aos pontos de consumo no interior da residência por meio de dois reservatórios inferiores. A soma dos volumes dos reservatórios correspondeu a reserva de 24 horas de consumo de água estimada para a residência. Como o reservatório foi colocado numa cota inferior aos pontos de atendimento foi necessário realizar o dimensionamento de um sistema de pressurização (bomba hidráulica) conforme descrito no Manual de Hidráulica (Netto; Fernández, 2015).

5.2.4. Dimensionamento dos elementos de distribuição

O dimensionamento dos elementos de distribuição (barrilete, colunas, ramais e sub-ramais) foi obtido pelo método do consumo máximo provável que considera a menor probabilidade de todos os aparelhos sanitários serem utilizados ao mesmo tempo.

Para a realização dos cálculos foi feito a identificação dos trechos por elemento de distribuição observando a variação de vazão. Cada trecho foi nomeado da esquerda para a direita com letras diferentes que correspondem a saída e a entrada de água na tubulação e números indicando os pontos de utilização, conforme mostrado na Figura 7.

Figura 7 - Representação da identificação dos trechos e pontos de utilização



Fonte: NEO IPSUM (2020).

Em cada trecho, a vazão foi calculada por meio da equação (4) utilizando os pesos relativos nos pontos de utilização apresentados na Tabela 3.

$$Q = C_d \sqrt{\sum P} \quad (4)$$

Onde:

Q: Vazão estimada na seção (L/s);

C_d : Coeficiente de descarga (L/s/ $\sqrt{KPa}$) – valor fixado em 0,3;

$\sum P$: Soma dos pesos relativos de todas as peças de utilização;

Tabela 3 - Peso relativo nos pontos de consumo em cada aparelho sanitário e da peça de utilização

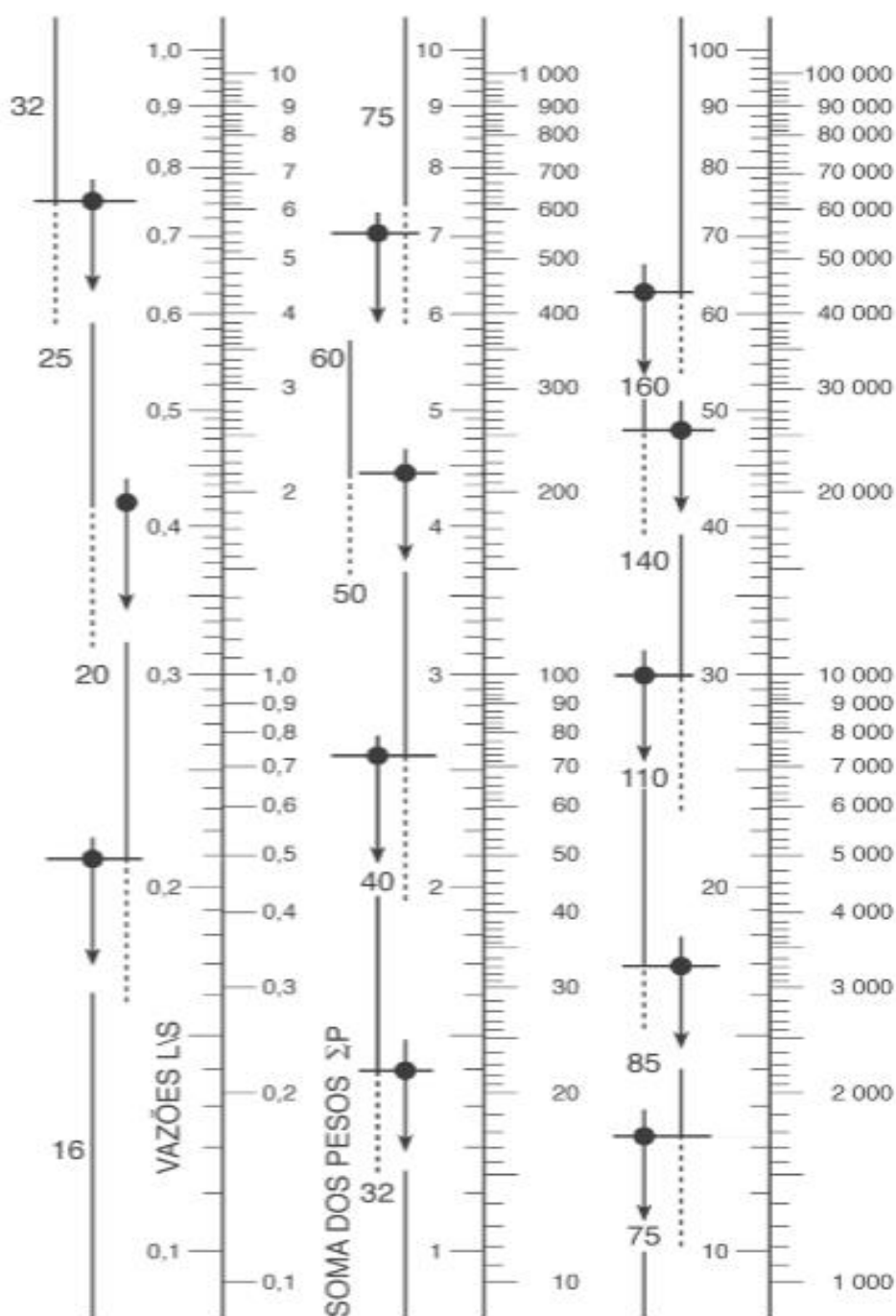
Aparelho sanitário		Peça de utilização	Vazão de projeto L/s	Peso relativo
Bacia sanitária		Caixa de descarga	0,15	0,3
		Válvula de descarga	1,70	32
Banheira		Misturador (água fria)	0,30	1,0
Bebedouro		Registro de pressão	0,10	0,1
Bidê		Misturador (água fria)	0,10	0,1
Chuveiro ou ducha		Misturador (água fria)	0,20	0,4
Chuveiro elétrico		Registro de pressão	0,10	0,1
Lavadora de pratos ou de roupas		Registro de pressão	0,30	1,0
Lavatório		Torneira ou misturador (água fria)	0,15	0,3
Mictório	com sifão integrado	Válvula de descarga	0,50	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(*)	0,3
Pia		Torneira ou misturador (água fria)	0,25	0,7
		Torneira elétrica	0,10	0,1
Tanque		Torneira	0,25	0,7
Torneira de jardim ou lavagem em geral		Torneira	0,20	0,4

(*) por metro de calha

Fonte: Botelho; Ribeiro Júnior (2014).

Com as informações do somatório dos pesos ($\sum P$) e da vazão estimada na seção (Q) de cada trecho, considerado dentro dos elementos de distribuição, foi selecionado o diâmetro nominal (DN) por meio do Nomograma de literatura mostrado na Figura 8.

Figura 8 - Nomograma de pesos, vazões e diâmetros



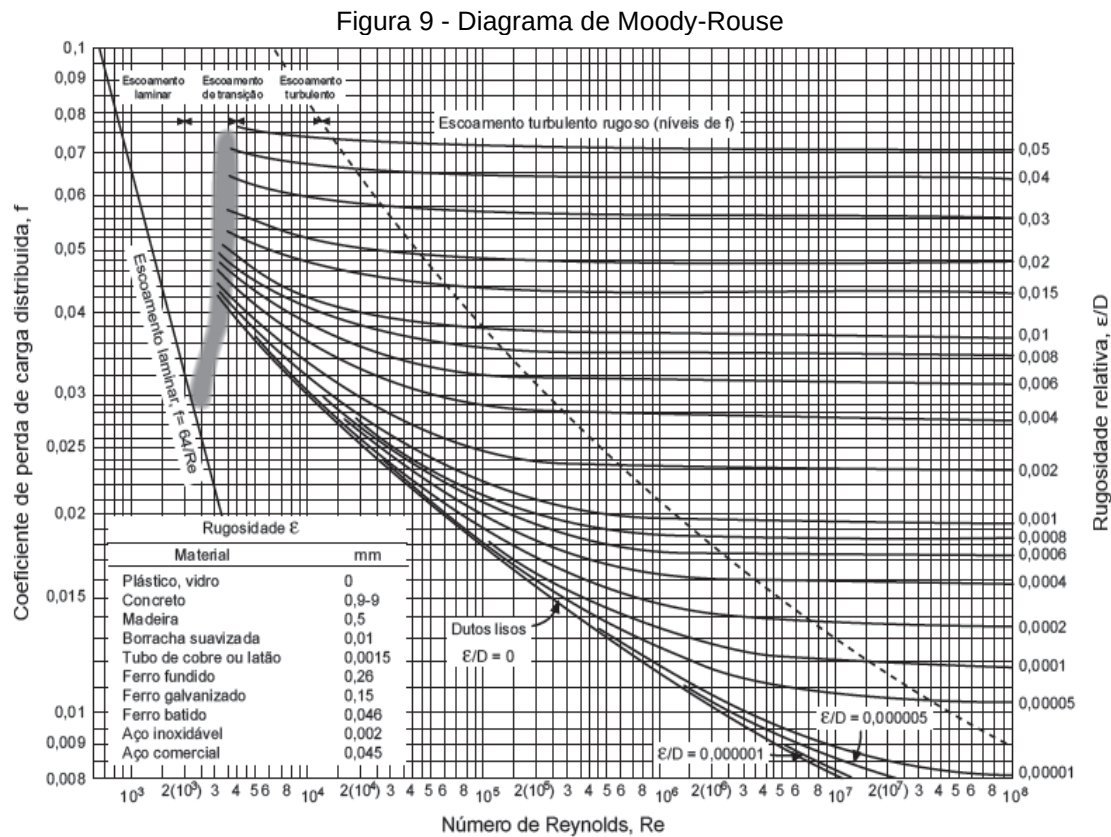
Fonte: Carvalho Júnior (2021).

5.3. Verificação da pressão disponível

No sistema de distribuição deve ser verificado qual foi a pressão disponível, sendo que em nenhum ponto de utilização deve ser inferior a 1 mca conforme recomendado pela NBR 5626 (ABNT, 2020). Para calcular a pressão disponível foi necessário determinar a perda de carga, distribuída e localizada, no trajeto, desde a saída do reservatório até o ponto de utilização.

5.3.1. Perda de carga

A NBR 5626 (ABNT, 2020) recomenda que a perda de carga seja determinada utilizando equações pertinentes da literatura, sendo a equação universal (Darcy-Weisbach) a mais recomendada. Para utilizar a equação universal é necessário obter o fator de atrito (f) por meio do Diagrama de Moody (Figura 9) que utiliza as informações sobre as propriedades da água, parâmetros da tubulação e características do escoamento para determinar o número de Reynolds (Re) e a rugosidade relativa (ε/D).



Fonte: Fox; McDonald; Pritchard (2018).

Com as informações das propriedades da água (ρ, μ), parâmetros da tubulação (L, D, ε), características do escoamento (V, Q) e o fator de atrito (f) foi calculado a perda de carga utilizando a equação (5).

$$h_f = 0,0827 f \frac{Q^2}{D^5} L \quad (5)$$

Onde:

h_f : Perda de carga total (m);

f : fator de atrito (adimensional);

Q : Vazão (m^3/s);

D: Diâmetro da tubulação (m);
L: Comprimento total (real e equivalente).

Para determinar os comprimentos reais das tubulações e equivalente das peças hidráulicas, foi necessário obter as informações por meio da planta hidráulica e detalhamentos (APÊNDICE IV), ou seja, metragem de tubos e a lista de conexões e acessórios hidráulicos necessários para a instalação. O comprimento equivalente foi determinado por meio da Figura 10.

Figura 10 - Perda de carga em conexões de CPVC (DN 28)

REGISTROS E CONEXÕES	
Adaptador de Transição	0,41
Bucha de Redução até 2 DN	0,56
Bucha de Redução acima de 2 DN	0,87
Curva 90°	0,92
Joelho 90°	2,05
Joelho 45°	0,62
Joelho 90° c/ latão	2,25
Joelho 90° c/ redução e latão	3,59
Luva Simples	0,26
Luva de Correr	0,31
Luva de Redução	0,87
Misturador	2,05
Tê passagem direta e saída lateral	1,84
Tê mesma direção e acréscimo	1,33
Tê saída bilateral	2,25
Tê chegada contrária	4,30
Tê saída bilateral de Redução central	5,12
Tê chegada contrária de Redução central	9,22
Tê passagem direta e saída lateral de Redução central	3,69
Tê mesma direção e acréscimo de Redução central	2,66
Tê de latão	0,82
Luva de Transposição	1,23
União	0,31
Entrada normal	0,50
Entrada de borda	1,20
Saída de canalização	1,30
Válvula de pé e crivo	13,30
Válvula de retenção tipo leve	3,80
Válvula de retenção tipo pesado	5,80
Registro de globo aberto	15,00
Registro de gaveta aberto	0,30
Registro de ângulo aberto	8,40

Fonte: Adaptado de Expert (2025)

5.4. Dimensionamento dos coletores solares

Para o cálculo dos coletores solares seguiu-se as diretrizes estabelecida na NBR 15569 (ABNT, 2021). A energia (E_u) que os coletores devem fornecer para o aquecimento da água foi calculado pela equação (6).

$$E_u = \frac{V_{arm} \rho C_p (T_{arm} - T_{amb})}{3600} \quad (6)$$

Onde:

E_u : Energia útil (kWh/d);

V_{arm} : Volume de armazenamento (m^3) - $V_{arm} \geq 75\%V_{cons}$ (Volume de consumo);
 T_{arm} : Temperatura de armazenamento da água ($^{\circ}C$);
 T_{amb} : Temperatura ambiente média anual no local de instalação ($^{\circ}C$);
 ρ : Massa específica da água (Kg/m^3);
 C_p : Calor específico ($KJ/Kg.K$).

O cálculo do número de coletores solares foi realizado por meio da equação (7), utilizando a eficiência energética informada pelo INMETRO para o fornecedor (Figura 11) e o fator considerado com o tipo de clima (Figura 12). O termo PMEE refere-se à Produção média mensal de energia específica para empresas que visam promover o uso eficiente reduzindo desperdícios e envolvendo diversos projetos para otimizar o consumo (ANEEL, 2025).

$$N_c = \frac{E_u}{PMEE} FC \tag{7}$$

Onde:
 N_c : Número de coletores;
 E_u : Energia útil ($kWh/mês$);
 $PMEE$: Produção média mensal de energia específica ($kWh/mês\ m^2$);
 FC : Fator de clima.

Figura 11 - Eficiência energética dos coletores solares (PMEE)

 Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade de Tecnologia	Tabelas de Consumo/Eficiência Energética Tipo de Equipamento: Coletor Solar - Aplicação Banho Fornecedores: 49 Marcas: 84 Modelos: 459 A B C D E 80,3 < PMEE 73,3 < PMEE ≤ 80,3 66,3 < PMEE ≤ 73,3 59,3 < PMEE ≤ 66,3 52,3 < PMEE ≤ 59,3											
	Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE)											
	Fornecedor	Marca	Modelo	Aplicação	Pressão de Funcionamento (l/PA) (mca)	Área Externa do Coletor (m²)	Produção Média Mensal de Energia Por Coletor (kWh/mês) Por m² Específica (kWh/m².m²)	Eficiência Energética Média (%)	Classificação	Material da Superfície Absorvedora		
Soletrol Ind. e Com. Ltda	Solquent		Solquent IC 1,80 m²	Banho	400	40	1,84	153,4	83,4	63,01	A	Alumínio
Soletrol Ind. e Com. Ltda	Solquent		Solquent IC 2,00 m²	Banho	400	40	2,02	168,6	83,4	63,01	A	Alumínio
Soletrol Ind. e Com. Ltda	Solquent		Solquent IC 2,24 m²	Banho	400	40	2,25	187,5	83,4	63,01	A	Alumínio
Soletrol Ind. e Com. Ltda	Popsol		Popsol 1,60 m²	Banho	400	40	1,6	134,5	84,1	63,55	A	Alumínio
Soletrol Ind. e Com. Ltda	Popsol		Popsol 1,80 m²	Banho	400	40	1,84	154,7	84,1	63,55	A	Alumínio
Soletrol Ind. e Com. Ltda	Popsol		Popsol 2,00 m²	Banho	400	40	2,02	169,9	84,1	63,55	A	Alumínio
Soletrol Ind. e Com. Ltda	Popsol		Popsol 2,24 m²	Banho	400	40	2,25	189,2	84,1	63,55	A	Alumínio
Soletrol Ind. e Com. Ltda	Popsol		Popsol 1,60 m²	Banho	400	40	1,61	128,7	79,9	59,92	B	Alumínio
Soletrol Ind. e Com. Ltda	Popsol		Popsol 1,80 m²	Banho	400	40	1,84	146,9	79,9	59,92	B	Alumínio
Soletrol Ind. e Com. Ltda	Popsol		Popsol 1,207 m²	Banho	400	40	2,07	165,3	79,9	59,92	B	Alumínio
Soletrol Ind. e Com. Ltda	Popsol		Popsol 1,24 m²	Banho	400	40	2,25	178,7	79,9	59,92	B	Alumínio
Soletrol Ind. e Com. Ltda	Popsol		Popsol Mini	Banho	400	40	1	75,5	76,7	58,56	B	Alumínio
Soletrol Ind. e Com. Ltda	Topsol		Topsol 2,00 m²	Banho	400	40	2,02	169,9	84,1	63,55	A	Alumínio
Soletrol Ind. e Com. Ltda	Topsol		Topsol 1,200 m²	Banho	400	40	2,02	161,6	79,9	59,92	B	Alumínio
Soletrol Ind. e Com. Ltda	Topsol		Topsol Mini	Banho	400	40	1	75,5	76,7	58,56	B	Alumínio
Solis Ind. e Com. de Aquecedor Solar S/A.	SOLIS		ECO V200	Banho	392	40	2	148,4	72,9	54	C	Alumínio
Solis Ind. e Com. de Aquecedor Solar S/A.	SOLIS		ECO V150	Banho	392	40	1,53	111,1	72,9	54	C	Alumínio
Solis Ind. e Com. de Aquecedor Solar S/A.	SOLIS		TRÓPICOS OMEGA V 200	Banho	392	40	2	166,4	83,1	60	A	Alumínio
Solis Ind. e Com. de Aquecedor Solar S/A.	SOLIS		TRÓPICOS OMEGA H 200	Banho	392	40	2	166,4	83,1	60	A	Alumínio
Solis Ind. e Com. de Aquecedor Solar S/A.	SOLIS		TRÓPICOS V 150	Banho	392	40	1,5	121,7	81,2	59	A	Alumínio
Solis Ind. e Com. de Aquecedor Solar S/A.	SOLIS		TRÓPICOS ALFA V 100	Banho	392	40	1	80	79,7	58	B	Alumínio
Solis Ind. e Com. de Aquecedor Solar S/A.	SOLIS		TRÓPICOS INOX V 200	Banho	392	40	2	166,7	83,4	60	A	Alumínio
Solis Ind. e Com. de Aquecedor Solar S/A.	SOLIS		TRÓPICOS INOX V 150	Banho	392	40	1,5	116,9	78	58	B	Alumínio
Solis Ind. e Com. de Aquecedor Solar S/A.	SOLIS		TRÓPICOS INOX V 100	Banho	392	40	1	76,3	76,3	56	B	Alumínio

Fonte: INMETRO (2024).

Figura 12 - Fator de clima (FC)

Ta	Tipo de Clima	FC
0	Muito Frio	1,4
18,6	Frio	1,2
21,6	Quente	1
24,6	Muito Quente	0,85

Fonte: Expert (2025).

A área utilizada para captação da radiação solar (Figura 13), para aquecer o volume de água consumido na residência, é influenciada pela eficiência e produção média diária de energia específica do coletor solar. A área ocupada pelos coletores solares (A_c) foi calculada equação (8).

