



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO DE ENGENHARIAS MOSSORÓ
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

GUILHERME GABRIEL CUNHA CAVALCANTE

**PLANEJAMENTO PROJETUAL DE INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA FRIA
UTILIZANDO EPANET**

MOSSORÓ-RN

2025

GUILHERME GABRIEL CUNHA CAVALCANTE

**PLANEJAMENTO PROJETUAL DE INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA
FRIA UTILIZANDO EPANET**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como
requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Alisson Gadelha de
Medeiros

MOSSORÓ

2025

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

CC377 Cavalcante, Guilherme Gabriel Cunha.
pp Planejamento projetual de instalações prediais
de água fria utilizando EPANET / Guilherme
Gabriel Cunha Cavalcante. - 2025.
83 f. : il.

Orientador: Alisson Gadelha de Medeiros.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2025.

1. Ferramenta computacional. 2. Fluxo de
trabalho e otimização. 3. Simulações hidráulicas.
4. Instalações prediais. 5. Vazão fictícia. I.
Medeiros, Alisson Gadelha de, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

GUILHERME GABRIEL CUNHA CAVALCANTE

**PLANEJAMENTO PROJETUAL DE INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA
FRIA UTILIZANDO EPANET**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como
requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Defendida em: 12/02/2025.

BANCA EXAMINADORA

Alisson Gadelha de Medeiros, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

Marcos Denilson Barbosa dos Santos, Esp. (Externo)
Membro Examinador

Breno Kaio Lisboa Campos, Esp. (Externo)
Membro Examinador

A minha avó, Antônia Jeremias da Cunha, por todos os ensinamentos passados e por me mostrar a verdadeira importância da vida. (In memoriam).

Com carinho, Guilherme

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por ter me dado o dom da vida e por nunca me desamparar nos momentos mais desafiadores da minha vida.

À minha família, principalmente, aos meus pais, Edna e Xisto, e ao meu irmão, Saulo, por serem os meus maiores incentivadores nessa jornada. Agradeço pelo apoio constante e por acreditarem em mim. Vocês foram e são minha maior motivação.

Aos meus avós, Seu Lalau e Dona Toinha, por terem me mostrado a essência da vida, a compreensão do amor, os princípios de caráter e por todos os cuidados comigo. Vocês são a base da minha família e a inspiração que me guiou até aqui.

À minha namorada, Aéllen, por sua companhia que me amparou e esteve presente ao meu lado nos momentos mais difíceis, que me mostrou que, ao seu lado, trilhar o caminho da vida se torna mais leve e feliz. Agradeço por seu amor, sua compreensão e por sempre acreditar em mim.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Alisson, por ter dividido seu conhecimento e experiência, contribuindo para o presente trabalho e por todo o suporte dado durante esse caminho.

A todos os meus professores, que contribuíram para o meu crescimento profissional ao longo dessa trajetória, agradeço pelas valiosas lições, apoio e incentivo, que me inspiraram a buscar o melhor de mim em cada etapa do meu aprendizado.

Aos membros da banca examinadora, Breno Kaio e Denilson Barbosa, por participarem e contribuírem nessa etapa importante da graduação.

A todos os meus amigos, que estiveram presentes em cada etapa da minha vida, sempre me incentivando e apoiando.

RESUMO

O planejamento de instalações prediais de água fria é uma etapa essencial para garantir a eficiência e segurança das edificações, considerando variáveis como consumo, pressões, velocidades e perdas de carga. Neste estudo, foi proposto um método para dimensionamento e análise hidráulica desses sistemas utilizando o software EPANET, que, embora voltado para redes de abastecimento de água, demonstrou ser uma alternativa viável para modelagens prediais quando adaptado adequadamente. A metodologia baseou-se no método das vazões fictícias, que ajusta as demandas hidráulicas para refletir o uso real dos sistemas prediais. Foi proposto também métodos de importação de projetos, a fim de facilitar e aprimorar a visualização dos elementos da rede. A simulação considerou parâmetros normativos e valores de referência da literatura, permitindo a comparação entre o projeto original e os resultados obtidos. Entre os principais resultados, têm-se a maior diferença de pressão entre o projeto e a simulação no EPANET de 0,52 m.c.a. e um maior desvio padrão de 0,48. Conclui-se que os principais resultados indicaram que a metodologia aplicada foi eficaz na modelagem hidráulica, evidenciando a viabilidade do uso do EPANET em projetos de instalações prediais de água fria e reforçando as suas vantagens na simulação de projetos.

Palavras-chave: Ferramenta computacional, fluxo de trabalho e otimização, simulações hidráulicas, instalações prediais, vazão fictícia.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Componentes de um sistema hidráulico predial.....	18
Figura 2: Fluxograma Etapas Metodológicas	23
Figura 3: Preparação do arquivo CAD	24
Figura 4: Fluxograma utilização EpaCAD	26
Figura 5: Janela de salvamento AutoCAD.....	27
Figura 6: Tela inicial EPANET	27
Figura 7: Opções de Linguagem EpaCAD	28
Figura 8: Opção "Open"	29
Figura 9: Janela de navegação.....	29
Figura 10: Seleção de <i>layers</i>	30
Figura 11: Visualização do arquivo .net	31
Figura 12: Abrindo o arquivo no EPANET	32
Figura 13: Viewport do isométrico a ser importado.....	33
Figura 14: Seleção do isométrico	33
Figura 15: Símbolo CAD	34
Figura 16: Passos para importação no formato <i>Metafile</i>	34
Figura 17: Salvar arquivo <i>Metafile</i>	35
Figura 18: Inserir plano de fundo no EPANET	35
Figura 19: Seleção do arquivo <i>Metafile</i>	36

Figura 20: Plano de fundo no EPANET	36
Figura 21: Janela configurações pré-definidas.....	37
Figura 22: Configurações pré-definidas	37
Figura 23: Aba Identificador.....	38
Figura 24: Aba Propriedades.....	38
Figura 25: Aba Hidráulica	39
Figura 26: Janela "Opções do Mapa"	41
Figura 27: Método das Vazões Fictícias.....	42
Figura 28: Fluxograma Aplicação do Método da Vazão Fictícia	43
Figura 29: Executar Simulação	46
Figura 30: Infográfico planejamento projetual	47
Figura 31: Relatório em Tabela.....	48
Figura 32: Configurando a Tabela.....	48
Figura 33: Seleção da Tabela.....	49
Figura 34: Localização Laboratório de Engenharias II	50
Figura 35: Fachada Laboratório de Engenharias II	50
Figura 36: Térreo - Laboratório de Engenharias II	52
Figura 37: 1º Pavimento - Laboratório de Engenharias II	53
Figura 38: Laboratório de Hidráulica	54
Figura 39: Planta - Projeção do Laboratório de Hidráulica	55

Figura 40: Isométrico - Projeção do Laboratório de Hidráulica	56
Figura 41: Composição do Trecho em Projeto	57
Figura 42: Composição do Trecho no EPANET.....	58
Figura 43: Vazões Laboratório de Hidráulica.....	60
Figura 44: Isométrico Laboratório de Hidráulica.....	61
Figura 45: Isométrico Laboratório de Hidráulica – EPANET	61
Figura 46: Altura dos pontos de utilização dos aparelhos e peças	65
Figura 47: Dimensões para instalação de mictório de parede.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Alterações dos anexos entre as NBRs 5626:1998 e 5626:2020	20
Tabela 2: Comparativo prático entre software BIM x Software CAD	21
Tabela 3: Coeficiente de Perda de Carga Singular.....	40
Tabela 4: Pesos relativos nos pontos de utilização identificados em função do aparelho sanitário e da peça de utilização.....	44
Tabela 5: Locação dos ambientes.....	51
Tabela 6: Memorial de Cálculo do Projeto - Laboratório de Hidráulica.....	61
Tabela 7: Memorial de Cálculo do EPANET - Laboratório de Hidráulica	61
Tabela 8: Memorial de Cálculo do EPANET - Laboratório de Hidráulica	61
Tabela 9: Vazão nos pontos de utilização em função do aparelho sanitário e da peça de utilização.	63
Tabela 10: Consumo e pressão nas peças e aparelhos sanitários	66
Tabela 11: Pressões dinâmicas nas peças de utilização.....	67
Tabela 12: Pressões estáticas nas peças de utilização	68
Tabela 13: Vazões e velocidades máximas.....	68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	17
2.1. OBJETIVO GERAL	17
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3. REVISÃO TEÓRICA.....	18
3.1. SUBSISTEMAS PREDIAIS DE INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA.	18
3.2. EVOLUÇÃO DOS ASPECTOS NORMATIVOS RELACIONADOS À NBR 5626.....	19
3.3. UTILIZAÇÃO DE SOFTWARES NA ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA FRIA.....	21
4. METOLOGIA.....	23
4.1. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	23
4.2. DEFINIÇÃO DO PROJETO E COLETA DE DADOS	24
4.2.1. IMPORTAÇÃO DO PROJETO PARA O EPANET UTILIZANDO O EPACAD	24
4.2.2. IMPORTANDO O PROJETO COM PLANO DE FUNDO	32
4.3. MODELAGEM DO PROJETO NO EPANET	37
4.4. MÉTODO DAS VAZÕES FICTÍCIAS.....	41
4.5. DIMENSIONAMENTO PRELIMINAR.....	43
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50

5.1. CARACTERIZAÇÃO DO PRÉDIO DE LABORATÓRIO DE ENGENHERIAS II.....	50
5.2. CARACTERIZAÇÃO DO LABORATÓRIO DE HIDRÁULICA	54
5.3. COMPARATIVO DOS RESULTADOS	56
5.4. ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O PROJETO E A SIMULAÇÃO NO EPANET COM OS PARÂMETROS PRESCRITOS NA NBR 5626 (1998/2020) e NBR 15775 (2021) E A LITERATURA.....	62
5.4.1. PROJETO/SIMULAÇÃO VS NBR 5626 (1998, 2020)	62
5.4.2. PROJETO/SIMULAÇÃO VS LITERATURA	65
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	69
7. REFERÊNCIAS.....	71
APÊNDICE A - ISOMÉTRICO WC MASCULINO	75
APÊNDICE B - ISOMÉTRICO WC PNE (1º PAVIMENTO)	76
APÊNDICE C - ISOMÉTRICO WC FEMININO	77
APÊNDICE D – ISOMÉTRICO LAB. DE POLUIÇÃO AMBIENTAL	78
APÊNDICE E - ISOMÉTRICO LAB. DE PAVIMENTAÇÃO E TOPOGRAFIA	79
APÊNDICE F - ISOMÉTRICO LAB. DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO E GEOLOGIA	80
APÊNDICE G – ISOMÉTRICO LAB. DE RECURSOS DE SOLO	81
APÊNDICE H - ISOMÉTRICO WC PNE (TÉRREO).....	82
APÊNDICE I - ISOMÉTRICO COPA	83

1. INTRODUÇÃO

As instalações de água fria são compostas por tubulações, equipamentos e reservatórios, aparelhos e peças hidráulicas que permitem a utilização, medição, armazenamento e distribuição de água aos pontos de utilização em uma edificação (MACINTYRE, 1990). Esse sistema é projetado para atender às necessidades dos usuários, garantindo segurança, conforto e funcionalidade. No contexto de um projeto, as instalações prediais desempenham um papel crucial na viabilização do uso cotidiano da edificação, assegurando que todos os serviços essenciais estejam disponíveis e operem de forma eficiente e confiável.

O desenvolvimento de um projeto de água fria envolve uma série de etapas fundamentais, começando com a análise das demandas de consumo e a escolha dos materiais adequados e, por fim, o seu dimensionamento. Este processo é guiado por critérios técnicos específicos e normas regulamentadoras, como a NBR 5626, que estabelece diretrizes para o dimensionamento e a instalação de sistemas de água fria. O dimensionamento adequado dos tubos, conexões e outros componentes é essencial para garantir a eficiência e a economia do sistema. O detalhamento do projeto inclui a definição da rede de distribuição, localização dos pontos de consumo e as especificações técnicas necessárias para a execução da obra.

No mercado atual, existem diversos programas profissionais licenciados que auxiliam no dimensionamento e elaboração dos projetos de instalações prediais de água fria, exigindo habilidade com o software e conhecimento técnico específico para sua utilização. Além desses, também existem planilhas eletrônicas que facilitam o cálculo e o dimensionamento, bem como algoritmos disponíveis em plataformas de código aberto. Nesse cenário, o EPANET surge como uma opção possível, por ser um software de código aberto, de fácil manuseio, permitindo simulações hidráulicas em projetos prediais de água fria.

Apesar de ter um foco direcionado ao sistema de abastecimento de água, o EPANET pode ser adaptado e utilizado para cálculos e simulações de instalações prediais. Para isso, foram indicados meios que facilitem a inserção de dados para o dimensionamento dessas instalações. Com essa abordagem, pretendeu-se também oferecer uma alternativa didática para auxiliar na elaboração de instalações prediais de

água fria, tornando o processo mais acessível. Com a metodologia das vazões fictícias, modificou-se a inserção dos dados e seu tratamento, a fim de obter uma análise hidráulica de instalações prediais de água fria.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma metodologia para obtenção de análise hidráulica em projetos de instalações prediais de água fria utilizando o software EPANET.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Possibilitar meios de inserção de dados para fins de dimensionamento das instalações prediais;
- Promover alternativa didática para elaboração de projetos hidrossanitários.

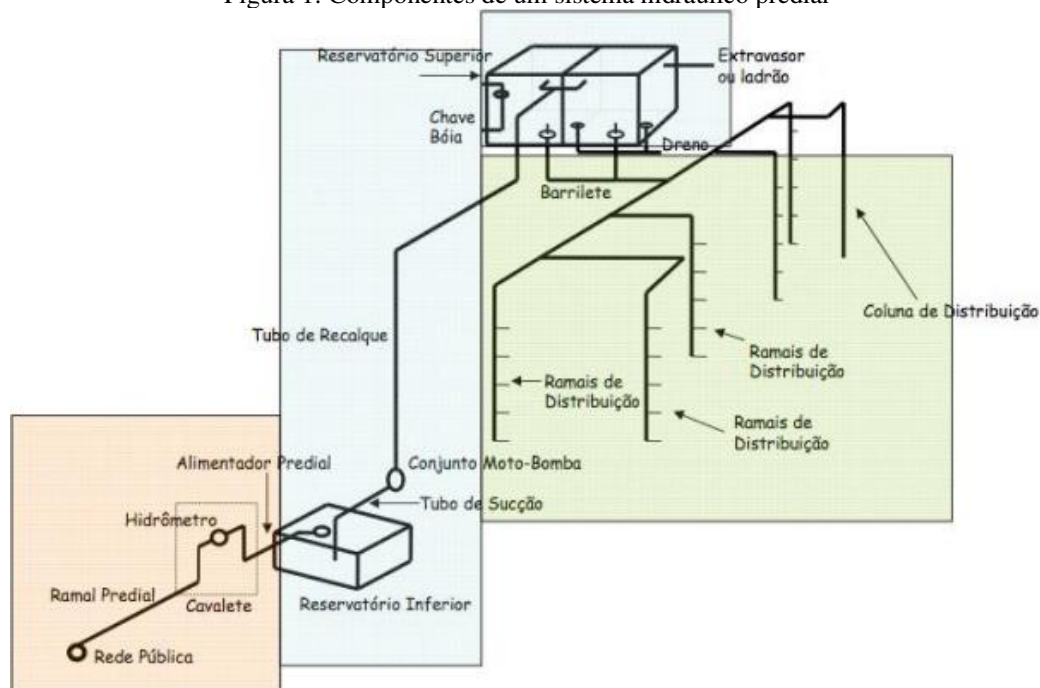
3. REVISÃO TEÓRICA

3.1. SUBSISTEMAS PREDIAIS DE INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA

As instalações prediais constituem subsistemas que devem ser integrados ao sistema construtivo proposto pela arquitetura, de forma harmônica, racional e tecnicamente correta (SANTOS, 2019). Essas instalações desempenham um papel fundamental no funcionamento das edificações, assegurando o conforto e a funcionalidade para os usuários finais.

Segundo Carvalho Júnior (2023), os sistemas prediais de água fria podem ser divididos basicamente em quatro subsistemas: sistema abastecimento, sistema de medição, sistema de reservação e sistema de distribuição. Esses subsistemas operam de maneira integrada, garantindo o fornecimento contínuo de água com pressão e qualidade adequada. A Figura 1 ilustra todos os subsistemas.

Figura 1: Componentes de um sistema hidráulico predial



Fonte: Adaptado FERRARO (2013).

O percurso realizado pela água dentro da instalação predial, segundo BONASORTE (2017), consiste em: chegada ao subsistema de alimentação por meio do distribuidor público; armazenamento no reservatório inferior com fito em elevar, por meio do sistema de recalque, ao reservatório superior; e, por fim, através do subsistema de distribuição, fornecer água aos pontos de utilização dos usuários.

De fato, as instalações prediais de água fria se constituem em subsistema do sistema de abastecimento de água. Pode ser considerado como a extremidade última do sistema público de abastecimento onde concretamente se estabelece o elo de ligação com o usuário final conforme a NBR 5626 (ABNT, 1998).

3.2. EVOLUÇÃO DOS ASPECTOS NORMATIVOS RELACIONADOS À NBR 5626

A engenharia civil deve seguir várias normas para padronização dos aspectos da área e embasar um nível de qualidade e segurança, definindo quais os melhores produtos e procedimentos necessários para se alcançar um nível de qualidade. Com a regulamentação dos tipos de materiais e métodos a serem utilizados no trabalho, fica mais fácil estabelecer um parâmetro de qualidade, durabilidade e procedência para a obra (VICENTINI, 2020).

Atualmente, duas importantes normas utilizadas para a construção civil foram atualizadas: a NBR 5626 (ABNT 1998) e a NBR 7198 (ABNT 1993). A NBR 5626 (ABNT 1998) foi desenvolvida para estabelecer exigências e recomendações relativas ao projeto, execução e manutenção da instalação predial de água fria, atendendo requisitos de garantia sanitária e garantia da qualidade das instalações (NBR 5626, 1998).

Além da junção dos sistemas de água quente e fria em uma única norma e a ampliação do tema para projeto, execução, operação e manutenção, a norma de 2020 aproximou diversos parâmetros da realidade brasileira, como por exemplo o tempo de enchimento de reservatórios pequenos e as dimensões necessárias para execução de reservatórios enterrados (ALMEIDA; TEIXEIRA, 2021).

Tabela 1: Alterações dos anexos entre as NBRs 5626:1998 e 5626:2020

Anexo	Tipo		Título	
	1998	2020	1998	2020
A	Normativo	Normativo	Procedimento para dimensionamento de tubulações da rede predial de distribuição	Ensaio para verificação da proteção contra refluxo
B	Normativo	Normativo	Verificação da proteção contra retrossifonagem em dispositivos de prevenção ao refluxo	Proteção contra corrosão ou degradação
C	Normativo	Informativo	Ruídos e vibrações em instalações prediais de água fria	Ruídos e vibrações
D	Normativo	Informativo	Corrosão, envelhecimento e degradação de tubulações empregadas nas instalações prediais de água fria	Recomendações para o uso eficiente de energia nos sistemas prediais de água fria e quente
E	-	Informativo	-	Novos materiais, componentes ou tecnologias
F	-	Informativo	-	Procedimento de limpeza e desinfecção do sistema de água fria e quente

Fonte: MELO (2022).

A partir da Tabela 1, pode-se notar que as mudanças não foram apenas quanto ao caráter normativo ou informativo de cada norma, como também seus temas abordados, tendo a norma de 2020 acrescentado dois anexos informativos (MELO, 2022).

Com a nova versão o responsável pelo projeto possui uma maior liberdade para definir os métodos de dimensionamento, desde que seja um método reconhecido e fundamentado. Isto se deve ao fato do antigo Anexo (Procedimento para dimensionamento de tubulações da rede predial de distribuição) não estar mais presente na mais nova versão (FERREIRA, 2022).

Com caráter menos prescritivo o novo texto permite maior flexibilização dos cálculos recomendando metodologias a serem seguidas, ao contrário de prescrevê-las. Agora é sugerido o uso da Equação Universal para determinação das perdas de carga, ao contrário de antes que era obrigatório o uso do Método dos Pesos Relativos. Desta forma, é concedido mais liberdade aos projetistas para adotar métodos e recursos à critério próprio, e dessa maneira atribuindo-o mais responsabilidades (COSTA; MATOS, 2021).

3.3. UTILIZAÇÃO DE SOFTWARES NA ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA FRIA

Paloschi (2017) afirma que a utilização de software na Engenharia Civil tem adquirido cada vez mais importância, por auxiliar na obtenção de resultados numéricos e visuais, e por permitir análises complexas que geram resultados rápidos e confiáveis.

Segundo Nazário e Bento (2016), em um mercado de trabalho competitivo, a capacitação profissional tem sido uma exigência primordial na contratação profissional, pois as empresas desejam profissionais que atinjam ou superem as expectativas do contratante. Para atender essa necessidade se faz necessário que as instituições de ensino formem profissionais que atendam aos requisitos do mercado de trabalho.

O dimensionamento vai sendo executado à medida que o desenho e as informações são adicionados, bem como em função da rede a qual se está lançando. Com base nas conectividades e nos sentidos de fluxo, o programa pesquisa todo o projeto e detecta a vazão total em cada tubo. O programa apresenta o resultado do dimensionamento e indica os tubos que possuem diâmetros menores do que o calculado. É possível atribuir todos os diâmetros de uma vez ou verificar cada um deles (AltoQi, 2011).

Tabela 2: Comparativo prático entre software BIM x Software CAD

Etapas do projeto hidráulico	Hydros V4 (horas)	CAD (horas)
Lançamento das colunas e rede de alimentação	4	8
Lançamento da rede de água fria	4	16
Lançamento da rede sanitária	4	16
Lançamento da tubulação no pavimento superior	4	16
Lançamento e dimensionamento da tubulação pluvial	4	12
Lançamento da tubulação do reservatório da cobertura	6	12
Verificação das pressões	6	18
Gerando desenhos com complementares	10	32
Total de horas	42	130

Fonte: JUNIOR (2016).

Com base na Tabela 2, percebe-se que o ganho de tempo (42 horas gastos utilizando-se o software Hydros V4, e 130 horas gastos utilizando-se o software AutoCad) na elaboração do projeto em BIM representou cerca de 32% do tempo gasto

em relação ao mesmo projeto, desenvolvido no CAD. Há claramente uma economia de tempo. O maior ganho de tempo ocorreu na geração dos desenhos complementares. Nesse caso o software BIM possui uma grande vantagem, pois todo o detalhamento é feito de maneira automática, diferentemente do software CAD, onde é necessário detalhar manualmente cada desenho (JUNIOR, 2016).

As vantagens da utilização dos softwares são de que estes oferecem maior praticidade no traçado das tubulações e posicionamento das peças, pois o design destes é aplicado automaticamente no desenho, ao passo que no dimensionamento manual, se faz necessário desenhar os tubos e peças manualmente. Os softwares também mostram praticidade na hora de montar os esquemas isométricos, pois os fazem automaticamente e com a angulação desejada. As vantagens obtidas acontecem com o cálculo das perdas de carga, pois no dimensionamento manual os comprimentos de tubos precisam ser medidos individualmente, processo que toma tempo e pode ocasionar erros, enquanto os softwares fazem este procedimento automaticamente (ABUMANSSUR; ZANONI, 2019).

Segundo ZANONI (2018), comparando os resultados do dimensionamento manual com os softwares, o manual apresentou os menores diâmetros entre os três, representando a solução mais econômica. Isto se deu, pois, ao dimensionar manualmente, foi estimado uma quantidade limitada de aparelhos sendo utilizados ao mesmo tempo, o que resulta em uma menor vazão nos trechos. Já os softwares utilizam o modelo de cálculo estabelecido pela NBR 5626/98, a qual adota o método dos pesos para estimar as vazões nos trechos. Como mencionado nas referências bibliográficas, este método consiste na soma dos pesos atribuídos a cada aparelho, considerando uma porcentagem de todos os aparelhos ligados à tubulação, resultando em uma maior vazão, conseqüentemente, a necessidade de maiores diâmetros.

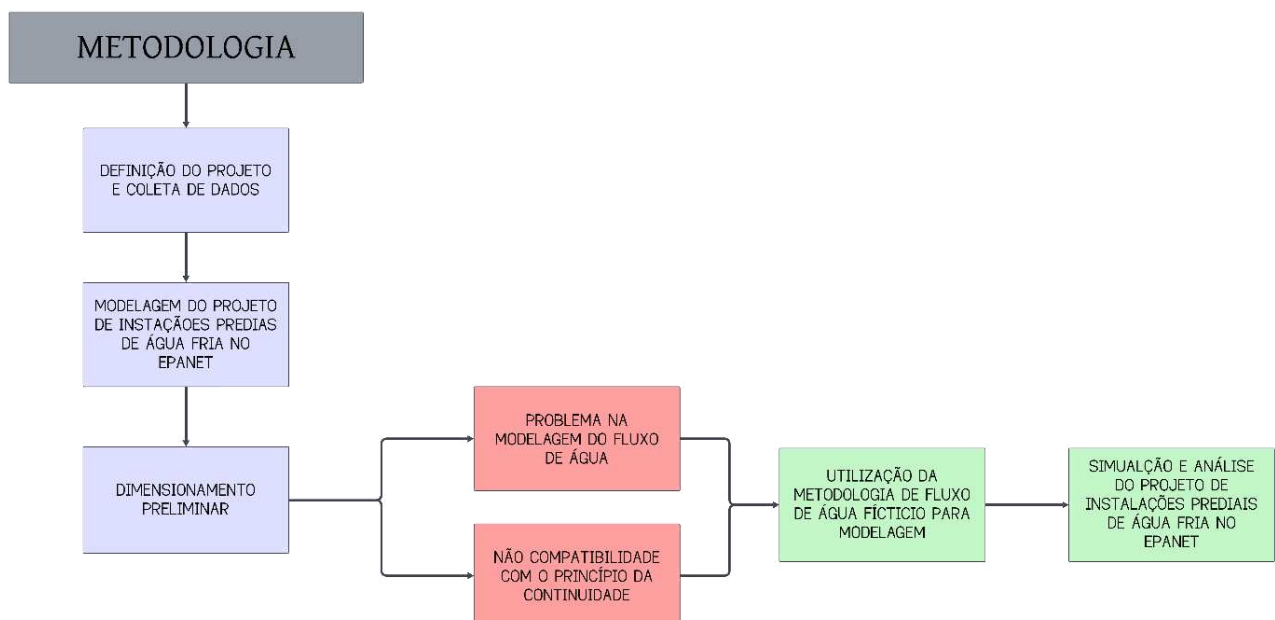
4. METOLOGIA

4.1. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Na busca para analisar hidraulicamente um projeto predial de água fria em um software que não foi desenvolvido para esse tipo de finalidade, são encontradas determinadas dificuldades. Desta forma, adaptações se fazem necessárias no sentido de obter resultados satisfatórios. Para isso, é importante adotar uma metodologia que consiste em descrever todas as etapas desde a importação do projeto, utilizando o programa EpaCAD, ajustes das configurações do programa e do levantamento das instalações propostas, aplicação das vazões (valores nominais ou fictícias), simulação do modelo e análise final do projeto.