Figura 13 - Irradiação solar global média (kWh/m².dia)

Microregião	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Januária	6	6,1	5,7	5,7	5,3	5,2	5,4	6	6,3	6,1	5,3	5,5	5,7
Janaúba	6,2	6,2	5,7	5,7	5,1	4,9	5,2	5,8	6,2	6,1	5,4	5,7	5,7
Montes Claros	5,9	6,1	5,5	5,5	5,1	5	5,2	5,7	6,1	5,9	5,2	5,4	5,6
Pirapora	5,7	6	5,5	5,5	5,2	5	5,1	5,7	6,1	6	5,2	5,3	5,5
Ituiutaba	5,5	5,7	5,5	5,5	4,9	4,7	4,9	5,5	5,7	5,9	5,9	5,6	5,5
Unai	5,5	5,7	5,3	5,3	5,2	5,1	5,3	5,8	6,1	5,8	5	5,1	5,4
Paracatu	5,5	5,8	5,3	5,3	5,1	4,9	5	5,7	6	5,8	5,1	5,2	5,4
Frutal	5,5	5,8	5,5	5,5	4,7	4,5	4,6	5,4	5,6	5,9	5,9	5,7	5,4
Uberlândia	5,3	5,7	5,3	5,3	4,9	4,7	4,9	5,5	5,7	5,8	5,5	5,4	5,3
Três Marias	5,4	5,9	5,3	5,3	4,9	4,8	4,9	5,6	5,8	5,8	5,1	5,2	5,3
Curvelo	5,5	5,9	5,3	5,3	4,9	4,8	4,9	5,5	5,8	5,8	5,1	5,2	5,3
Bocaiúva	5,6	5,9	5,3	5,3	4,8	4,7	4,9	5,5	5,9	5,8	5	5,2	5,3
Uberaba	5,1	5,6	5,1	5,1	4,7	4,5	4,7	5,4	5,6	5,7	5,4	5,3	5,2
Sete Lagoas	5,4	5,9	5,2	5,2	4,8	4,6	4,7	5,4	5,7	5,7	5,1	5,1	5,2
Patrocínio	5,2	5,6	5	5	4,9	4,7	4,9	5,6	5,8	5,7	5,2	5,1	5,1
Pará de Minas	5,4	5,8	5,2	5,2	4,7	4,5	4,6	5,3	5,6	5,6	5,1	5,1	5,2
Salinas	5,7	5,8	5,2	5,2	4,3	4	4,3	5	5,6	5,6	4,9	5,3	5,1
Patos de Minas	5,1	5,5	4,9	4,9	4,8	4,6	4,8	5,5	5,7	5,6	4,9	4,9	5,1
Passos	5,1	5,6	5,1	5,1	4,6	4,4	4,6	5,3	5,5	5,7	5,3	5,1	5,1
Grão Mongol	5,6	5,9	5,1	5,1	4,5	4,3	4,6	5,3	5,6	5,7	4,9	5,2	5,1
Formiga	5,2	5,7	5	5	4,6	4,4	4,5	5,3	5,5	5,6	5	5	5,1
Divinópolis	5,3	5,8	5,1	5,1	4,6	4,5	4,6	5,3	5,5	5,6	5,1	5,1	5,1
Bom Despacho	5,3	5,7	5,1	5,1	4,7	4,5	4,7	5,4	5,6	5,6	5	5,1	5,1
Belo Horizonte	5,2	5,7	5,1	5,1	4,6	4,4	4,6	5,3	5,5	5,6	5	4,9	5,1
Varginha	5,1	5,6	5	5	4,4	4,2	4,4	5,2	5,3	5,6	5,1	5,1	5

Fonte: CEMIG (2016).

$$A_c = 4.901 \frac{(E_u + E_p)FC_i}{(PMDEE)IG} \quad (8)$$

Onde:

A_c : Área coletora (m²);

E_u : Energia útil (kWh/mês);

E_p : Somatório das perdas do circuito primário e secundário - $E_p = 0,15E_u$ (kWh/mês. m²);

FC_i = Fator de correção para inclinação e orientação do coletor (vide NBR 15569)

PMEE: Produção média mensal de energia específica (kWh/mês);

IG: Irradiação global média anual diária para o local da instalação (kWh/mês m²).

5.5. Dimensionamento do boiler

Para o dimensionamento do boiler foram utilizadas as diretrizes da NBR 15569 (ABNT, 2021) para o sistema de aquecimento solar de água em circuito. Os volumes, de água quente consumido e do sistema armazenamento, foram calculados a partir das equações (9) e (10), respectivamente.

$$V_{Consumo} = \sum(Q_{pu}T_u \text{frequência de uso}) \quad (9)$$

Onde:

V_{cons} : Volume total de água quente para o consumo diário (m^3);

Q_{pu} : Vazão da peça que irá consumir água (m^3/s);

T_u : Tempo médio de utilização da peça diariamente (s);

Frequência de uso: Quantidade de usos da peça dos membros da casa por dia.

$$V_{arm} = \frac{V_{cons}(T_{cons} - T_{amb})}{(T_{arm} - T_{amb})} \quad (10)$$

Onde:

V_{arm} : Volume de armazenamento (L) - $V_{arm} \geq 75\%V_{cons}$ (Volume de consumo);

V_{cons} : Volume diário de água quente (L);

T_{cons} : Temperatura de consumo de utilização ($^{\circ}C$);

T_{arm} : Temperatura de armazenamento da água ($^{\circ}C$);

T_{amb} : Temperatura ambiente média anual no local de instalação ($^{\circ}C$).

5.6. Viabilidade técnica e econômica

A viabilidade técnica e econômica foi realizada por funcionamento hidráulico em termos do atendimento da pressão disponível residual no ponto mais crítico da instalação e do orçamento dos materiais necessário para instalação do sistema Manifold (CPVC versus PEX).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Projeto arquitetônico

A modelagem do projeto arquitetônico foi realizada a partir de um projeto já existente, desenvolvido no software AutoCad. Os desenhos técnicos criados a partir do Revit foram mostrados no (APÊNDICE III).

O pavimento térreo, com área construída de $190,15 m^2$, foi importado do AutoCad para o Revit e, posteriormente, foi acrescentado $15,37 m^2$ de área para instalação da área técnica (sistema de Manifold). A área destinada ao reservatório superior no projeto original foi mantida para alocação da bomba de recirculação e das válvulas (esfera e retenção). A bomba de circulação foi prevista para o funcionamento das placas, visto que o reservatório de alimentação se encontra abaixo delas. Outro ponto importante em relação a área foi devido a facilidade de manutenção destes componentes. As fachadas da modelagem final do projeto arquitetônico podem ser observadas nas Figuras 14

e 15.

Figura 14 - Fachada frontal da residência elaborada no Revit (2024)



Fonte: Do autor (2025).

Figura 15 – Fachada lateral da residência elaborada no Revit (2024)



Fonte: Do autor (2025).

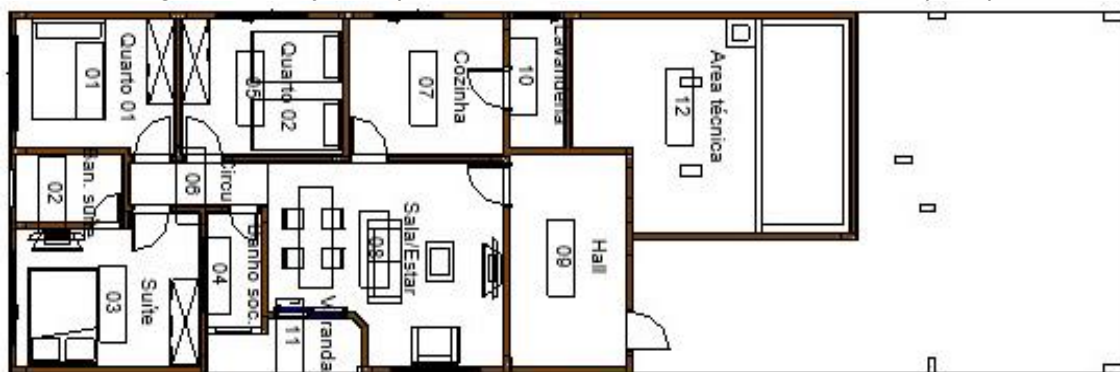
Para o sistema Manifold foi utilizado uma tubulação de Cloreto de Polivinila Clorado (CPVC) em substituição do Polietileno Reticulado (PEX) que é mais usual para este caso. Ao contrário, dos projetos convencionais, que utilizam o Policloreto de Vinila (PVC) para água fria e o CPVC para água quente (AQ), no sistema Manifold foi utilizado o CPVC para ambas as instalações. A escolha do CPVC foi devida as propriedades de resistência a alta temperatura em líquidos sob pressão maiores.

6.2. Dimensionamento hidráulico de água fria e quente

6.2.1 Consumo diário e volume reservado

Para dimensionar as instalações hidráulicas de água fria e quente na edificação foi necessário calcular o consumo diário (C_d) utilizando como base o número de quartos do projeto arquitetônico elaborado no software Revit, conforme mostrado na Figura 16.

Figura 16 - Projeto arquitetônico da residência modelada no Revit (2024)



Fonte: Do autor (2025).

A edificação, classificada como padrão médio devido as suas características, possui três quartos, dois banheiros, uma sala de estar, uma cozinha, um hall de entrada, varanda e uma área de serviço. Então, foram considerados o consumo per capita de 250 L/hab.dia e dois habitantes por quarto social, de acordo com a Tabela 1. Por meio da equação (1) foi obtido 1500 L/dia para o consumo diário da residência.

$$Cd = (2 * 3) \text{ hab} * 250 \frac{L}{\text{hab}} \cdot \text{dia} = 1500 \text{ L/dia}$$

O consumo diário representa a demanda prevista para os diversos usos dos ocupantes da edificação por dia, por exemplo: limpeza, preparo de alimentos, higiene pessoal, dessedentação, entre outros. Ademais, é recomendado pela NBR 5620 (ABNT, 2020) que a capacidade total de reservação de água considere a frequência e a duração de eventuais interrupções do abastecimento, devendo atender no mínimo 24 h de consumo normal. Embora, na prática seja observado valores menores de reserva, na literatura técnica é adotado o mínimo recomendado para atender o consumo normal ($2Cd$).

Para o caso em estudo, foi considerado as especificações em relação ao volume dos pontos de utilização listados no projeto, que são mais precisos e próximos da demanda real, visto que consideram o consumo, a frequência e o tempo de funcionamento dos aparelhos. Para que as instalações funcionem de forma equalizada em termos de vazão sem variação de pressão, foram utilizadas as informações do consumo de água quente, conforme Tabela 2. Por meio do cálculo do consumo diário de água quente [$C_{d(AQ)}$], utilizando a equação (2), foi obtido a demanda total de água para a edificação. Para o cálculo, com as

informações da Tabela 2, foi considerado o consumo diário de um habitante. Como na residência possui seis habitantes, o consumo total de água foi de 1940 L/dia. As informações de referência para o cálculo do consumo diário de água quente são mostradas na Tabela 4.

Tabela 4 - Consumo dos aparelhos de utilização da residência

Aparelhos	Quantidade	Vazão (L/min)	Frequência (dia)	Tempo (min)	Consumo (L/dia)
Chuveiro	2	8	1	15	240
Lavatório	2	5	1	2	20
Pia de cozinha	1	5	2	3	30
Máquina de lavar roupas	1	200	-	-	200

Fonte: Do autor (2025).

Portanto, o volume total, considerando o consumo diário de 1940 L/dia para 24 h de reserva, foi de 3880 L. Sendo assim, foram escolhidos dois reservatórios da marca Fortlev com capacidade de 2000 L cada (Figura 17).

Figura 17 - Dimensões do reservatório



Fonte: Adaptado de FORTLEV (2025).

As duas unidades de reserva foram instaladas com comunicação entre si (vasos comunicantes), de forma a facilitar a operação e a manutenção do sistema. Na Figura 18, é mostrado a configuração de instalação dos dois reservatórios.

6.2.2 Dimensionamento do Boiler

A edificação foi planejada para fornecer água quente por meio de um sistema de acumulação. Então, foi necessário realizar o dimensionamento do boiler, que é responsável pelo armazenamento de água quente. O cálculo foi realizado considerando a Tabela 2 que contém as informações de consumo dos aparelhos de utilização. O consumo estimado para o volume do boiler foi 776 L/dia, conforme considerações apresentadas na Tabela 5, utilizando cálculo pela equação (9).

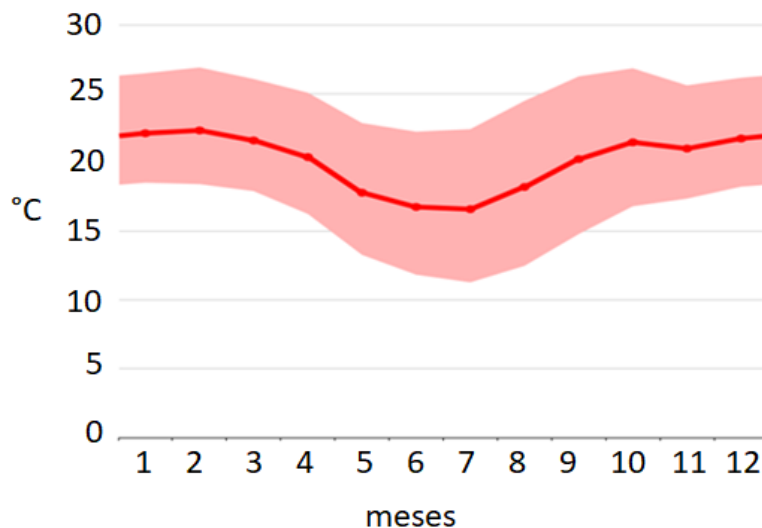
Tabela 5 - Consumo dos aparelhos de utilização para água quente

Aparelhos	Pessoas	Vazão (L/min)	Frequência (dia)	Tempo (min)	Volume (L)
Chuveiro	6	6,6	1	10	396
Lavabo	6	3,0	2	2	72
Pia da cozinha	6	3,0	2	3	108
Máquina de lavar roupas	-	-	-	-	200

Fonte: Do Autor (2025)

Com isto, foi possível calcular o volume de armazenamento do boiler pela equação (10). Para tanto, foi utilizado a temperatura ambiente média anual de Varginha/MG, ou seja, aproximadamente 22 °C (Figura 20).

Figura 20 - Variação da temperatura média anual ao longo do ano para Varginha/MG



Fonte: Adaptado de CLIMADATE (2021).

Considerado as temperaturas de armazenamento, consumo e ambiente iguais a 50 °C, 40 °C e 22 °C, respectivamente, foi encontrado 498,86 L.

$$V_{arm} = \frac{776 \text{ L} * (40 - 22)^{\circ}\text{C}}{(50 - 22)^{\circ}\text{C}} = 498,86 \text{ L}$$

Embora, o fornecedor comercializa boiler com capacidade de 500 L, o modelo escolhido foi MKP 600 da marca Heliotek de 600 L para permitir maior tolerância em relação ao tempo de uso, principalmente, nos chuveiros. As especificações técnicas do boiler encontram-se apresentadas na Figura 21.

Figura 21 - Especificações técnicas dos modelos de boiler comercializados pela Heliotek

Especificações técnicas	MKP400 flex	MKP500 flex	MKP600 flex
Volume interno (L)	400	500	600
Dimensões AxLxP(mm)	680x680x1700	680x680x2000	680x680x2300
Pressão de trabalho (mca/kpa)	5/49	5/49	5/49
Peso vazio (kg)	22,5	26,0	30,5
Entrada do coletor	1"	1"	1"
Saída do coletor	1"	1"	1"
Entrada de água	1"	1"	1"
Saída de água	1"	1"	1"
Potência da resistência elétrica (w)	2500	2500	2500
Tensão (V)	220	220	220
Frequência (Hz)	60	60	60
Corrente (A)	11,3	11,3	11,3
Disjuntor (A)	15	15	15
Seção transversal mínima dos condutores de alimentação (mm ²)	2,5	2,5	2,5
Grau de proteção	IP24	IP24	IP24
Material do cilindro interno	Aço Inox 444	Aço Inox 444	Aço Inox 444
Número do registro	004901/2016	004901/2016	004901/2016

Fonte: Heliotek (2024).

6.2.3 Ramal predial interno (alimentação)

O alimentador predial ou ramal interno é a tubulação que liga a rede abastecimento público ao reservatório da residência. Para alimentar a residência com a vazão mínima ($Cd = 1500 \text{ L}$) na velocidade de 1 m/s ($0,6 \leq V \leq 1,0 \text{ m/s}$), foi obtido um diâmetro de 4,7 mm, conforme cálculo utilizando a equação (3). Porém, o diâmetro adotado foi de 20 mm (menor diâmetro comercial).

$$D = \sqrt{\frac{4 * 1,74 * 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * 1 \text{ m/s}}} = 0,0047 \text{ m}$$

6.2.4 Elementos de distribuição interna

Nas instalações hidráulicas convencionais é comum o uso de PVC para água fria e CPVC para água quente. E quando é pensado em sistemas alternativos, como exemplo o Manifold, a tubulação PEX é mais usada para distribuir água fria e quente (Lourenço; Rodrigues, 2020). Embora, as temperaturas consideradas para água fria, misturada e quente foram 20°C, 40°C e 50°C, respectivamente, no sistema Manifold foi utilizado apenas CPVC em ambas as instalações, substituindo o PEX.

O dimensionamento da instalação hidráulica iniciou no sub-ramal e seguiu até o barrilete, passando pelo ramal. Uma das maiores preocupação no projeto hidráulico foi atender a pressão adequada para o funcionamento do aparelho no ponto crítico. Observando a planta hidráulica (APÊNDICE IV) foi verificado que chuveiro crítico se encontra no banheiro social. Na Figura 22, é mostrado o projeto simplificado do sistema Manifold.

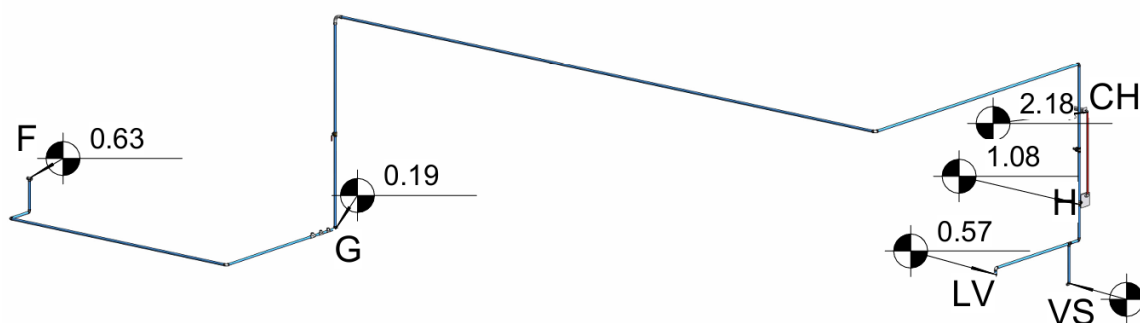
Figura 22 - Isométrico da instalação hidráulica de água fria e quente



Fonte: Do autor (2025)

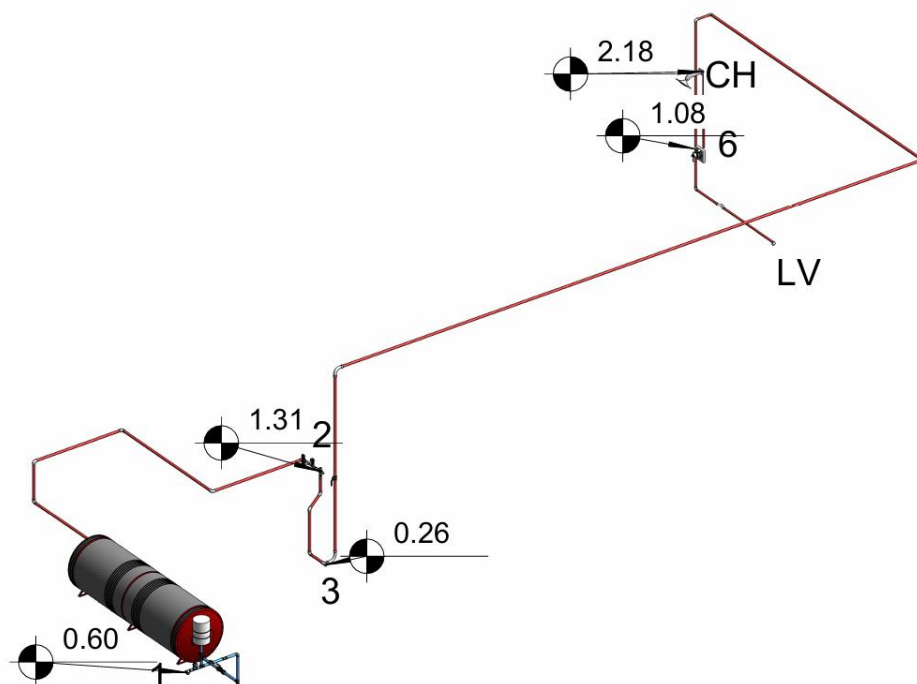
O diâmetro foi definido utilizando o Critério do Consumo Máximo Provável baseado no somatório dos pesos relativos dos aparelhos atendidos em cada trecho. O método de cálculo é o mesmo para qualquer um dos elementos de distribuição (barrilete, coluna, ramal e sub-ramal) de qualquer área molhada. Então, para exemplificar o dimensionamento de toda a instalação hidráulica da residência foram utilizados os trechos CH-H, H-G e G-F para água fria e CH-6, 6-3, 3-2 e 2-1 para água quente, correspondentes à tubulação que liga chuveiro mais crítico ao barrilete, conforme mostrado nas Figura 23 e 24.