O foco principal da metodologia, ilustrado na Figura 2, está na adaptação do método das vazões fictícias. Esse método consiste na determinação das vazões em cada trecho da rede, aplicando o princípio da continuidade, que assegura a quantidade de água ingressante no sistema sendo equivalente à quantidade de saída. Com isso, ajustando as vazões de maneira iterativa até que se alcance um equilíbrio hidráulico no sistema.

Figura 2: Fluxograma Etapas Metodológicas



Fonte: Autoria Própria (2024).

Ao realizar as adaptações, torna-se possível utilizar o EPANET para a modelagem de uma instalação predial de água fria, em determinadas condições. Através da

implementação da metodologia adequada e de ajustes nas simulações, o modelo é capaz de fornecer resultados compatíveis com as características de um sistema predial de água fria. Isso permite uma simulação eficiente, alinhada aos princípios da hidráulica, garantindo que o sistema proposto seja funcional e equilibrado.

4.2. DEFINIÇÃO DO PROJETO E COLETA DE DADOS

4.2.1. IMPORTAÇÃO DO PROJETO PARA O EPANET UTILIZANDO O EPACAD

O EpaCAD é um programa gratuito que permite converter facilmente um arquivo contendo uma rede AutoCAD em um arquivo que pode ser interpretado pelo EPANET. O software possibilita a análise do comportamento hidráulico do sistema. Com essa integração, é possível simular o desempenho da rede, avaliar pressões, vazões e perdas de carga em diferentes cenários

Conforme indicado na Figura 3, com o intuito de facilitar a inserção do projeto, que deseja simular no EPANET, é necessário, primeiramente, prepará-lo para a interface apresentada pelo software. Essa disposição envolve a definição de todos os elementos hidráulicos do sistema, como levantamento das tubulações, das bombas, dos reservatórios e dos nós de junção, além da configuração das demandas em pontos da rede.

Figura 3: Preparação do arquivo CAD



Fonte: Autoria Própria (2024).

Entre os aspectos essenciais a serem considerados ao preparar um arquivo de projeto, no AutoCAD, para uma instalação predial de água fria, antes de exportá-lo para o EPANET, destacam-se:

1.1. Organização do projeto:

No AutoCAD, a organização do projeto é imprescindível para uma exportação e simulação bem sucedida no EPANET. Uma boa disposição e utilização das plantas,

cortes, isométricos podem facilitar o entendimento da simulação predial, permitindo uma análise mais precisa e eficiente. Outro recurso é a utilização de camadas ou *layers*, que permitem categorizar e gerenciar os elementos do desenho de forma estratégica.

As camadas são o método principal para organizar os objetos em um desenho por função ou finalidade. É possível reduzir a complexidade visual de um desenho e melhorar o desempenho de exibição ocultando informações que você não precisa ver no momento (AUTODESK, 2020).

Com a utilização de *layers* no AutoCAD, é possível designar diferentes elementos do projeto, como tubulações, bombas, reservatórios e dispositivos de controle. Ao designar diferentes elementos a camadas específicas, torna-se mais fácil a identificação e seleção de componentes durante a simulação.

1.2. Configuração das unidades de medidas:

No AutoCAD, é necessário a verificação das unidades de medidas de um projeto é de fundamental importância, pois, os dados foram exportados e utilizados para a simulação pelo software. Com isso, é necessário ter todas as unidades de medidas compatíveis com o EPANET.

Caso as unidades de medidas não estejam adequadas, é necessário realizar a conversão dos dados do projeto para as unidades utilizadas no software. Isso irá garantir a precisão e a confiabilidade dos resultados obtidos. A falta de compatibilidade das unidades pode acarretar em erros que comprometem todo o projeto, influenciando diretamente em suas análises e nas tomadas de decisão.

1.3. Atribuição de propriedades:

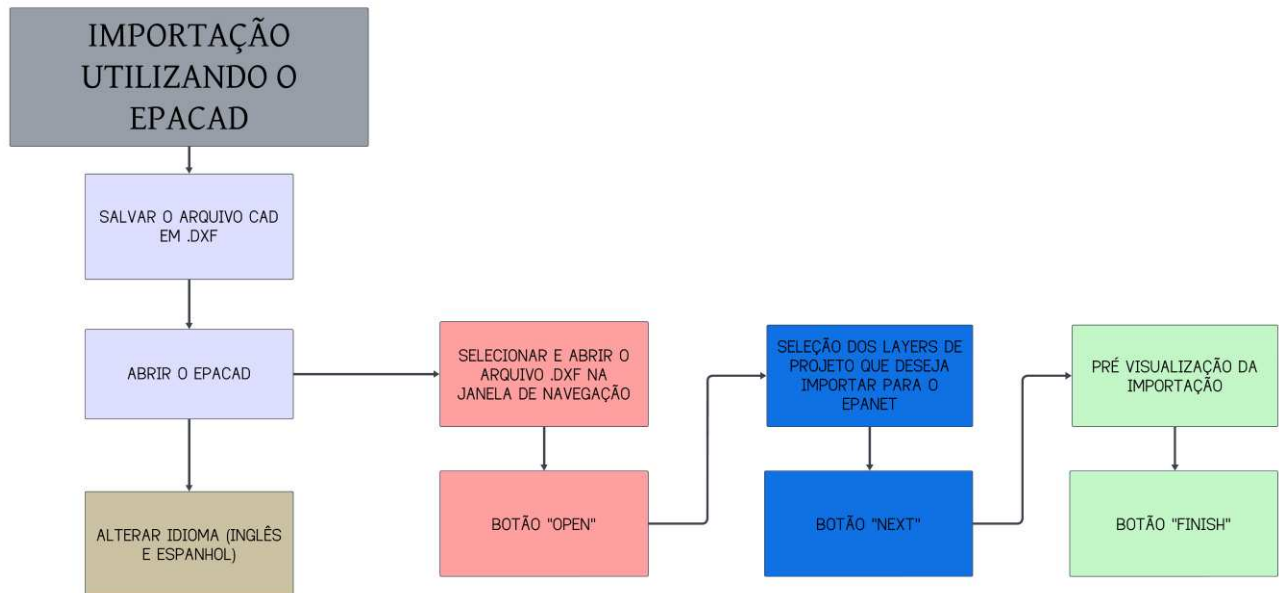
Após a organização do projeto em ambiente AutoCAD e sua respectiva importação para o EPANET via EpaCAD, fazem-se necessárias as atribuições das propriedades adequadas a cada elemento do sistema de distribuição de água, como diâmetro das tubulações, tipo de material, rugosidade, alturas dos reservatórios, demandas nos nós, entre outras informações relevantes.

1.4. Documentar e detalhar informações do projeto:

É importante que todas as informações relevantes do projeto CAD sejam documentadas, como detalhes de cada elemento do sistema de distribuição de água, especificações técnicas, dados de entrada e saída, para facilitar a revisão e futuras atualizações no EPANET.

Após todas as configurações estarem devidamente realizadas, será realizada a exportação do arquivo CAD (.dxf) para o EPANET, utilizando a ferramenta EpaCAD, seguindo a cronologia apresentada pela Figura 4.

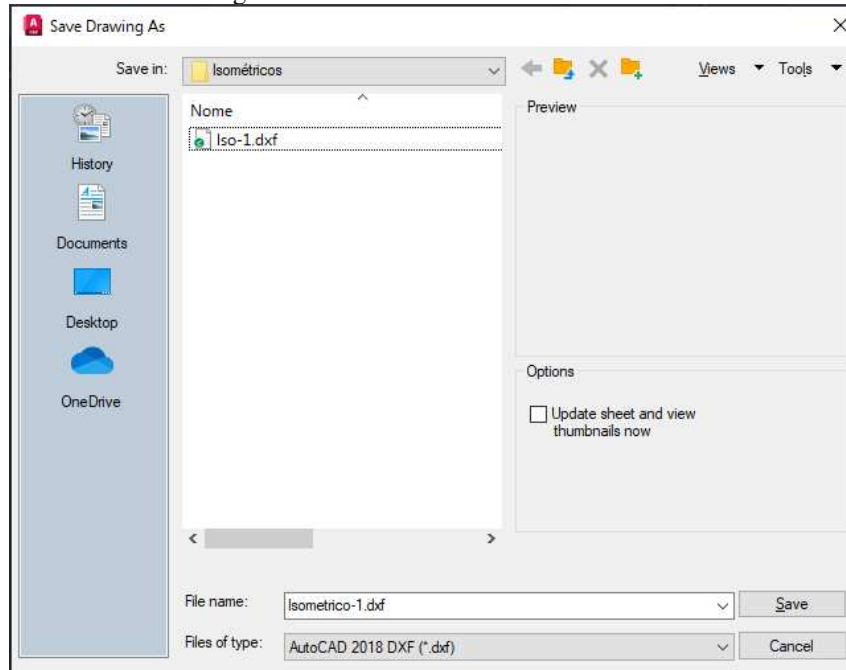
Figura 4: Fluxograma utilização EpaCAD



Fonte: Autoria Própria (2024).

Inicialmente, deve-se salvar o arquivo CAD em formato .dxf, pois é o formato utilizado pelo programa EPANET, indicado na Figura 5.

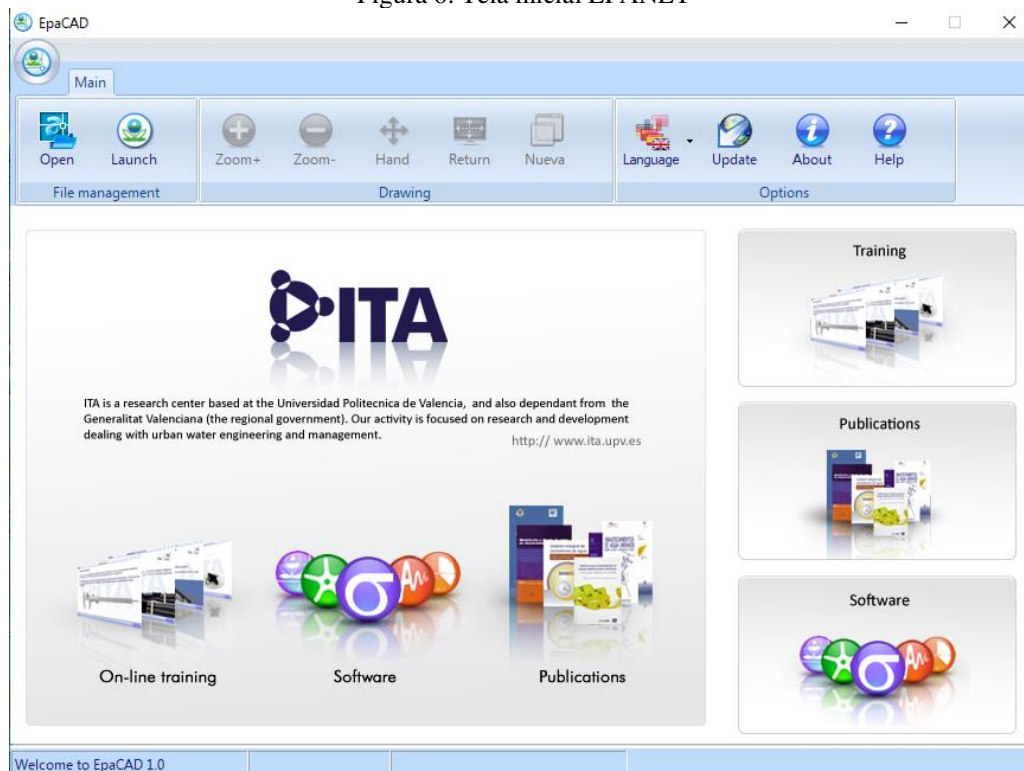
Figura 5: Janela de salvamento AutoCAD



Fonte: Autoria Própria (2024).

Após o arquivo salvo em uma pasta, deve-se abrir o software EpaCAD que possui a seguinte tela inicial, como ilustra a Figura 6.

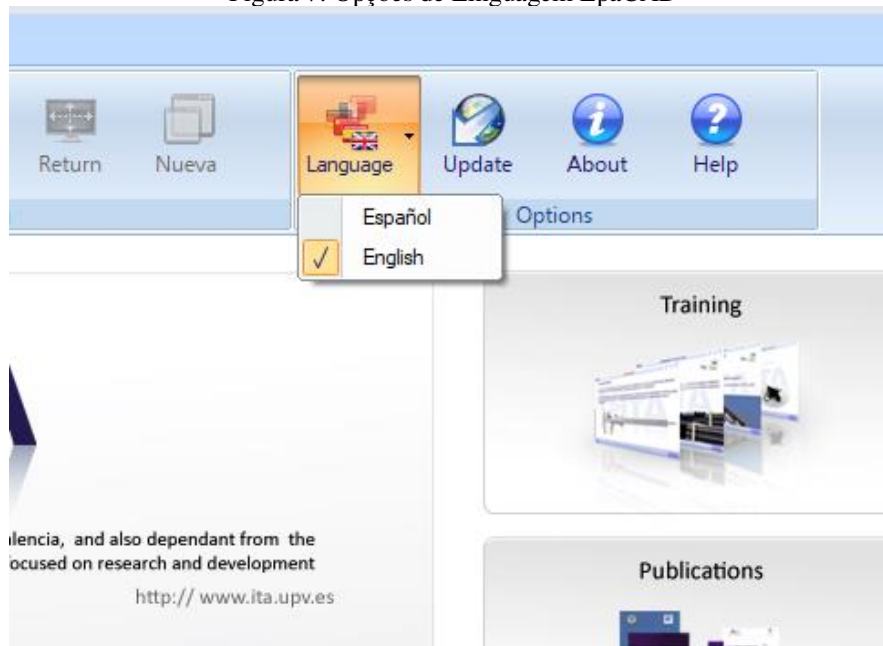
Figura 6: Tela inicial EPANET



Fonte: Autoria Própria (2024).

Com a tela do EPANET aberta, têm-se algumas opções que podem ser utilizadas para exportar o arquivo .dxf para o formato .net, utilizado no EPANET. A única alteração inicial que o usuário pode está realizando é com relação a mudança do idioma de preferência. Contudo, o programa só conta apenas com duas opções de linguagens, sendo elas inglês e espanhol, como ilustra a Figura 7.

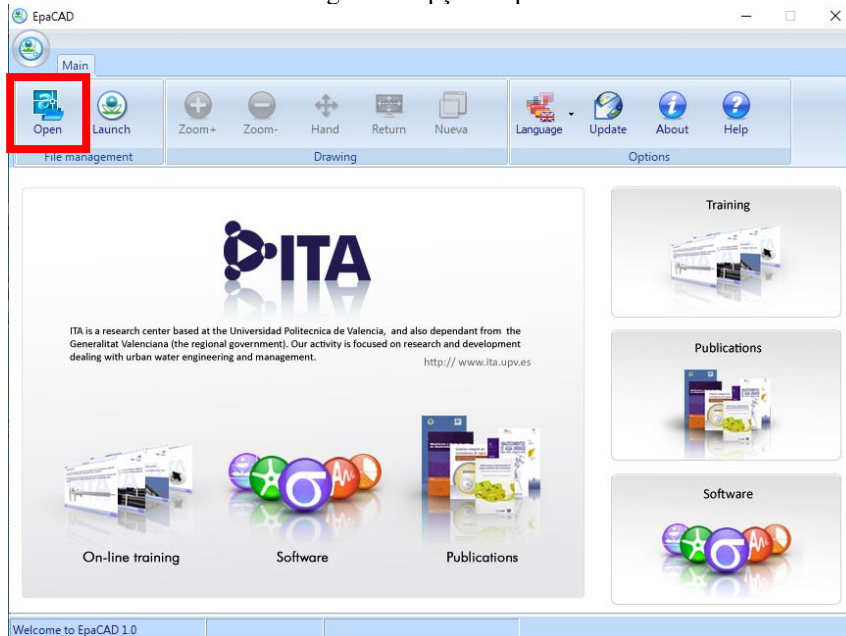
Figura 7: Opções de Linguagem EpaCAD



Fonte: Autoria Própria (2024).

Em seguida, seleciona-se a opção “*Open*”, como destaca a Figura 8, onde irá abrir uma janela de navegação, ilustrado na Figura 9, é utilizada para selecionar o arquivo com o formato .dxf, no qual foi salvo anteriormente.

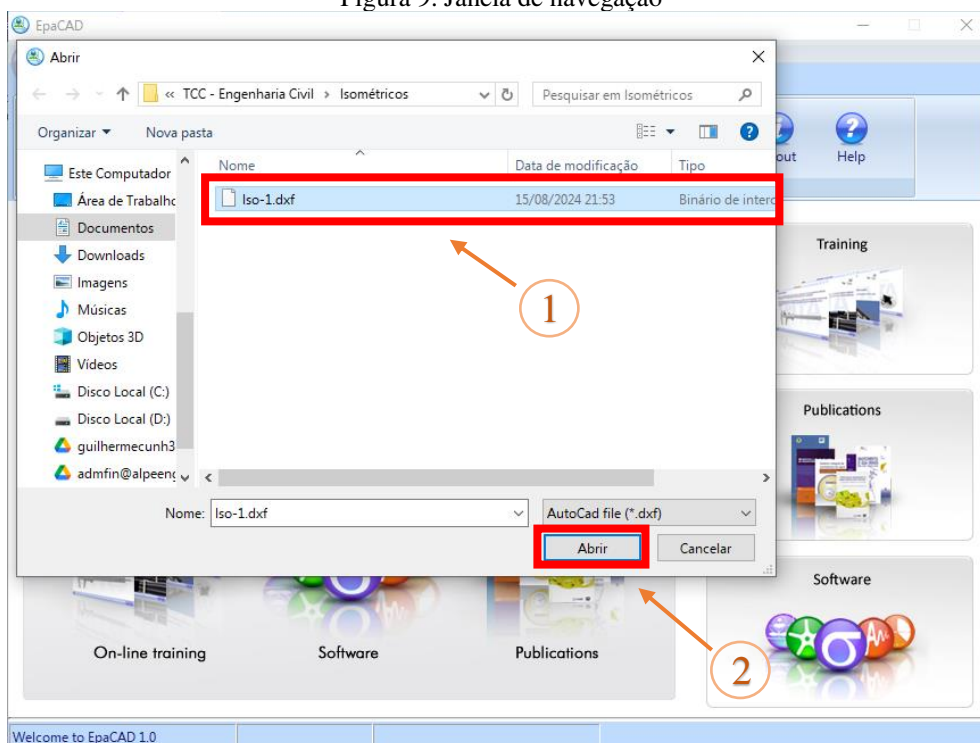
Figura 8: Opção "Open"



Fonte: Autoria Própria (2024).

Portanto, vale ressaltar a importância de salvar o arquivo no formato .dxf, para que seja possível visualizar o arquivo na janela que irá abrir, assim como, garantir que o processo finalizado sem nenhuma falha.

Figura 9: Janela de navegação

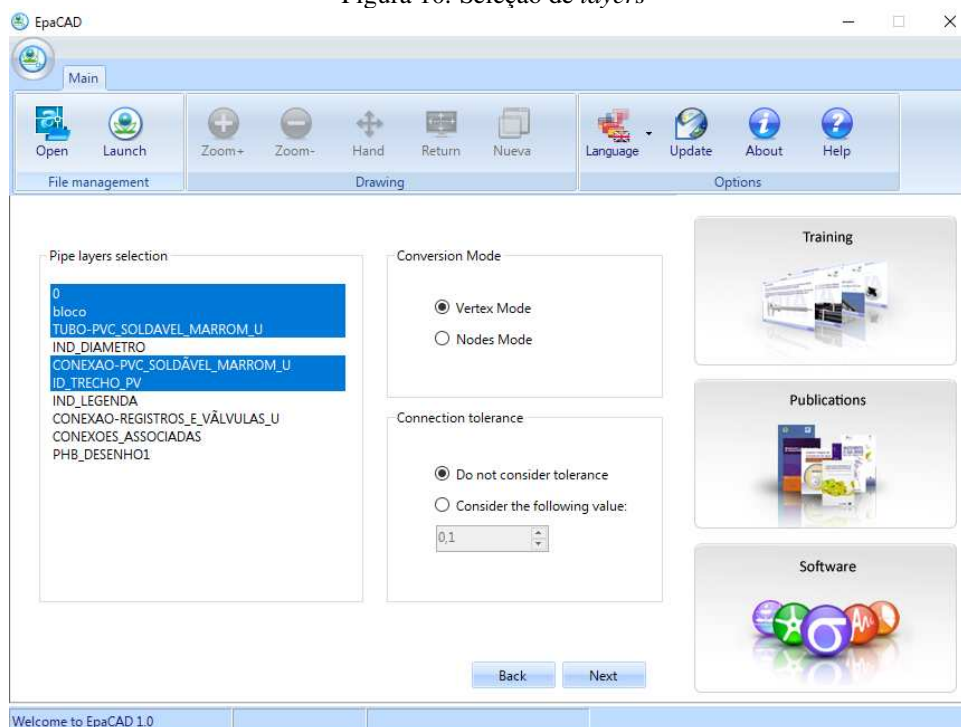


Fonte: Autoria Própria (2024).

Em seguida, com o arquivo selecionado aberto no software, irá surgir uma tela com as informações relacionadas aos *layers* que se deseja importar para o EPANET. É importante ter bastante cuidado nessa etapa, pois, como mencionado anteriormente, todos os *layers* selecionados do desenho exportado do AutoCAD é que será reconhecida e utilizada como tubulação e nó no EPANET.

Contudo, é necessário atenção na janela “*Conversion Mode*”, na qual oferece duas opções: “*Nodes Mode*” e “*Vertex Mode*”. Ao selecionar “*Nodes Mode*”, o EpaCAD interpretará a junção de linhas como um nó. Já ao escolher “*Vertex Mode*”, ele considerará os vértices de uma *polyline* como pontos de conversão.

Figura 10: Seleção de *layers*



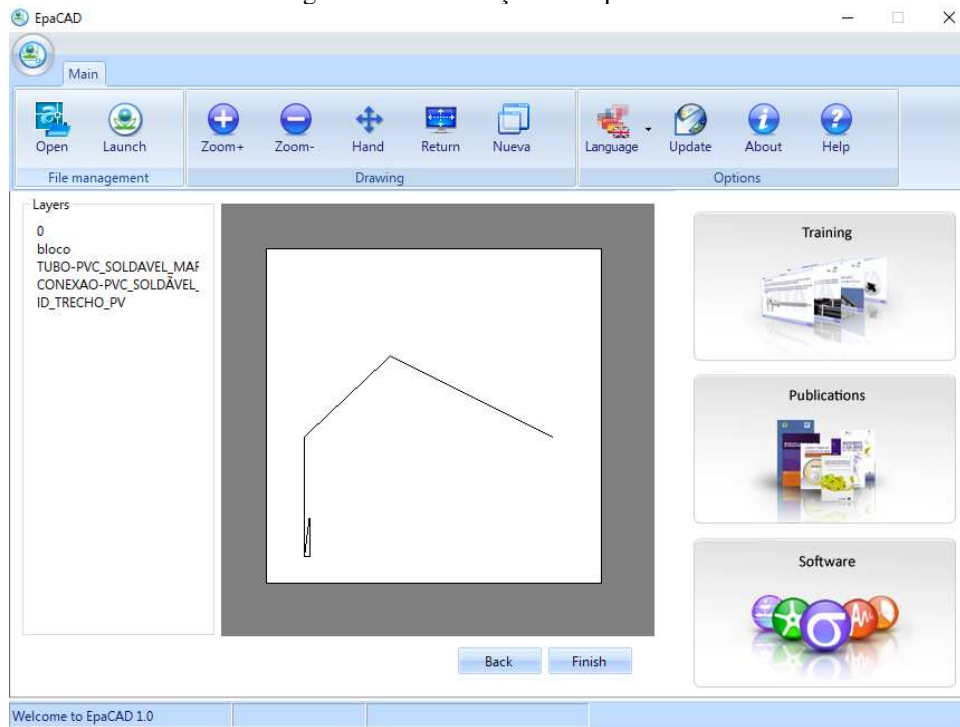
Fonte: Autoria Própria (2024).

Após todos os *layers* necessários serem selecionados, deve ser selecionada a opção “*Next*”, identificado na Figura 10. Em seguida, é possível ter uma visualização do modelo no formato .net, como mostra a Figura 11.

Na Figura 11, é possível notar que a pré-visualização exibida no EpaCAD não corresponda exatamente ao layout final do projeto que se deseja exportar, essa diferença é apenas um problema visual inerente ao programa. Na prática, ao importar o arquivo para o EPANET, o traçado do projeto será representado de forma compatível com o modelo original.

No entanto, é recomendável realizar uma verificação detalhada após a importação para garantir que todos os elementos, como tubulações, nós e outros componentes hidráulicos, estejam posicionados e configurados corretamente. Essa etapa de revisão é essencial para evitar inconsistências que possam comprometer a análise ou simulação do sistema hidráulico.

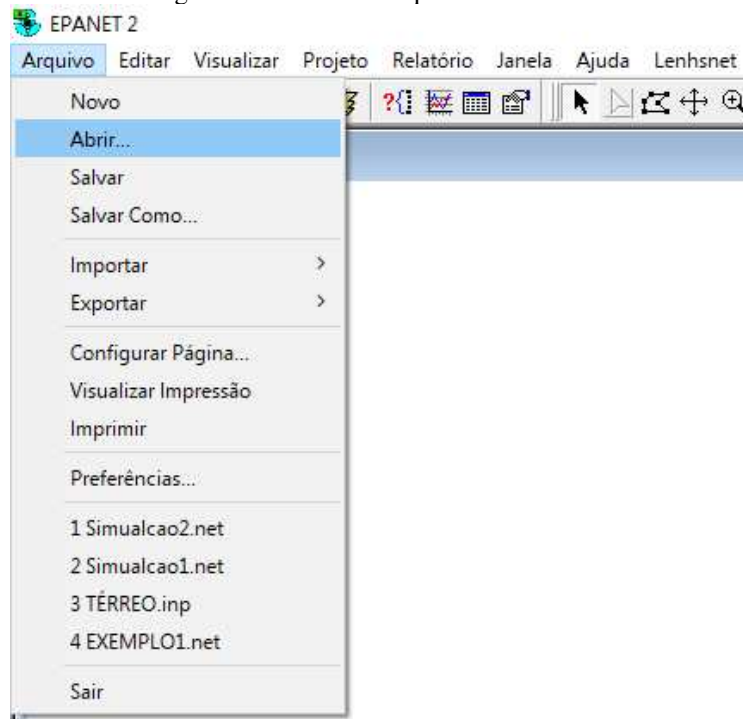
Figura 11: Visualização do arquivo .net



Fonte: Autoria Própria (2024).

Por fim, selecione a opção “*Finish*” e escolha uma pasta onde o arquivo será salvo. Com isso, basta executar o software EPANET, selecionar as opções “arquivo” e logo em seguida “Abrir”, como ilustra a Figura 12, e procurar o arquivo no local em que foi salvo no seu computador.

Figura 12: Abrindo o arquivo no EPANET



Fonte: Autoria Própria (2024).

4.2.2. IMPORTANDO O PROJETO COM PLANO DE FUNDO

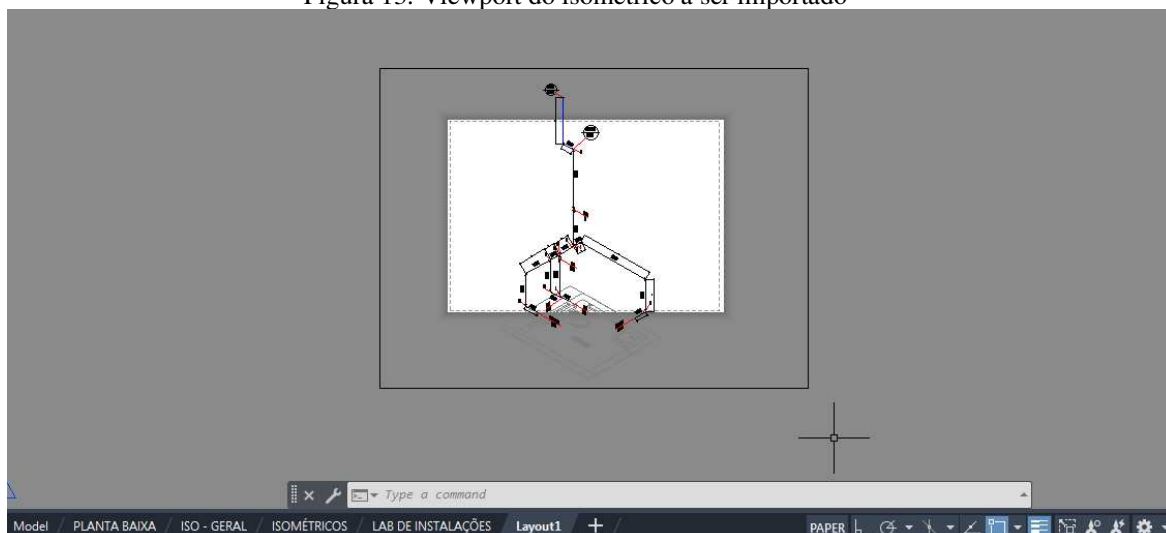
Outra opção de importação do projeto para o EPANET é a utilização de um plano de fundo para que a simulação se torne mais visual. Contudo, essa metodologia requer que sejam inseridos todos os nós e tubulações de forma manual no programa utilizado.

Primeiramente, é necessário abrir o projeto a ser simulado no AutoCAD. Após escolher o isométrico que deseja importar para o software deve-se criar um layout com uma *viewport* com o isométrico desejado, ilustrado na Figura 13.

É importante ressaltar, ao trabalhar com desenhos no CAD, qualquer informação ou *layer* que se deseje ocultar para simplificar a visualização e evitar o excesso de dados no arquivo final deve ser configurado antes de salvar o projeto. No projeto em questão optou-se por ocultar as informações referentes aos trechos.

Nessa etapa, não é obrigatório inserir o objeto na *viewport* com escala ou ajustá-lo perfeitamente na folha de layout. Esse procedimento não influenciará no tamanho do projeto que irá aparecer no EPANET, sem prejuízos ao dimensionamento.

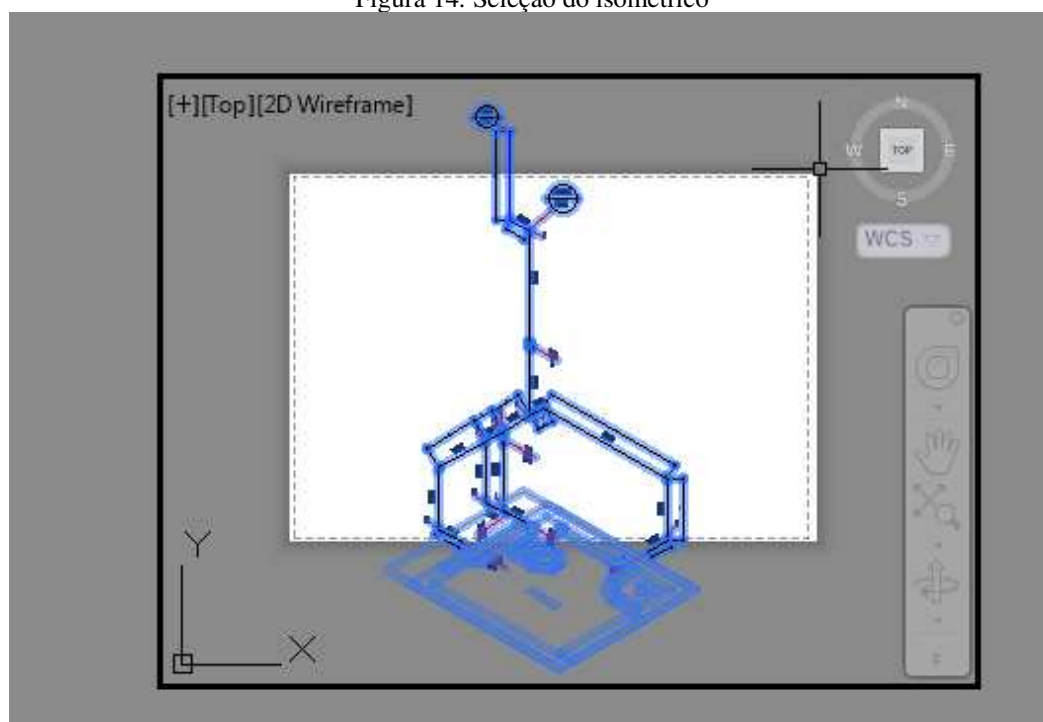
Figura 13: Viewport do isométrico a ser importado



Fonte: Autoria Própria (2024).

Para o passo seguinte, é importante que sejam dados dois cliques na aba da *viewport*, para ativar o modo de edição e permitir a seleção de todo o objeto que se deseja aplicar como plano de fundo no EPANET.

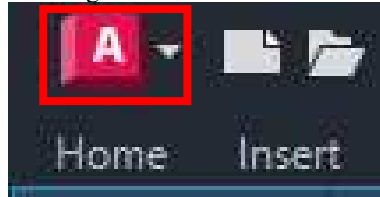
Figura 14: Seleção do isométrico



Fonte: Autoria Própria (2024).

Após selecionar todo o isométrico, como na Figura 14, seleciona-se o símbolo do CAD para que outras opções possam se expandir, ilustrado na Figura 15.

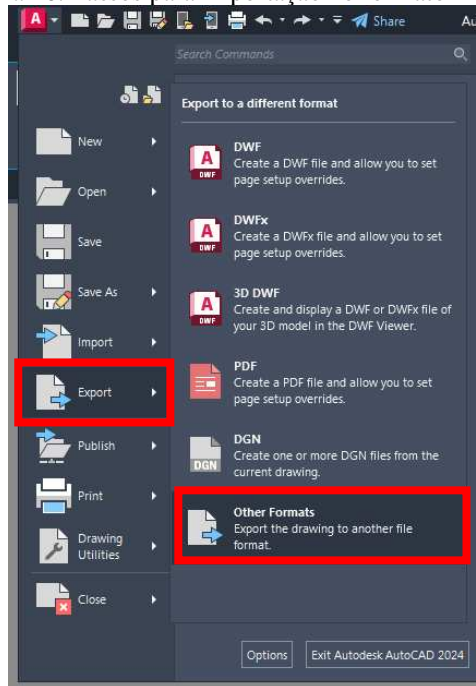
Figura 15: Símbolo CAD



Fonte: Autoria Própria (2024).

Com as opções, será selecionado o botão “*Export*” e logo em seguida “*Other Formats*”, ilustrado na Figura 16.

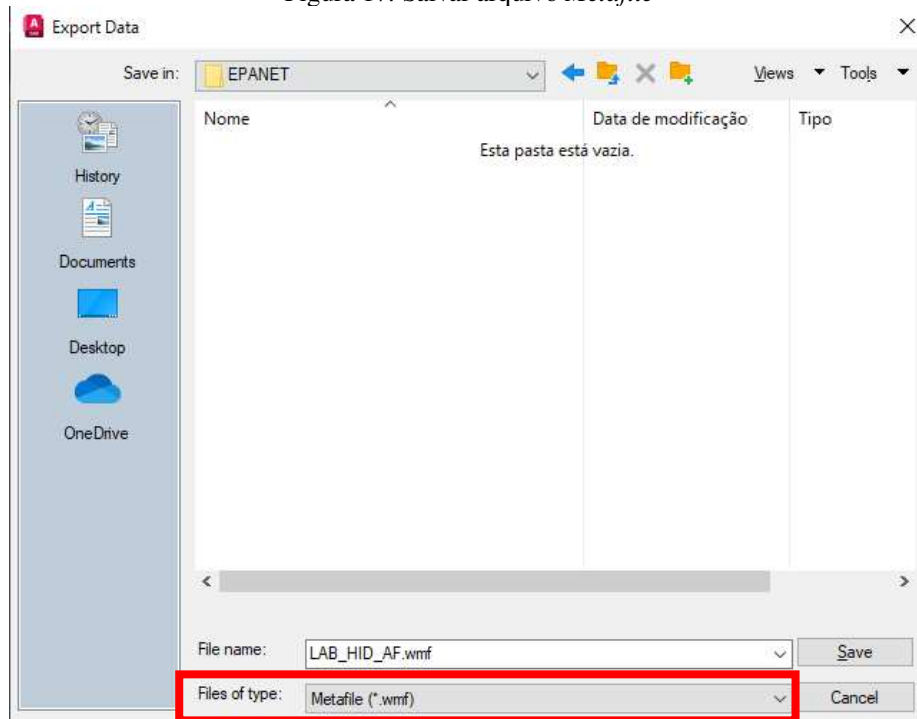
Figura 16: Passos para importação no formato *Metafile*



Fonte: Autoria Própria (2024).

Na Figura 17, pode-se observar a janela para salvar o arquivo. É importante que o arquivo seja salvo no formato .wmf, que é conhecido como arquivo *Metafile*. Logo em seguida escolha a pasta que deseja salvar e clique em “*Save*”.

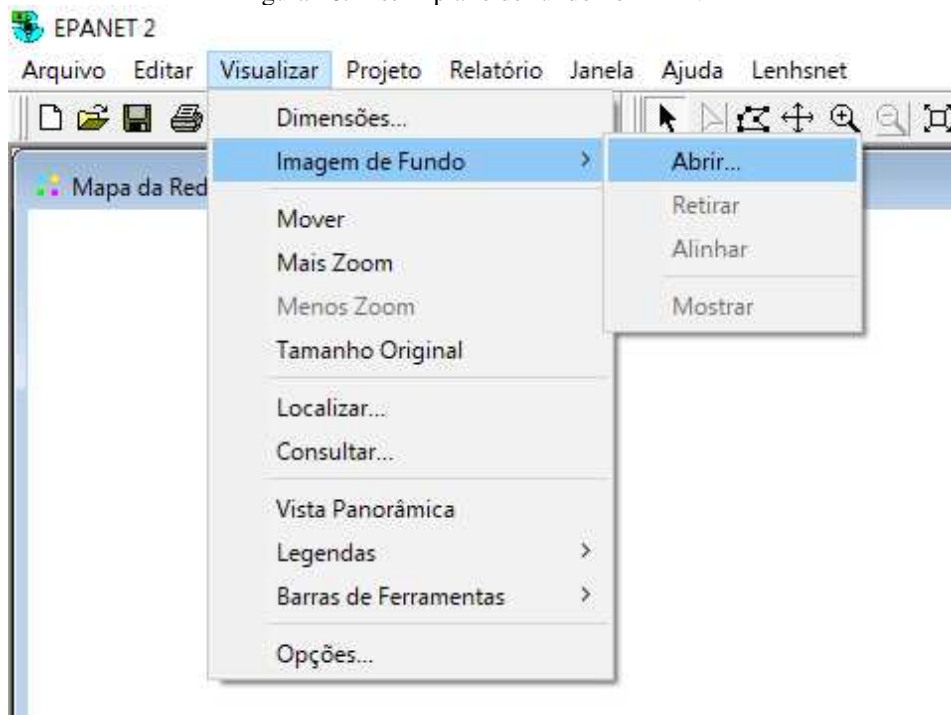
Figura 17: Salvar arquivo *Metafile*



Fonte: Autoria Própria (2024).

Com o EPANET aberto, seleciona-se a opção visualizar, imagem de fundo e em seguida a opção abrir, como mostra a Figura 18 abaixo.

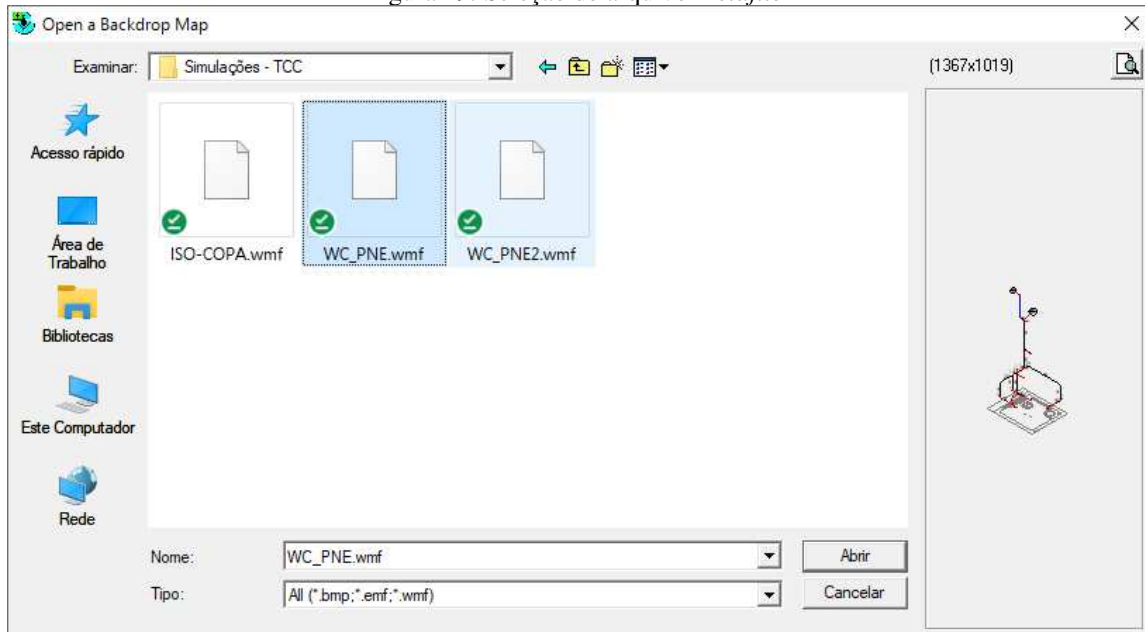
Figura 18: Inserir plano de fundo no EPANET



Fonte: Autoria Própria (2024).

Uma nova janela abrirá novamente, siga para o destino no qual foi salvo o arquivo *Metafile* e seleciona-se a opção “Abrir”, ilustrado na Figura 19. Com todos os passos seguidos irá abrir o plano de fundo, como mostra a Figura 20.

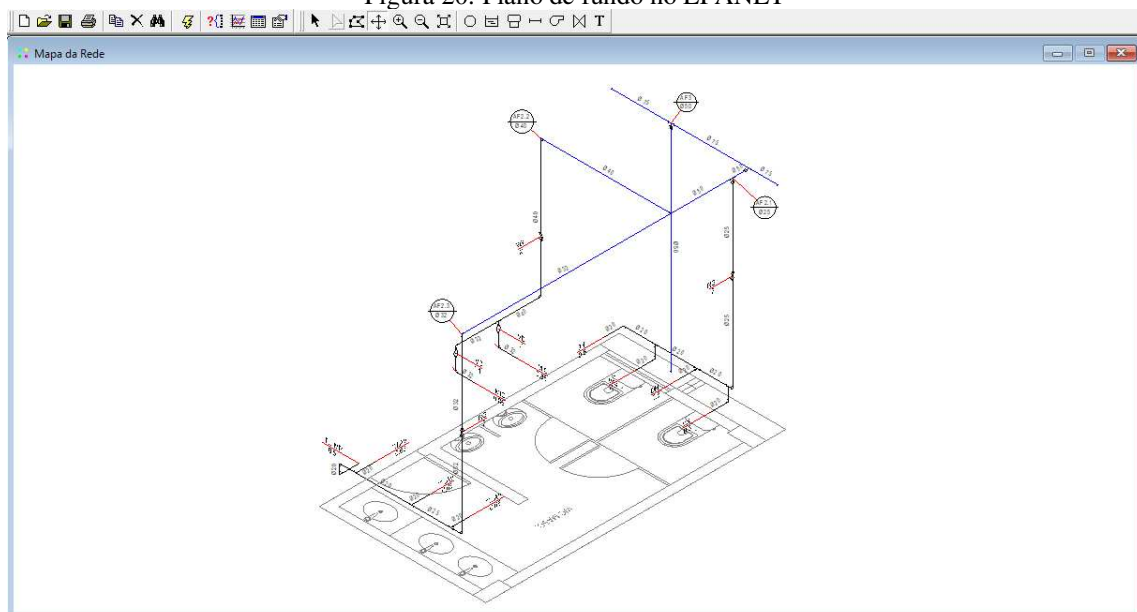
Figura 19: Seleção do arquivo *Metafile*



Fonte: Autoria Própria (2024).

Como foi ressaltado anteriormente, esse método possibilita apenas a importação de um plano de fundo sem qualquer dado de trajeto da tubulação ou nós, como possibilita o EpaCAD. Todas as adições de nós, tubulações e a inserção de dados são necessários.

Figura 20: Plano de fundo no EPANET



Fonte: Autoria Própria (2024).

4.3. MODELAGEM DO PROJETO NO EPANET

Após realizar-se todas as etapas já descritas anteriormente e o projeto já importado para o ambiente do EPANET, devem ser realizadas as configurações iniciais, descrição ilustrada na Figura 21.

Figura 21: Janela configurações pré-definidas



Fonte: Autoria Própria (2024).

As configurações pré-definidas do projeto representam um conjunto de parâmetros e ajustes iniciais que podem ser utilizados de maneira padronizada em diferentes situações. Essas configurações servem como base tanto para um projeto futuro, como para um projeto em simulação. No ambiente EPANET, as configurações pré-definidas podem ser divididas em três abas, representados na Figura 22.

Figura 22: Configurações pré-definidas

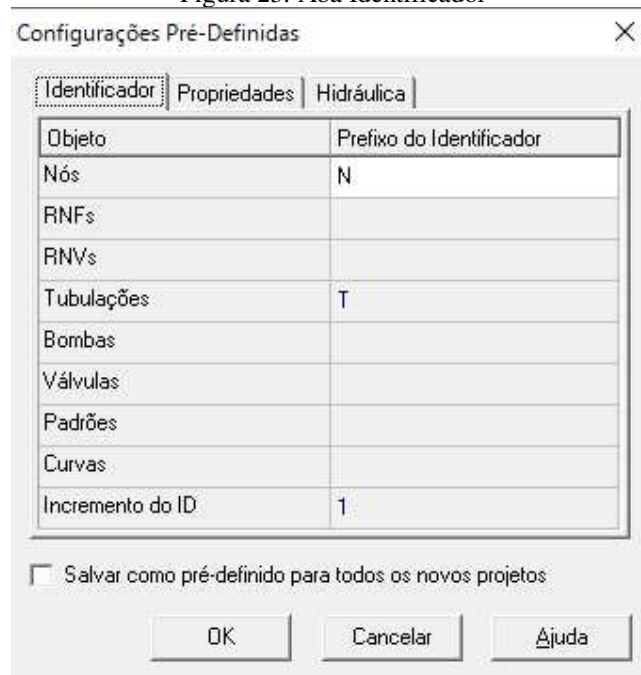


Fonte: Autoria Própria (2024).

Como ilustra a Figura 23, a aba Identificador é utilizada para determinar como o EPANET atribui identificadores automáticos aos componentes da rede quando eles são criados pela primeira vez. Para cada tipo de objeto, é possível inserir um texto como prefixo ou deixar o campo em branco, caso se deseje que o identificador seja apenas numérico.

Em seguida, define-se o incremento que será aplicado à numeração automática dos IDs, para ser utilizado quando um sufixo numérico é adicionado ao identificador. Por exemplo, se o prefixo "N" for utilizado para nós, com um incremento de 5, à medida que novos nós são criados, eles receberão identificadores como N1, N6, N11, e assim por diante.

Figura 23: Aba Identificador



Objeto	Prefixo do Identificador
Nós	N
RNFs	
RNVs	
Tubulações	T
Bombas	
Válvulas	
Padrões	
Curvas	
Incremento do ID	1

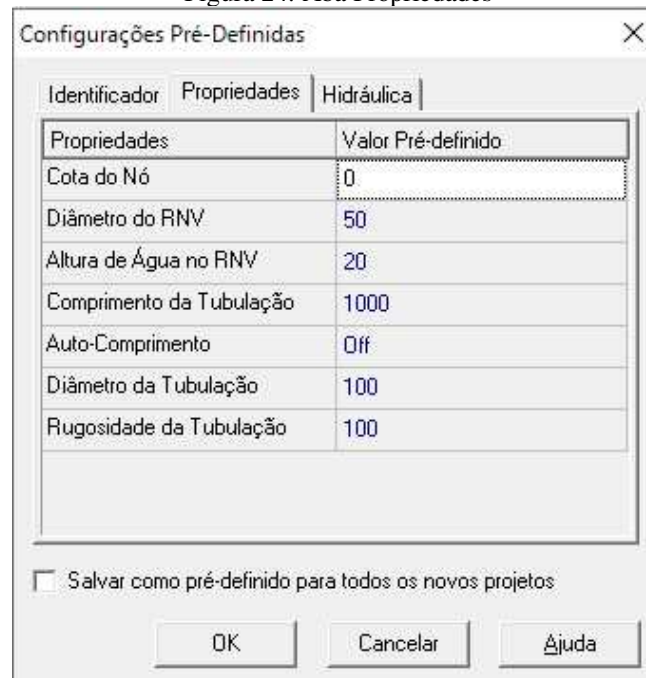
☐ Salvar como pré-definido para todos os novos projetos

OK Cancelar Ajuda

Fonte: Autoria Própria (2024).

Representado na Figura 24, o recurso Propriedades configura os valores das propriedades padrão para os nós e trechos que serão criados posteriormente.

Figura 24: Aba Propriedades



Propriedades	Valor Pré-definido
Cota do Nó	0
Diâmetro do RNV	50
Altura de Água no RNV	20
Comprimento da Tubulação	1000
Auto-Comprimento	Off
Diâmetro da Tubulação	100
Rugosidade da Tubulação	100

☐ Salvar como pré-definido para todos os novos projetos

OK Cancelar Ajuda

Fonte: Autoria Própria (2024).

O recurso apresentado na aba Hidráulica é possível determinar a unidade de vazão, equação utilizada no cálculo de perda de carga, densidade, viscosidade, entre outras opções apresentadas na Figura 25.

Figura 25: Aba Hidráulica

Opções	Valor Pré-definido
Unidades de Vazão	LPS
Fórmula de Perda de Carga	H-W
Densidade	1
Viscosidade Relativa	1
No. Máximo de Iterações	40
Erro Máximo de Convergência	0.001
Se Não Convergir	Continue
Padrão	1
Fator de Consumo	1.0

☐ Salvar como pré-definido para todos os novos projetos

OK Cancelar Ajuda

Fonte: Autoria Própria (2024).

Na metodologia de elaboração do projeto hidráulico, é essencial especificar parâmetros que orientem o dimensionamento e a análise do sistema. Segundo a NBR 5626/2020, a formula universal de perda de carga Equação 1.0 é a mais indicada, por sua precisão e capacidade de adaptação a diferentes condições de escoamento e materiais.

$$h_p = f \frac{Lv^2}{2Dg} + k \frac{v^2}{2g} \quad 1.0$$

Onde:

h_p : perda de carga (m.c.a.);

f : fator de atrito;

L : comprimento da tubulação (m);

D : diâmetro interno (m);

v : velocidade do fluido (m/s);

g : aceleração da gravidade

k : somatório do coeficiente de perdas de cargas nas conexões.

Quanto ao cálculo das perdas de carga virtuais, foram utilizados os coeficientes de perda de carga singular em função das conexões das instalações prediais simuladas. Para tanto, tem-se Tabela 3 que apresenta esses coeficientes:

Tabela 3: Coeficiente de Perda de Carga Singular

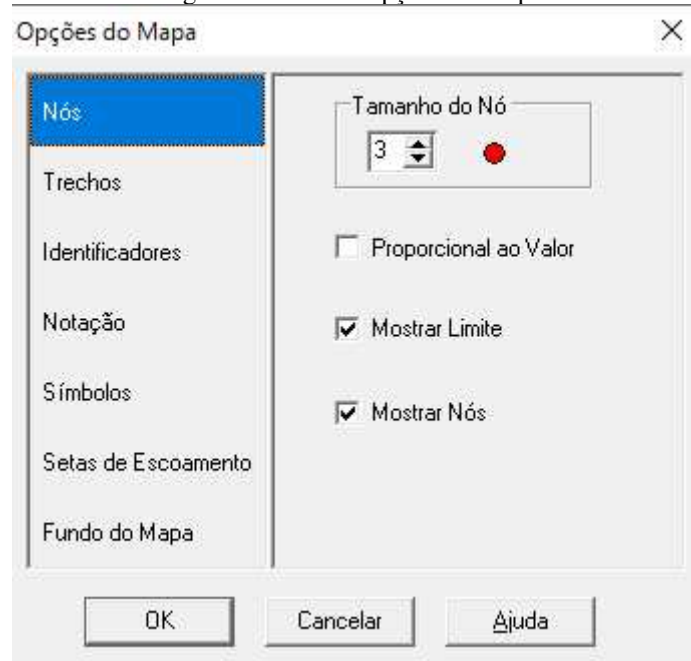
Peça	k
Ampliação gradual	0,30
Bocais	2,75
Comporta aberta	1,00
Controlador de vazão	2,50
Cotovelo de 90°	0,90
Cotovelo de 45°	0,40
Crivo	0,75
Curva de 90°	0,40
Curva de 45°	0,20
Curva de 22°30'	0,10
Entrada de Bordo	0,50
Existência de pequena derivação	1
Junção	0,03
Medidor Venturi	0,40
Redução gradual	2,5
Registro de ângulo aberto	0,15
Registro de gaveta aberto	5,00
Registro de Globo aberto	10,00
Saída de canalização	1,00
Te de passagem direta	0,60
Te de saída de lado	1,30
Te de saída bilateral	1,80
Válvula de pé	1,75
Válvula de retenção	2,50

Fonte: Adaptado manual EPANET (2009).