Figura 23 - Representação dos trechos para tubulação de água fria do banheiro social



Fonte: Do autor (2025).

Figura 24 - Representação dos trechos para tubulação de água quente do banheiro social



Fonte: Do autor (2025).

O sistema Manifold distribui água de forma individualizada por área molhada e, no caso da instalação foi observado em cada trecho que CH-H e CH-6 abastecem somente o chuveiro, H-G abastece o chuveiro, o lavatório e o sanitário, G-F abastece dois chuveiros, dois lavatórios, dois sanitários, uma pia de cozinha, um bebedouro, uma máquina de lavar roupa e um tanque, 6-3/3-2 abastecem o chuveiro e o lavatório e 2-1 abastece o chuveiro e lavatório. Pela Tabela 3, foram obtidos os pesos relativos de 0,4 para o chuveiro ou ducha/misturador (água fria), 0,3 tanto para o lavatório/torneira ou misturador (água fria) como para a bacia sanitária/caixa de descarga, 0,7 tanto para a pia de cozinha/torneira ou misturador (água fria) como para o tanque/torneira e 1,0 para máquina de lavar roupas/registro de pressão. Utilizando a equação (4) e a

Figura 7 foram obtidos a vazão e os diâmetros em cada trecho.

Vazão Água Fria

- Trecho CH-H: corresponde ao sub-ramal do chuveiro crítico ($\sum P = 0,4$)

$$Q_{CH-H} = 0,3 * \sqrt{\sum P} = 0,3 * \sqrt{0,4} = 0,19 \text{ L/s}$$

- Trecho H-G: corresponde ao ramal/barrilete do chuveiro crítico ($\sum P = 1,0$)

$$Q_{H-G} = 0,3 * \sqrt{\sum P} = 0,3 * \sqrt{1,0} = 0,30 \text{ L/s}$$

- Trecho G-F: corresponde ao barrilete do chuveiro crítico ($\sum P = 3,4$)

$$Q_{H-G} = 0,3 * \sqrt{\sum P} = 0,3 * \sqrt{4,5} = 0,64 \text{ L/s}$$

Vazão Água Quente

- Trecho CH-6: corresponde ao sub-ramal do chuveiro crítico ($\sum P = 0,4$)

$$Q_{CH-H} = 0,3 * \sqrt{\sum P} = 0,3 * \sqrt{0,4} = 0,19 \text{ L/s}$$

- Trecho 6-3: corresponde ao ramal/barrilete do chuveiro crítico ($\sum P = 0,7$)

$$Q_{H-G} = 0,3 * \sqrt{\sum P} = 0,3 * \sqrt{0,7} = 0,25 \text{ L/s}$$

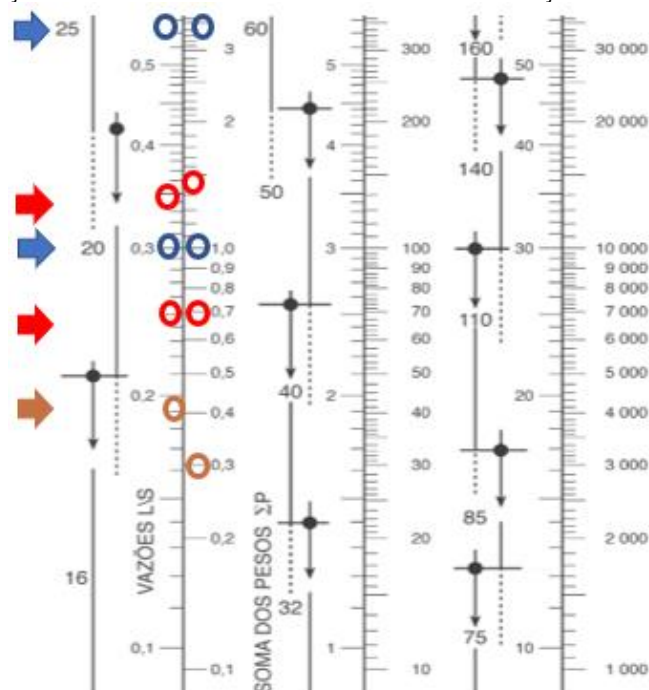
- Trechos 3-2 e 2-1: correspondem ao barrilete do chuveiro crítico ($\sum P = 0,7$)

$$Q_{H-G} = 0,3 * \sqrt{\sum P} = 0,3 * \sqrt{0,7} = 0,25 \text{ L/s}$$

Diâmetro

Com as informações do somatório dos pesos e das vazões em cada trecho foi definido o diâmetro destes por meio do Nomograma utilizado para água fria (AF). Na Figura 25, é indicado como os diâmetros foram determinados no Nomograma, no qual as cores, laranja referem-se ao sub-ramal comum as duas instalações (água misturada), azul e vermelha referem-se ao ramal e barrilete da água fria e quente, respectivamente.

Figura 25 - Definição dos diâmetros dos elementos de distribuição do chuveiro mais crítico



Fonte: Nomograma adaptado pelo autor (2025).

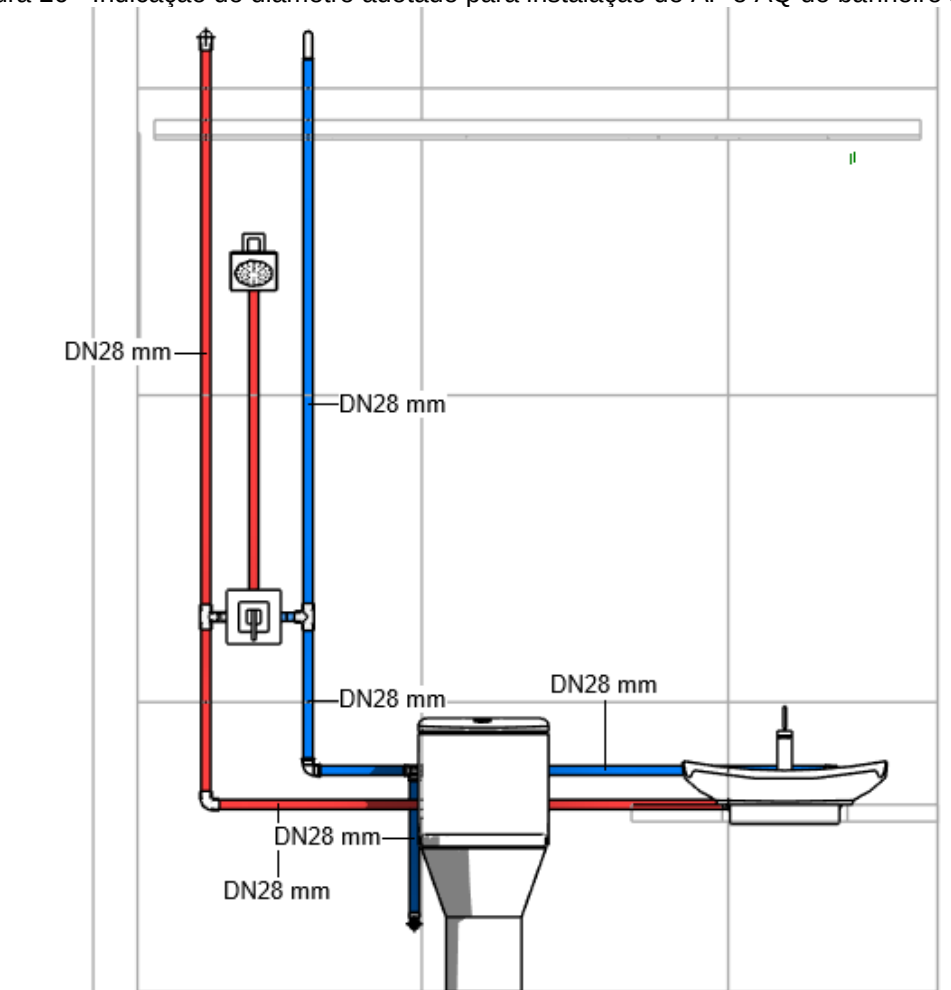
Por meio do Nomograma utilizado para tubulações de PVC rígido (Figura 8), o diâmetro do sub-ramal, ramal e barrilete foram iguais a 20 mm e somente 25 mm para o trecho G-F do barrilete de água fria (Figura 23). Como toda a instalação foi definida utilizando CPVC e o Nomograma foi construído para tubulações de PVC, foi necessário utilizar a Tabela 6. O diâmetro de CPVC, equivalente a 20 mm de PVC, foi 15 mm. Neste caso foi adotado 28 mm, conforme mostrado no corte vertical longitudinal da área molhada do banheiro social (Figura 26).

Tabela 6 - Equivalência entre os diâmetros comerciais

PVC Marrom	PVC Branco	CPVC	FG	PPR	Cobre
20 mm	½"	15 mm	½"	20 mm	15 mm
25 mm	¾"	22 mm	¾"	25 mm	22 mm
32 mm	1"	28 mm	1"	32 mm	28 mm
40 mm	1 ¼"	35 mm	1 ¼"	40 mm	35 mm
50 mm	1 ½"	42 mm	1 ½"	50 mm	42 mm
60 mm	2"	54 mm	2"	63 mm	54 mm
75 mm	2 ½"	73 mm	2 ½"	75 mm	66 mm
85 mm	3"	89 mm	3"	90 mm	79 mm
110 mm	4"	114 mm	4"	110 mm	104 mm

Fonte: Adaptado de Senai (2014).

Figura 26 - Indicação do diâmetro adotado para instalação de AF e AQ do banheiro social



Fonte: Do autor (2025).

Mesmo sabendo que na prática é comum utilizar 22 mm para tubulações de água quente e que maiores diâmetros aumentam os custos da instalação hidráulica, o diâmetro adotado permaneceu de 28 mm. A escolha do maior diâmetro levou em consideração os eventuais danos na tubulação ao longo do tempo (incrustação, corrosão, envelhecimento) e a maior segurança em relação a pressão disponível no ponto de utilização mais crítico, chuveiro. Para verificar se a escolha do diâmetro foi realmente correta é importante analisar a velocidade da água em cada um dos trechos.

Para o cálculo da velocidade nos trechos que atendem o chuveiro crítico, foi utilizado o diâmetro interno de 23,4 mm correspondente ao diâmetro nominal de 28 mm, conforme mostrado na Tabela 7.

Tabela 7 - Diâmetro interno da tubulação de CPVC Aquatherm

PPR PN 12		PPR PN 20		PPR PN 25		Soldável		Roscável		Aquatherm®	
DN	DI	DN	DI	DN	DI	DN	DI	DN	DI	DN	DI
20	16,2	20	14,4	20	13,2	20	17	1/2"	7,5	15	12,2
25	20,4	25	18	25	16,6	25	21,6	3/4"	13,25	22	18
32	26,2	32	23,2	32	21,2	32	27,8	1"	18,4	28	23,4
40	32,6	40	29	40	24,6	40	35,2	1 1/4"	24,35	35	28,5
50	40,8	50	36,2	50	33,2	50	44	1 1/2"	30,1	42	33,7
60	48,4	60	45	60	42	60	53,4	2"	41,4	54	44,2
75	61,4	75	54,4	75	50	75	66,6	2 1/2"	54,1	73	60
90	73,6	90	65,4	90	60	90	80,6	3"	66,6	89	74,1
110	90	110	79,8	110	73,4	110	97,8	4"	91,6	114	93,9

Fonte: Catálogo Tigre (2021).

Considerando escoamento do sub-ramal, ramal e barrilete foi observado que todos possuem mesmo diâmetro interno, porém as vazões do ramal e do barrilete são diferentes do sub-ramal. Nestas condições, foi calculada velocidade real pela equação da continuidade ($Q = AV$). Já, a velocidade máxima que está relacionada com a dimensão da seção de escoamento, foi calculada pela equação $V_{max} = 14\sqrt{D}$, informada por Botelho e Ribeiro Júnior (2014) no Nomograma técnico (construído com os diâmetros comerciais para tubos de PVC).

Velocidade Água Fria

- Trecho H-CH: corresponde ao sub-ramal do chuveiro crítico

$$V = \frac{4 * 0,19 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * (2,34 \times 10^{-2} \text{ m})^2} = 0,44 \text{ m/s} < V_{max} = 14\sqrt{2,34 \times 10^{-2} \text{ m}} = 2,14 \text{ m/s}$$

- Trecho H-G: corresponde ao ramal/barrilete do chuveiro crítico

$$V = \frac{4 * 0,30 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * (2,34 \times 10^{-2} \text{ m})^2} = 0,69 \text{ m/s} < V_{max} = 14\sqrt{2,34 \times 10^{-2} \text{ m}} = 2,14 \text{ m/s}$$

- Trecho G-F: corresponde ao barrilete do chuveiro crítico

$$V = \frac{4 * 0,64 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * (2,34 \times 10^{-2} \text{ m})^2} = 1,48 \text{ m/s} < V_{max} = 14\sqrt{2,34 \times 10^{-2} \text{ m}} = 2,14 \text{ m/s}$$

Velocidade Água Quente

- Trecho H-6: corresponde ao sub-ramal do chuveiro crítico

$$V = \frac{4 * 0,19 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * (2,34 \times 10^{-2} \text{ m})^2} = 0,44 \text{ m/s} < V_{max} = 14\sqrt{2,34 \times 10^{-2} \text{ m}} = 2,14 \text{ m/s}$$

- Trecho 6-3: corresponde ao ramal/barrilete do chuveiro crítico

$$V = \frac{4 * 0,25 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * (2,34 \times 10^{-2} \text{ m})^2} = 0,58 \text{ m/s} < V_{max} = 14\sqrt{2,34 \times 10^{-2} \text{ m}} = 2,14 \text{ m/s}$$

- Trechos 3-2 e 2-1: correspondem ao barrilete do chuveiro crítico

$$V = \frac{4 * 0,25 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * (2,34 \times 10^{-2} \text{ m})^2} = 0,58 \text{ m/s} < V_{max} = 14\sqrt{2,34 \times 10^{-2} \text{ m}} = 2,14 \text{ m/s}$$

Em todos os trechos a velocidade da água foi muito menor que a velocidade máxima que a instalação suporta sem causar ruídos na rede de destruição ou rupturas na tubulação. A NBR 5626 (ABNT, 2020) não especifica nenhum valor de referência para a velocidade no escoamento, ao contrário da NBR 5626 (ABNT, 1998) que definia o limite não superiores a 3,0 m/s em qualquer trecho de tubulação para evitar ruído, e golpe de aríete. Apesar norma atual não expor qual é limitação de velocidade em trechos onde comprovadamente a tubulação fique sujeita a golpes de aríete, é recomendando seja evitado a propagação de ruídos que excedam valores descritos na NBR 10152 (ABNT, 2020).

Para determinar a energia perdida pela água durante o escoamento foi necessário calcular a perda de carga (hf) utilizando as equações da hidráulica. Neste caso, foi utilizado a equação universal (Darcy–Weisbach) como indicado pelo item 6.14.4 da NBR 5626 (ABNT, 2020).

Com a viscosidade dinâmica da água (μ), nas temperaturas de 20°C, 40°C e 50°C, obtida pela Tabela 8 e a rugosidade absoluta do CPVC (0,007 mm) retirada das informações do catálogo técnico (Figura 27), foi encontrado número o Reynolds (Re) e a rugosidade relativa (ε/D), que por sua vez foram utilizados para determinar o fator de atrito (f) por meio do diagrama de Moody e, assim, calcular perda de carga (hf) pela equação (5). É importante relatar que água apresenta pequenas variações quando submetida as condições diferentes de temperaturas e pressão, sendo considerada como fluido incompressível (Fox; McDonald; Pritchard, 2018). Nestas condições, foi utilizado a massa específica da água (ρ) igual a 1000 Kg/m³, visto que sua densidade absoluta máxima à 4°C é próxima deste valor.

Tabela 8 - Variação das propriedades físicas da água com a temperatura

$T [^{\circ}C]$	$\mu [kg/m.s]$	$\nu [m^2/s]$
	$\times 10^{-3}$	$\times 10^{-6}$
0	1,781	1,785
5	1,518	1,519
10	1,307	1,306
15	1,139	1,139
20	1,002	1,003
25	0,890	0,893
30	0,798	0,800
40	0,653	0,658
50	0,547	0,553
60	0,466	0,474
70	0,404	0,413
80	0,354	0,364
90	0,315	0,326
100	0,282	0,294

Fonte: Adaptado de Fox; McDonald; Pritchard (2018).

Figura 27 - Características gerais das tubulações CPVC

- Fabricado em CPVC (Policloreto de Vinila Clorado) Flowguard®
- Cor: Bege;
- Diâmetros (mm):
 - SuperCPVC Água Quente: DN15, DN22, DN28, DN35, DN42, DN54, DN73, DN89 e DN114;
 - SuperCPVC PN12 Água Fria: DN35, DN42, DN54, DN73, DN89 e DN114;
- Tubos no comprimento de 3 metros (ponta-ponta);
- Rosca de transição das conexões no padrão ISO 7-1: Rosca Macho – cônica; Rosca Fêmea – paralela;
- Junta soldável com aplicação de adesivo CPVC;
- Coeficiente de dilatação térmica linear: $6,84 \times 10^{-5} \text{ m/m.}^{\circ}C$;
- Coeficiente rugosidade Hazen-Williams: $C=150$ (0,007mm)
- Coeficiente de condutibilidade térmica: 0,14 W/m.K

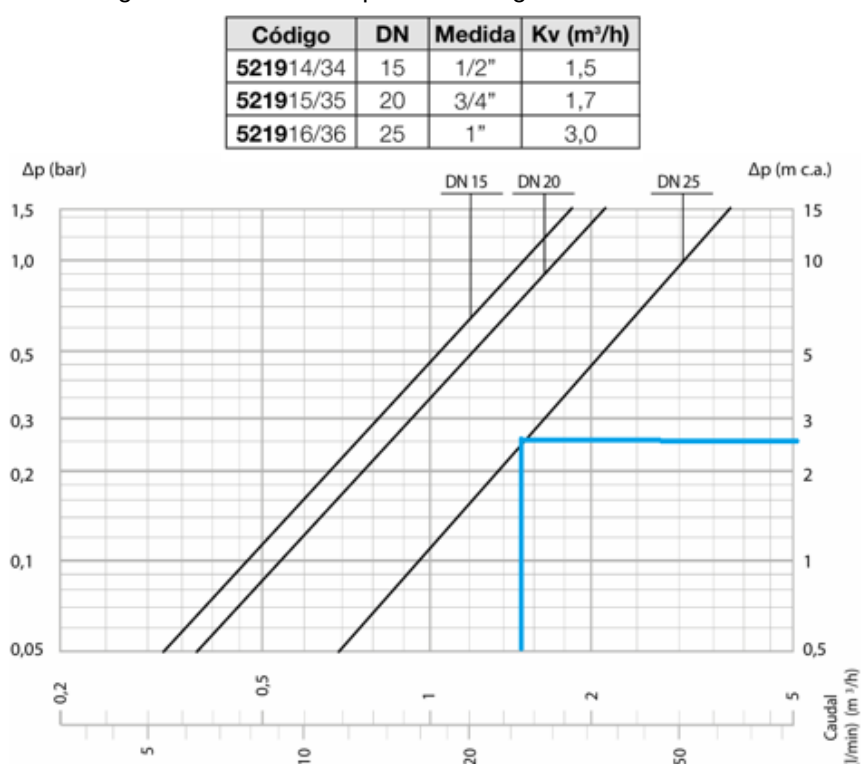
Fonte: Catálogo Amanco (2025).