Os materiais empregados nas tubulações, como PVC, ferro fundido ou aço, possuem características hidráulicas específicas que determinam o valor da rugosidade, influenciando diretamente a perda de carga. No software de simulação hidráulica, EPANET, esses parâmetros precisam ser configurados com precisão para garantir simulações que reflitam adequadamente as particularidades dos materiais e as condições simuladas.

Na janela Opções do Mapa, Figura 26, é possível selecionar opções de visualização apresentadas no mapa, é possível observar identificadores e símbolos à medida que objetos são adicionados ao projeto.

Figura 26: Janela "Opções do Mapa"



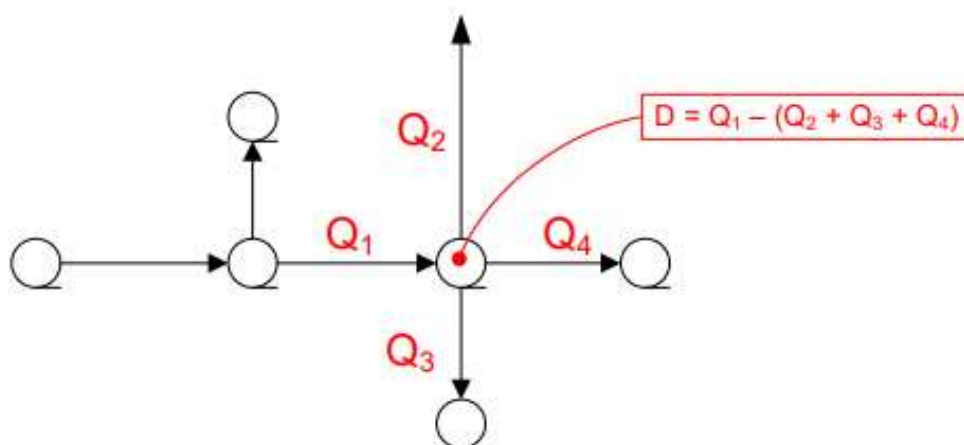
Fonte: Autoria Própria (2024).

4.4. MÉTODO DAS VAZÕES FICTÍCIAS

O método das vazões fictícias, ilustrado pela Figura 27, é uma abordagem utilizada em hidráulica para calcular o dimensionamento de redes prediais de água, onde o consumo nos pontos de uso não ocorre de forma contínua. Ao contrário dos sistemas urbanos de abastecimento, onde se presume uma demanda constante em todos os pontos de consumo, em edificações prediais, o uso da água é intermitente e a probabilidade de que todos os aparelhos sanitários sejam utilizados ao mesmo tempo é muito baixa.

Por isso, a aplicação direta dos métodos tradicionais de soma de vazões nominais, como os utilizados no EPANET, pode levar a um superdimensionamento da rede, resultando em custos excessivos e ineficiência operacional (CASAGRANDE, 2011).

Figura 27: Método das Vazões Fictícias



Fonte: CASAGRANDE (2011).

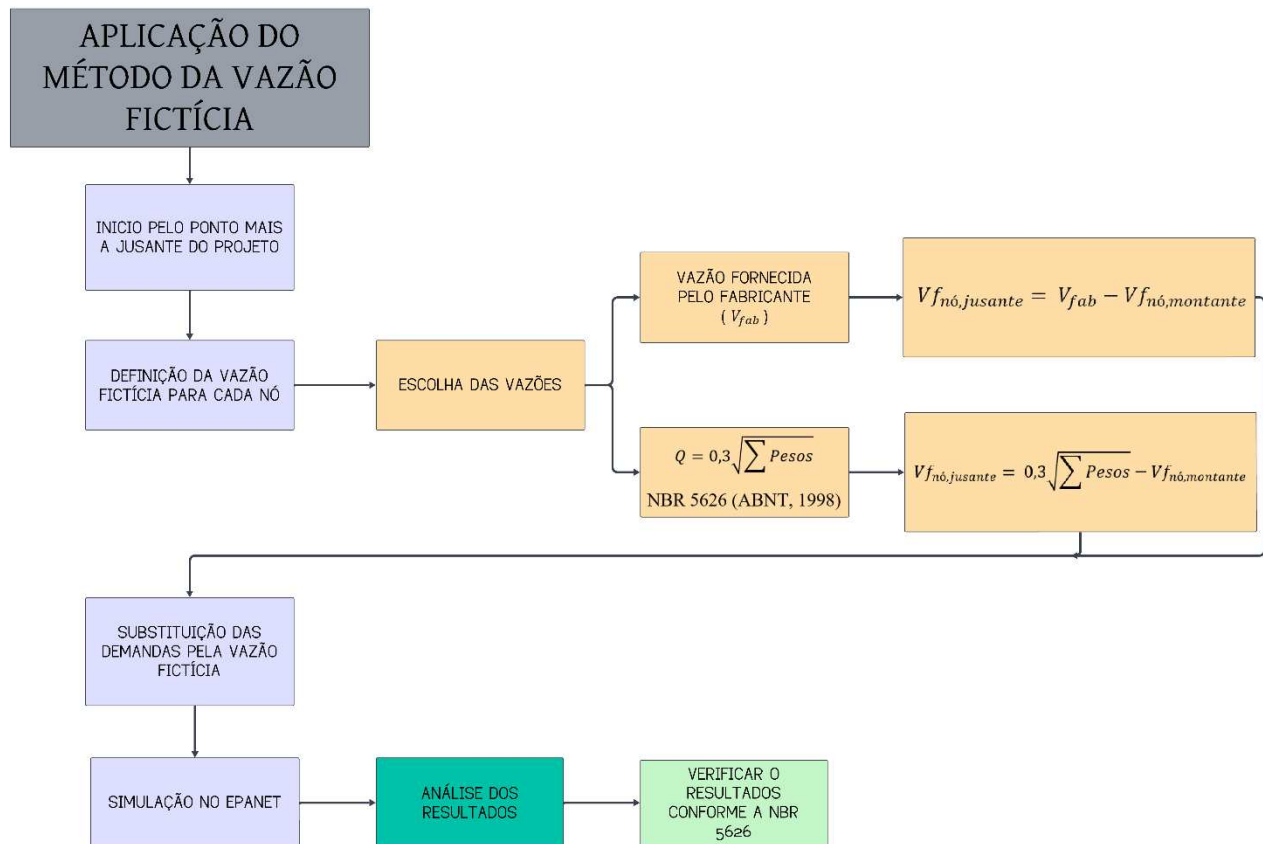
Nesse contexto, o método das vazões fictícias surge como uma solução mais adequada para a simulação e cálculo de redes prediais. Esse método considera uma redução nas demandas estimadas, levando em conta a probabilidade de utilização dos aparelhos em cada ramal da rede.

Ao utilizar vazões fictícias, que são menores do que as vazões nominais, o cálculo se torna mais realista e adequado para as condições típicas de uso em edificações. Isso evita que o dimensionamento da rede seja baseado em uma premissa irreal de uso simultâneo de todos os pontos de consumo, o que é raro na prática (CASAGRANDE, 2011).

A aplicação do método das vazões fictícias, portanto, oferece uma alternativa mais precisa para o dimensionamento de redes prediais, especialmente quando comparado ao método convencional de soma de demandas utilizado no EPANET. Ao adotar essa metodologia, é possível projetar sistemas mais eficientes, com tubulações e componentes dimensionados de acordo com a demanda real, evitando tanto o subdimensionamento quanto o superdimensionamento, e garantindo uma distribuição de água adequada e segura em toda a edificação.

4.5. DIMENSIONAMENTO PRELIMINAR

Figura 28: Fluxograma Aplicação do Método da Vazão Fictícia



Fonte: Autoria Própria (2024).

O fluxograma da Figura 28, ilustra como é realizada a aplicação do método da vazão fictícia para simulação do projeto predial de água fria. O princípio básico do método é a definição de uma vazão fictícia para cada nó, que leva em consideração o peso das unidades de consumo conectadas a ele, ajustando a distribuição de água de forma mais precisa.

Para cada nó da rede predial, foi considerado os pesos associados aos aparelhos hidrossanitários. O conceito de peso está relacionado à contribuição de cada ponto da rede para o consumo total de água, e é utilizado para simplificar a determinação das vazões fictícias. A definição dos pesos varia conforme o tipo de uso, número de pontos de consumo e outros fatores associados à demanda de água.

De acordo com NBR 5626 (ABNT, 1998), os pesos relativos são estabelecidos empiricamente em função da vazão de projeto, como ilustra a Tabela 4.

Tabela 4: Pesos relativos nos pontos de utilização identificados em função do aparelho sanitário e da peça de utilização

Aparelho sanitário		Peça de utilização	Vazão de projeto L/s <i>U_s</i>	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
	Com sifão integrado	Válvula de descarga	0,50	2,8
Mictório cerâmico	Sem sifão integrado	Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga para mictório	0,15	0,3
Mictório tipo calha		Caixa de descarga ou registro de pressão	0,15 por metro de calha	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

Fonte: Adaptação NBR 5626/1998.

Para todas as simulações efetuadas no EPANET, em relação ao referido projeto, foram utilizadas as vazões resultantes dos somatórios dos pesos adaptadas ao método da vazão fictícia. Isso ocorre em conformidade com NBR 5626 (ABNT, 1998), bem como com as considerações presentes no fluxograma da Figura 28 e nos parâmetros da Tabela 4.

Esse critério foi aplicado nas simulações em todo o subsistema de distribuição (barrilete, colunas de distribuição e sub-ramais), devido ao efeito comparativo de reprodução dos resultados de dimensionamento hidráulico com o projeto original disponibilizado. Entretanto, é importante ressaltar que, por se tratar de uma edificação pública de laboratórios, nesse tipo de ocupação o critério probabilístico de uso

simultâneo de todos os pontos de utilização é algo a ser considerado no dimensionamento dos ramais. Portanto, o critério máximo possível.

Em relação às vazões dos fabricantes (Figura 28), menciona-se que não foram utilizadas nas simulações realizadas, tendo em vista o foco ao efeito comparativo relatado no parágrafo anterior. De todo modo, essas vazões (V_{fab}) podem ser encontradas eventualmente nos catálogos atuais desses fornecedores e serem aplicadas de maneira alternativa. Para tanto, devem atender as preconizações da NBR 5626 (ABNT, 2020) e, na aplicabilidade da metodologia desta pesquisa, adaptadas ao EPANET em função dos critérios apresentados no fluxograma da Figura 28.

Caso a vazão não seja fornecida pelo fabricante, essa deve-se ser calculada utilizando o somatório dos pesos. Para isso, deve-se iniciar com nó mais a jusante ou isolado. Após determinar os pesos, aplica-se a fórmula da vazão, representada na Equação 1.1. Considerando um nó específico com soma total de pesos, a vazão é calculada.

$$Q = 0,3 \sqrt{\sum Pesos} \quad 1.1$$

Para o cálculo da vazão fictícia em nós seguintes, em um sistema com múltiplos nós interligados, é necessário ajustar as vazões fictícias conforme o fluxo de montante e jusante. No nó a jusante, a vazão fictícia é reduzida pela vazão já considerada no nó montante, conforme a Equação 2.2.

$$Vf_{nó,jusante} = 0,3 \sqrt{\sum Pesos} - Vf_{nó,montante} \quad 2.2$$

Esse ajuste garante que a demanda não seja contabilizada em duplicidade ao longo do sistema, resultando em uma distribuição mais precisa das vazões entre os nós. A partir do nó de montante, a vazão fictícia é subtraída da vazão no nó jusante, garantindo que o volume de água necessário seja adequado para atender a demanda local sem exageros.

Após calcular as vazões fictícias, essas substituem as demandas reais no modelo. Essa substituição é essencial para que o software possa ser executado com base nas novas vazões. A simulação é, então, realizada no software EPANET, Figura 29, que calcula dados como pressões, vazões e velocidade nas tubulações da rede com base nos valores inseridos. O uso do EPANET permite a obtenção de resultados detalhados sobre o comportamento do sistema, identificando possíveis problemas, como quedas de pressão excessivas ou velocidades inadequadas.

Figura 29: Executar Simulação

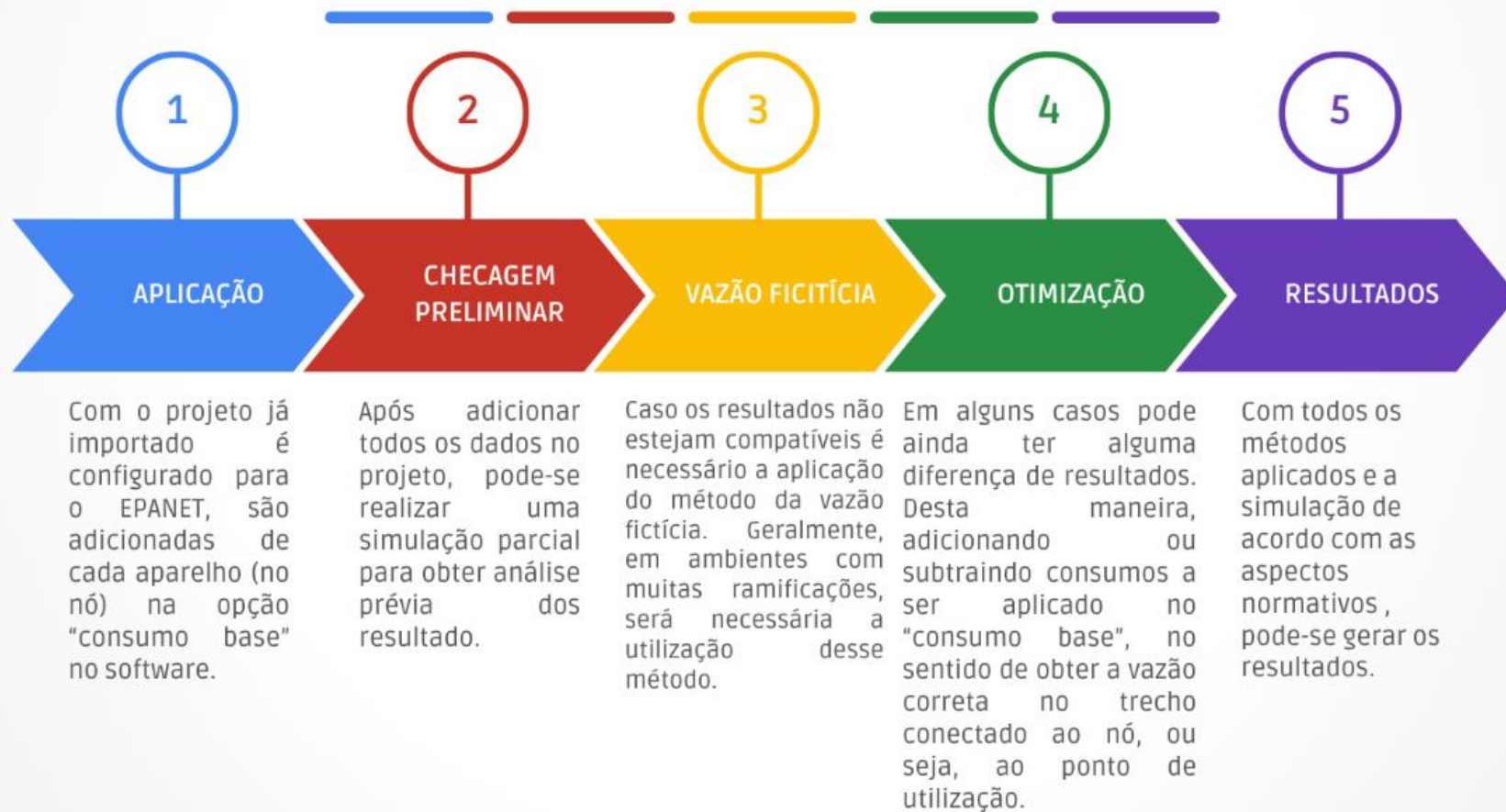


Fonte: Autoria Própria (2024).

Em alguns casos, podem haver diferenças nos resultados obtidos devido às adaptações realizadas durante a modelagem da rede hidráulica no EPANET, principalmente, na inserção “consumo base” nos nós. Para corrigir essas inconsistências, é possível adicionar ou subtrair valores no "consumo base" de forma a ajustar a vazão de cálculo e garantir que o fluxo no trecho conectado ao nó esteja em conformidade com a demanda real do sistema, além daquilo em função do procedimento apresentado no fluxograma da Figura 28 e ajustado às considerações do infográfico da Figura 30.

Desta forma, é importante que o valor aplicado ao “consumo base” no nó, no qual relaciona-se ao ponto de utilização, seja aquele que corresponda ao valor de vazão esperado no trecho de montante desse ponto. Com isso, assegura-se que os cálculos reflitam corretamente as condições operacionais da rede predial.

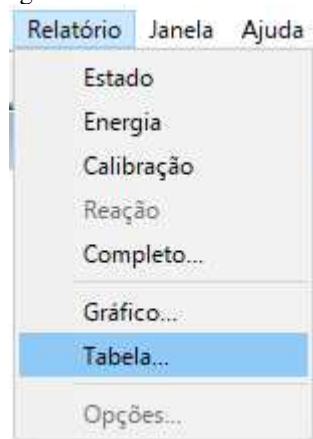
AS ETAPAS DO PLANEJAMENTO PROJETUAL UTILIZANDO O EPANET



Fonte: Autoria Própria (2024).

Com a conclusão da simulação, é necessário gerar o relatório, como ilustra a Figura 31, para realiza-se a análise dos resultados obtidos. Nesse ponto, verifica-se se os parâmetros calculados, como pressão e vazão, atendem aos requisitos normativos, estabelecido pela NBR 5626, e de projeto. A verificação normativa assegura que o sistema projetado esteja de acordo com os padrões mínimos e máximos exigidos, garantindo a segurança e eficiência do sistema.

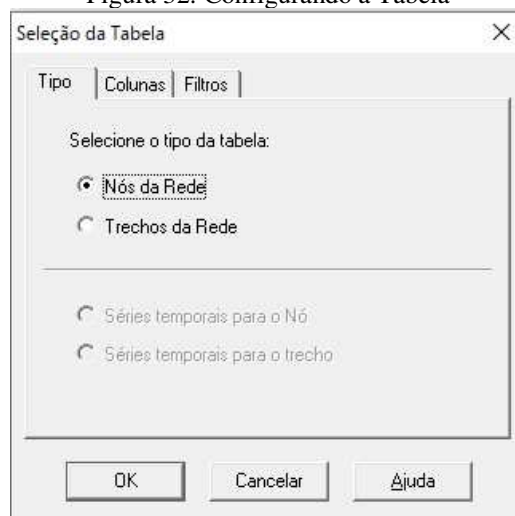
Figura 31: Relatório em Tabela



Fonte: Autoria Própria (2024).

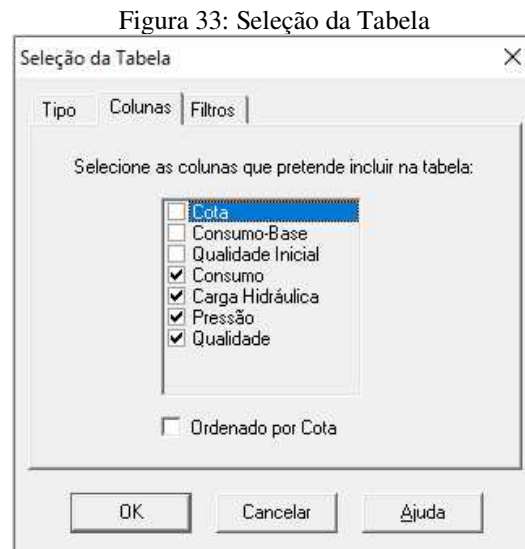
Na confecção da tabela, há algumas configurações que podem ser ajustadas no software para visualização dos resultados. Como ilustra a Figura 32, na aba Tipo, estão disponíveis diferentes opções de configuração para o tipo de tabela que se deseja.

Figura 32: Configurando a Tabela



Fonte: Autoria Própria (2024).

Ilustrado na Figura 33, a página de Colunas da caixa de diálogo de seleção da tabela permite selecionar o(s) parâmetro(s), cujos respectivos valores se pretendem representar segundo colunas na tabela (LENHS, 2009).



Fonte: Autoria Própria (2024).

Portanto, foi realizado o dimensionamento do projeto de instalações prediais de água fria para o Laboratório de Engenharias II (Campus Pau dos Ferros) utilizando uma metodologia adaptada com um sistema de distribuição predial indireto com bombeamento.

Nesse sentido, a metodologia adaptada permitiu dimensionar o alimentador predial, do subsistema de alimentação, a estação elevatória do subsistema de elevação e o subsistema de distribuição em seu conjunto completo com colunas de distribuição, ramais e sub-ramais, até o ponto de utilização.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. CARACTERIZAÇÃO DO PRÉDIO DE LABORATÓRIO DE ENGENHARIAS II

O prédio Laboratório das Engenharias II está localizado na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), campus Pau dos Ferros, no estado do Rio Grande do Norte, ilustrado na Figura 34. A edificação foi inaugurada em 2019, possui dois pavimentos e ocupa uma área total aproximada de 722 m².

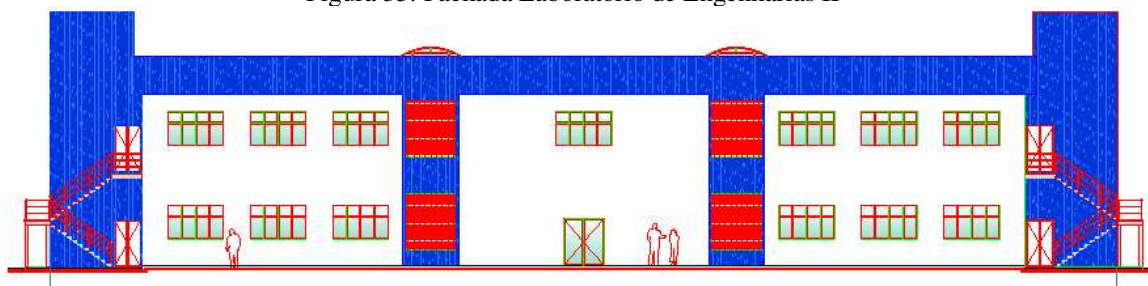
Figura 34: Localização Laboratório de Engenharias II



Fonte: Autoria Própria (2025).

Desde a sua inauguração, o edifício tem desempenhado um papel fundamental no suporte às atividades acadêmicas e de pesquisa do campus, especialmente nas áreas de engenharia. Ilustrado através da Figura 35 tem-se a fachada do prédio.

Figura 35: Fachada Laboratório de Engenharias II



Fonte: Autoria Própria (2025).

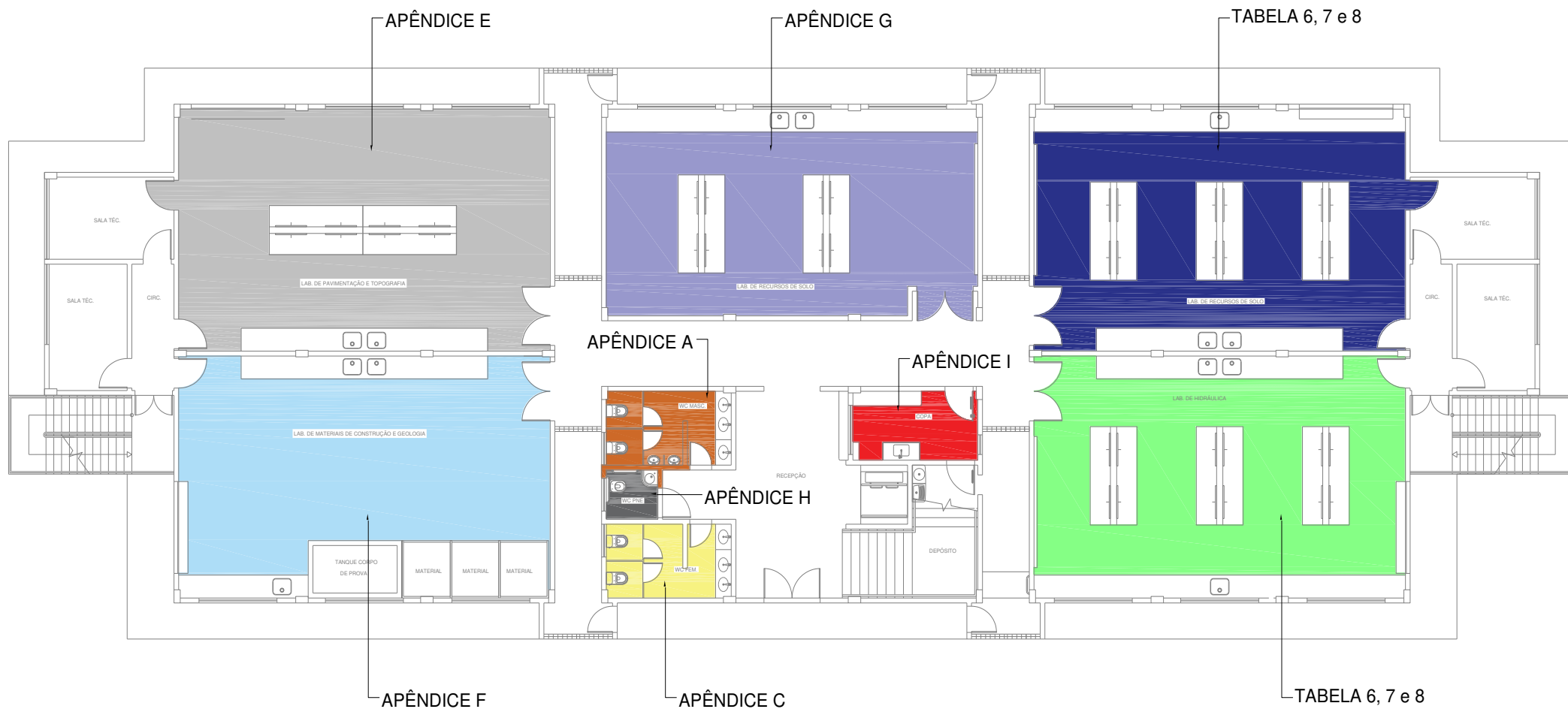
Conforme apresentados na Figura 36 e Figura 37, a edificação conta com os espaços ilustrados na Tabela 5, nos quais são atendidos pela rede de água fria e foram utilizados para a simulação no EPANET. Para exemplificação detalhada do desenvolvimento das simulações, são discutidas nesta etapa os resultados obtidos no Laboratório de Hidráulica comparados com o projeto original instituição. Os demais ambientes simulados estão presentes nos Apêndices A-I.