O valor do fator de atrito (f) foi 0,023 tanto para água quente como para água fria. Os cálculos necessários para obter o Reynolds (Re), a rugosidade relativa (ε/D) e fator de atrito (f) estão detalhados no APÊNDICE I.

Perda de Carga Válvula Misturadora

A válvula misturadora foi inserida no quadro do Manifold no projeto para fazer a mistura da água fria com a quente e dessa forma levar a água nos pontos de utilização na temperatura ideal para o consumo. Como não foi dado o comprimento equivalente na Figura 10, foi utilizado as informações de KV para o cálculo da perda de carga da válvula misturadora (Figura 28).

Figura 28 - Fator kv e perda de carga na válvula misturada



Fonte: CALEFFI (2022).

O cálculo da perda de carga foi baseado na variação da vazão com a pressão, no qual a vazão utilizada foi 25 L/min para determinar kv igual 3,0 m³/h, conforme mostrado abaixo.

$$Q = kv \sqrt{\Delta p} \quad \frac{\left(\frac{25 \frac{L}{min} * 60 min}{1000 \left(\frac{L}{m^3} \right)} \right) m^3}{h} = \frac{3 m^3}{h} * \sqrt{\Delta p} \quad \sqrt{\Delta p} = 0,25 bar \quad (2,50 mca)$$

A perda de carga total é a diferença entre a energia inicial e final utilizada

pela água durante o escoamento em um determinado trecho da tubulação, sendo ela distribuída ou localizada. Com o valor do fator de atrito (f) foi determinado a perda de carga unitária (j) e com este dado, juntamente com o comprimento total (L_T) em cada trecho foi calculado a perda de carga total (hf). No trecho 2-1 do barrilete de água quente foi somado a perda de carga da válvula misturadora (2,50 mca). Os detalhes do cálculo do comprimento total em todos os trechos foram apresentados no APÊNDICE I.

Perda de Carga Total Água Fria

- Trecho H-CH: corresponde ao sub-ramal do chuveiro crítico

$$J = 0,0827 * \frac{0,023 * (0,19 \times 10^{-3} m^3/s)^2}{(2,34 \times 10^{-2} m)^5} = 0,0098 \text{ mca/m}$$

$$hf = J * L_T = 0,0098 \frac{m}{m} * 6,45 m = 0,063 \text{ mca}$$

- Trecho H-G: corresponde ao ramal/barrilete do chuveiro crítico

$$J = 0,0827 * \frac{0,023 * (0,30 \times 10^{-3} m^3/s)^2}{(2,34 \times 10^{-2} m)^5} = 0,024 \text{ mca/m}$$

$$hf = J * L_T = 0,024 \frac{m}{m} * 24,41 m = 0,59 \text{ mca}$$

- Trecho G-F: corresponde ao barrilete do chuveiro crítico

$$J = 0,0827 * \frac{0,023 * (0,64 \times 10^{-3} m^3/s)^2}{(2,34 \times 10^{-2} m)^5} = 0,11 \text{ mca/m}$$

$$hf = J * L_T = 0,11 \frac{m}{m} * 15,94 m = 1,75 \text{ mca}$$

Perda de Carga Total Quente

- Trecho H-6: corresponde ao sub-ramal do chuveiro crítico

$$J = 0,0827 * \frac{0,023 * (0,19 \times 10^{-3} m^3/s)^2}{(2,34 \times 10^{-2} m)^5} = 0,0098 \text{ mca/m}$$

$$hf = J * L_T = 0,0098 \frac{m}{m} * 6,3 m = 0,061 mca$$

- Trecho 6-3: correspondem ao ramal/barrilete do chuveiro crítico

$$J = 0,0827 * \frac{0,023 * (0,25 \times 10^{-3} m^3/s)^2}{(2,34 \times 10^{-2} m)^5} = 0,017 mca/m$$

$$hf = J * L_T = 0,017 \frac{m}{m} * 24,13 m = 0,41 mca$$

- Trechos 3-2 e 2-1: correspondem ao barrilete do chuveiro crítico

$$J = 0,0827 * \frac{0,023 * (0,25 \times 10^{-3} m^3/s)^2}{(2,34 \times 10^{-2} m)^5} = 0,017 mca/m$$

$$hf = J * L_T = 0,017 m/m * (11,43 m + 12,4 m) = 0,19 mca + 0,21 mca = 0,4 mca$$

Pressão Disponível no Chuveiro Crítico

De acordo com a NBR 5626 (ABNT, 2020), a pressão disponível é a diferença entre a pressão de abastecimento e as perdas de carga ao longo da tubulação, conexões e dispositivos hidráulicos. Essa pressão deve ser suficiente para garantir o funcionamento adequado dos aparelhos sanitários e atender aos requisitos mínimos de pressão e vazão especificados para cada ponto de consumo.

A norma recomenda que a pressão mínima disponível no ponto de utilização seja de 10 kPa (1 mca) para dispositivos como torneiras de lavatórios e pias, enquanto a pressão máxima não deve ultrapassar 400 kPa (40 mca) sem a instalação de redutores de pressão, a fim de evitar danos aos componentes da instalação. Além disso, deve-se considerar as perdas de carga distribuídas e localizadas, bem como a influência da altura geométrica no cálculo da pressão disponível.

O chuveiro exige uma pressão mínima disponível 10 kPa (1 mca), no entanto muitos chuveiros demandam valores maiores para funcionar corretamente, principalmente os modelos com reguladores de vazão. No projeto analisado o ponto crítico, que é o chuveiro do banheiro social, resultou em uma pressão disponível residual de -6,30 mca e -4,85 mca para água fria e quente,

respectivamente. O cálculo abaixo foi retirado da planilha de dimensionado (APÊNDICE II).

Água Fria

$$P_{\text{disponível}} = P_{\text{residual}} + \text{Diferença de cotas}$$

$$P_{\text{disponível}} = -5,17 \text{ m} - 1,08 \text{ m} = -6,25 \text{ mca}$$

$$P_{\text{residual}} = P_{\text{disponível}} - hf$$

$$P_{\text{residual}} = -6,25 \text{ m} - 0,051 \text{ m} = -6,30 \text{ mca}$$

Água Quente

$$P_{\text{disponível}} = P_{\text{residual}} + \text{Diferença de cotas}$$

$$P_{\text{disponível}} = -3,81 \text{ m} - 1,08 \text{ m} = -4,89 \text{ mca}$$

$$P_{\text{residual}} = P_{\text{disponível}} - hf$$

$$P_{\text{residual}} = -4,89 \text{ m} - 0,06 \text{ m} = -4,95 \text{ mca}$$

As pressões disponíveis encontradas não atingiram ao mínimo exigido pela norma técnica, no entanto no projeto analisado será utilizado um pressurizador para levar água até os pontos de utilização e atender a pressão disponível no chuveiro do banheiro social que é o ponto mais crítico do projeto.

6.2.5. Cálculo do pressurizador

Os reservatórios estão localizados no térreo, ou seja, no nível mais baixo em relação a distribuição de água até os pontos finais de consumo. O traçado foi considerado do reservatório até no forro da residência (barrilete), passando pelos ramais, sub-ramais até os pontos de utilização. Sendo assim, foi necessário utilizar um sistema de pressurização, que levou em conta a vazão do chuveiro, ponto mais crítico em relação ao reservatório, isto é, maior gasto de energia para levar a água até o ponto final. Como foi escolhido um boiler com maior capacidade que a prevista, sendo 20% a mais que o volume comercial indicado, foi escolhido um chuveiro com vazão de 9,6 L/min, que é maior que o valor considerado no cálculo para determinar o volume do boiler.

A NBR 5626 (ABNT, 2020) sugere que o método utilizado para dimensionamento fique a cargo do projetista. Logo, para dimensionar o pressurizador foi levado em conta as características arquitetônicas (nº de quartos e banheiros) e de funcionamento do sistema (vazão do ponto crítico e a probabilidade de uso). Como a residência possui dois banheiros e seis pessoas, é provável que seja utilizado os dois chuveiros ao mesmo tempo. Desta forma, a vazão do chuveiro irá dobrar, passando de 9,6 L/min para 19,2 L/min. Ainda, tem-se a probabilidade de outro aparelho funcionar ao mesmo tempo que os chuveiros, por exemplo, uma torneira com 5 L/min de vazão. Para estimar um consumo mais próximo da realidade de uso, foi considerado a vazão dos três aparelhos funcionando juntos com vazão total de 24,2 L/min, ou seja, aproximadamente 25 L/min.

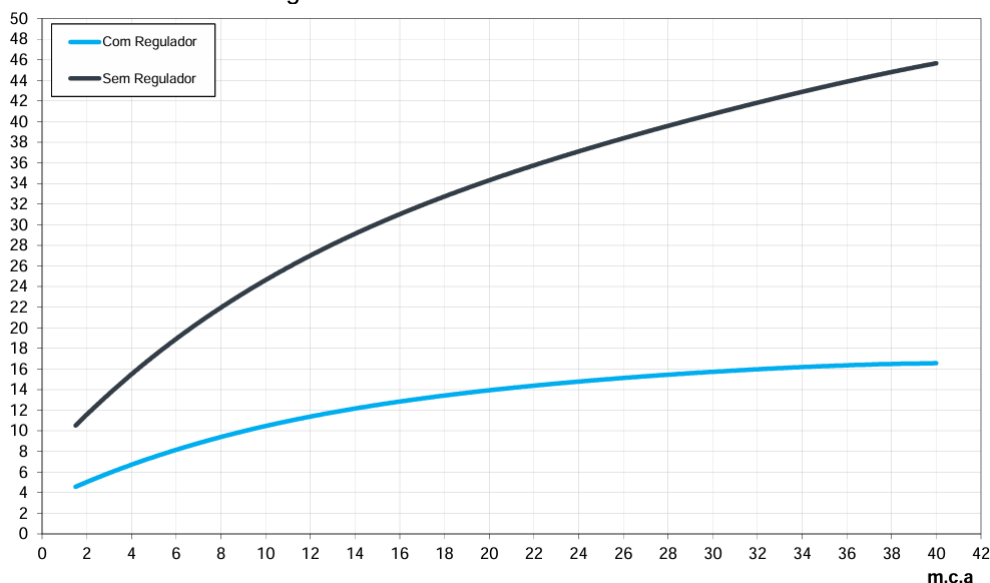
Considerando a curva de vazão da Figura 29, referente ao chuveiro com regulador, foi observado que a pressão de 8 mca entrega uma vazão aproximada de 9,6 L/min, que é necessária para o funcionamento do aparelho na residência. No entanto, a localização do chuveiro no ponto mais crítico do projeto, apresentou pressão disponível residual de -6,30 mca (Trecho H-CH), conforme dado da Tabela 9, ou seja, está com pressão insuficiente para o funcionamento. Logo, para o cálculo do pressurizador, foi considerado a soma da perda de carga do chuveiro crítico com a pressão necessária para o seu funcionamento na vazão definida, sendo estes valores 8 mca e 9,6 L/min. Desta forma, foi obtido um valor aproximado de 14 mca. Nestas condições, foi necessário utilizar um pressurizador de 14 mca de pressão e vazão de 25 L/min para o sistema de água fria.

Tabela 9 - Dimensionamento inicial de água fria

Parâmetro	Unidade de Medida	Informação de Projeto	
Trecho	-	AB	H-CH
Comprimento Real (tubos)	m	22,24	5,18
Diâmetro Interno	mm	23,4	23,4
Vazão	L/min	38,4	11,4
Coefficiente de Reynolds	Adimensional	34632	10296
Rugosidade Relativa	m/m	0,0003	0,0003
Fator de Atrito	-	0,023	0,023
Perda de Carga Total	mca	2,47	0,051
Diferença de Cotas	m	0,15	-1,08
Pressão Disponível	mca	0,15	-6,25
Pressão Disponível Residual	mca	-2,32	-6,30
Pressão Requerida no Ponto	mca	10	10

Fonte: Do Autor (2025)

Figura 29 - Curva de vazão do chuveiro



Fonte: Docol (2017).

No entanto, a vazão inicial obtida de 38,4 L/min no trecho AB (Tabela 9), responsável por atender toda residência, foi maior do que a necessária para atender ao chuveiro crítico. Para diminuir a vazão até 25 L/min foi realizado manipulações na planilha de cálculo com o objetivo de reduzir a perda de carga do chuveiro. Assim, conseguiu-se reduzir a perda de carga do chuveiro crítico para 3,78 mca (Tabela 10). Este valor somado com 8 mca, pressão necessária para a vazão de 9,6 L/min no chuveiro, foi obtido aproximadamente 12 mca de pressão para atender a vazão de 25 L/min, necessária para abastecer toda a residência. Portanto, pressurizador adotado deve fornecer energia de 12 mca para o escoamento de 25 L/min.

Tabela 10 - Dimensionamento com redução de vazão de água fria

Parâmetro	Unidade de Medida	Informação de Projeto	
Trecho	-	AB	H-CH
Comprimento Real (tubos)	m	22,24	5,18
Diâmetro Interno	mm	23,4	23,4
Vazão	L/min	25	11,4
Coefficiente de Reynolds	Adimensional	22932	10339
Rugosidade Relativa	m/m	0,0003	0,0003
Fator de Atrito	-	0,023	0,023
Perda de Carga Total	mca	1,06	0,05
Diferença de Cotas	m	0,15	-1,08
Pressão Disponível	mca	0,15	-3,73
Pressão Disponível Residual	mca	-0,91	-3,78
Pressão Requerida no Ponto	mca	10	10

Fonte: Do Autor (2025)

Para verificar o funcionamento do pressurizador, foi realizado os mesmos cálculos para o sistema de água quente, no qual a pressão disponível residual

do chuveiro critico, Trecho 06-CH mostrado na Tabela 11, foi de -4,95 mca. Este valor foi somado a com 8 mca, pressão necessária para a vazão de 9,6 L/min, foi obtido aproximadamente 13 mca de pressão para atender a vazão de 25 L/min.

Tabela 11 - Dimensionamento inicial de água quente

Parâmetro	Unidade de Medida	Informação de Projeto	
Trecho	-	AB	06-CH
Comprimento Real (tubos)	m	22,24	6,30
Diâmetro Interno	mm	23,4	23,4
Vazão	L/min	38,4	11,4
Coefficiente de Reynolds	Adimensional	69264	20592
Rugosidade Relativa	m/m	0,0003	0,0003
Fator de Atrito	-	0,023	0,023
Perda de Carga Total	mca	2,47	0,062
Diferença de Cotas	m	0,15	-1,08
Pressão Disponível	mca	0,15	-4,89
Pressão Disponível Residual	mca	-2,32	-4,95
Pressão Requerida no Ponto	mca	10	10

Fonte: Do Autor (2025)

Com a realização dos cálculos para diminuir a vazão do sistema de água quente para 25 L/min, foi observado que pressão disponível residual no chuveiro reduziu para 3,58 mca, conforme mostrado na Tabela 12. Somando este valor aos 8 mca foram obtidos aproximadamente 12 mca de pressão necessário para abastecer a residência com água quente. Então, foi verificado que tanto para água fria como para água quente foi necessário adotar um pressurizador de 12 mca.

Tabela 12 - Dimensionamento com redução de vazão de água quente

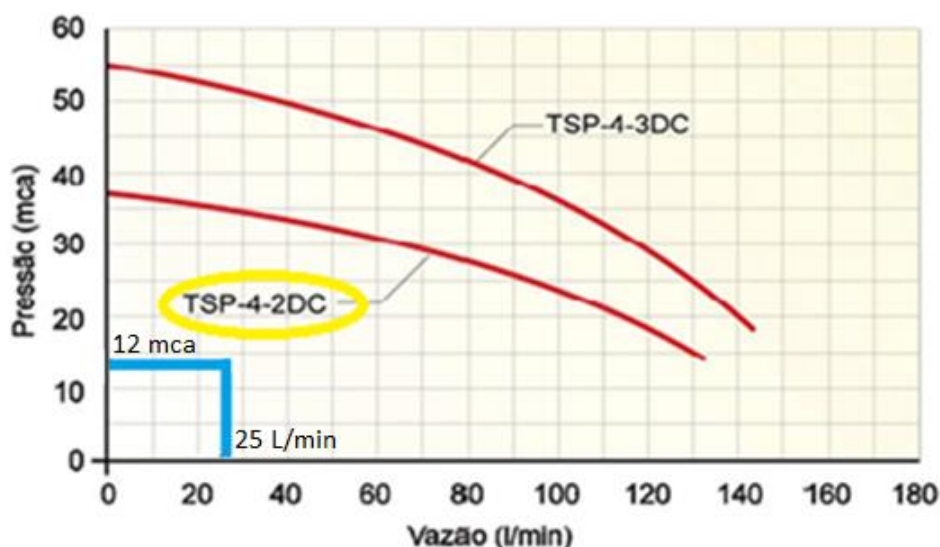
Parâmetro	Unidade de Medida	Informação de Projeto	
Trecho	-	AB	06-CH
Comprimento Real (tubos)	m	22,24	6,30
Diâmetro Interno	mm	23,4	23,4
Vazão	L/min	25	11,4
Coefficiente de Reynolds	Adimensional	37800	16920
Rugosidade Relativa	m/m	0,0003	0,0003
Fator de Atrito	-	0,018	0,023
Perda de Carga Total	mca	0,83	0,050
Diferença de Cotas	m	0,15	-1,08
Pressão Disponível	mca	0,15	-3,53
Pressão Disponível Residual	mca	-0,68	-3,58
Pressão Requerida no Ponto	mca	10	10

Fonte: Do Autor (2025)

A diferença entre a pressão disponível residual para água fria e quente foi -0,20 mca, ou seja, quanto mais próximo forem mais equalizados estará o

sistema. Um sistema em equilíbrio hidráulico funciona de forma mais adequada e permite maior conforto para o usuário em termos de fluxo de água nos pontos de utilização. Sendo assim, para as condições de funcionamento da instalação hidráulica (12 mca e 25 L/min) foi escolhido o pressurizador TSP-4-2DC, conforme mostrado pela curva de seleção dos modelos de pressurizadores do fornecedor (Figura 30).

Figura 30 - Definição de modelos de pressurizadores da marca Texius



Fonte: Adaptado do Manual de instalação da Texius (2024).