Tabela 5: Locação dos ambientes

Térreo		1º Pavimento	
Quantidade	Ambiente	Quantidade	Ambiente
1	Banheiro Masculino	1	Banheiro Masculino
1	Banheiro Feminino	1	Banheiro Feminino
1	Banheiro Acessível	1	Banheiro Acessível
1	Copa	1	Laboratório de Poluição Ambiental
1	Laboratório de Hidráulica	1	Laboratório de Instalações
2	Laboratórios de Recursos de Solo		
1	Laboratório de Pavimentação e Topografia		
1	Laboratório de Materiais de Construção e Geologia		

Fonte: Autoria Própria (2025).

Figura 36: Térreo - Laboratório de Engenharias II



Fonte: Adaptação projeto Laboratório de Engenharias II (2025).

*As instalações hidráulicas do Laboratório de Recurso do Solo e do Laboratório de Hidráulica são similares.

Figura 37: 1º Pavimento - Laboratório de Engenharias II



Fonte: Adaptação projeto Laboratório de Engenharias II (2025).

5.2. CARACTERIZAÇÃO DO LABORATÓRIO DE HIDRÁULICA

O Laboratório de Hidráulica está localizado no pavimento térreo do prédio de Laboratórios de Engenharias II, conta com um espaço de, aproximadamente, 39,75 m², como ilustra a Figura 38.

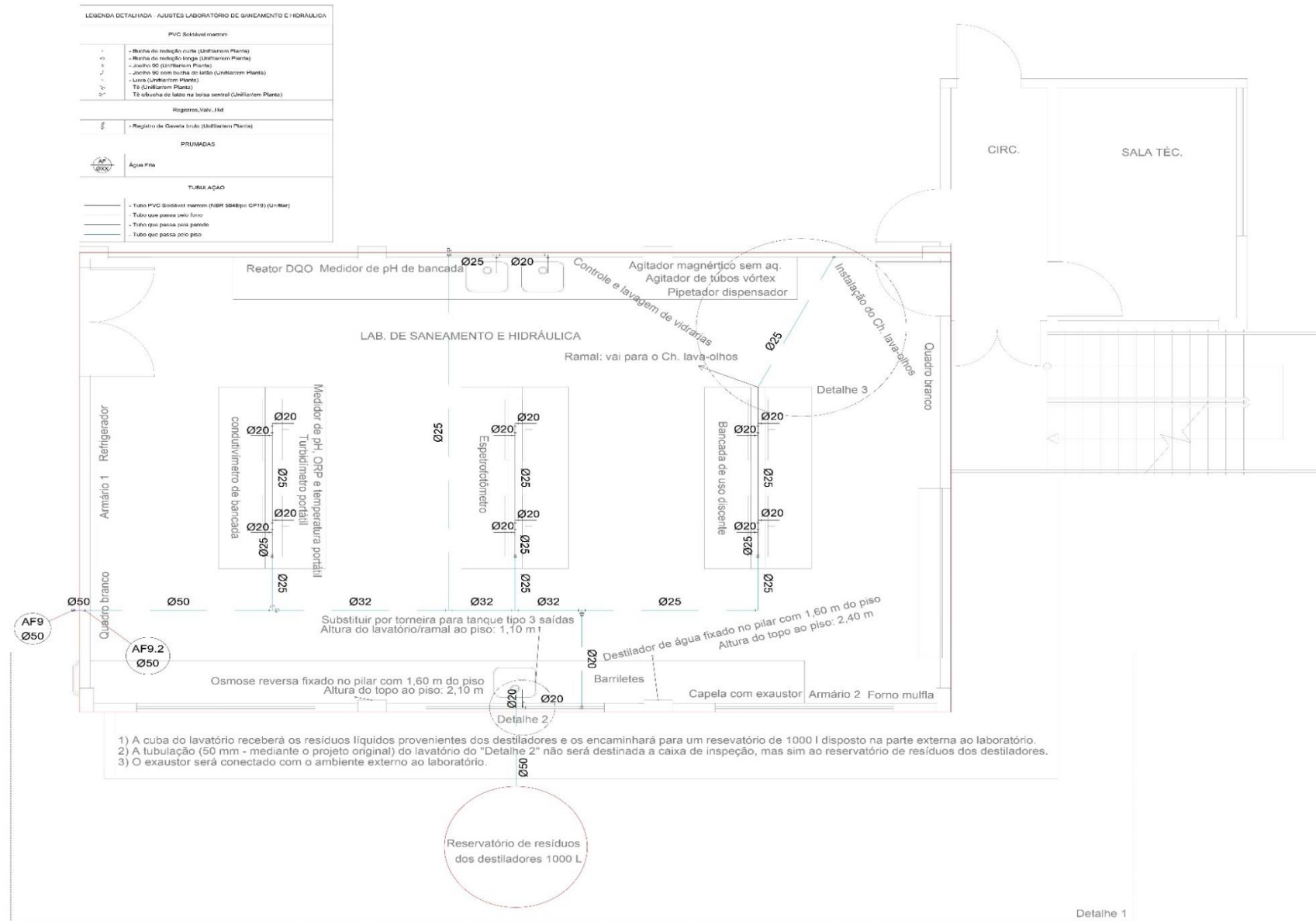
Figura 38: Laboratório de Hidráulica



Fonte: Medeiros (2020).

O ambiente conta com uma estrutura e equipamentos que possibilitam a prática e aprendizado dos discentes. O laboratório possui três bancadas, com 4 pias cada, além de 2 pias ao lado esquerdo e 1 pia ao lado direito, conforme ilustra a Figura 39.

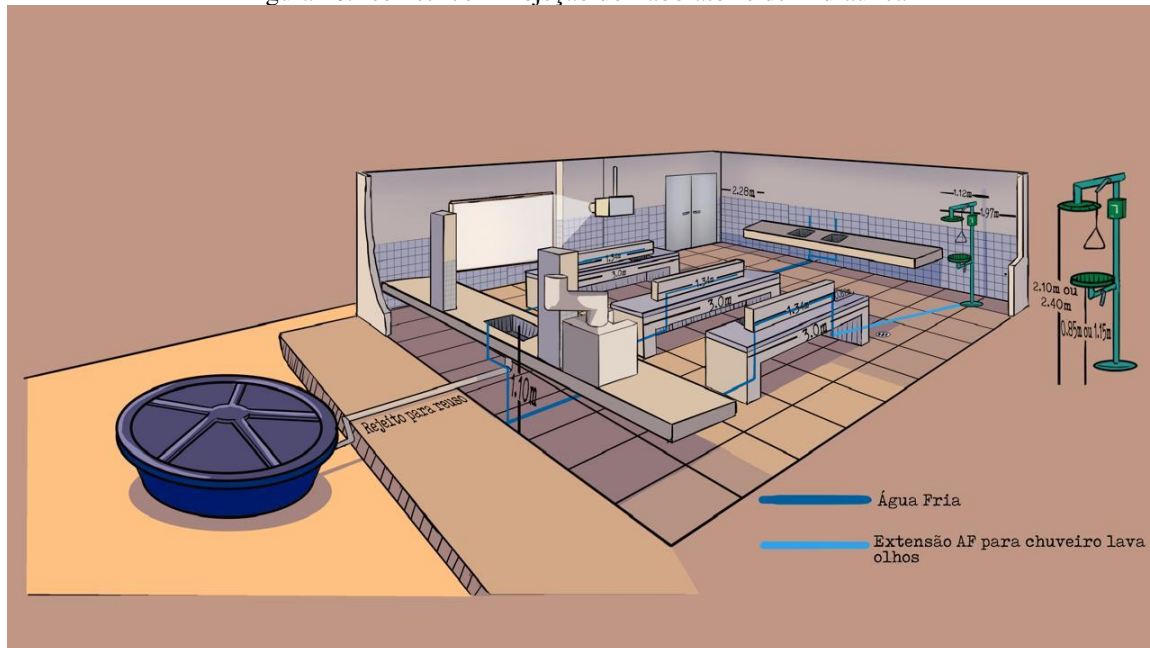
Figura 39: Planta - Projeção do Laboratório de Hidráulica



Fonte: Medeiros (2020).

É fundamental mencionar que, para a análise comparativa dos resultados obtidos, o ambiente selecionado foi escolhido por possuir um grande número de ramificações. Além disso, ressalta-se que o equipamento chuveiro lava-olhos, ilustrado tanto na Figura 39 como na Figura 40 é apenas uma projeção do laboratório proposta pelo autor das ilustrações. Entretanto, com os resultados obtidos de pressão é possível inseri-lo sem maiores questões ao sistema hidráulico.

Figura 40: Isométrico - Projeção do Laboratório de Hidráulica



Fonte: Medeiros (2020).

5.3. COMPARATIVO DOS RESULTADOS

Como um dos resultados deste trabalho, foram geradas duas tabelas principais: a Tabela 6, retirada do projeto do laboratório de hidráulica, a Tabela 7 e a Tabela 8, gerada a partir do simulador EPANET. Estas tabelas apresentam dados a partir da Figura 43, para a análise e comparação dos parâmetros do sistema em estudo.

Nas simulações foram impostos dois métodos de exportação do projeto do AutoCAD para o EPANET. A metodologia adotada foi com a utilização do plano de fundo, sem a utilização do EPACAD, pois propõe uma visualização do ambiente e dos aparelhos hidráulicos de forma didática, ilustrados na Figura 44 e Figura 45.

Inicialmente, realizou-se a inserção dos nós e tubulações. Em seguida, foram inseridos os diâmetros, a rugosidade e o comprimento das tubulações. Contudo, é

importante destacar que, para a inserção de dados relacionados, o programa requer um tempo maior, devido à necessidade de inserção dos dados em cada tubulação de forma individualizada.

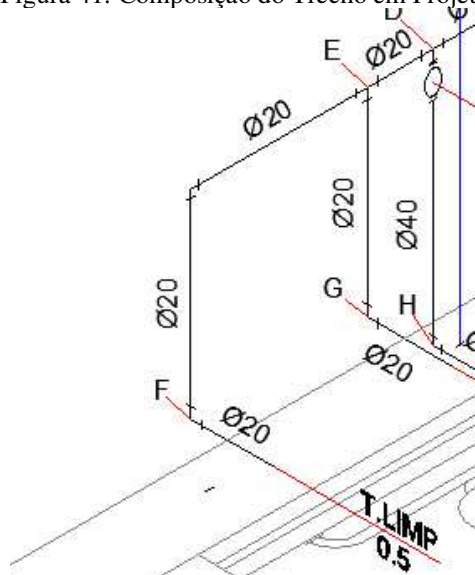
Para o consumo-base, foi utilizada a Equação 2.2, bem como a metodologia da vazão fictícia. Esta metodologia mostrou-se eficaz em ambientes que possuem um grande número de ramificações, onde a aplicação do artifício de vazões fictícias foi essencial para garantir a precisão dos resultados. Por outro lado, em ambientes com poucas ramificações, a utilização do consumo-base para atender os aparelhos se deu através da vazão em função dos pesos, resultantes da Equação 1.1.

Na Tabela 6, a coluna está em vermelho para ressaltar a vazão fictícia, tendo em vista que é um artifício numérico para tornar a vazão no trecho equivalente a vazão real, caso seja utilizado o método das vazões fictícias da Equação 2.2.

Para a perda de carga foi utilizado no EPANET o coeficiente de perda de carga singular, tendo que inserir em cada tubulação de acordo com as conexões existentes. Os valores foram extraídos de acordo com a Tabela 3.

Como foi citado anteriormente, pode-se notar que o EPANET gera uma perda de carga para cada tubulação, ou seja, para cada trecho compreendido entre dois nós. Em relação ao projeto, essas mesmas tubulações fazem parte de único trecho, ilustrado na Figura 41.

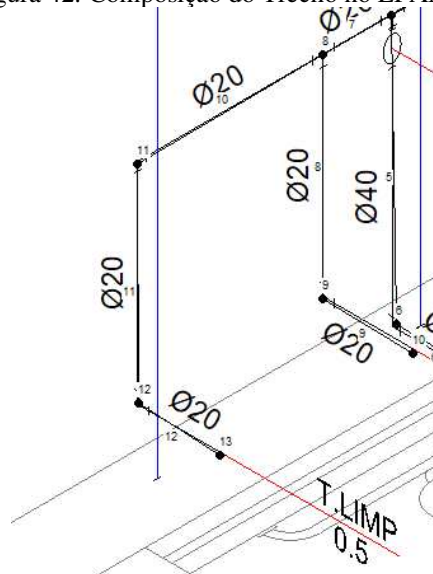
Figura 41: Composição do Trecho em Projeto



Fonte: Autoria Própria (2025).

Na simulação, o trecho E-F, representado na Figura 41, é composto por várias tubulações, conforme ilustrado na Figura 42. Com isso, a perda carga deverá ser analisada daquela tubulação (trecho) imediatamente à montante do aparelho (ponto de utilização). Isso ocorre devido o software utilizar como base de cálculo tanto a perda carga contínua quanto a localizada (perda total) variando ao longo do trecho. Com isso, foram obtidos resultados satisfatórios com relação a perda de carga.

Figura 42: Composição do Trecho no EPANET



Fonte: Autoria Própria (2025).

Com relação as unidades, em projeto consta a unidade em quilopascal por metro (kPa/m), já o EPANET trabalha com a unidade metro por quilômetro (m/km). Com isso, faz-se importante a transformação das unidades para realiza-se o comparativo dos resultados obtidos.

Com relação às pressões, as cotas utilizadas foram aquelas que constam no projeto original. Para a execução da simulação no EPANET é necessário inserir um reservatório fictício em cada ambiente e o seu nível de água como sendo nulo (situação mais desfavorável considerando o reservatório vazio), correspondente à cota da prumada de distribuição que atende o ambiente, no sentido de simular a respectiva distribuição. Entretanto, houve algumas dificuldades, pois, o projeto não indica em corte qual a altura que a água é distribuída em cada ambiente.

É notório que as pressões tiveram maiores variações em ambientes com maiores ramificações de rede e em pontos mais distantes ao barrilete de distribuição, comparados ao projeto. Entretanto, os resultados foram considerados satisfatórios,

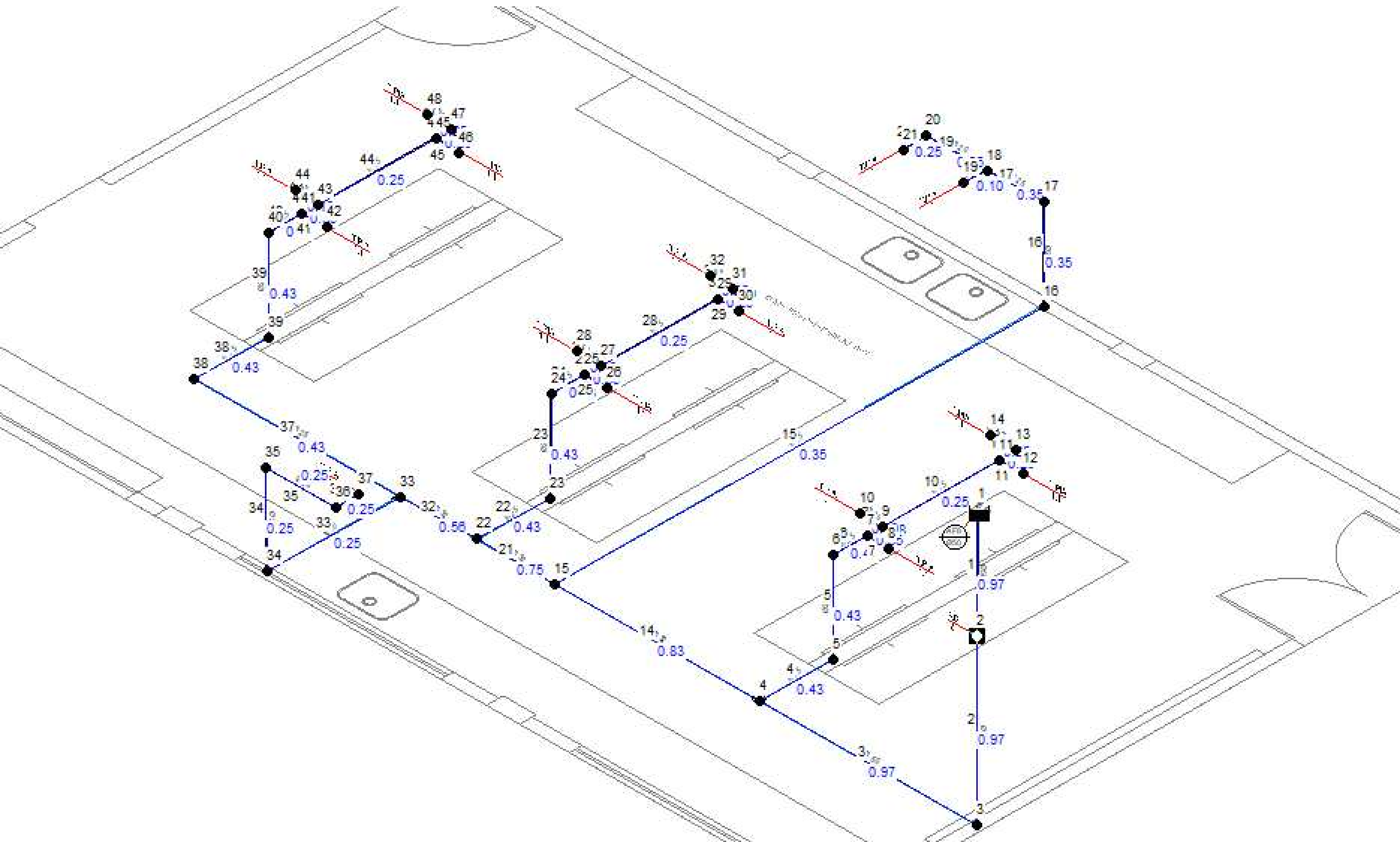
pois as simulações apresentaram valores equivalentes, com diferença de máxima pressão em relação ao projeto de 0,52 m.c.a. no nó 41, apresentado na Tabela 8, referente ao Laboratório de Hidráulica. Para o restante das simulações a maior diferença máxima de pressão apresentada foi no Apêndice A, no nó 25, com uma diferença de 1,09 m.c.a.

Com isso, percebe-se que as diferenças de pressão entre os valores de projeto e os valores obtidos a partir da simulação no EPANET, possuem uma diferença pequena, como mostra o resultado do desvio padrão amostral obtido, onde o maior valor encontrado foi de 0,48 no apêndice I.

Para melhor apresentação dos resultados e efeito comparativo, foi necessária a conversão de unidades de pressão, uma vez que o EPANET utiliza metros de coluna d'água (m.c.a.) como padrão, enquanto o projeto foi elaborado com valores em quilopascals (kPa).

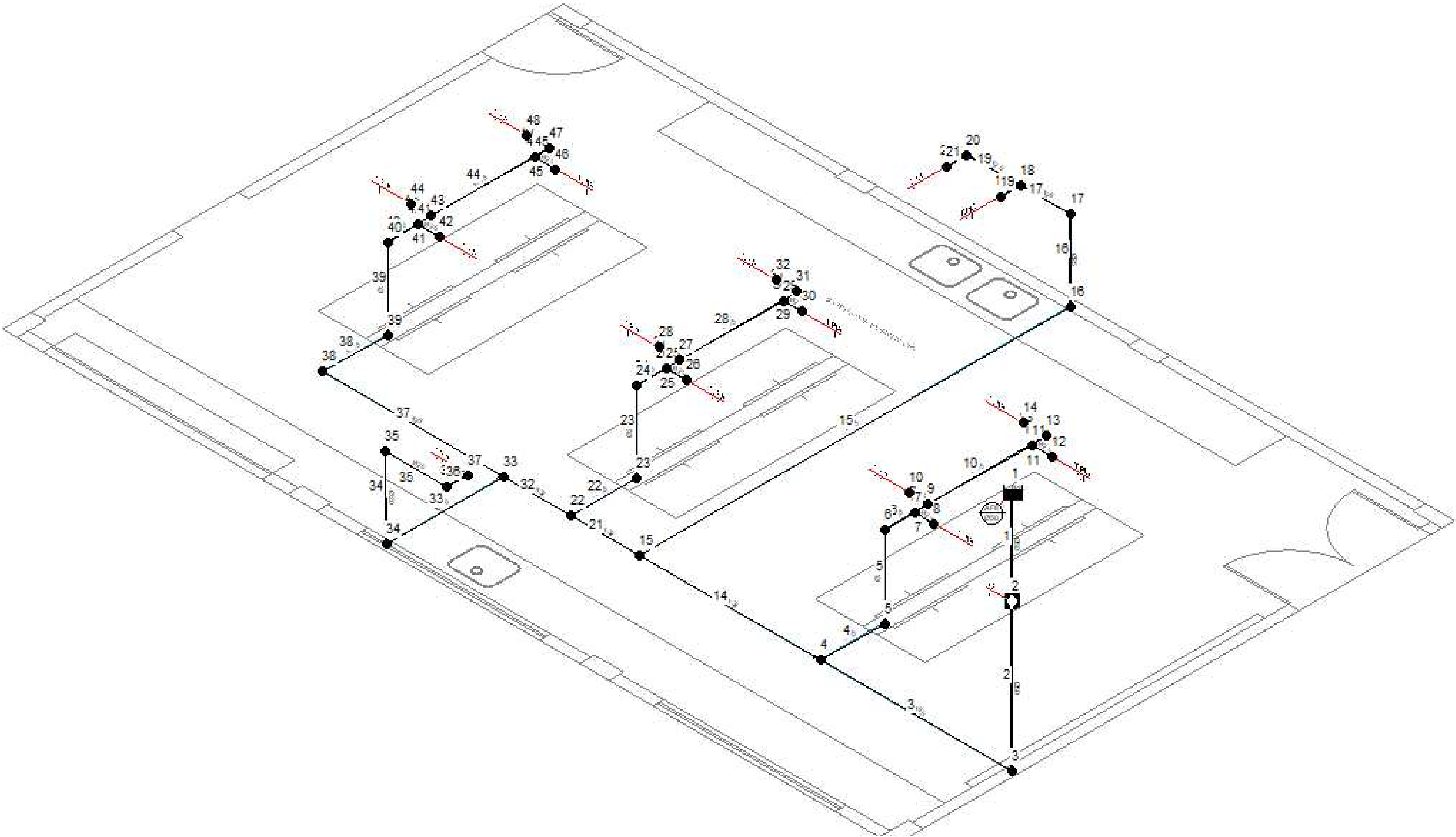
A análise das velocidades revelou que, na maioria dos casos, os valores obtidos foram equivalentes, permanecendo dentro da variação padrão prevista para o estudo. Obtendo-se o maior valor para velocidade de 1,98 m/s (Apêndice D), estando em conformidade com a NBR 5626 (ABNT 2020).

Figura 40: Vazões Laboratório de Hidráulica



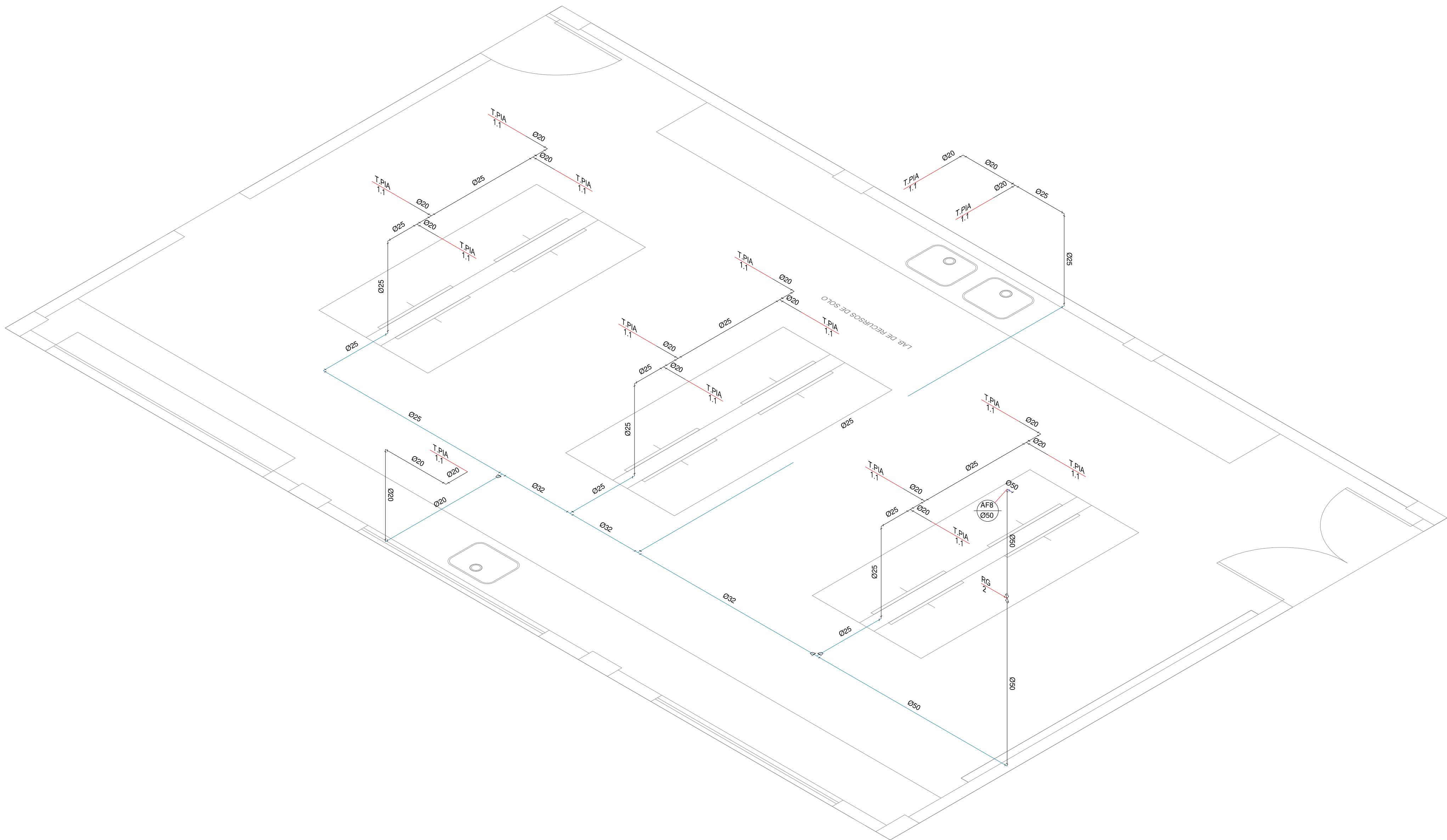
Fonte: Autoria Própria (2025).