6.2.6. Cálculo das placas solares

Com o objetivo de promover maior sustentabilidade ambiental ao projeto, o aquecimento da água será realizado por painéis solares. Utilizando a média de 22°C para Varginha/MG que foi informada na Figura 20, foram gastos 487,80 kWh/mês de energia para elevar a temperatura de uma massa de água referente a 500 L para 50°C, temperatura da água quente no boiler. Sabendo que 1 kWh = 3600 kJ, o cálculo da energia útil mensal (E_u) foi realizado pela equação (6), utilizando os seguintes dados: 0,500 m³ (volume de armazenamento); 1000 kg/m³ (massa específica da água); 4,18 kJ/kg.K (calor específico da água), 22°C (temperatura ambiente) e 50°C (temperatura de armazenamento).

$$E_u = \frac{0,500 \text{ L} \times 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \times (50 - 22)^\circ\text{C}}{3600 \text{ h}} = 16,25 \frac{\text{kWh}}{\text{d}} \times 30 \text{ d} = 487,80 \text{ kWh/mês}$$

Para determinar o número de coletores, foi necessário escolher um modelo do painel solar adequado para as características técnicas do projeto, ou

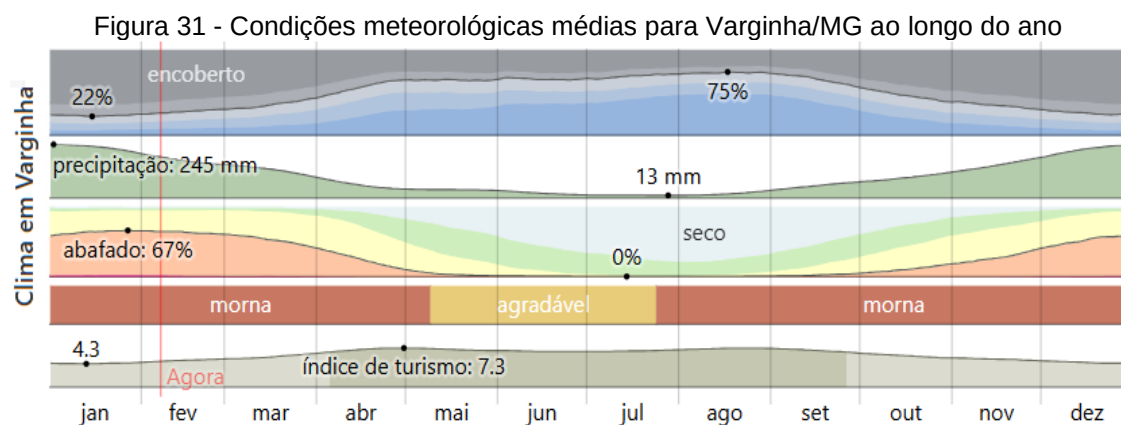
seja, ter produção energética suficiente para obter o menor número de placas possíveis com dimensões compatíveis para sua distribuição regular na área do telhado sem causar sobrepeso na laje e, na melhor das hipóteses, voltados para o norte geográfico. Desta forma, foi escolhido o coletor solar do modelo TRÓPICOS V 150, marca Solis, que possui produção média mensal de energia de 121,7 kWh/mês, conforme especificações técnicas mostradas na Tabela 13.

Tabela 13 - Especificações técnicas dos coletores solares

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS													
Modelo	Classificação Inmetro	Dimensões (cm)			Peso (Kg)		Produção Média Mensal de Energia		Eficiência Energética Média (%)	No	a1	a2	Número do Registro do Objeto
		Largura	Comprimento	Altura	Vazio	Cheio	Por Coletor (kWh/mês)	Por m² Específica (kWh/mês.m²)					
TRÓPICOS e V100	B	100	100	6,5	13,0	14,2	80,0	79,7	58	0,732	6,593	0,017	007284/2020
TRÓPICOS V150	A	100	150	6,5	19,5	20,9	121,7	81,2	59	0,733	6,369	0,014	007285/2020
TRÓPICOS Q V200	A	100	200	6,5	24,5	26,1	166,4	83,1	60	0,735	5,824	0,018	007286/2020
TRÓPICOS Q H200	A	200	100	6,5	25,0	26,6	166,4	83,1	60	0,735	5,824	0,018	007286/2020

Fonte: Solis (2023).

Apesar das ondas de calor ocorridas em 2024, Varginha apresenta temperaturas médias variando entre 11 e 29°C ao longo do ano e raramente fica inferior a 7°C ou superior a 33°C. Pela Figura 31 é observado que na maioria dos meses o clima foi considerado como morno e, somente, no inverno que o clima foi considerado agradável.



Fonte: Weather Spark (2020).

Tendo em vista que o clima de Varginha é considerado morno na maior parte do ano, foi utilizado fator de clima (FC) igual a 1, que se refere ao clima quente. Sendo assim, a partir da equação (7), foi encontrado 4 coletores solares.

$$N_c = \frac{487,80 \text{ kWh/mês}}{121,7 \text{ kWh/mês}} \times 1 = 4,00 \text{ coletores}$$

Para a residência, foi considerado a orientação dos coletores solares voltada para o norte geográfico e com ângulo de inclinação de 25° em relação ao plano horizontal. A área coletora (A_c) foi calculada por meio da equação (8), utilizando o valor da irradiação média global (IG) para Varginha/MG igual a 5,42 kWh/m²dia (Figura 13), o somatório das perdas térmicas, tanto no circuito primário quanto secundário igual a 2,43 kWh/dia (0,15*16,22 kWh/dia), o PMDEE igual a 81,2 kWh/mês.m² (Figura 11) e FCI = 1.

$$A_c = 4.901 * \frac{(16,22 \text{ kWh/dia} + 2,43 \text{ kWh/dia}) * 1}{2,71 \text{ kWh/dia.m}^2 * 5,42 \text{ kWh/m}^2\text{dia}} = 6,22 \text{ m}^2$$

Logo, foi utilizado o TRÓPICOS V 150 que possui 1,5 m², sendo necessário 4 coletores solares para área total de 6,00 m².

7. ORÇAMENTO

Para o projeto foi realizado uma estimativa de custo do sistema de Manifold, utilizando as tubulações PEX e CPVC. O levantamento de custos levou em consideração apenas o traçado proposto no projeto, sem considerar os componentes da área técnica. O orçamento utilizou as informações referentes ao comprimento da tubulação e as conexões utilizadas para instalação de água fria e quente para os dois tipos de materiais. Para o PEX foi alterado alguns componentes em relação ao CPVC, sendo eles: substituição das curvas de 90° por joelhos de 90° e das buchas de redução por luvas de redução, pois não foram encontradas na tabela de referência Sinapi e não são comuns para o PEX. Ademais, devido flexibilidade do material não foi considerado a curva de transposição para o PEX. Os custos foram de R\$5.982,46 e R\$6.658,93 para o PEX e CPVC, respectivamente. Os orçamentos dos materiais necessários para instalação do sistema Manifold com PEX ou CPVC estão no APÊNDICE V.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implementação do sistema Manifold representou um avanço significativo em relação aos sistemas convencionais, visto que, o seu uso permitiu a centralização do sistema, possibilitando que haja redução do número de conexões e dos riscos de vazamento. A individualização por área molhada permitiu o isolamento de áreas específicas sem interromper o abastecimento

geral. Além disso, a otimização do fluxo é vantagem para conforto dos usuários devido ao fornecimento mais rápido e uniforme da vazão. O sistema Manifold é uma inovação hidráulica que oferece benefícios, porém, necessita de espaço para implantação da área técnica, sendo mais indicado para edificações de padrão médio a alto.

A facilidade em controlar o sistema reduz bastante os custos a longo prazo e o planejamento de forma eficiente pode contribuir para redução de gastos com peças que apresentam baixa eficiência, como é o caso dos registros de gaveta. Apesar da viabilidade técnica indiscutível, devido a maior segurança e praticidade, o sistema Manifold utilizando CPVC foi 10,2% mais caro em comparação com o PEX.

Independente do material do tubo, quanto maior for o trajeto e as mudanças de direção maior será a energia gasta pela água para vencer tais obstáculos (perda de carga). Para garantir um sistema eficiente e em conformidade com a NBR 5626 (ABNT, 2020), é fundamental realizar um dimensionamento adequado da rede hidráulica, considerando a pressão disponível, as características dos dispositivos e as necessidades específicas dos usuários.

Planejar a instalação é de grande importância para o funcionamento satisfatório em termos de pressão e vazão de atendimento nos pontos de consumo. Sendo assim, o dimensionamento da instalação tem por finalidade escolher o diâmetro que melhor atende em termos de pressão e vazão suficiente. Por fim, o sistema Manifold é uma solução inovadora para as instalações hidráulicas prediais, sendo uma ótima alternativa para projetos que buscam mais eficiência, segurança e sustentabilidade.

9. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O estudo apresentou a aplicação do sistema Manifold com a utilização de CPVC em substituição do PEX. No entanto, existem muitas lacunas a serem exploradas para melhor compreender a aplicação do sistema. Dentre elas, são sugeridas:

- Realizar a viabilidade técnica e econômica do sistema de Manifold utilizando o CPVC e o sistema convencional utilizando o PVC e o CPVC.

- Analisar o funcionamento do chuveiro (ponto crítico) em edificações com dois ou mais pavimentos.
- Verificar a economia de materiais hidráulicos utilizando o sistema Manifold setorizado (alimentando mais de uma área molhada) em comparação com o individualizado.
- Analisar a perda na saída do chuveiro devido ao resfriamento da água na instalação de água quente sem recirculação.
- Estudar o funcionamento de válvulas para otimizar ainda o desempenho do sistema e reduzir custos com trocas futuras e danos com patologias.
- Utilizar energia fotovoltaica para o funcionamento da bomba pressurizadora com objetivo de obter certificação LEED (Leadership in Energy and Environmental Design).

REFERÊNCIAS DE LITERATURA

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10152. **Acústica – Níveis de pressão sonora em ambientes internos de edificação**. Rio de Janeiro, 2020.

NBR 15569. **Sistema de aquecimento solar de água em circuito direto Requisitos de projeto e instalação**. Rio de Janeiro, 2021.

NBR 5626: **Instalação predial de água fria**. Rio de Janeiro, 1998.

NBR 5626: **Sistemas prediais de água fria e água quente – Projeto, execução, operação e manutenção**. Rio de Janeiro, 2020.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em:<<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/programa-de-eficiencia-energetica>> Acessado em: 10/janeiro/2025.

ANSELMO; A. S.; ONEDA, T. M. S. Aspectos técnicos e econômicos de diferentes tipos de materiais nos sistemas prediais hidráulicos: análise comparativa entre PEX e PVC. **XV Simpósio Nacional de Sistemas Prediais**, Joinville/SC, 19 e 20 de outubro, 2023.

BAPTISTA, M. B.; COELHO, M. M. L. P.; CIRILO, J. A.; MASCARENHAS, F. C. B. **Hidráulica Aplicada**. 2. ed. Porto Alegre: **ABHR**, 2014.

BOTELHO, M. H. C.; RIBEIRO JUNIOR, G. A. **Instalações hidráulicas prediais: utilizando tubos plásticos**. 4. ed. São Paulo: **Blucher**, 2014.

CABRAL, A. P.; Almeida, M. S.; Alencar, R. H. C.; Silva, V. R. S. Utilização de materiais não convencionais em sistemas hidráulicos prediais. In: **II CONGRESSO INTERNACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO – Saberes do Semiárido: desafios às pesquisas científicas**, Bahia, 2017.

CARVALHO JÚNIOR, R. **Patologia dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários**. 4. ed. São Paulo, SP: **Blucher**, 2021.

COSTA, R. S. **Contabilidade para iniciantes em ciências contábeis**. 5 ed. São Paulo: **Editora Senac**, 2019.

EXPERT. Expert em instalações hidráulicas e sanitárias. Disponível em: <https://rateiobrasil.org/course/show/expert-em-instalacoes-hidraulicas-e-sanitarias/> Acessado em: 10/janeiro/2025.

FORMOSO, C.; SOIBELMAN, L.; DE CESARE, C. ISATTO, E. Material Waste in Building Industry: Main Causes and Prevention. **Journal of Construction Engineering and Management**, v.128, n.4, p.316-325, 2002.

FOX, R. W.; MCDONALD, A. T.; PRITCHARD, P. J. **Introdução à Mecânica dos Fluidos**. 9 ed., Rio de Janeiro: **LTC**, 2018.

KRONA. Tubos e acessórios. Disponível em: <<https://www.krona.com.br/blog/tudo-sobre-cpvc/>> acessado em: 10/dezembro/2024.

LACOPO, A. F.; ARAÚJO, P. P. B.; SILVA, F.; PIRES, R. C. S. Sistema hidráulico em obras de edificações de parede de concreto: a utilização do PEX na construção civil. **Construção Civil: Engenharia e Inovação**, Rio de Janeiro, v.5, p.64-79, 2023.

DANTAS, L. M. S.; NUNES, L. A. S. Análise de pressão em dois chuveiros do projeto hidráulico de uma residência térrea unifamiliar. 8 f. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Bacharelado em Ciência e Tecnologia). Universidade Federal Rural do Semiárido – UFRSA – Mossoró/RN, 2021.

LOURENÇO, A. F.; RODRIGUES, R. F. T. Sistema de Tubulações Flexível Como Solução Eficaz para Instalações Hidráulicas. *Revista Boletim do Gerenciamento*, n.21, p.55-67, 2020.

MACINTYRE, A. J. Instalações hidráulicas: prediais e industriais. 4. ed., Rio de Janeiro: **LTC**, 2017.

MATTOS, A. D. A técnica de edificar. 10.ed. São Paulo: **Pini**, 2009.

MARTINS; T. G.; RODRIGUES, R. Os benefícios da utilização de novas tecnologias para sistemas hidráulicos. **Revista Boletim do Gerenciamento**, n.27, p.56-65, 2021.

MELHADO, S. B. Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção. **Tese** (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1994.

AZEVEDO NETTO, J. M.; FERNÁNDEZ, M. F. Manual de hidráulica. 9 ed., São Paulo: **Blucher**, 2015.

NICOLAU, M. F.; BARRETO, D.; MARQUES NETO, J. C. Levantamento da perda de materiais na execução de instalações de água fria e quente: recorte de estudo em edifício habitacional. **1º Workshop de Tecnologia de Processos e Sistemas Construtivos TECSIC**, 03 e 04 de agosto, 2017.

REALI, M. A. P.; MORUZZI, R. B.; PICANÇO, A. P.; BLUNDI, C. E. Instalações Prediais de Água Fria. 2002. 62 f.– **Apostila de Instalações Prediais de água fria**. Universidade de São Paulo Escola de Engenharia de São Carlos – Departamento de Hidráulica e Saneamento, São Carlos, São Paulo. Disponível em: <<http://repositorio.eesc.usp.br/server/api/core/bitstreams/ba36d89d-952c-4f91-924d-7a22bdfbfe18/content>> Acessado em: 10/maio/2024.

SANTOS JUNIOR. R. D.; JUNHO. A. L; COSTA. T. F; PEREIRA. I.Z; SANTOS. I. F. S. Análise do escoamento e do coeficiente da perda de carga localizada em uma válvula borboleta por meio de modelagem numérica. **PHC. Notícias e SHIP NEWS**, v.77, n.2, p.9-12, abr./jun. 2018.

SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. Instalador hidráulico. São Paulo, **SENAI-SP Editora**, 2014.

SILVA, G. V. M. Estudo comparativo entre os métodos de perdas de cargas em dimensionamentos de projetos prediais de água fria. 46 f. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Bacharelado em Engenharia Civil). Instituto Federal Goiano – IF Goiano, Trindade/GO, 2019.

APÊNDICES

APÊNDICE I – DETERMINAÇÃO DO FATOR DE ATRITO

Número de Reynolds e Rugosidade Relativa – Água Fria

- Trecho H-CH: corresponde ao sub-ramal do chuveiro crítico

Dados: $\rho = 1000 \frac{kg}{m^3}$; $\mu \approx 0,001 N \cdot \frac{s}{m^2}$; $D = 0,0234 m$; $V = 0,44 \frac{m}{s}$; $\varepsilon = 0,007 mm$

$$Re = \frac{DV\rho}{\mu} = \frac{0,0234 m * 0,44 \frac{m}{s} * 1000 \frac{kg}{m^3}}{0,001 N \cdot \frac{s}{m^2}} = 10296$$

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,007 mm}{23,4 mm} = 0,0003$$

- Trecho H-G: corresponde ao ramal/barrilete do chuveiro crítico

Dados: $\rho = 1000 \frac{kg}{m^3}$; $\mu \approx 0,001 N \cdot \frac{s}{m^2}$; $D = 0,0234 m$; $V = 0,69 \frac{m}{s}$; $\varepsilon = 0,007 mm$

$$Re = \frac{DV\rho}{\mu} = \frac{0,0234 m * 0,69 \frac{m}{s} * 1000 \frac{kg}{m^3}}{0,001 N \cdot \frac{s}{m^2}} = 16146$$

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,007 mm}{23,4 mm} = 0,0003$$

- Trecho G-F: corresponde ao barrilete do chuveiro crítico

Dados: $\rho = 1000 \frac{kg}{m^3}$; $\mu \approx 0,001 N \cdot \frac{s}{m^2}$; $D = 0,0234 m$; $V = 0,69 \frac{m}{s}$; $\varepsilon = 0,007 mm$

$$Re = \frac{DV\rho}{\mu} = \frac{0,0234 m * 1,48 \frac{m}{s} * 1000 \frac{kg}{m^3}}{0,001 N \cdot \frac{s}{m^2}} = 34632$$

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,007 mm}{23,4 mm} = 0,0003$$

Número de Reynolds e Rugosidade Relativa – Água Quente

- Trecho H-6: corresponde ao sub-ramal do chuveiro crítico

Dados: $\rho = 1000 \frac{kg}{m^3}$; $\mu \approx 0,0005 N \cdot \frac{s}{m^2}$; $D = 0,0234 m$; $V = 0,44 \frac{m}{s}$; $\varepsilon = 0,007 mm$

$$Re = \frac{DV\rho}{\mu} = \frac{0,0234 m * 0,44 \frac{m}{s} * 1000 \frac{kg}{m^3}}{0,0005 N \cdot \frac{s}{m^2}} = 20592$$

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,007 mm}{23,4 mm} = 0,0003$$

- Trecho 6-3: corresponde ao ramal/barrilete do chuveiro crítico

Dados: $\rho = 1000 \frac{kg}{m^3}$; $\mu \approx 0,00055 N \cdot \frac{s}{m^2}$; $D = 0,0234 m$; $V = 0,58 \frac{m}{s}$; $\varepsilon = 0,007 mm$

$$Re = \frac{DV\rho}{\mu} = \frac{0,0234 m * 0,58 \frac{m}{s} * 1000 \frac{kg}{m^3}}{0,0005 N \cdot \frac{s}{m^2}} = 27144$$

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,007 mm}{23,4 mm} = 0,0003$$