Figura 42: Isométrico Laboratório de Hidráulica - EPANET



Fonte: Autoria Própria (2025).

Figura 41: Isométrico Laboratório de Hidráulica



Fonte: Autoria Própria (2025).

Tabela 6: Memorial de Cálculo do Projeto - Laboratório de Hidráulica

Tubulações	Pesos	Vazão (l/s)	DN (mm)	Velocidade (m/s)	Ju (m/km)	P. Inic. (kPa)	Dif. Cota (m)	P. Disp. (kPa)	Cmp. Real (m)	Cmp. Eq. (m)	PC. Tub. (kPa)	PC. Cnx (kPa)	PC. Tot (kPa)	Pressão (m.c.a.)
1 - 2 - 3	10,5	0,97	44	0,64	12,916	50,4	3,3	82,8	5,93	12,73	0,8	0,9	1,6	8,11
14	7,7	0,83	44	0,55	9,846	81,1	0	81,1	0,04	2,34	0	0,2	0,2	8,09
14	7,7	0,83	27,8	1,37	87,186	80,9	0	80,9	2,43	2,43	2,1	0	2,1	7,88
21	6,3	0,75	27,8	1,24	73,146	78,8	0	78,8	0,93	2,43	0,7	1,1	1,8	7,7
32	3,5	0,56	27,8	0,92	43,735	77	0	77	0,93	2,43	0,4	0,7	1,1	7,59
37 - 38 - 39 - 40	2,8	0,5	21,6	1,37	119,286	75,9	1,1	65,1	4,86	11,76	5,8	8,2	14	5,11
42	2,1	0,43	21,6	1,19	92,74	51,1	0	51,1	0,2	2	0,2	1,7	1,9	4,93
44	1,4	0,35	21,6	0,97	65,041	49,3	0	49,3	1,4	3,2	0,9	1,2	2,1	4,72
46	0,7	0,25	21,6	0,68	35,464	47,2	0	47,2	0,04	0,94	0	0,3	0,3	4,68
47	0,7	0,25	17	1,11	110,614	46,8	0	46,8	0,16	1,36	0,2	1,3	1,5	4,53
33	0,7	0,25	27,8	0,41	10,696	75,9	0	75,9	0,04	4,64	0	0,5	0,5	7,54
33 - 34 - 35 - 36	0,7	0,25	17	1,11	110,614	75,4	1,1	64,6	3,51	7,11	3,9	4	7,9	5,68
22	2,8	0,5	27,8	0,83	35,978	77	0	77	0,04	4,64	0	1,7	1,7	7,53
22 - 23 - 24	2,8	0,5	21,6	1,37	119,286	75,3	1,1	64,5	2,35	6,25	2,8	4,7	7,5	5,71
26	2,1	0,43	21,6	1,19	92,74	57,1	0	57,1	0,2	2	0,2	1,7	1,9	5,52
28	1,4	0,35	21,6	0,97	65,041	55,2	0	55,2	1,4	3,2	0,9	1,2	2,1	5,31
30	0,7	0,25	21,6	0,68	35,464	53,1	0	53,1	0,04	0,94	0	0,3	0,3	5,28
31	0,7	0,25	17	1,11	110,614	52,8	0	52,8	0,16	1,36	0,2	1,3	1,5	5,13
15	1,4	0,35	27,8	0,58	19,617	78,8	0	78,8	0,04	4,64	0	0,9	0,9	7,79
15 - 16 - 17	1,4	0,35	21,6	0,97	65,041	77,9	1,1	67,1	7,61	11,51	5	2,5	7,5	5,96
19	0,7	0,25	21,6	0,68	35,464	59,6	0	59,6	0,04	0,94	0	0,3	0,3	5,93
20	0,7	0,25	17	1,11	110,614	59,3	0	59,3	0,68	1,88	0,8	1,3	2,1	5,72
4	2,8	0,5	44	0,33	4,063	81,1	0	81,1	0,04	7,64	0	0,3	0,3	8,08
4 - 5 - 6	2,8	0,5	21,6	1,37	119,286	80,8	1,1	70	2,35	6,25	2,8	4,7	7,5	6,26
8	2,1	0,43	21,6	1,19	92,74	62,6	0	62,6	0,2	2	0,2	1,7	1,9	6,07
10	1,4	0,35	21,6	0,97	65,041	60,7	0	60,7	1,4	3,2	0,9	1,2	2,1	5,86
12	0,7	0,25	21,6	0,68	35,464	58,6	0	58,6	0,04	0,94	0	0,3	0,3	5,83
13	0,7	0,25	17	1,11	110,614	58,3	0	58,3	0,16	1,36	0,2	1,3	1,5	5,68

Fonte: Adaptado Projeto Laboratório de Engenharias II (2014).

Tabela 7: Memorial de Cálculo do EPANET - Laboratório de Hidráulica

Identificador do Trecho	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Rugosidade (mm)	Vazão (LPS)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/km)
1	1,25	44	0,0015	0,97	0,64	177,14
2	1,95	44	0,0015	0,97	0,64	20,86
3	2,63	44	0,0015	0,97	0,64	26,67
4	0,89	21,6	0,0015	0,43	1,17	221,98
5	1,1	21,6	0,0015	0,43	1,17	137,5
6	0,4	21,6	0,0015	0,43	1,17	395,76
7	0,3	17	0,0015	0,08	0,35	16,64
8	0,2	21,6	0,0015	0,35	0,96	474,04
9	0,3	17	0,0015	0,1	0,44	24,68
10	1,4	21,6	0,0015	0,25	0,68	61,47
11	0,3	17	0,0015	0	0	0
12	0,2	21,6	0,0015	0,25	0,68	137,67
13	0,3	17	0,0015	0,25	1,1	127,61
14	2,47	27,8	0,0015	0,83	1,37	146,18
15	5,88	21,6	0,0015	0,35	0,96	62,9
16	1,1	21,6	0,0015	0,35	0,96	93,81
17	0,67	21,6	0,0015	0,35	0,96	180,64
18	0,3	17	0,0015	0,1	0,44	24,68
19	0,72	21,6	0,0015	0,25	0,68	60,62
20	0,3	17	0,0015	0,25	1,1	127,61
21	0,93	27,8	0,0015	0,75	1,24	214,67
22	0,9	21,6	0,0015	0,43	1,17	150,26
23	1,1	21,6	0,0015	0,43	1,17	137,5
24	0,4	21,6	0,0015	0,43	1,17	395,76
25	0,3	17	0,0015	0,08	0,35	16,64
26	0,2	21,6	0,0015	0,35	0,96	474,04
27	0,3	17	0,0015	0,1	0,44	24,68
28	1,4	21,6	0,0015	0,25	0,68	61,47
29	0,3	17	0,0015	0	0	0
30	0,2	21,6	0,0015	0,25	0,68	137,67
31	0,3	17	0,0015	0,25	1,1	127,61
32	0,93	27,8	0,0015	0,56	0,92	122,22
33	1,61	17	0,0015	0,25	1,1	165,8
34	1,1	17	0,0015	0,25	1,1	147,27
35	0,83	17	0,0015	0,25	1,1	163,72
36	0,3	17	0,0015	0,25	1,1	127,61
37	2,47	21,6	0,0015	0,43	1,17	131,23
38	0,89	21,6	0,0015	0,43	1,17	151,05
39	1,1	21,6	0,0015	0,43	1,17	137,5
40	0,4	21,6	0,0015	0,43	1,17	395,76
41	0,3	17	0,0015	0,08	0,35	16,64
42	0,2	21,6	0,0015	0,35	0,96	474,04
43	0,3	17	0,0015	0,1	0,44	24,68
44	1,4	21,6	0,0015	0,25	0,68	61,47
45	0,3	17	0,0015	0	0	0
46	0,2	21,6	0,0015	0,25	0,68	137,67
47	0,3	17	0,0015	0,25	1,1	127,61

Fonte: Autoria Própria (2025).

Tabela 8: Memorial de Cálculo do EPANET - Laboratório de Hidráulica

Identificador do Nó	Cota (m)	Consumo-Base (L/s)	Pressão (m)	[Pressão de Projeto - Pressão da Simulação] (m.c.a.)
2	1,95	0	6,33	
3	0	0	8,24	0,13
4	0	-0,29	8,17	
5	0	0	7,97	
6	1,1	0	6,72	
7	1,1	0	6,56	0,3
8	1,1	0,08	6,56	
9	1,1	0	6,47	
10	1,1	0,1	6,46	
11	1,1	0	6,38	
12	1,1	0	6,38	
13	1,1	0	6,35	
14	1,1	0,25	6,31	
15	0	-0,27	7,81	
16	0	0	7,44	
17	1,1	0	6,23	
18	1,1	0	6,11	0,15
19	1,1	0,1	6,11	
20	1,1	0	6,07	
21	1,1	0,25	6,03	
22	0	-0,24	7,61	
23	0	0	7,47	
24	1,1	0	6,22	
25	1,1	0	6,06	0,35
26	1,1	0,08	6,06	
27	1,1	0	5,97	
28	1,1	0,1	5,96	
29	1,1	0	5,88	
30	1,1	0	5,88	
31	1,1	0	5,85	
32	1,1	0,25	5,82	
33	0	-0,12	7,49	
34	0	0	7,23	
35	1,1	0	5,96	
36	1,1	0	5,83	0,15
37	1,1	0,25	5,79	
38	0	0	7,17	
39	0	0	7,03	
40	1,1	0	5,78	
41	1,1	0	5,63	0,52
42	1,1	0,08	5,62	
43	1,1	0	5,53	
44	1,1	0,1	5,52	
45	1,1	0	5,44	
46	1,1	0	5,44	
47	1,1	0	5,42	
48	1,1	0,25	5,38	
RNF 1	8,5	#N/A	0	
		DESVIO PADRÃO		0,17

Fonte: Autoria Própria (2025).

As instalações hidráulicas do Laboratório de Recurso do Solo e do Laboratório de Hidráulica são similares.

5.4. ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O PROJETO E A SIMULAÇÃO NO EPANET COM OS PARÂMETROS PRESCRITOS NA NBR 5626 (1998/2020) e NBR 15775 (2021) E A LITERATURA

5.4.1. PROJETO/SIMULAÇÃO VS NBR 5626 (1998, 2020)

Com o objetivo de comparar e discutir os dados do projeto e os resultados obtidos das simulações, verificou-se as suas conformidades com as prescrições estabelecidas pela norma NBR 5626 em suas versões (ABNT, 1998; ABNT, 2020), bem como a NBR 15575 (ABNT 2021) no que se refere às condições de desempenho do sistema hidráulico em edificações.

No que diz respeito às cotas, a NBR 5626 (ABNT, 1998) estabelece diretrizes para a altura dos pontos de utilização dos aparelhos devem ser dimensionados de acordo com as necessidades dos usuários e as características do edifício. A versão 5626 (ABNT, 2020), da norma mantém essas recomendações, porém, com maior ênfase na acessibilidade e na eficiência hidráulica. Com isso, conclui-se que as cotas dos pontos de utilização dos aparelhos e peças determinadas pelo projeto estão em conformidade com as demandas de utilização.

Segundo a NBR 5626 (ABNT 1998), quanto às pressões dinâmicas (com escoamento) nos pontos de utilização, deve ser estabelecida de modo a garantir a vazão de projeto indicada na Tabela 9 e o bom funcionamento da peça de utilização e do aparelho sanitário. Em qualquer caso, a pressão não deve ser inferior a 10 kPa (1 m.c.a.), com exceção do ponto da caixa de descarga onde a pressão pode ser menor do que este valor, até um mínimo de 5 kPa (0,5 m.c.a.), e do ponto da válvula de descarga para bacia sanitária onde a pressão não deve ser inferior a 15 kPa (1,5 m.c.a.).

Segundo a versão da NBR 5626 (ABNT 2020), a pressão dinâmica requerida para o adequado funcionamento da peça de utilização ou do correspondente aparelho sanitário operando com vazão de projeto pode ser obtida junto ao respectivo fabricante ou responsável pela colocação do produto no mercado nacional, ou à especificação técnica do componente. Alternativamente, pode ser obtido o fator de vazão da peça de utilização ou do aparelho sanitário, se este for constante para a faixa operacional de vazões prevista, atendendo à relação:

$$Q = K\sqrt{P}$$

Onde:

Q: vazão de projeto da peça de utilização ou aparelho sanitário, expressa em litros por segundo (L/s);

K: fator de vazão do aparelho sanitário, expresso em (L.s⁻¹.kPa^{-0,5});

P: em qualquer caso, a pressão dinâmica da água no ponto de utilização não pode ser inferior a 10 kPa (1 m.c.a.).

Conforme a norma NBR 5626 (ABNT, 2020), em qualquer caso, a pressão dinâmica da água no ponto de utilização não pode ser inferior a 10 kPa (1 m.c.a.).

Tabela 9: Vazão nos pontos de utilização em função do aparelho sanitário e da peça de utilização.

Aparelho sanitário		Peça de utilização	Vazão de projeto (L/s)
Bacia sanitária		Caixa de descarga	0,15
		Válvula de descarga	1,70
Banheira		Misturador (água fria)	0,30
Bebedouro		Registro de pressão	0,10
Bidê		Misturador (água fria)	0,10
Chuveiro ou ducha		Misturador (água fria)	0,20
Chuveiro elétrico		Registro de pressão	0,10
Lavadora de pratos ou de roupas		Registro de pressão	0,30
Lavatório		Torneira ou misturador (água fria)	0,15
Mictório cerâmico	Com sifão integrado	Válvula de descarga	0,50
	Sem sifão integrado	Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga para mictório	0,15
Mictório tipo calha		Caixa de descarga ou registro de pressão	0,15 por metro de calha
Pia		Torneira ou misturador (água fria)	0,25
		Torneira elétrica	0,10
Tanque		Torneira	0,25
Torneira de jardim ou lavagem em geral		Torneira	0,20

Fonte: Adaptação NBR 5626 (1998).

Com relação as pressões dinâmicas na rede predial de distribuição, a NBR 5626 (ABNT 1998; ABNT, 2020) cita que pressão mínima da água não pode ser menor que 5 kPa (0,5 m.c.a.). Contudo, a versão NBR 5626 (ABNT 2020) apresenta uma exceção com relação aos trechos verticais de tomada d'água nas saídas de reservatórios elevados para os respectivos barriletes em sistemas indiretos.

Acrescentando que as sobrepressões devido a transientes hidráulicos devem ser previstos no dimensionamento das tubulações.

De acordo com a NBR 5626 (ABNT, 1998; ABNT, 2020) em condições estáticas (sem escoamento), a pressão da água em qualquer ponto de utilização da rede predial de distribuição não deve ser superior a 40 m.c.a. Ademais, a NBR 15575 (ABNT, 2021) também estabelece critérios de desempenho relacionados ao conforto térmico e acústico dos sistemas hidráulicos, garantindo que ruídos e variações bruscas de pressão sejam minimizados.

De acordo com a NBR 15575 (ABNT, 2021), para as pressões nas instalações hidráulicas, deve garantir a segurança e o conforto dos usuários, atendendo aos requisitos de vazão e pressão estabelecidos para diferentes tipos de instalações sanitárias e pontos de consumo.

Tanto para os pontos de utilização, como para os trechos os dados apresentados pelo projeto e gerado através da simulação no EPANET mostrou que as pressões dinâmicas no sistema estão dentro dos limites estabelecidos pela NBR 5626 (ABNT, 1998; ABNT, 2020).

Com relação a vazão, a NBR 5626 (ABNT, 1998) sugere os valores de acordo com a Tabela 9, já a nova versão, NBR 5626 (ABNT, 2020), indica as vazões, na qual, o catalogo dos fabricantes propõe. A NBR 15575 (ABNT, 2021) também reforça a necessidade de que os sistemas hidráulicos atendam aos padrões de desempenho de vazão, garantindo conforto e eficiência energética na distribuição da água. Para esse parâmetro todos os valores obtidos pela simulação e em projeto estão de acordo com a norma.

No que se refere às velocidades de escoamento, a NBR 5626 (ABNT, 1998) recomenda que as velocidades máximas nas tubulações não ultrapassem 3,0 m/s, a fim de evitar ruídos e desgaste prematuro dos componentes do sistema. A versão de 2020 mantém essa recomendação, mas sugere que, em sistemas com alta demanda, as velocidades sejam reduzidas para garantir maior durabilidade das tubulações. A NBR 15575 (ABNT, 2021) também complementa essa diretriz ao estabelecer limites de

desempenho acústico, garantindo o conforto dos usuários ao reduzir os impactos de ruídos gerados pelo escoamento da água.

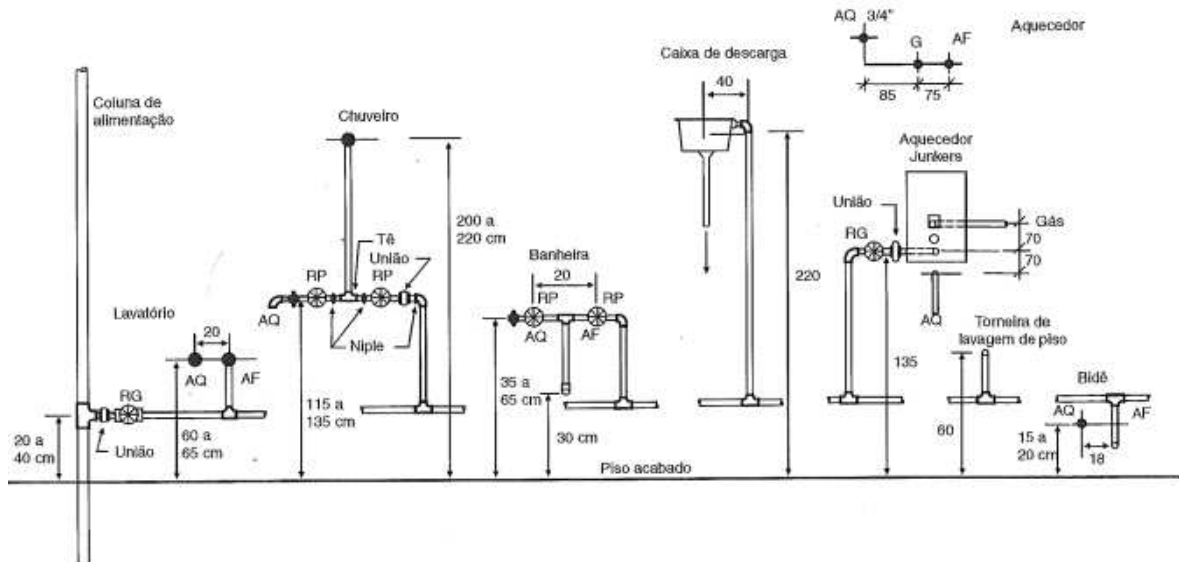
Os dados obtidos por meio da simulação realizada no EPANET e apresentados pelo projeto não foi indicado nenhum trecho com a velocidade superior a indicada pela norma, garantindo o escoamento adequado dentro dos parâmetros recomendados.

5.4.2. PROJETO/SIMULAÇÃO VS LITERATURA

Para uma comparação mais precisa dos resultados obtidos, é essencial realizar uma análise através da literatura que ilustram concepções de boas práticas além dos critérios de normas. A revisão permite contextualizar os dados obtidos, divergências e no conhecimento existente, além de oferecer suporte teórico para a interpretação. Dessa forma, a observação das informações publicadas é indispensável para garantir a validade e a relevância das conclusões do estudo.

Para as cotas, o autor sugere valores apresentados na Figura 46 para diferentes tipos de aparelhos e peças. Essas alturas garantem o atendimento e a funcionalidade dos equipamentos.

Figura 46: Altura dos pontos de utilização dos aparelhos e peças



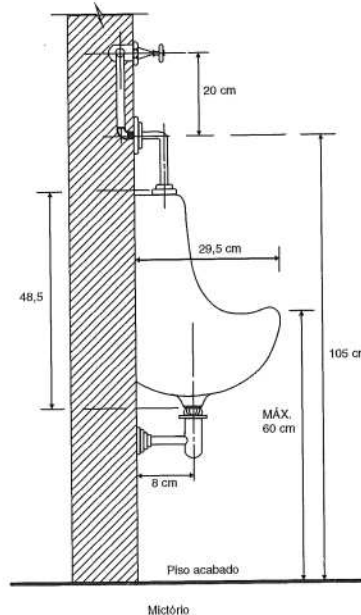
Fonte: Mancytire (2010).

No projeto as cotas não são bem representadas, pois, não possui nenhum corte ou detalhamento para sua identificação nos arquivos disponibilizados. Contudo, são apresentados na forma de “diferença de cota”, no qual fornece apenas um indicativo

da altura do aparelho. Com essa problemática, em um dos ambientes foi necessário recorrer a literatura para se obter o valor adequado para o mictório, ilustrado na Figura 47, para assim inserir na simulação.

Apesar dos obstáculos, pode-se concluir que as cotas que foram utilizados em projeto e na simulação são de acordo com a faixa proposta pela literatura, já que a simulação e o projeto estavam em acordo com os valores de pressão. Portanto, também nas boas práticas da técnica construtiva.

Figura 47: Dimensões para instalação de mictório de parede



Fonte: Mancytire (2010).

Com relação as pressões dinâmicas, Mancityre (2010) e Creder (2006) propõe dos valores encontrados em norma, como indicado na Tabela 10 e na Tabela 11. Esses são essenciais para garantir o funcionamento adequado do sistema, evitando pressões excessivas ou pressões insuficientes que comprometam o atendimento da demanda.

Tabela 10: Consumo e pressão nas peças e aparelhos sanitários

Aparelho ou peça	Diâmetro sub-ramal (pol)	Descarga (l/min)	Pressão mínima de serviço nos aparelhos (m)
Lavatório	1/2	12,0	1,0
Bidê	1/2	16,0	1,0
Banheira	3/4	18,0	1,0
Aquecedor alta pressão	1,5	18,0	1,0
Aquecedor baixa pressão	1,0	18,0	0,5
Chuveiro de 100 mm	1/2	18,0	0,5
Chuveiro de 200 mm	3/4	18,0	0,5
Pia de despejo	3/4	18,0	0,5

Aparelho ou peça	Diâmetro sub-ramal (pol)	Descarga (l/min)	Pressão mínima de serviço nos aparelhos (m)
Mictório com descarga contínua (por m ou aparelho)	1/2	4,5	0,5
Pia de cozinha	1/2	15,0	0,5
Pia de despejo	3/4	18,0	1,9
Tanque de lavar	1/2	18,0	1,8
Máquina de lavar prato	3/4	18,0	3,0
Bebedouro	1/2	3,0	2,0
com caixa de descarga	1/2	9,0	0,5
com válvula de descarga	1,0	114,0	20,0
Vaso sanitário com válvula de descarga	1,3	114,0	8,0
com válvula de descarga	1,5	114,0	3,5
com válvula de baixa pressão	1,5	114,0	1 a 2,5
Máquina de lavar roupa	3/4	18,0	0,5

Fonte: Mancytire (2010).

Segundo Mancytire (2010), a Tabela 11 define a pressão dinâmica para diferentes peças de utilização, ou seja, a pressão no ponto considerado. Esse valor é determinado considerando o desnível topográfico entre o nível superior da água e o ponto em questão, subtraindo-se a altura correspondente às perdas de carga e a altura associada à velocidade de entrada no tubo.

Tabela 11: Pressões dinâmicas nas peças de utilização

Pontos de utilização para		Diâmetro nominal		Pressão dinâmica de serviço	
		DN (mm)	Ref. (pol)	Mín. (m)	Máx. (m)
Aquecedor a gás		Função da vazão de dimensionamento		Dependendo das características do aparelho	
Aquecedor elétrico	Alta pressão	Função da vazão de dimensionamento		0,50	40,0
	Baixa pressão	Função da vazão de dimensionamento		0,50	4,0
Bebedouro		15	(1/2)	2,0	40,0
Chuveiro		15	(1/2)	2,0	40,0
		20	(3/4)	1,0	40,0
Torneira		10	(3/8)		
		15	(1/2)		
		20	(3/4)	0,5	40,0
Válvula de flutuador de caixa de descarga (torneira de boia)		25	1		
		15	(1/2)	1,5	40,0
Válvula de flutuador de caixa de água (torneira de boia)		20	(3/4)	0,5	40,0
		Função da vazão de dimensionamento		0,5	40,0
Válvula de descarga		20	(3/4)	11,5	24,0
		25	1	6,5	15,0
		32	1 1/4	2,5	7,0
		38	1 1/2	1,2	4,0

Fonte: Mancytire (2010).

Conforme os valores apresentados em projeto e na simulação os valores de pressão estão dentro dos parâmetros das boas práticas propostas por Mancytire (2010), ilustrado na Tabela 11 e na Tabela 12.

Tabela 12: Pressões estáticas nas peças de utilização

	Pressão estática	
	Mín. (m)	Máx.(m)
Aquecedor elétrico de alta pressão	1	40
Aquecedor elétrico de baixa pressão	1	5
Válvula de descarga DN 20 mm (3/4")	12	40
Válvula de descarga DN 25 mm (1")	10	40
Válvula de descarga DN 32 mm (1 1/4")	3	15
Válvula de descarga DN 38 mm (1 1/2")	2	6

Fonte: Mancityre (2010).

Na Tabela 13, é proposto a vazão máxima de acordo com a seção nominal da tubulação. No projeto apresentado e nas simulações executadas, os resultados estão conformidade com os valores propostos, onde a máxima vazão encontrada é de 1,72 L/s (Apêndice B), para uma tubulação com o diâmetro nominal de 60mm.

De acordo com as medidas de boas práticas propostas por Mancityre (2010), sugere-se as velocidades máxima para cada diâmetro de tubulação, ilustrado na Tabela 13. Os valores obtidos na simulação no EPANET e apresentados em projeto indicaram que as velocidades no sistema estão dentro dos limites estabelecidos pelo autor, onde as vazões encontradas nas simulações e projeto são equivalentes as informadas na Tabela 13.

Tabela 13: Vazões e velocidades máximas

DN (mm)	Ref. (pol)	Velocidade máxima (m/s)	Vazão máxima (l/s)
15	1/2	1,6	0,2
20	3/4	1,95	0,6
25	1	2,25	1,2
32	1 1/4	2,50	2,5
40	1 1/4	2,50	4
50	2	2,50	5,7
60	2 1/2	2,50	8,9
75	3	2,50	12
100	4	2,50	18
125	5	2,50	31
150	6	2,50	40

Fonte: Mancityre (2010).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo analisar uma metodologia para simulação hidráulica de instalações prediais de água fria utilizando o software EPANET. A pesquisa abordou inicialmente a importância das instalações hidráulicas prediais, destacando sua relevância para o funcionamento adequado das edificações e a necessidade de um correto dimensionamento conforme normativas vigentes.

Ao desenvolvimento da pesquisa, foi aplicada a metodologia das vazões fictícias, que se mostrou eficiente para a adaptação do EPANET ao contexto da análise hidráulica predial de água fria, possibilitando uma simulação mais correta dos parâmetros que compõe o sistema. Além disso, foram propostas diferentes estratégias para a inserção dos projetos no software, incluindo a utilização do EpaCAD e a aplicação de planos de fundo, a fim de tornar esse processo mais simples e didático.

A sequência do estudo permitiu avaliar os resultados apresentados no projeto e nas simulações realizadas no software com os parâmetros normativos estabelecidos através da NBR 5626 (ABNT, 1998; ABNT, 2020), a NBR 15575 (ABNT, 2021) e os critérios de boas práticas estabelecidos pela literatura. Os principais parâmetros analisados, como cota, perda de carga, pressão, vazão e velocidade, demonstraram compatibilidade com os valores avaliados pelas normativas e a literatura.

Os valores comparativos obtidos nas simulações realizadas no EPANET e os valores de projeto evidenciou variações dentro dos limites aceitáveis segundo as normativas e a literatura técnica. O desvio padrão amostral calculado reforça a precisão das simulações, indicando que o modelo hidráulico foi capaz de representar as condições previstas no projeto. Esses resultados validam a utilização do software como uma ferramenta para simulações de sistemas hidráulicos.

Com isso, o EPANET destaca-se como uma ferramenta de fácil manuseio, além de ser de código aberto, permitindo que usuários realizem modelagens hidráulicas sem a necessidade de licenças pagas ou softwares proprietários. Além disso, sua interface intuitiva permite uma análise dos dados de forma precisa e intuitiva. Comparado aos cálculos manuais, o uso do programa proporciona maior

agilidade na obtenção dos resultados, reduzindo o tempo necessário e com uma maior consistência nos dados apresentados.

Por fim, com os resultados satisfatórios obtidos destacam-se sugestões e aprimoramentos para futuros trabalhos que poderão ser feitos com a finalidade de tornar a experiência do programa mais prática e interativa.

- Viabilização de um plugin de adaptação de cálculos hidráulicos de subsistemas prediais específicos;
- Adaptação do código fonte do programa para viabilizar a simulação predial de água fria.

7. REFERÊNCIAS

NEVES, M. V.; LEITE, S. **Utilização do simulador Epanet no estudo de sistemas prediais de abastecimento de água**. 3ª Jornadas de Hidráulica. Recursos Hídricos e Ambiente, 2008.

manual do usuário PROCEL SANEAR Epanet 2.0 Brasil UFPB. [s.l.: s.n., s.d.]. Disponível em: <https://ct.ufpb.br/lenhs/contents/documentos/programa-epanet/manual_do_epanet_brasil.pdf>.

ROSSMAN, Lewis; WOO, Hyounghmin; TRYBY, Michael; *et al.* **EPANET 2.2 User Manual**. [s.l.: s.n., s.d.]. Disponível em: <https://epanet22.readthedocs.io/_/downloads/en/latest/pdf/>.

EpaCAD. Conversión de AutoCAD a EPANET. ITA. Presentación. Epacad.com. Disponível em: <<https://www.epacad.com/epacad-es.php>>. Acesso em: 15 ago. 2024.

ABE, Narumi; REIS, Luisa Fernanda Ribeiro. **Visão computacional aplicada à melhoria de modelos gerados pelo EPACAD**. Anais, 2013.

EPANET — Universidade Federal da Paraíba - UFPB Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento - LENHS/UFPB. Ufpb.br. Disponível em: <<https://ct.ufpb.br/lenhs/contents/menu/assuntos/epanet#:~:text=O%20EPANET%20permite%20obter%20os,em%20m%C3%BAltiplos%20intervalos%20de%20c%C3%A1lculo.>>. Acesso em: 15 ago. 2024.

ANDRADE, C.; WÍLSON DENÍCULI. **Análise da perda de carga em tubos perfurados para irrigação, pela comparação entre o conceito de vazão fictícia e a metodologia proposta por Christiansen**. [s.l.: s.n.].

BORGES, Ruth Silveira; BORGES, Wellington Luiz. **Manual de Instalações Prediais Hidráulico-Sanitárias e de Gás**. 4. ed. [s. L.]: Pini, 1992. 546 p.

MARTINS, Natália Ferreira. **Dimensionamento de instalações de água fria e de aproveitamento de água da chuva em uma edificação residencial unifamiliar: estudo de caso no município de Macaé – RJ**.

FERRARO, Francesco Antonello. **Implantação de medição individualizada de água quente em prédios: comparação entre os sistemas.** 2013.

BONASORTE, Marlene Delmont Cordeiro. **Sistema De Instalações Hidráulicas De Água Fria.** Artigo. Disponível em: <https://www.academia.edu/31314156/Sistema_de> Acesso em: 12 set. 2024.

ZANONI, Eloiza Becker. **Análise comparativa entre métodos de dimensionamento de instalações prediais de água fria: manual e com utilização de software.** 2018.

JÚNIOR, Roberto de Carvalho. **SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS E SANITÁRIOS: PRINCÍPIOS BÁSICOS PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS.** –5ª ed.– São Paulo: Blucher, 2023. 378 p.

PREDIAIS, Sistemas. **ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE CONSTRUÇÃO CIVIL PCC -3331: Tecnologia e Gestão da Produção de Obras Civas: Edifícios.** [s.l.: s.n., s.d.]. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5075651/mod_resource/content/1/Apostila%20Sistemas%20Prediais.pdf>.

FERREIRA, Edson Matheus Santos. **Programação em plataforma BIM: Desenvolvimento de rotinas em programação visual computacional para o dimensionamento de sistemas prediais de água fria e água quente de acordo com a ABNT NBR 5626.** 2022.

Melo, Patrícia Cristina Bandeira de. **NBR 5626: um comparativo entre as normas de 1998 e 2020 para instalações de água fria / Patrícia Cristina Bandeira de Melo.** - 2022. 68f.: il.

ABUMANSUR, Calil; ZANONI, Eloiza Becker. **O USO DE SOFTWARE NO DIMENSIONAMENTO DAS INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS PREDIAIS.** Revista Técnico-Científica, n. 22, 2019.

NAZÁRIO L.; BENTO F. **A importância do uso de softwares de gerenciamento de projetos na formação do aluno de Engenharia Civil.** In: CONGRESSO REGIONAL

SOBRE TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO, 12., 2016, Natal. Anais... Rio Grande do Norte: CTR+E, 2016.

PALOSCHI, Lucas. **Análise estrutural e desenvolvimento de programa para dimensionamento de pilares de concreto armado**. 2017. 156 f. Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2017.

Vista do UTILIZAÇÃO DE SOFTWARE COM FERRAMENTA BIM EM PROJETOS DE INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS PREDIAIS. Uepg.br. Disponível em: <<https://revistas.uepg.br/index.php/ret/article/view/11411/209209209378>>. Acesso em: 17 out. 2024.

CASAGRANDE, G. S. **DIMENSIONAMENTO OTIMIZADO DE REDES PREDIAIS DE ÁGUA UTILIZANDO OS PROGRAMAS EPANET-LENHSNET E EXCEL**. [s.l.: s.n.].

GIORGY, Maia; COSTA¹, Adriano; GOMES; *et al.* s **REVISÃO DA ABNT NBR 5626 -UM ESTUDO SOBRE NOVO TEXTO DE 2020 UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMIÁRIDO -UFERSA CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA**. [s.l.: s.n., s.d.]. Disponível em: <<https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/558ae26e-9d06-4d98-99bf-096b80735cfb/content>>.

VICENTINI, Marianna. **A IMPORTÂNCIA DAS NORMAS TÉCNICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**. Ideal Consultoria. Disponível em: <<https://www.idealjr.com/post/a-import%C3%A2ncia-das-normas-t%C3%A9cnicas-na-constru%C3%A7%C3%A3o-civil>>. Acesso em: 17 out. 2024.

CREDER, Hélio. **Instalações Hidráulicas e Sanitárias**. 6^a. ed., Rio de Janeiro: LTC, 2006.

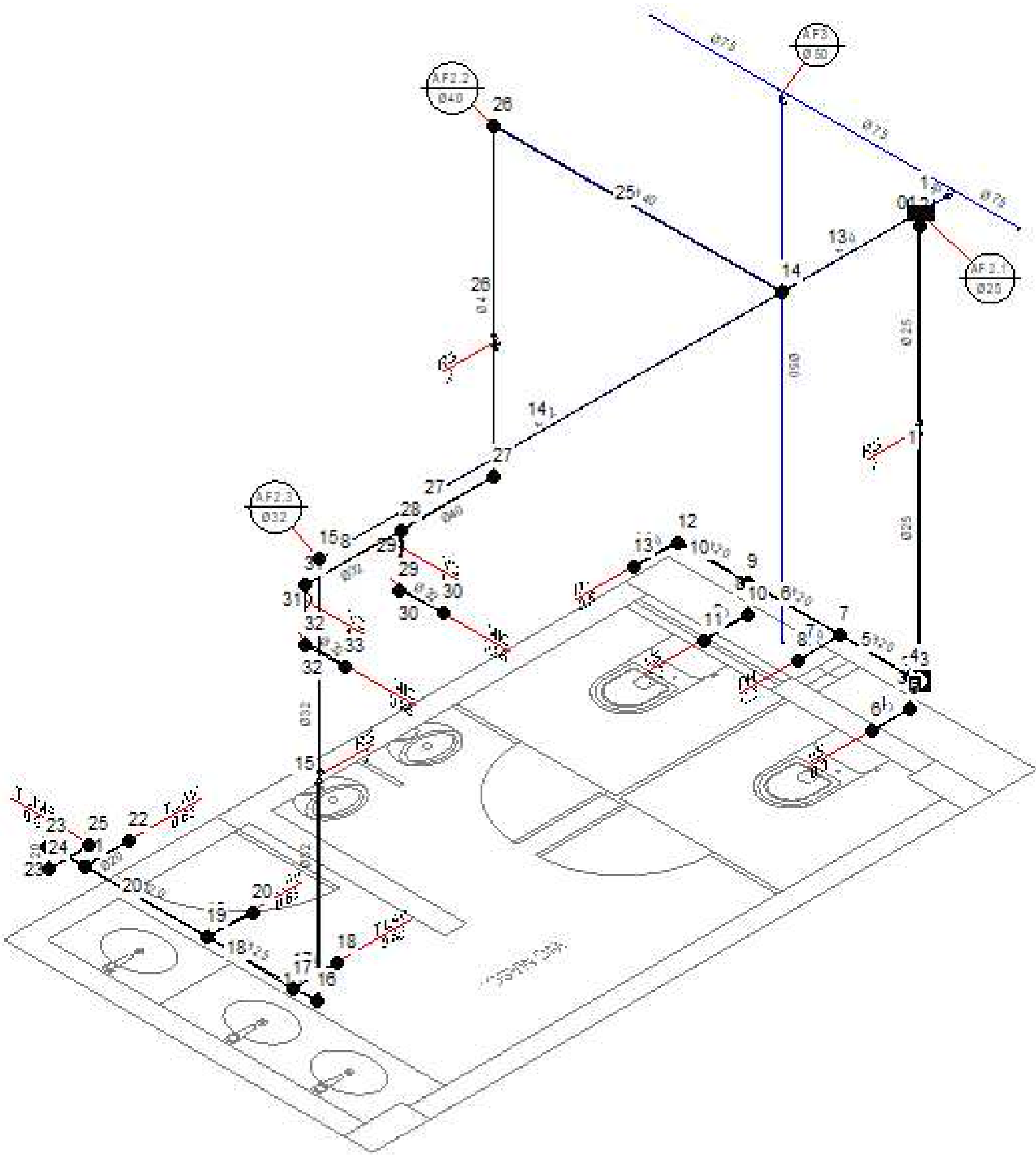
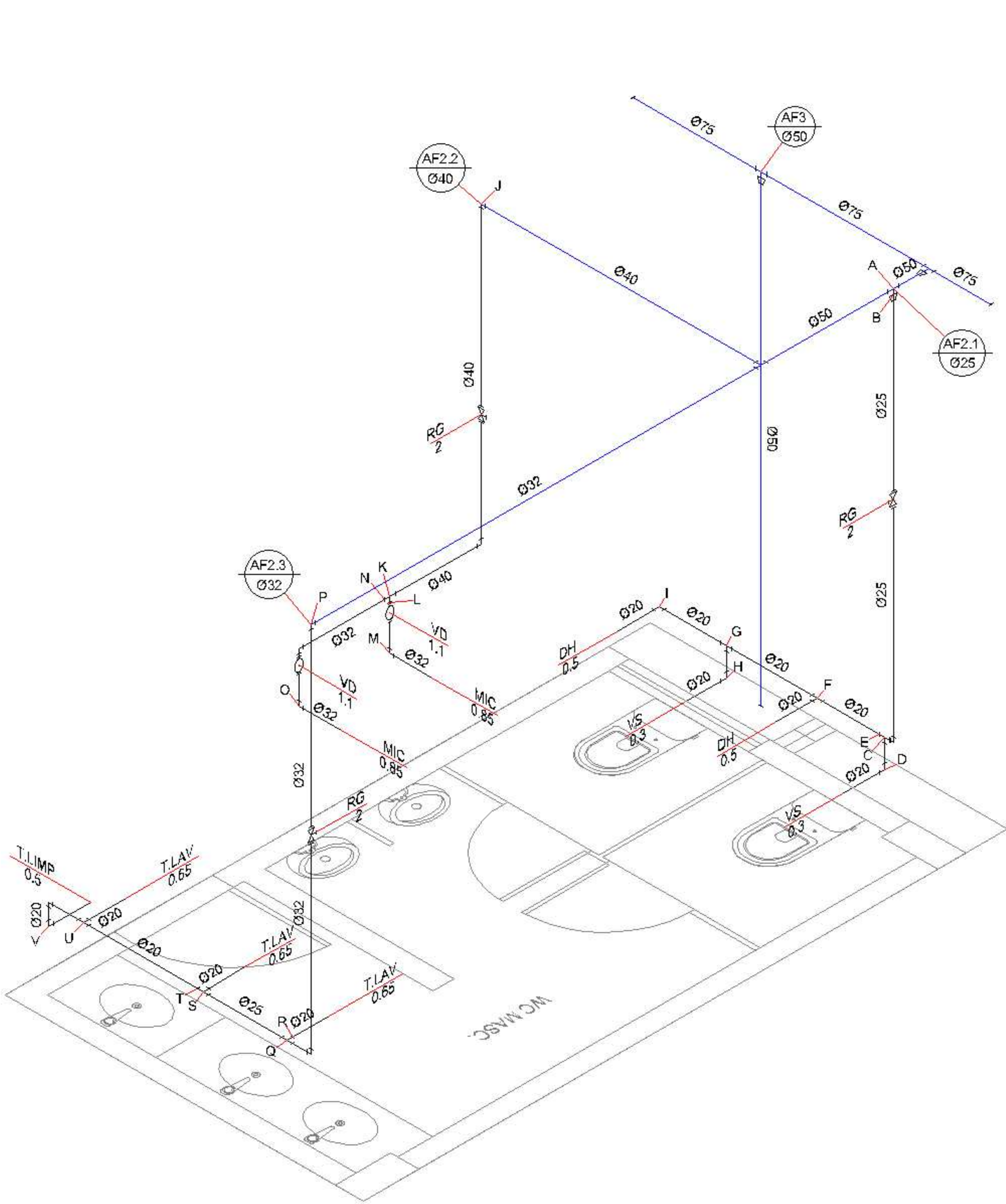
MACINTYRE, A. J., **Instalações Hidráulicas: Prediais e Industriais**, 4^a. ed., Rio de Janeiro: LTC, 2010. MARTE, Claudio Luiz.

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

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626:**
Instalações prediais de água fria e água quente – Projeto, execução, operação e
manutenção. Rio de Janeiro, 2020.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575:**
Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2021.

APÊNDICE A - ISOMÉTRICO WC MASCULINO

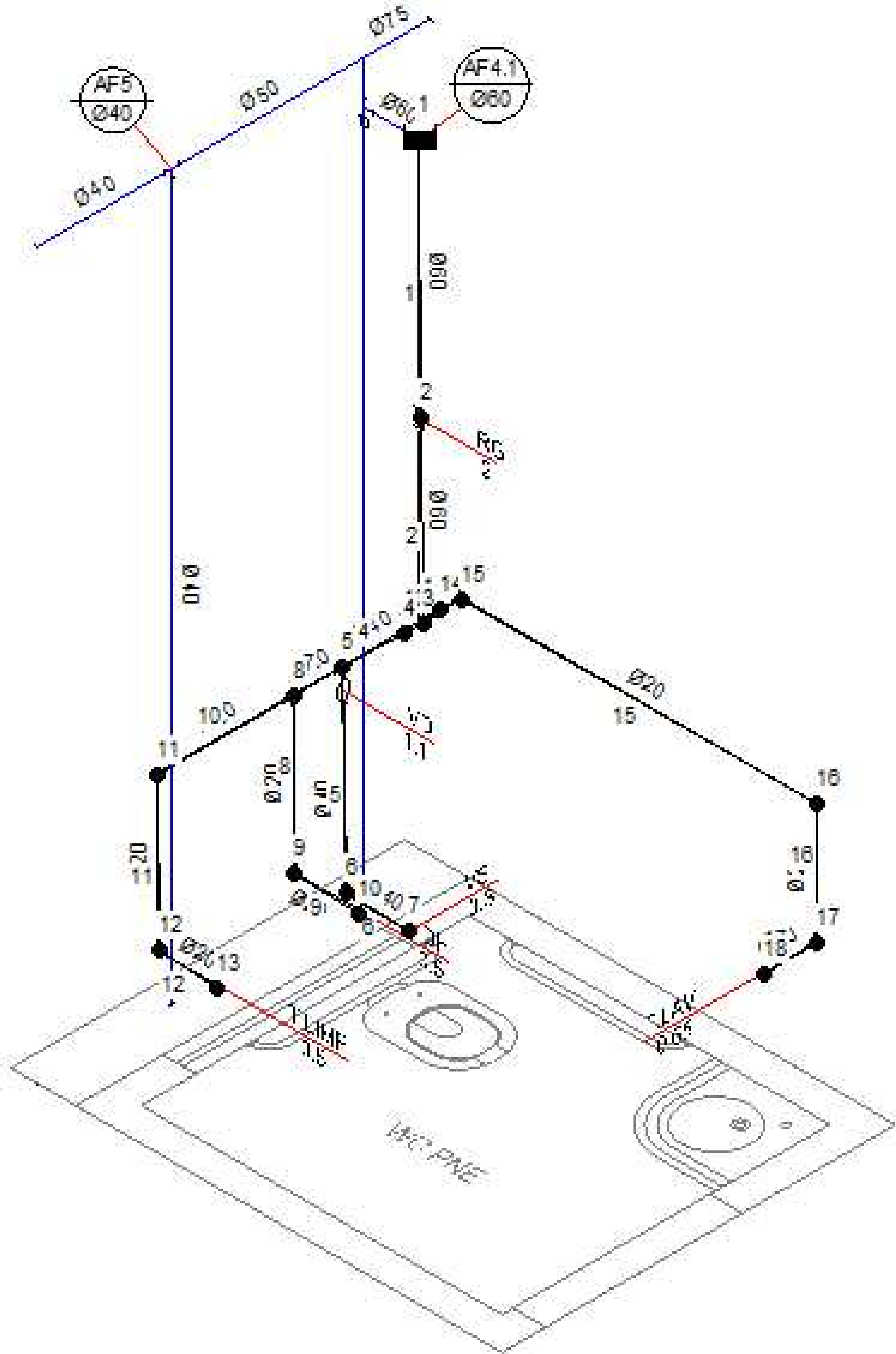
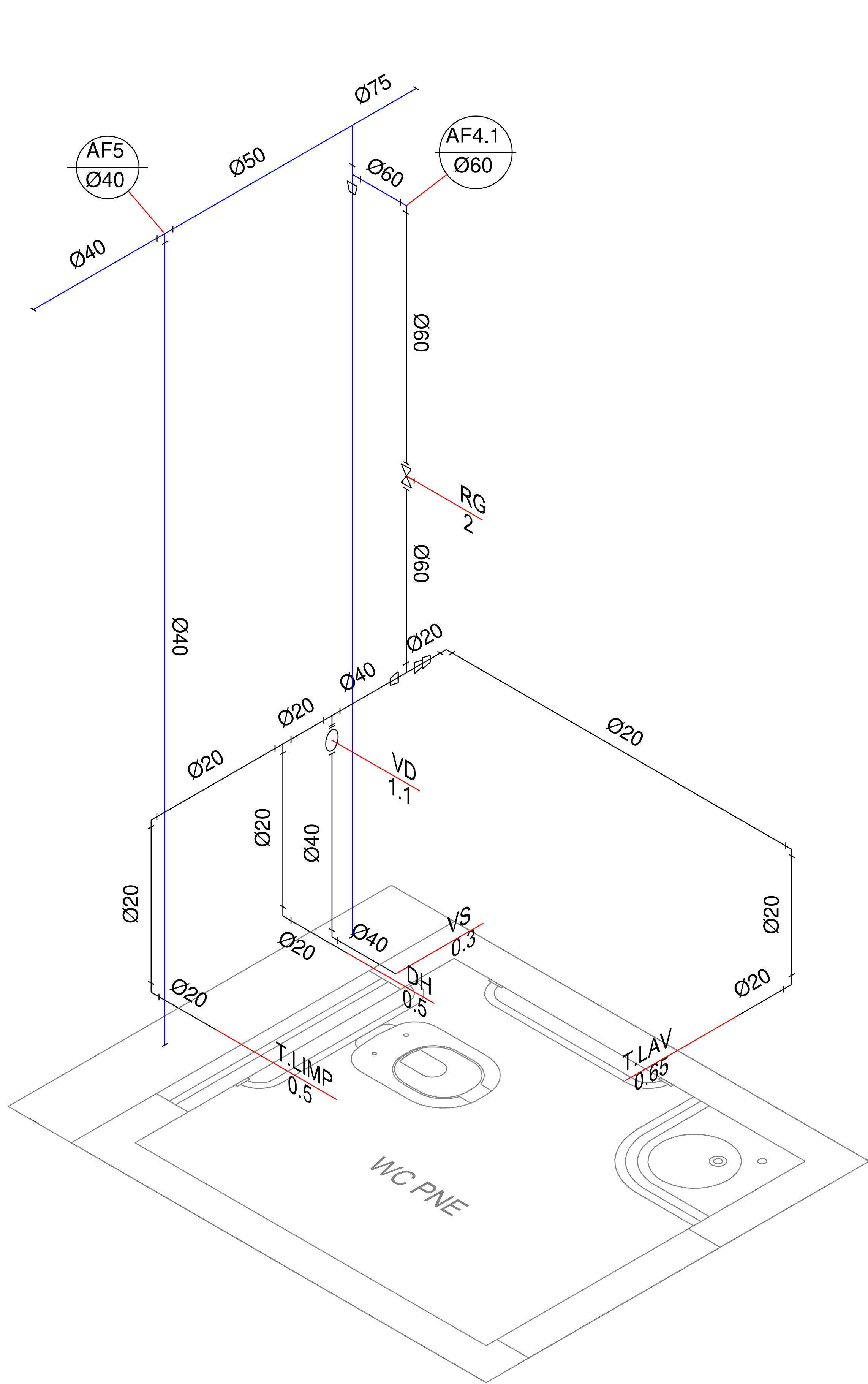


MEMORIAL DE CÁLCULO PROJETO - WC MASC														
Trecho	Pesos	Vazão (l/s)	DN (mm)	Velocidade (m/s)	Ju (m/km)	P. Inic. (kPa)	Dif. Cota (m)	P. Disp. (kPa)	Cmp. Real (m)	Cmp. Eq. (m)	PC. Tub. (kPa)	PC. Cnx (Pa)	PC. Tot (kPa)	Pressão (m.c.a.)
1	0,8	0,27	44	0,18	1,358	8,4	0,04	8,8	0,04	7,64	0	0,1	0,1	0,87
1 - 2	0,8	0,27	21,6	0,73	39,859	8,7	2,76	35,8	2,82	4,32	1,1	0,6	1,7	3,4
3 - 4	0,3	0,16	17	0,72	52,702	34	0,2	36	0,2	4,5	0,1	2,3	2,4	3,36
5	0,5	0,21	21,6	0,58	26,42	34	0	34	0,04	0,94	0	0,2	0,2	3,38
5 - 7	0,5	0,21	17	0,93	82,404	33,8	0	33,8	0,44	2,84	0,4	2	2,3	3,14
6	0,4	0,19	17	0,84	67,788	31,4	0	31,4	0,65	1,45	0,4	0,5	1	3,05
8 - 9	0,3	0,16	17	0,72	52,702	30,5	0,2	32,4	0,2	3,8	0,1	1,9	2	3,04
10 - 11	0,1	0,09	17	0,42	20,153	30,5	0	30,5	0,48	2,48	0,1	0,4	0,5	3
26 - 27	5,6	0,71	35,2	0,73	21,506	6,6	2,1	27,2	2,75	9,15	0,6	1,4	2	2,52
29	2,8	0,5	35,2	0,52	11,726	25,2	0,04	25,6	0,04	7,34	0	0,9	0,9	2,47
30	2,8	0,5	27,8	0,83	35,978	24,7	0,31	27,8	0,31	2,31	0,1	0,7	0,8	2,7
28	2,8	0,5	35,2	0,52	11,726	25,2	0	25,2	0,04	2,24	0	0,3	0,3	2,5
31 - 32	2,8	0,5	27,8	0,83	35,978	25	0,35	28,4	0,96	4,96	0,3	1,4	1,8	2,66
15 - 16	1,3	0,34	27,8	0,56	18,385	7,3	2,65	33,3	2,82	6,82	0,5	0,7	1,3	3,2
17	0,3	0,16	21,6	0,45	16,897	32	0	32	0,04	4,64	0	0,8	0,8	3,13
18 - 19	1,00	0,3	21,6	0,82	48,454	32	0	32	0,6	5,2	0,3	2,2	2,5	2,95
20	0,7	0,25	21,6	0,68	35,464	29,5	0	29,5	0,04	0,94	0	0,3	0,3	2,92
21	0,7	0,25	17	1,11	110,614	29,2	0	29,2	0,81	3,21	0,9	2,7	3,6	2,56
22 - 23 - 24	0,4	0,19	17	0,84	67,788	25,6	0,15	27,1	0,4	3,6	0,3	2,2	2,4	2,47