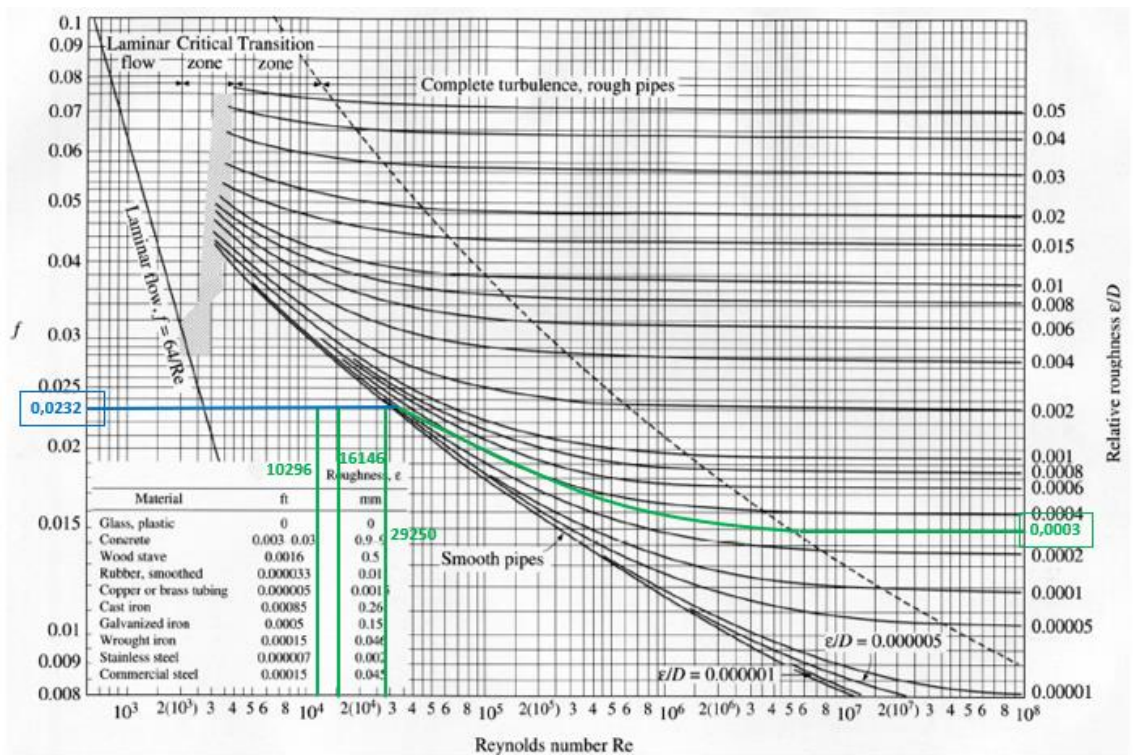
- Trecho 3-2/2-1: correspondem ao barrilete do chuveiro crítico

Dados: $\rho = 1000 \frac{kg}{m^3}$; $\mu \approx 0,00055 N \cdot \frac{s}{m^2}$; $D = 0,0234 m$; $V = 0,58 \frac{m}{s}$; $\varepsilon = 0,007 mm$

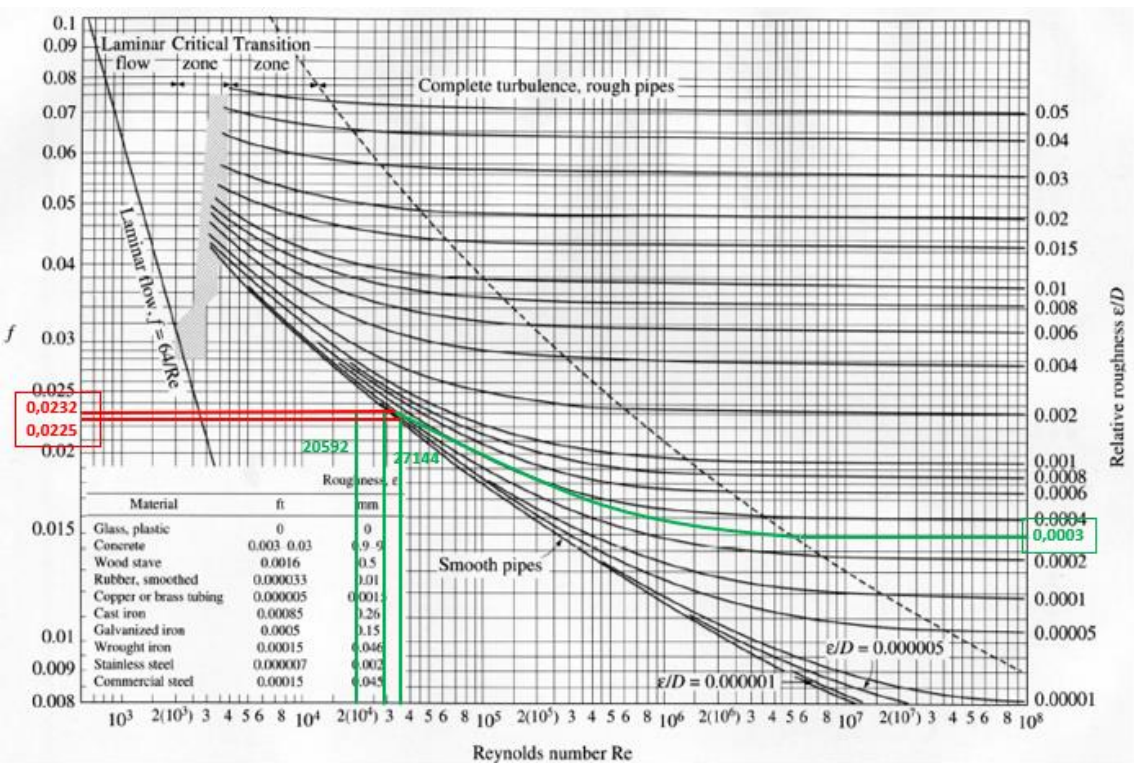
$$Re = \frac{DV\rho}{\mu} = \frac{0,0234 m * 0,58 \frac{m}{s} * 1000 \frac{kg}{m^3}}{0,0005 N \cdot \frac{s}{m^2}} = 27144$$

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,007 mm}{23,4 mm} = 0,0003$$

Fator de Atrito – Água Fria



Fator de Atrito – Quente



Comprimento total – Água Fria

- Trecho H-CH: corresponde ao sub-ramal do chuveiro crítico

Peças hidráulicas: 1 joelho de 90°, 1 monocomando.

$$Le = 1 * 2,05 \text{ m} + 1 * 2,05 \text{ m} = 4,10 \text{ m}$$

$$Lr = 2,35 \text{ m}$$

$$L_T = 6,45 \text{ m}$$

- Trecho H-G: corresponde ao ramal/barrilete do chuveiro crítico

Peças hidráulicas: 3 joelhos de 90°, 1 tê de passagem direta, 1 registro de gaveta.

$$Le = 3 * 2,05 \text{ m} + 1 * 1,84 \text{ m} + 1 * 0,30 \text{ m} = 8,29 \text{ m}$$

$$Lr = 16,12 \text{ m}$$

$$L_T = 24,41 \text{ m}$$

- Trecho G-F: corresponde ao barrilete do chuveiro crítico

Peças hidráulicas: 2 joelhos de 90°, 5 tês de passagem direta.

$$Le = 2 * 2,05 \text{ m} + 5 * 1,84 \text{ m} = 13,30 \text{ m}$$

$$Lr = 5,00 \text{ m}$$

$$L_T = 15,94 \text{ m}$$

Comprimento total – Água Quente

- Trecho H-6: corresponde ao sub-ramal do chuveiro crítico

Peças hidráulicas: 1 joelho de 90°, 2 buchas de redução, 1 monocomando.

$$Le = 1 * 2,05 \text{ m} + 2 * 0,56 \text{ m} + 1 * 2,05 \text{ m} = 5,22 \text{ m}$$

$$Lr = 1,08 \text{ m}$$

$$L_T = 6,3 \text{ m}$$

- Trecho 6-3: corresponde ao ramal/barrilete do chuveiro crítico

Peças hidráulicas: 2 joelhos de 90°, 1 te de passagem direta, 1 curva de 90°.

$$Le = 2 * 2,05 \text{ m} + 1 * 1,84 \text{ m} + 1 * 0,92 \text{ m} = 6,86 \text{ m}$$

$$Lr = 17,27 \text{ m}$$

$$L_T = 24,13 \text{ m}$$

- Trecho 3-2/2-1: correspondem ao barrilete do chuveiro crítico

Peças hidráulicas: 3 joelhos de 90°, 1 tê de passagem direta.

$$Le = 3 * 2,05 \text{ m} + 2 * 1,84 \text{ m} = 9,83 \text{ m}$$

$$Lr = 1,60 \text{ m}$$

$$L_T = 11,43 \text{ m}$$

Peças hidráulicas: 3 joelhos de 90°, 1 tê de passagem direta, 1 válvula misturadora (não considerado no cálculo por que não tem na listagem da Figura 9. Cálculo feito separado).

$$Le = 3 * 2,05 \text{ m} + 1 * 1,84 \text{ m} = 7,99 \text{ m}$$

$$Lr = 4,41 \text{ m}$$

$$L_T = 12,4 \text{ m}$$

APÊNDICE II – DIMENSIONAMENTO ÁGUA FRIA

Ambiente	Techo	Peças atendidas no trecho	Peso	Q (l/s)	Dinterno	Dadot (mm)	$V = \frac{4 * Q * 10^3}{\pi * D^2}$	$V \leq 14\sqrt{D}$ E $V \leq 3 m/s$	
							(m/s)	$V \leq 14\sqrt{D}$	Conferencia
Barrilete	AB	2 VS, 2 CH, 2 LV, 1 PIA, 1 BE, 1 MQ, 1 TQ	4,5	0,64	23,40	28	1,48	ok	ok
Banheiro suíte, cozinha e área de serviço	BC	VS, CH, LV, PIA, BE, MQ, TQ	3,5	0,56	23,40	28	1,31	ok	ok
Banheiro suíte	C-D	CH, VS, LV	1,0	0,30	23,40	28	0,70	ok	ok
Banheiro suíte	D-CH	CH	0,4	0,19	23,40	28	0,44	ok	ok
Banheiro suíte	D-E	VS, LV	0,6	0,23	23,40	28	0,54	ok	ok
Banheiro suíte	E-VS	VS	0,3	0,16	23,40	28	0,38	ok	ok
Banheiro suíte	E-LV	LV	0,3	0,16	23,40	28	0,38	ok	ok
Banheiro social	G-F	2 VS, 2 CH, 2 LV, 1 PIA, 1 BE, 1 MQ, 1 TQ	4,5	0,64	23,40	28	1,48	ok	ok
Banheiro social	H-G	VS, LV, CH	1,0	0,30	23,40	28	0,70	ok	ok
Banheiro social	H-CH	CH	0,4	0,19	23,40	28	0,44	ok	ok
Banheiro social	H-I	VS, LV	0,6	0,23	23,40	28	0,54	ok	ok
Banheiro social	I-VS	VS	0,3	0,16	23,40	28	0,38	ok	ok
Banheiro social	I-LV	LV	0,3	0,16	23,40	28	0,38	ok	ok

cozinha	J-K	BE, PIA	0,8	0,27	23,40	28	0,62	ok	ok
cozinha	K-PIA	PIA	0,7	0,25	23,40	28	0,584	ok	ok
cozinha	K-BE	BE	0,1	0,09	23,40	28	0,221	ok	ok
área serviço	L-M	TQ, MQ	1,7	0,39	23,40	28	0,910	ok	ok
área serviço	M-MQ	MQ	1,0	0,30	23,40	28	0,70	ok	ok
área serviço	M-TQ	TQ	0,7	0,25	23,40	28	0,58	ok	ok

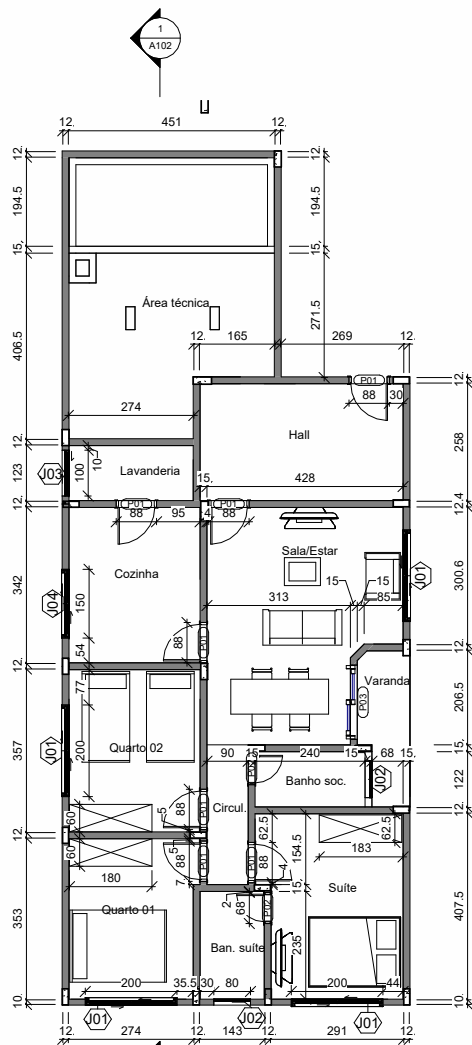
Ambiente	trecho	Peças que compoem o trecho	Total comp. Equiv. (m)	Comprimento total tubulação	comprimento real da tubulação	Diametro interno(mm)	Q (l/s)	$\gamma = \frac{4 \times Q \times 10^3}{\pi \times D^2}$	$Re = \frac{DV\rho}{\mu}$	$Rug. relativa = \frac{\epsilon}{D}$	Diagram de moody f	$J = 0,0827 \frac{LQ^2}{D^5}$ (mca/m)	perda de carga total (mca)	Dif. De cotas (m)	Pressão disponível	Pressão disponível residual	Pressão requerida no ponto
Todos os comodoss	AB	6 joelhos de 90°, 3 tê de passagem direta	17,83	4,41	22,24	23,4	0,64	1,48	34632	0,0003	0,023	0,1110	2,4697	0,15	0,15	-2,32	10,0
VS, CH, LV, PIA, BE, MQ, TQ	BC	2 joelhos de 90°, 2 tê de passagem direta	7,79	4,9	12,69	23,4	0,56	1,31	30654	0,0003	0,018	0,0665	0,8444	0,41	-1,91	-2,75	10,0
VS, CH, LV	C-D	3 curvas de 90°, 1 tê de passagem bilateral, 1 registro de gaveta	8,19	16,5	24,69	23,4	0,3	0,70	16324	0,0003	0,022	0,0233	0,5763	-0,91	-3,66	-4,24	10,0
Banheiro suíte	D-CH	1 joelho de 90°, 1 monocomando	2,35	1,17	3,52	23,4	0,19	0,44	10296	0,0003	0,029	0,0123	0,0434	-1,08	-5,32	-5,36	10,00
Banheiro suíte	D-E	1 joelho de 90°, 1 tê de passagem direta	3,89	0,7	4,59	23,4	0,23	0,54	12636	0,0003	0,023	0,0143	0,0658	0,46	-3,78	-3,85	10,00
Banheiro suíte	E-VS	1 joelho de 90°, 1 tê de passagem direta	3,89	0,42	4,31	23,4	0,16	0,38	8892	0,0003	0,025	0,0075	0,0325	0,43	-3,42	-3,45	10,00
Banheiro suíte	E-LV	2 joelhos de 90°	4,1	1,42	5,52	23,4	0,16	0,38	8892	0,0003	0,025	0,0075	0,0416	0,08	-3,77	-3,81	10,00
Banheiro social	G-F	2 joelhos de 90°, 5 tê de passagem direta	13,3	5,0	15,94	23,4	0,64	1,48	34632	0,0003	0,023	0,1110	1,7701	0,42	-1,90	-3,67	10,00
Banheiro social	H-G	3 joelhos de 90°, 1 tê de passagem direta, 1 registro de gaveta	8,29	16,12	24,41	23,4	0,3	0,69	16146	0,0003	0,023	0,0244	0,5956	-0,9	-4,57	-5,17	10,00
Banheiro social	H-CH	1 joelho de 90°, 1 monocomando	4,1	1,08	5,18	23,4	0,19	0,44	10296	0,0003	0,023	0,0098	0,051	-1,08	-6,25	-6,30	10,00
Banheiro social	H-I	1 joelho de 90°, 1 tê de passagem direta	3,89	0,58	4,47	23,4	0,23	0,54	12636	0,0003	0,023	0,0143	0,0641	0,44	-4,73	-4,79	10,00
Banheiro social	I-VS	1 joelho de 90°, 1 tê de passagem direta	3,89	0,42	4,31	23,4	0,16	0,38	8892	0,0003	0,025	0,0075	0,0325	0,43	-4,36	-4,39	10,00
Banheiro social	I-LV	2 joelhos de 90°	4,1	1,42	5,52	23,4	0,16	0,38	8892	0,0003	0,025	0,0075	0,0416	0,08	-4,71	-4,75	10,00
cozinha	J-K	4 joelhos de 90°, 1 registro de gaveta, 1 curva de transposição, 1 tê	11,57	12,06	23,63	23,4	0,27	0,62	14508	0,0003	0,022	0,0189	0,4467	-0,44	-3,19	-3,64	10,00
cozinha	K-PIA	3 joelhos de 90°, 1 tê de passagem direta	7,99	0,0	8,0	23,4	0,25	0,58	13603	0,0003	0,022	0,0162	0,1300	0	-3,64	-3,77	10,00
cozinha	K-BE	2 joelhos de 90°	4,1	1,62	5,72	23,4	0,09	0,22	5148	0,0003	0,029	0,0028	0,0300	-0,51	-4,15	-4,18	10,00
área serviço	L-M	3 joelhos de 90°, 1 tê, 1 registro de gaveta	8,29	5,27	13,56	23,4	0,39	0,91	21221	0,0003	0,020	0,0359	0,4862	-0,53	-3,28	-3,77	10,00
área serviço	M-MQ	1 tê de passagem direta	1,84	0	1,84	23,4	0,3	0,70	16324	0,0003	0,021	0,0223	0,0410	0	-3,77	-3,81	10,00
área serviço	M-TQ	2 joelhos de 90°, 1 curva de transposição	5,33	0,68	6,01	23,4	0,25	0,58	13603	0,0003	0,022	0,0162	0,0974	-0,1	-3,87	-3,97	10,00

APÊNDICE II – DIMENSIONAMENTO ÁGUA QUENTE

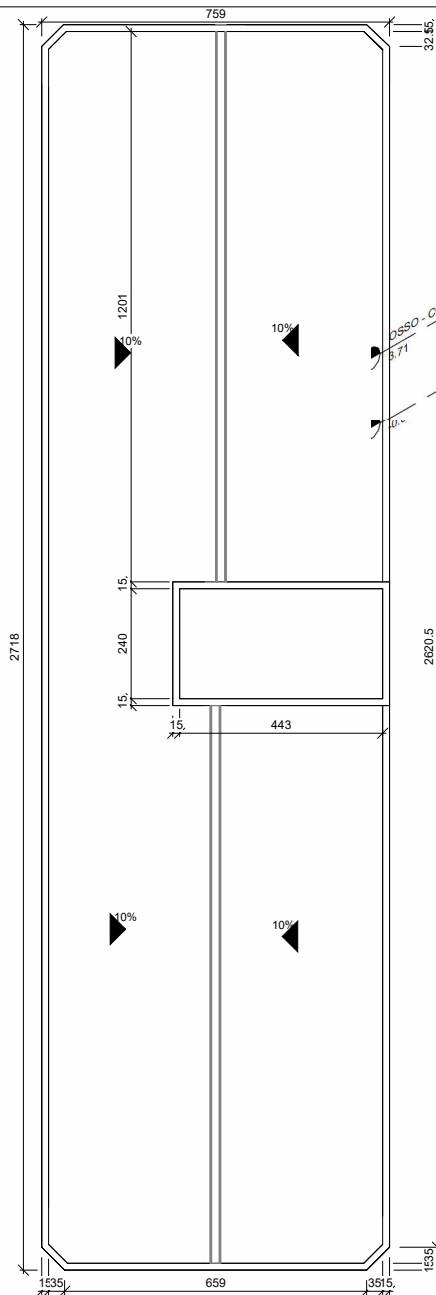
Ambiente	Techo	Peças atendidas no trecho	Peso	Q (l/s)	Dinterno	Dadot (mm)	$V = \frac{4 * Q * 10^3}{\pi * D^2}$	$V \leq 14\sqrt{D}$ E $V \leq 3 \text{ m/s}$	
							(m/s)	$V \leq 14\sqrt{D}$	Conferencia
Todos os comodors	AB	2 VS, 2 CH, 2 LV, 1 PIA, 1 BE, 1 MQ, 1 TQ	4,5	0,64	23,40	28	1,48	ok	ok
Barrilete	2;1	CH, LV	0,7	0,25	23,40	28	0,58	ok	ok
Barrilete	3;2	CH, LV	0,7	0,25	23,40	28	0,58	ok	ok
Banheiro suite	03;04	CH, LV	0,4	0,19	23,40	28	0,44	ok	ok
Banheiro suite	04;CH	CH	0,40	0,19	23,40	28	0,44	ok	ok
Banheiro suite	04;LV	LV	0,30	0,16	23,40	28	0,38	ok	ok
Banheiro social	6;3	CH,LV	0,70	0,25	23,40	28	0,58	ok	ok
Banheiro social	CH-6	CH	0,40	0,19	23,40	28	0,44	ok	ok
Banheiro social	06;LV	LV	0,30	0,16	23,40	28	0,38	ok	ok
cozinha	07;08	PIA	0,7	0,25	23,40	28	0,58	ok	ok
área serviço	09;10	MQ	1,00	0,30	23,40	28	0,70	ok	ok

Ambiente	trecho	Peças que compoem o trecho	Total comp.equiv. (m)	Comprimento total tubulação	Comprimento real tubulação	Diametro interno (mm)	Q (l/s)	$V = \frac{4 * Q * 10^3}{\pi * D^2}$	$Re = \frac{DV\rho}{\mu}$	Rugosidade relativa	Diagram de moody f	$J = 0,0827 \frac{fQ^2}{D^5}$ (mca/m)	perda de carga total (mca)	Dif. De cotas (m)	Pressão disponível	Pressão disponível residual	Pressão requerida no ponto
Todos os comodoss	AB	6 joelhos de 90°, 3 tê de passagem de direta	17,83	4,41	22,24	23,4	0,64	1,48	69264	0,0003	0,023	0,11104883	2,469726089	0,15	0,15	-2,32	10
Barrilete	2;1	3 joelhos de 90°, 1 tê de passagem direta, 1 válvula misturadora	17,99	4,41	22,4	23,4	0,25	0,58	27144	0,0003	0,023	0,01694471	0,379561448	-0,73	-3,05	-3,43	10
Barrilete	3;2	3 joelhos de 90°, 1 tê de passagem direta	9,83	1,6	11,43	23,4	0,25	0,58	27144	0,0003	0,023	0,01694471	0,193678006	1,21	-2,22	-2,41	10
Banheiro suite	03;04	2 joelhos de 90°, 1 te de passagem direta, 1 curva de 90°	6,86	17,27	24,13	23,4	0,19	0,44	20592	0,0003	0,028	0,01191493	0,287507235	-0,97	-3,38	-3,67	10
Banheiro suite	04;CH	1 joelho de 90°, 2 bucha de redução, 1 monocomando	4,09	1,08	5,17	23,4	0,19	0,44	20592	0,0003	0,026	0,01106386	0,057200169	-1,08	-4,75	-4,81	10
Banheiro suite	04;LV	2 joelhos de 90°, 1 curva de transposição	5,33	1,92	7,25	23,4	0,16	0,380	17784	0,0003	0,029	0,00875113	0,06344457	0,53	-3,14	-3,20	10
Banheiro social	6;3	2 joelhos de 90°, 1 te de passagem direta, 1 curva de 90°	6,86	17,27	24,13	23,4	0,25	0,580	27144	0,0003	0,023	0,01694471	0,408875791	-0,99	-3,40	-3,81	10
Banheiro social	CH-6	1 joelho de 90°, 2 bucha de redução, 1 monocomando	5,22	1,08	6,3	23,4	0,19	0,440	20592	0,0003	0,023	0,00978726	0,061659757	-1,08	-4,89	-4,95	10
Banheiro social	06-LV	2 joelhos de 90°, 1 curva de transposição	5,33	1,94	7,27	23,4	0,16	0,380	17784	0,0003	0,029	0,00875113	0,063620722	0,55	-3,26	-3,33	10
cozinha	07;08	6 joelhos de 90°, 1 curva de 90°, 1 tê de passagem direta, 2 bucha de redução	15,06	12,2	27,26	23,4	0,25	0,580	27144	0,0003	0,026	0,01915489	0,522162212	0,44	-1,97	-2,50	10
área serviço	09;10	5 joelhos de 90°, 1 curva de 90°, 1 tê de passagem direta, 1 bucha de redução	14,75	5,49	20,24	23,4	0,3	0,700	32760	0,0003	0,025	0,02652215	0,536808333	-0,67	-3,08	-3,62	10

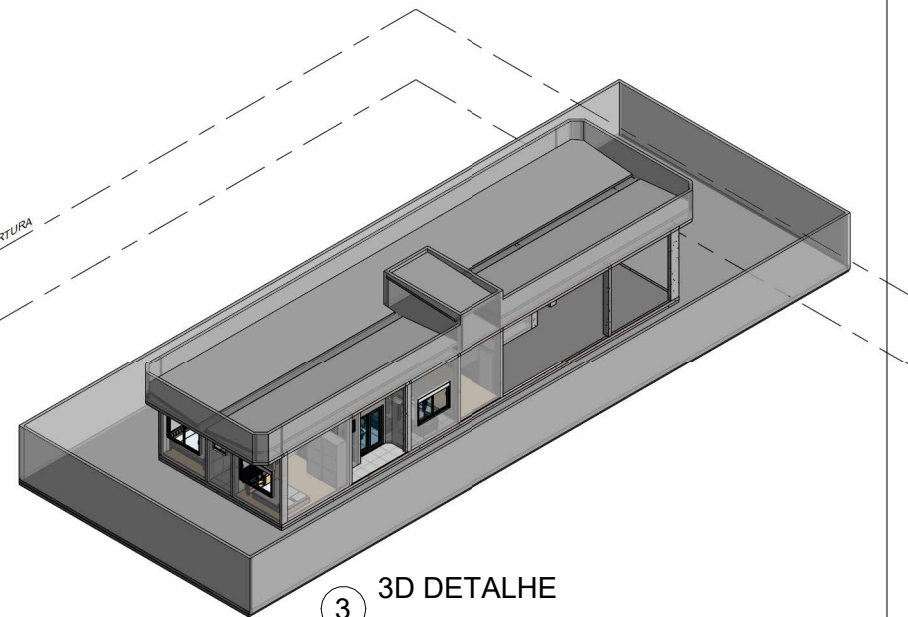
APÊNDICE III – PROJETO ARQUITETÔNICO



1 001 - PLANTA BAIXA
1 : 75



2 Cobertura
1 : 75



Quantidade de portas					
Tipo de porta	Contagem	Descrição da porta	Tipo	Largura	Altura
P01	7	Família Porta de Giro Simples	Kit Porta Pronta Branca Lisa - 80x210	0.88	2.10
P02	2	Família Porta de Giro Simples	Kit Porta Pronta Branca Lisa - 60x210	0.68	2.10
P03	1	Doors_GEALAN_S 9000_Sliding-Door	1.60 - Doors_GEALAN_S9000_Sliding-Door 2	1.62	2.11

TCC PROJETO ARQUITETÔNICO

PLANTA BAIXA

Número do projeto 001

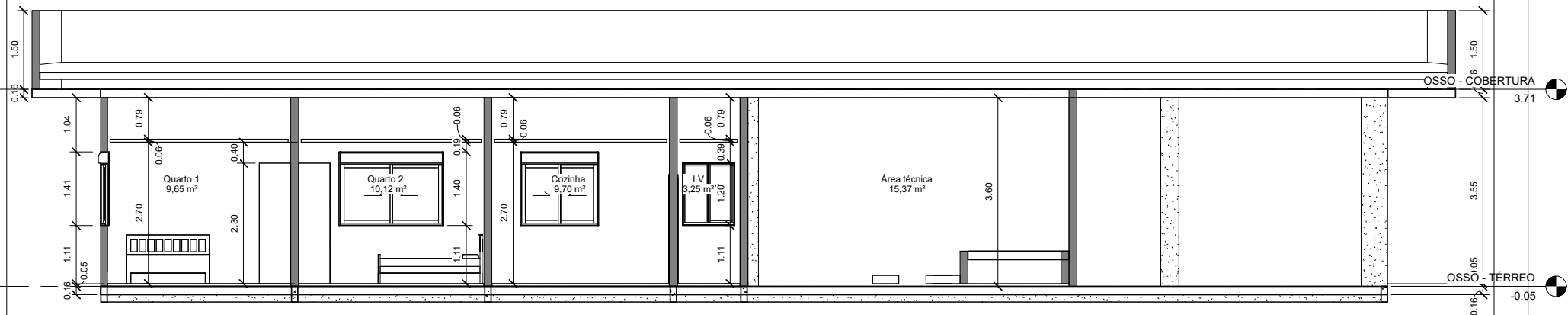
Data 26/01/2025

Desenhadas por FLAVIANA

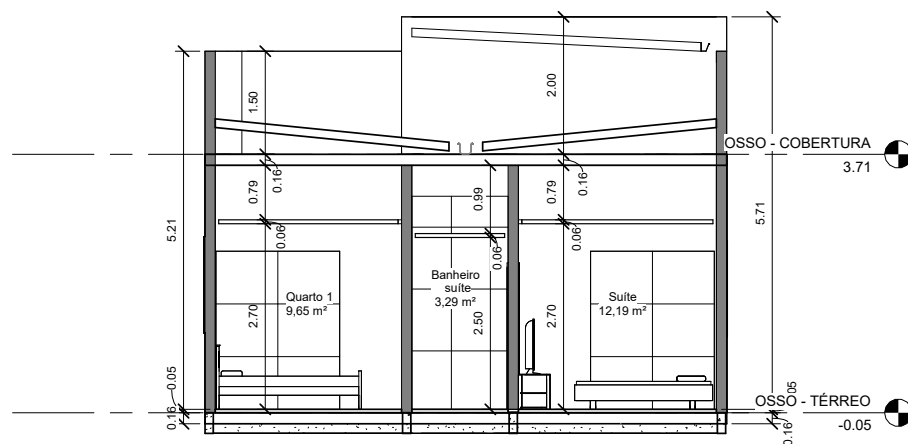
Verificado por Verificador

A101

Escala 1 : 75



1 Corte A-A
1 : 50



2 Corte B-B
1 : 50

Quantidade de janelas					
Tipo de janela	QTD	Descrição da janela	Tipo	Largura	Altura
J01	4	Item 03 - Sasazaki Sound Block - JIVCTR	200 x 140,5 (cm)	2.00	1.41
J02	2	Item 09 - Janela Maxim-ar - JMSG	60 x 80 (cm)	0.80	0.60
J03	1	Item 01 - 2F Janela de correr Aluminium	1.00 x 1.20 (cm) 2	1.00	1.20
J04	1	Item 03 - Sasazaki Sound Block - JIVCTR	150 x 140,5 (cm)	1.50	1.41

TCC
PROJETO
ARQUITETÔNICO

CORTES

Número do projeto 001

Data 26/01/2025

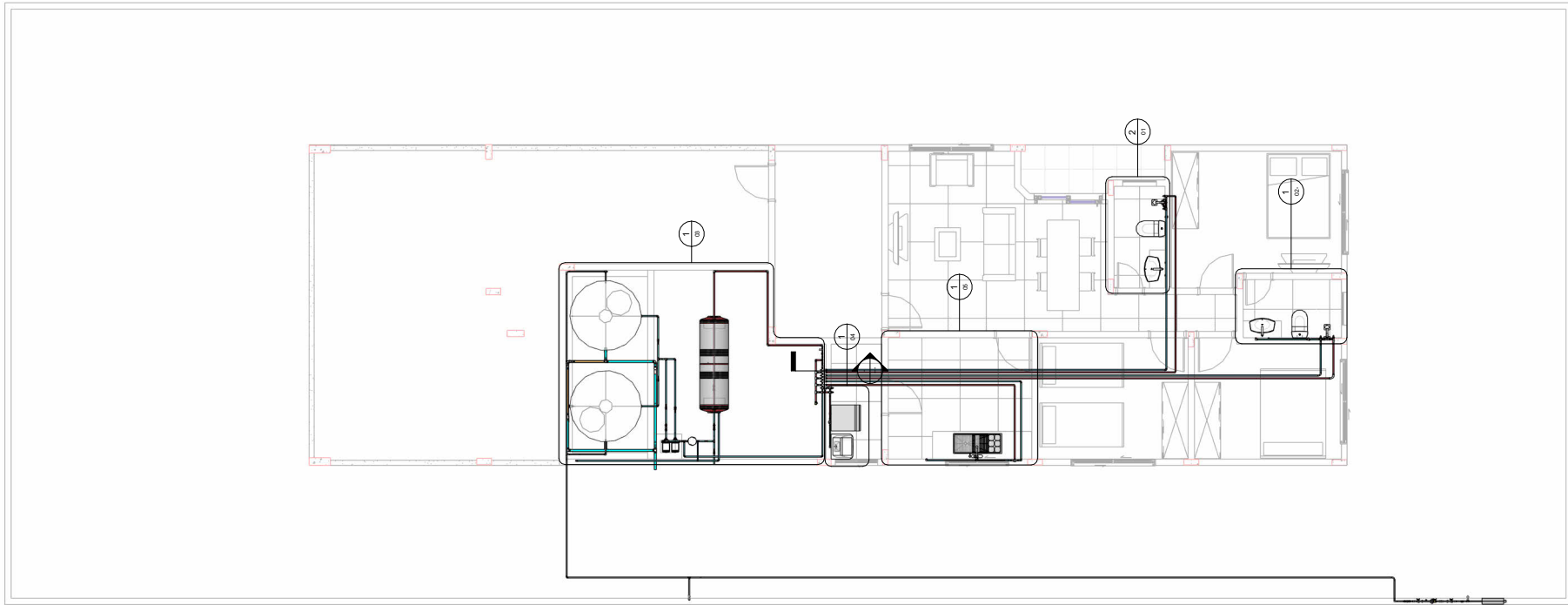
Desenhadas por FLAVIANA

Verificado por Verificador

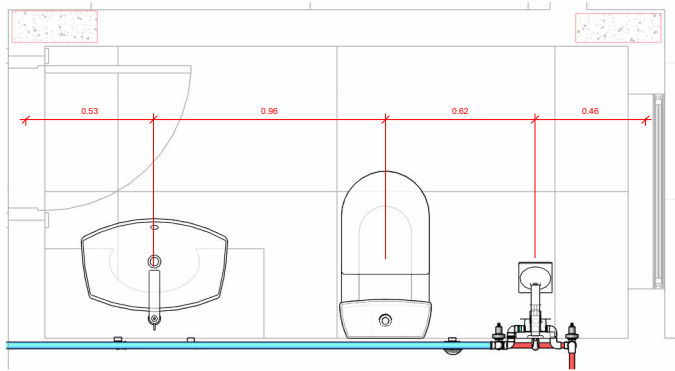
A102

Escala 1 : 50

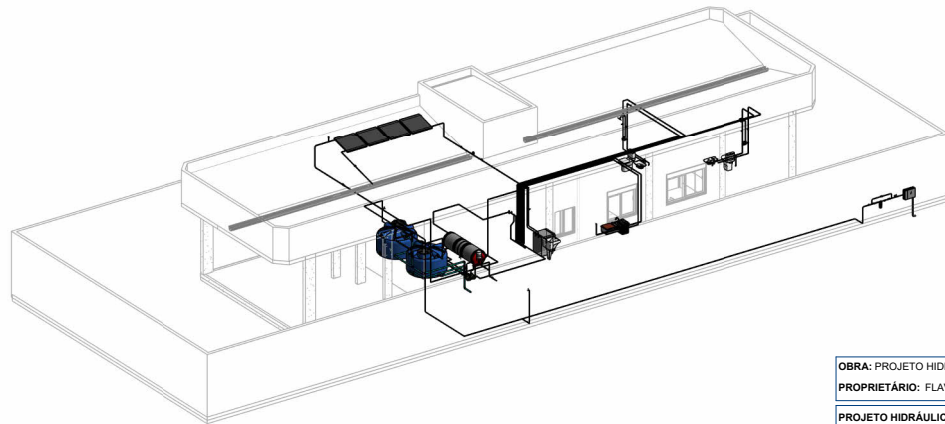
APÊNDICE IV – PLANTA HIDRÁULICA



001 - PLANTA
HIDRÁULICA
1



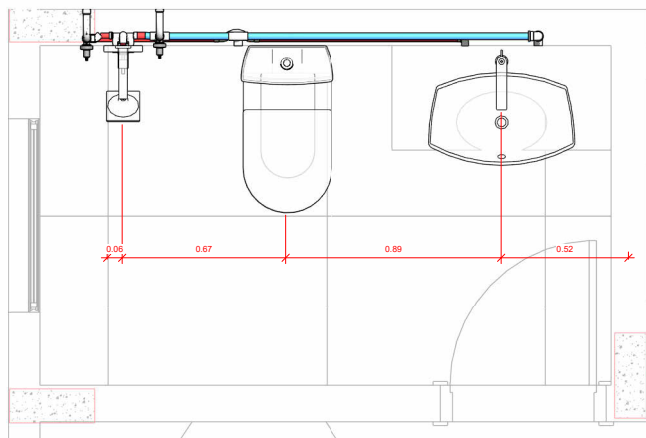
001 -DETALHE BANHEIRO
2
1 : 10



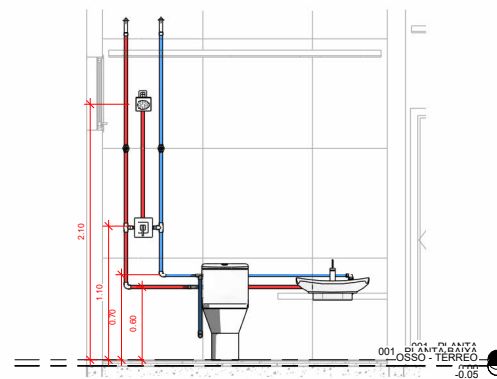
3D - GERAL
3

OBRA: PROJETO HIDRÁULICO	PLANTA
PROPRIETÁRIO: FLAVIANA RODRIGUES	HIDRÁULICA
PROJETO HIDRÁULICO ÁGUA FRIA E QUENTE	
LOCAL: RUA FLORIANO	
ENDEREÇO: PEIXOTO	
PARAGUAÇU	
INFORMAÇÕES GERAIS	DESENHOS:
	DATA:
	ESCALAS:
	Conforme indicado

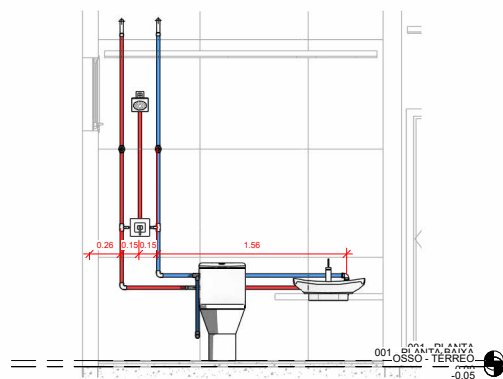
APÊNDICE IV – DETALHAMENTOS DO PROJETO HIDRÁULICO



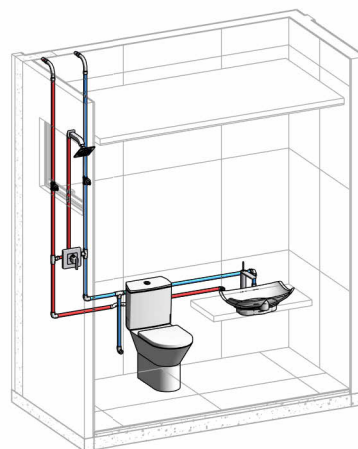
001 - DETALHE BANHEIRO SUÍTE



4 BANHEIRO SUÍTE V
1 : 20



3 BANHEIRO SUÍTE H
1 : 20



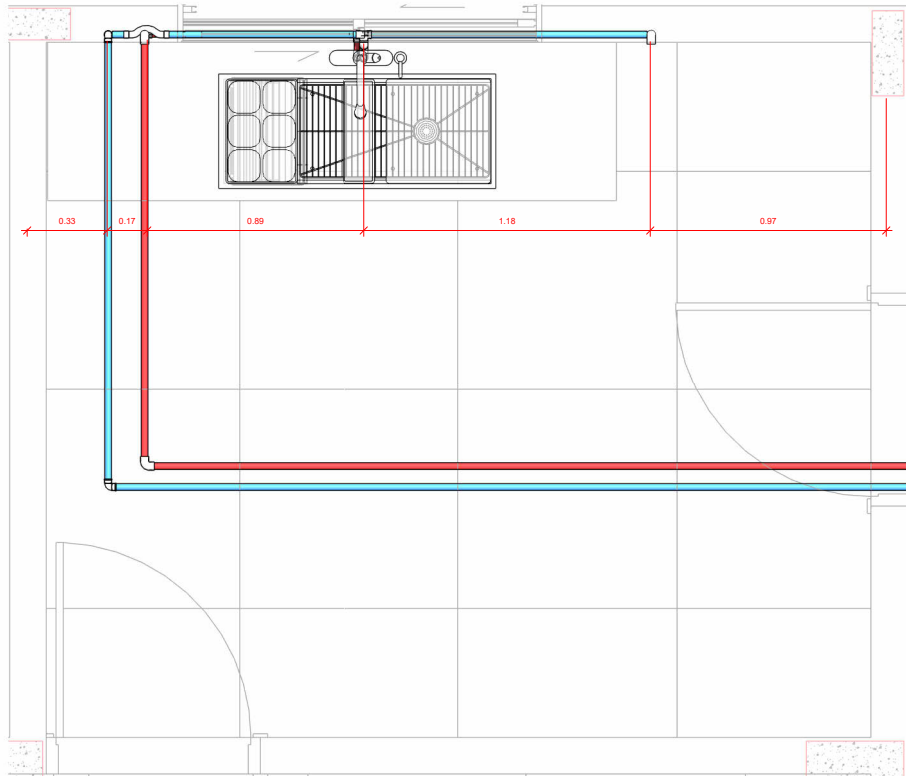
2 3D BANHEIRO SUITE

PEÇAS HIDROSSANITÁRIAS BANHEIRO SUÍTE				
Contagem	Família e tipo	Fabricante	Marca	Comentários
1	Sink-Vessel-Lavatory-KOHLER-Leaf-K-2530: 0-White	KOHLER Co.	104	BS
1	Faucet-Lavatory-KOHLER-Composed-K-73053: CP-Polished Chrome	KOHLER Co.	107	BS
1	Roca_Louças Sanitárias_Nexo_Bacia com Caixa Acoplada: Bacia com Caixa Acoplada	Roca @	109	BS
1	Shower-Trim_Set-KOHLER-Loure-K-TS14670: CP-Polished Chrome	KOHLER Co.	218	BS

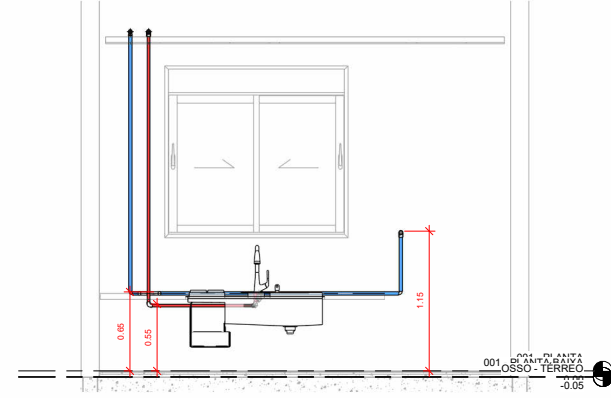
TABELA DE ACESSÓRIOS DE TUBO BANHEIRO SUÍTE		
Contagem	Família e tipo	Comentários
2	Registro de Gaveta DocolBase - Registros_DOCOLBasicos: 3/4"	BS

TABELA DE CONEXÕES BANHEIRO SUÍTE					
Contagem	Tigre: Material	Tigre: Código	Tigre: Descrição	Tigre: Sistema	Comentários
1					BS
2	CPVC (policloreto de vinila clorado) na cor bege	22850350	Bucha de Redução Aquatherm® 28x22mm, CPVC, Água Quente - TIGRE	Água Quente	BS
2	CPVC (policloreto de vinila clorado) na cor bege	22852744	Curva 90° Aquatherm® 28mm, CPVC, Água Quente - TIGRE	Água Quente	BS
1	CPVC (policloreto de vinila clorado) na cor bege	22850750	Joelho 45° Aquatherm® 22mm, CPVC, Água Quente - TIGRE	Água Quente	BS
2	CPVC (policloreto de vinila clorado) na cor bege	22850954	Joelho 90° Aquatherm® 22mm, CPVC, Água Quente - TIGRE	Água Quente	BS
4	CPVC (policloreto de vinila clorado) na cor bege	22851004	Joelho 90° Aquatherm® 28mm, CPVC, Água Quente - TIGRE	Água Quente	BS
6	CPVC (policloreto de vinila clorado) na cor bege	0	Produto Inexistente	Água Quente	BS
2	CPVC (policloreto de vinila clorado) na cor bege	22852000	Tê Aquatherm® 25mm, CPVC, Água Quente - TIGRE	Água Quente	BS
1	CPVC (policloreto de vinila clorado) na cor bege	22854550	Tê de Redução Aquatherm® 28x22mm, CPVC, Água Quente - TIGRE	Água Quente	BS
1	PVC Marrom	22150324	Joelho 90° Soldável 32mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	Água Fria	BS
1	PVC Marrom	0	Produto Inexistente	Água Fria	BS

OBRA: PROJETO HIDRÁULICO	Banheiro suíte
PROPRIETÁRIO: FLAVIANA RODRIGUES	
PROJETO HIDROSSANITÁRIO	
LOCAL: RUA FLORIANO PEIXOTO	
ENDEREÇO: PARAGUAÇU	DESENHOS: DATA: ESCALAS: Conforme indicado
INFORMAÇÕES GERAIS	



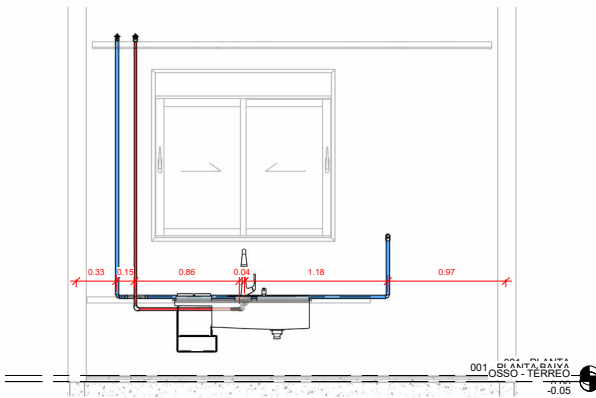
001 - DETALHE COZINHA
1:10



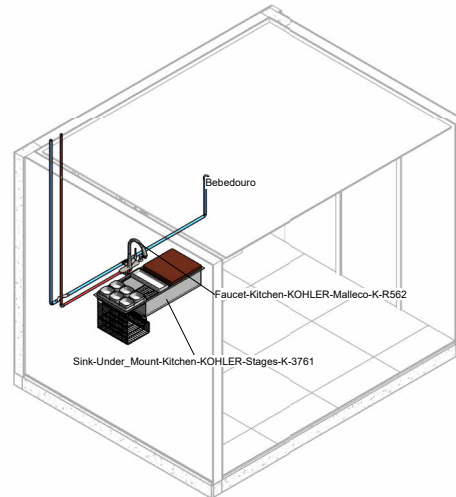
001 - DETALHE COZINHA
1:20

PEÇAS HIDROSSANITÁRIAS COZINHA				
Contagem	Família e tipo	Fabricante	Marca	Comentários
1	Sink-Under_Mount-Kitchen-KOHLER-Stages-K-3761: NA-Stainless Steel	KOHLER Co.	101	CZ
1	Faucet-Kitchen-KOHLER-Malleco-K-R562: Taupe Handle, VS-Vibrant Stainless	KOHLER Co.	102	CZ

TABELA DE CONEXÕES COZINHA					
ET	Tigre: Material	Tigre: Código	Tigre: Descrição	Tigre: Sistema	Comentários
2	CPVC (policloreto de vinila clorado) na cor bege	22850903	Joelho 90° Aquatherm® 15mm, CPVC, Água Quente - TIGRE	Água Quente	CZ
3	CPVC (policloreto de vinila clorado) na cor bege	22850954	Joelho 90° Aquatherm® 22mm, CPVC, Água Quente - TIGRE	Água Quente	CZ
4	CPVC (policloreto de vinila clorado) na cor bege	22851004	Joelho 90° Aquatherm® 28mm, CPVC, Água Quente - TIGRE	Água Quente	CZ
1	CPVC (policloreto de vinila clorado) na cor bege	0	Produto Inexistente	Água Quente	CZ
4	PVC Marrom	0	Produto Inexistente	Água Fria	CZ

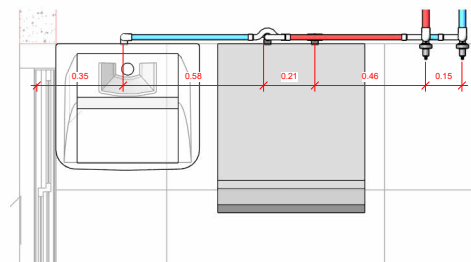


001 - DETALHE COZINHA
1:20

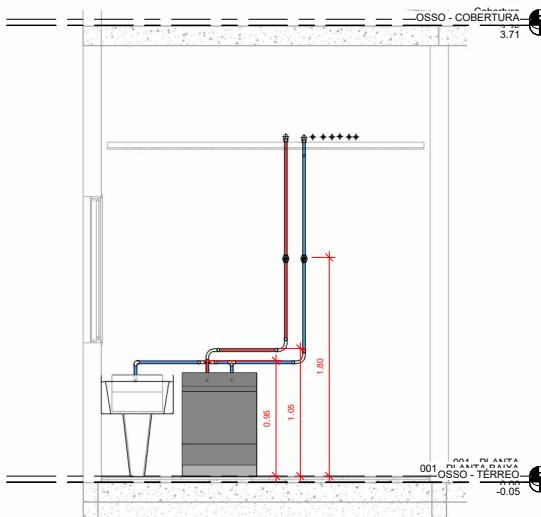


3D COZINHA

OBRA: PROJETO HIDRÁULICO	COZINHA
PROPRIETÁRIO: FLAVIANA RODRIGUES	
PROJETO HIDROSSANITÁRIO	
LOCAL: RUA FLORIANO PEIXOTO	
ENDEREÇO: PARAGUAÇU	
INFORMAÇÕES GERAIS	DESENHOS:
	DATA:
	ESCALAS:
	Conforme indicado



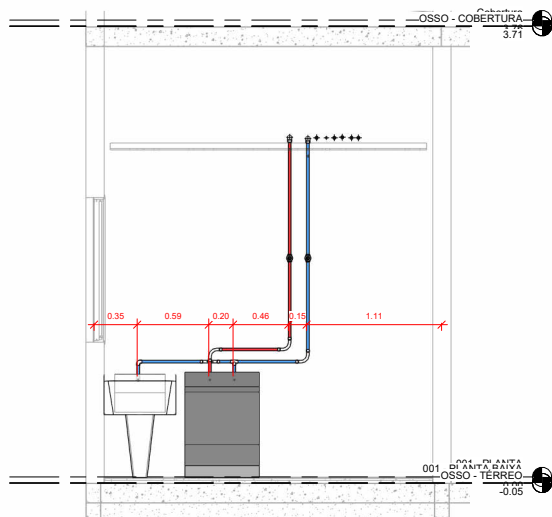
001 -DETALHE ÁREA DE SERVIÇO
1 : 10



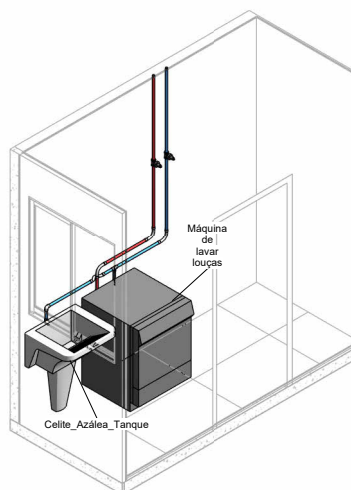
2 COZINHA V
1 : 20

PEÇAS HIDROSSANITÁRIAS ÁREA DE SERVIÇO				
Contagem	Família e tipo	Fabricante	Marca	Comentários
1	Máquina de lavar louças: Máquina de Lavar Louças		112	AS
1	Celite_Azalea_Tanque: Tamanho G	Celite ®	129	AS

TABELA DE ACESSÓRIOS ÁREA DE SERVIÇO		
Contagem	Família e tipo	Comentários
2	Registro de Gaveta DocolBase - Registros_DOCOLBasicos: 3/4"	AS



3 COZINHA H
1 : 20



4 3D ÁREA DE SERVIÇO

TABELA DE CONEXÕES ÁREA DE SERVIÇO					
Contagem	Tigre: Material	Tigre: Código	Tigre: Descrição	Tigre: Sistema	Comentários
3	CPVC (policloreto de vinila clorado) na cor bege	22852728	Curva 90° Aquatherm® 22mm, CPVC, Água Quente - TIGRE	Água Quente	AS
1	CPVC (policloreto de vinila clorado) na cor bege	22852876	Curva de Transposição Aquatherm® 22mm, CPVC, Água Quente - TIGRE	Água Quente	AS
4	CPVC (policloreto de vinila clorado) na cor bege	22850954	Joelho 90° Aquatherm® 22mm, CPVC, Água Quente - TIGRE	Água Quente	AS
4	CPVC (policloreto de vinila clorado) na cor bege	0	Produto Inexistente	Água Quente	AS
1	CPVC (policloreto de vinila clorado) na cor bege	22851950	Tê Aquatherm® 22mm, CPVC, Água Quente - TIGRE	Água Quente	AS

OBRA: PROJETO HIDRÁULICO
PROPRIETÁRIO: FLAVIANA RODRIGUES
PROJETO HIDROSSANITÁRIO
LOCAL: RUA FLORIANO PEIXOTO
ENDEREÇO: PARAGUAÇU

INFORMAÇÕES GERAIS

DETALHE ÁREA DE SERVIÇO

DESENHOS:

DATA:

ESCALAS:

Conforme indicado

APÊNDICE V – ORÇAMENTO CPVC

Local	Código Sinapi	Descrição do material	Medida	Quant.	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)	Obs
Ramais banheiro suíte, banheiro social, cozinha e área de serviço	38011	TE CPVC, SOLDAVEL, 90 GRAUS, 28 MM, PARA AGUA QUENTE PREDIAL	UN	8	9,97	79,76	D-E, E-VS 03;04, E-LV, K-PIA, I-VS, H-I, M-MQ
	37973	CURVA CPVC, 90 GRAUS, SOLDAVEL, 28 MM, PARA AGUA QUENTE	UN	1	13,78	13,78	03;04
	37587	MISTURADOR MONOCOMANDO PARA CHUVEIRO, BASE BRUTA, METALICO COM ACABAMENTO	UN	2	533,04	1066,08	H-CH, D-CH
	37999	CURVA DE TRANSPOSICAO, CPVC, SOLDAVEL	UN	3	8,72	26,16	M-TQ, 4-LV, 6-LV
	38002	BUCHA DE REDUCAO, CPVC, SOLDAVEL, 28 X 22 MM, PARA AGUA QUENTE	UN	4	4,15	16,60	4;CH, 6-CH
	21125	Tubo CPVC marron soldável DN 28 mm	m	137,84	33,18	4573,53	
BARRILETE	37957	JOELHO CPVC, SOLDAVEL, 90 GRAUS, 28 MM, PARA AGUA QUENTE	UN	41	9,4	385,4	A-B, B-C, F-G, G-H, J-K, L-M, 1;2, 2;3, 5-6, 7;8, 9;10
	38011	TE CPVC, SOLDAVEL, 90 GRAUS, 28 MM, PARA AGUA QUENTE PREDIAL	UN	19	9,97	189,43	AB, B-C, F-G, G-H, J-K, L-M, 1;2, 2;3, 5-6, 7-8, 9;10
	37973	CURVA CPVC, 90 GRAUS, SOLDAVEL, 28 MM, PARA AGUA QUENTE	UN	6	13,78	82,68	C-D, 5-6, 7-8
	89353	REGISTRO DE GAVETA BRUTO, LATÃO, ROSCÁVEL, 3/4" - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	UN	4	49,01	196,04	C-D, G-H, J-K, L-M
	37999	CURVA DE TRANSPOSICAO, CPVC, SOLDAVEL	UN	1	8,72	8,72	J-K
	38002	BUCHA DE REDUCAO, CPVC, SOLDAVEL, 28 X 22 MM, PARA AGUA QUENTE	UN	5	4,15	20,75	5;6, 7;8, 9-10
Total						6658,9312	

*OBS.:Para o levantamento de custo foi utilizado a tabela SINAP de Janeiro de 2025

APÊNDICE V – ORÇAMENTO PEX

Local	Código Sinapi	Descrição do material	Medida	Quant.	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)	Obs
Subramais banheiro suíte, banheiro social, cozinha e área de serviço	39291	TE, PLASTICO, DN 32 MM, PARA CONEXAO COM CRIMPAGEM, EM TUBO PEX PARA INST. AGUA QUENTE/FRIA	UN	8	35,17	281,36	D-E, E-VS 03;04, E-LV, K-PIA, I-VS, H-I, M-MQ
	38916	JOELHO/COTOVELO 90 GRAUS, METALICO, PARA CONEXAO COM ANEL DESLIZANTE, DN 32 MM, EM TUBO PEX PARA INST. AGUA QUENTE/FRIA	UN	1	35,3	35,3	03;04
	37587	MISTURADOR MONOCOMANDO PARA CHUVEIRO, BASE BRUTA, METALICO COM ACABAMENTO	UN	2	533,04	1066,08	H-CH, D-CH
	39295	LUVA/UNIAO DE REDUCAO METALICA, PARA CONEXAO COM ANEL DESLIZANTE, DN 32 X 25 MM, EM TUBO PEX PARA INST. AGUA QUENTE/FRIA	UN	4	19,81	79,24	4;CH, 6-CH
	38827	TUBO MONOCAMADA PEX, DN 32 MM, PARA AGUA QUENTE E FRIA	m	137,84	13,77	1898,06	
BARRILETE E RAMAIS	38916	JOELHO/COTOVELO 90 GRAUS, METALICO, PARA CONEXAO COM ANEL DESLIZANTE, DN 32 MM, EM TUBO PEX PARA INST. AGUA QUENTE/FRIA	UN	41	35,30	1447,3	A-B, B-C, F-G, G-H, J-K, L-M, 1;2, 2;3, 5-6, 7;8, 9;10
	39291	TE, PLASTICO, DN 32 MM, PARA CONEXAO COM CRIMPAGEM, EM TUBO PEX PARA INST. AGUA QUENTE/FRIA	UN	19	35,17	668,23	AB, B-C, F-G, G-H, J-K, L-M, 1;2, 2;3, 5-6, 7-8, 9;10
	38827	JOELHO/COTOVELO 90 GRAUS, METALICO, PARA CONEXAO COM ANEL DESLIZANTE, DN 32 MM, EM TUBO PEX PARA INST. AGUA QUENTE/FRIA	UN	6	35,3	211,8	C-D, 5-6, 7-8
	89353	REGISTRO DE GAVETA BRUTO, LATÃO, ROSCÁVEL, 3/4" - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	UN	4	49,01	196,04	C-D, G-H, J-K, L-M
	39295	LUVA/UNIAO DE REDUCAO METALICA, PARA CONEXAO COM ANEL DESLIZANTE, DN 32 X 25 MM, EM TUBO PEX PARA INST. AGUA QUENTE/FRIA	UN	5	19,81	99,05	5;6, 7;8, 9-10
Total						5982,46	

*OBS.:Para o levantamento de custo foi utilizado a tabela SINAP de Janeiro de 2025