MEMORIAL DE CÁLCULO EPANET - WC MASC						
Identificador do Trecho	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Rugosidade (mm)	Vazão (LPS)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/km)
1	0,04	44	0,015	0,27	0,18	1,24
1	2,8	21,6	0,015	0,27	0,74	37,1
2	0,06	21,6	0,015	0,27	0,74	37,11
3	0,2	17	0,015	0,07	0,31	11,02
4	0,3	17	0,015	0,07	0,31	13,44
5	0,048	21,6	0,015	0,2	0,55	21,82
6	0,65	17	0,015	0,16	0,7	46,57
7	0,3	21,6	0,015	0,04	0,11	0,82
8	0,2	17	0,015	0,07	0,31	11,02
9	0,3	17	0,015	0,07	0,31	13,44
10	0,48	17	0,015	0,09	0,4	17,01
11	0,3	17	0,015	0,09	0,4	17,01
13	0,94	27,8	0,015	1,05	1,73	126,04
14	3,21	27,8	0,015	0,35	0,58	17,44
15	2,65	27,8	0,015	0,35	0,58	17,44
16	0,17	27,8	0,015	0,35	0,58	17,44
17	0,3	17	0,015	0,1	0,44	20,42
18	0,6	21,6	0,015	0,25	0,68	32,37
19	0,3	17	0,015	0,06	0,26	8,46
20	0,85	17	0,015	0,19	0,84	63,15
21	0,3	17	0,015	0	0	0
22	0,25	17	0,015	0,19	0,84	63,15
23	0,15	17	0,015	0,19	0,84	63,15
24	0,3	17	0,015	0,19	0,84	63,15
25	1,99	35,2	0,015	0,7	0,72	19,19
26	2,1	35,2	0,015	0,7	0,72	19,19
27	0,65	35,2	0,015	0,7	0,72	19,19
28	0,35	27,8	0,015	0,2	0,33	6,53
29	0,3	27,8	0,015	0,2	0,33	9,29
30	0,65	27,8	0,015	0,5	0,82	32,9
31	0,35	27,8	0,015	0,5	0,82	32,9
32	0,35	27,8	0,015	0,5	0,82	32,9

MEMORIAL DE CÁLCULO EPANET - WC MASC				
Identificador do Nó	Cota (m)	Consumo-Base (L/s)	Pressão (m)	[Pressão de Projeto - Pressão da Simulação] (m.c.a.)
2	0	0	4,2	
3	0,8	0	3,3	0,1
4	0,8	0	3,29	
5	0,5	0	3,59	
6	0,5	0,07	3,59	0,23
7	0,8	0	3,29	
8	0,8	0,04	3,29	0,15
9	0,8	0	3,26	
10	0,5	0	3,56	
11	0,5	0,07	3,56	0,52
12	0,8	0	3,25	
13	0,8	0,09	3,25	0,25
14	3,45	0	0,63	
15	3,45	0	0,58	
16	0,8	0	3,18	0,02
17	0,8	0	3,18	
18	0,8	0,1	3,17	
19	0,8	0	3,16	
20	0,8	0,06	3,15	0,2
21	0,8	0	3,1	
22	0,8	0	3,1	
23	0,8	0	3,09	
24	0,3	0	3,58	
25	0,3	0,19	3,56	1,09
26	3,45	0	0,59	
27	1,25	0	2,75	0,23
28	1,25	0	2,74	
29	0,9	0	3,09	
30	0,9	0,2	3,09	
31	1,25	0	2,72	
32	0,9	0	3,06	
33	0,9	0,5	3,05	0,39
RNF 1	4,2	#N/A	0	
DESVIO PADRÃO				0,31

APÊNDICE B - ISOMÉTRICO WC PNE (1º PAVIMENTO)

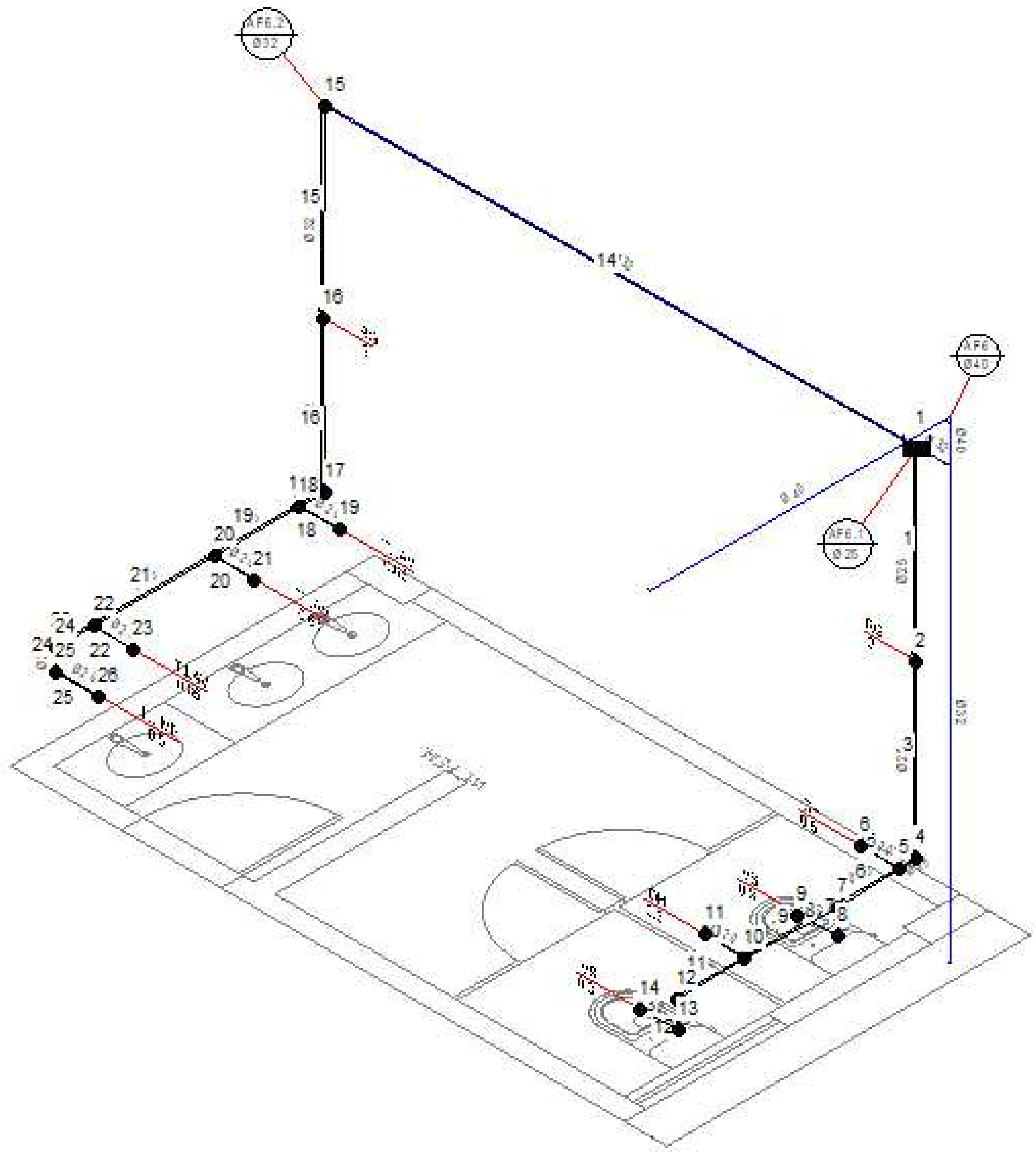
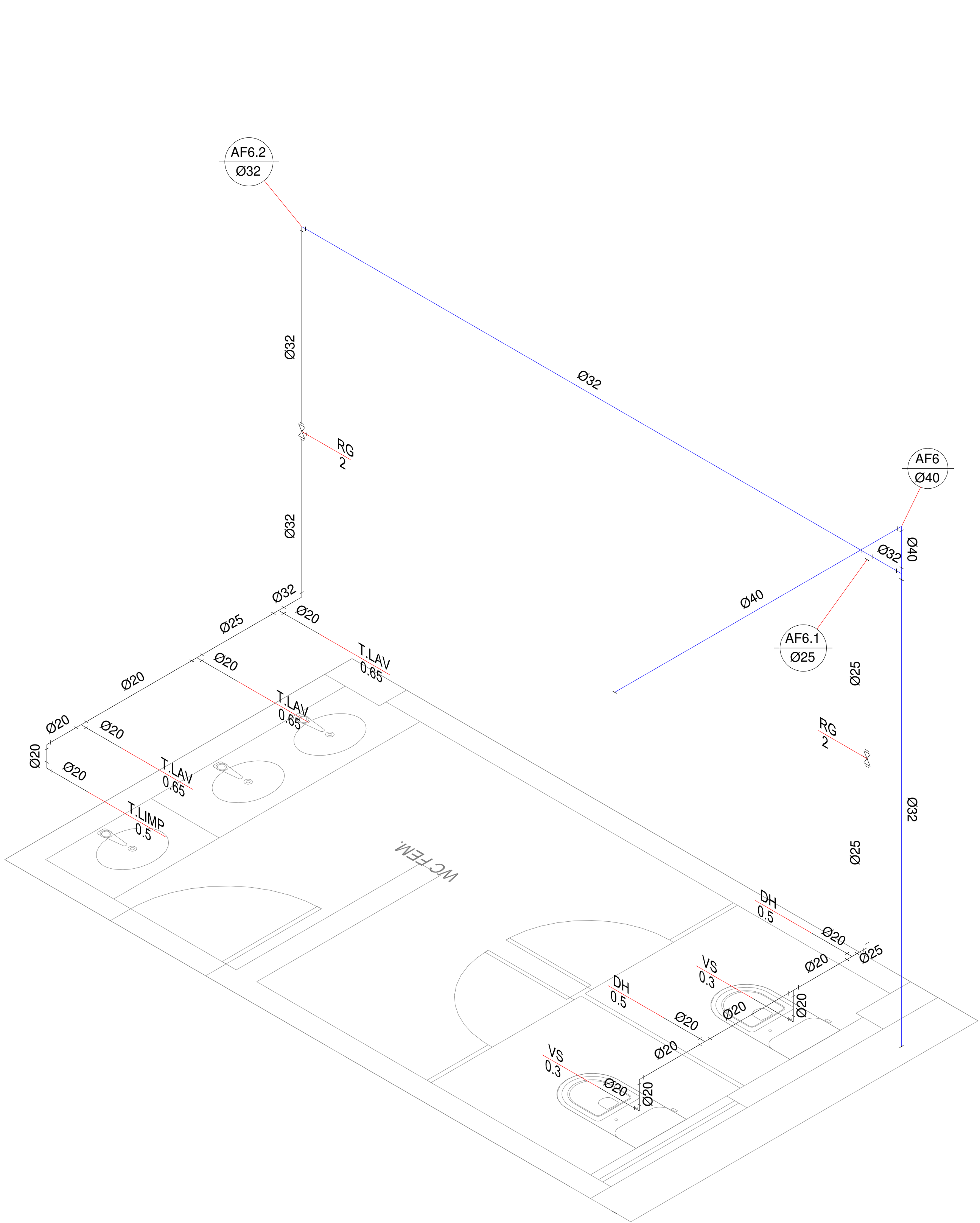


MEMORIAL DE CÁLCULO PROJETO - WC PNE														
Trecho	Pesos	Vazão (l/s)	DN (mm)	Velocidade (m/s)	Ju (m/km)	P. Inic. (kPa)	Dif. Cota (m)	P. Disp. (kPa)	Cmp. Real (m)	Cmp. Eq. (m)	PC. Tub. (kPa)	PC. Cnx (kPa)	PC. Tot (kPa)	Pressão (m.c.a.)
1 - 2	32,8	1,72	53,4	0,77	13,949	7,9	1,9	26,5	1,9	5,6	0,3	0,5	0,8	2,58
3	32,5	1,71	53,4	0,76	13,838	25,8	0	25,8	0,04	7,84	0	1,1	1,1	2,47
4	32,5	1,71	35,2	1,76	100,185	24,7	0	24,7	0,31	0,31	0,3	0	0,3	2,44
7	0,5	0,21	17	0,93	82,404	24,4	0	24,4	0,23	2,43	0,2	1,8	2	2,24
10 - 11 - 12	0,4	0,19	17	0,84	67,788	22,4	0,7	29,2	1,32	4,52	0,9	2,2	3,1	2,62
8 - 9	0,1	0,09	17	0,42	20,153	22,4	0,7	29,2	0,7	4,3	0,1	0,7	0,9	2,84
5 - 6	32	1,7	35,2	1,74	98,835	24,4	0,9	33,2	0,9	11,4	0,9	10,4	11,3	2,19
13	0,3	0,16	53,4	0,07	0,229	25,8	0	25,8	0,04	7,84	0	0	0	2,57
14	0,3	0,16	35,2	0,17	1,661	25,7	0	25,7	0,04	0,04	0	0	0	2,57
15 - 16 - 17	0,3	0,16	17	0,72	52,702	25,7	0,55	31,1	2,29	5,89	1,2	1,9	3,1	2,8

MEMORIAL DE CÁLCULO EPANET - WC PNE						
Identificador do Trecho	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Rugosidade (mm)	Vazão (L/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/km)
1	1,05	53,4	0,0015	1,72	0,77	298,47
2	0,75	53,4	0,0015	1,72	0,77	88,45
3	0,08	53,4	0,0015	1,71	0,76	736,04
4	0,27	35,2	0,0015	1,71	1,76	1138,34
5	0,9	35,2	0,0015	1,5	1,54	192,08
6	0,3	35,2	0,0015	1,5	1,54	131,57
7	0,23	17	0,0015	0,21	0,93	412,53
8	0,7	17	0,0015	0,02	0,09	1,52
9	0,3	17	0,0015	0,02	0,09	1,21
10	0,62	17	0,0015	0,19	0,84	111,69
11	0,7	17	0,0015	0,19	0,84	105,77
12	0,3	17	0,0015	0,19	0,84	77,72
13	0,11	35,2	0,0015	0,16	0,16	25,84
14	0,08	17	0,0015	0,16	0,7	329,16
15	1,62	17	0,0015	0,16	0,7	58,48
16	0,55	17	0,0015	0,16	0,7	85,83
17	0,3	17	0,0015	0,16	0,7	57,07

MEMORIAL DE CÁLCULO EPANET - WC PNE				
Identificador do Nó	Cota (m)	Consumo-Base (L/s)	Pressão (m)	[Pressão de Projeto - Pressão da Simulação] (m.c.a.)
2	1,05	0	3,14	
3	1,8	-0,15	2,32	0,26
4	1,8	0	2,26	
5	1,8	0	1,95	
6	0,9	0	2,68	
7	0,9	1,5	2,64	0,45
8	1,8	0	1,86	
9	1,1	0	2,56	
10	1,1	0,02	2,56	0,28
11	1,8	0	1,79	
12	1,1	0	2,42	
13	1,1	0,19	2,39	0,23
14	1,8	0	2,32	
15	1,8	0	2,29	
16	1,8	0	2,2	
17	1,25	0	2,7	
18	1,25	0,16	2,68	0,12
RNF 1	4,5	#N/A	0	
DESVIO PADRÃO				0,12

APÊNDICE C - ISOMÉTRICO WC FEMININO

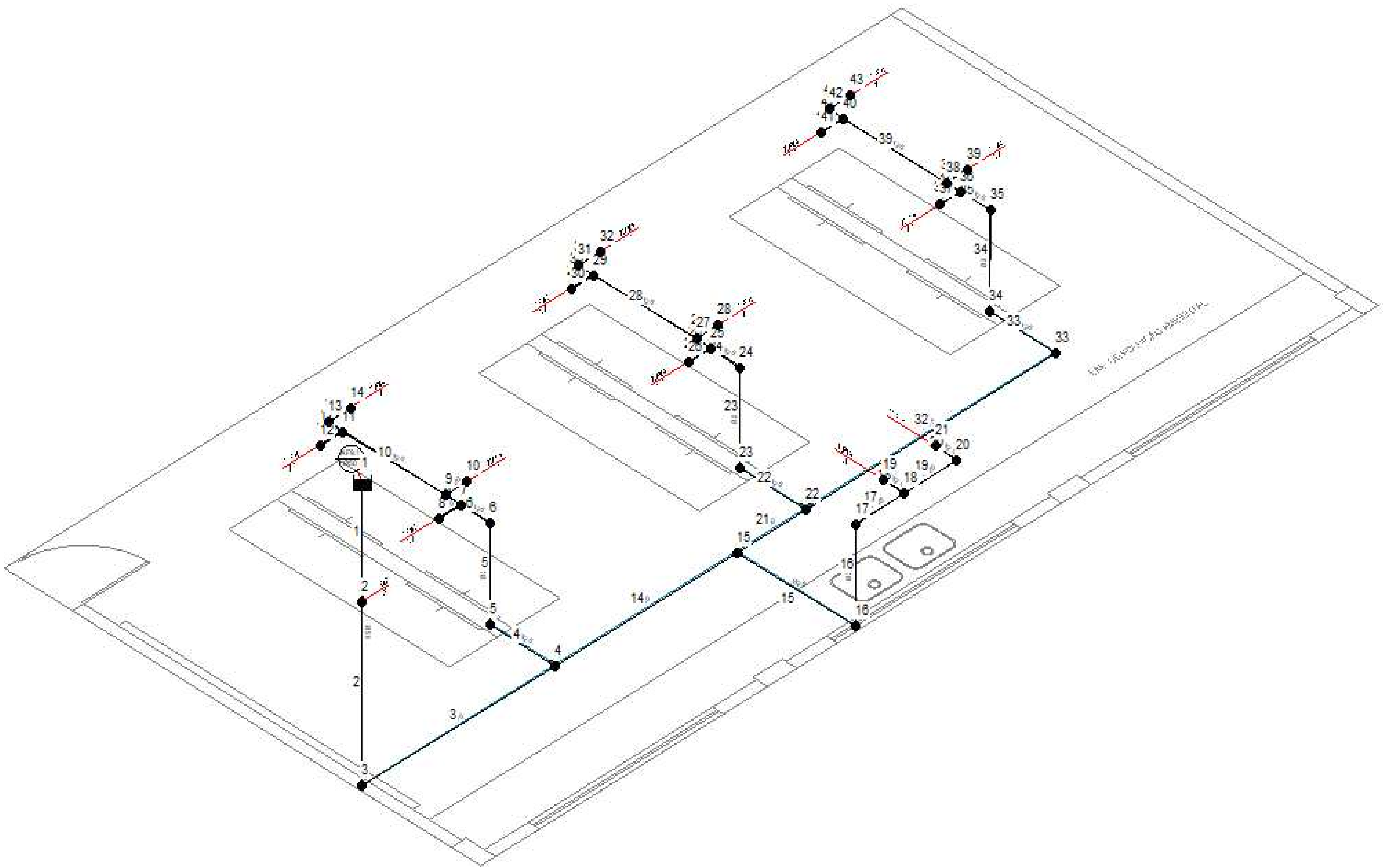
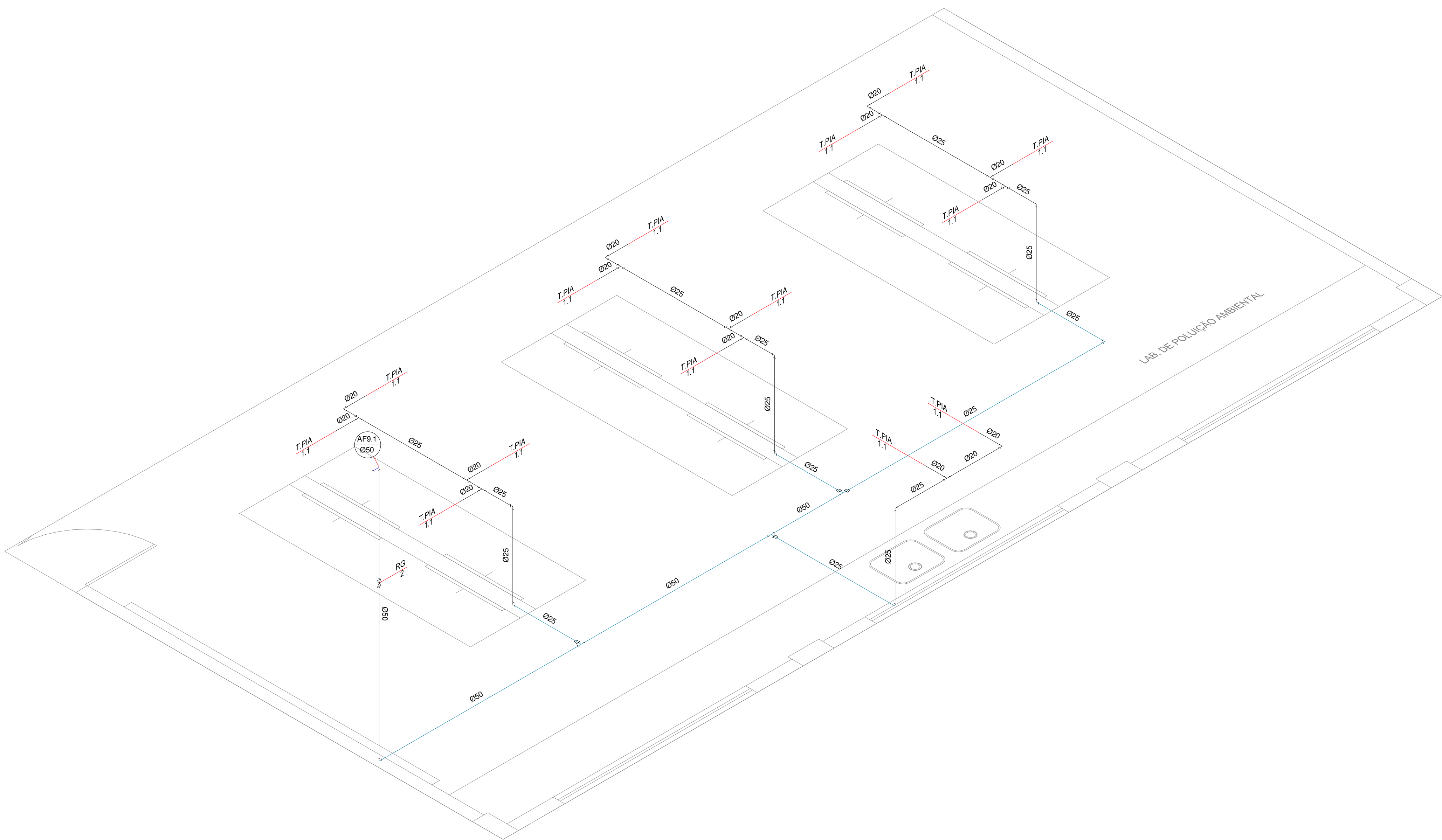


MEMORIAL DE CÁLCULO PROJETO - WC FEMININO														
Trecho	Pesos	Vazão (l/s)	DN (mm)	Velocidade (m/s)	Ju (n/km)	P. Inic. (kPa)	Dif. Cota (m)	P. Disp. (kPa)	Cmp. Real (m)	Cmp. Eq. (m)	PC. Tub. (kPa)	PC. Cnx (kPa)	PC. Tot (kPa)	Pressão (m.c.a.)
1	0,8	0,27	27,8	0,44	12,022	6,7	0,04	7,1	0,04	4,64	0	0,6	0,6	0,65
3 - 4 - 5	0,8	0,27	21,6	0,73	39,859	6,5	2,46	30,7	2,57	7,17	1	1,8	2,9	2,78
6	0,7	0,25	21,6	0,68	35,464	27,8	0	27,8	0,04	0,94	0	0,3	0,3	2,75
7	0,7	0,25	17	1,11	110,614	27,5	0	27,5	0,39	0,39	0,4	0	0,4	2,7
8	0,3	0,16	17	0,72	52,702	27	0,2	29	0,2	3,8	0,1	1,9	2	2,7
9 - 10	0,4	0,19	17	0,84	67,788	27	0	27	0,65	3,85	0,4	2,2	2,6	2,44
11 - 12 - 13	0,3	0,16	17	0,72	52,702	24,4	0,2	26,4	0,68	3,88	0,4	1,7	2	2,43
15 - 16 - 17	1,3	0,34	27,8	0,56	18,385	5,8	2,35	28,8	2,52	6,52	0,5	0,7	1,2	2,76
18	0,3	0,16	21,6	0,45	16,897	27,6	0	27,6	0,04	4,64	0	0,8	0,8	2,69
19 - 20	1	0,3	21,6	0,82	48,454	27,6	0	27,6	0,6	5,2	0,3	2,2	2,5	2,51
21	0,7	0,25	21,6	0,68	35,464	25,1	0	25,1	0,04	0,94	0	0,3	0,3	2,48
22	0,7	0,25	17	1,11	110,614	24,8	0	24,8	0,81	3,21	0,9	2,7	3,6	2,12
23 - 24 - 25	0,4	0,19	17	0,84	67,788	21,2	0,15	22,7	0,4	3,6	0,3	2,2	2,4	2,03

MEMORIAL DE CÁLCULO EPANET - WC FEMININO						
Identificador do Trecho	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Rugosidade (mm)	Vazão (L/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/km)
1	1,25	27,8	0,0015	0,27	0,44	91,33
3	1,15	21,6	0,015	0,27	0,74	58,75
4	0,11	21,6	0,015	0,52	1,42	1798,97
5	0,3	17	0,015	0,27	1,19	154,45
6	0,43	17	0,015	0,25	1,1	361,79
7	0,2	17	0,015	0,06	0,26	24,48
8	0,3	17	0,015	0,06	0,26	10,24
9	0,65	17	0,015	0,19	0,84	161,99
10	0,3	17	0,015	0,03	0,13	2
11	0,48	17	0,015	0,16	0,7	94,02
12	0,2	17	0,015	0,16	0,7	160,46
13	0,3	17	0,015	0,16	0,7	59,22
14	4,15	27,8	0,0015	0,34	0,56	19,44
15	1,25	27,8	0,015	0,34	0,56	155,93
16	1	27,8	0,015	0,34	0,56	30,95
17	0,17	27,8	0,015	0,34	0,56	185,79
18	0,3	17	0,015	0,04	0,18	3,84
19	0,6	21,6	0,015	0,3	0,82	147,19
20	0,3	17	0,015	0,05	0,22	7,17
21	0,85	17	0,015	0,25	1,1	233,98
22	0,3	17	0,015	0,06	0,26	10,24
23	0,25	17	0,015	0,19	0,84	191,65
24	0,15	17	0,015	0,19	0,84	277,3
25	0,3	17	0,015	0,19	0,84	81

MEMORIAL DE CÁLCULO EPANET - WC FEMININO				
Identificador do Nó	Cota (m)	Consumo-Base (L/s)	Pressão (m)	Pressão de Projeto - Pressão da Simulação (m.c.a.)
2	1,95	0	1,24	0,71
4	0,8	-0,25	2,32	
5	0,8	0	2,12	
6	0,8	0,27	2,07	
7	0,8	0	1,96	0,58
8	0,5	0	2,26	
9	0,5	0,06	2,26	
10	0,8	0	1,86	
11	0,8	0,03	1,86	0,37
12	0,8	0	1,81	
13	0,5	0	2,08	
14	0,5	0,16	2,06	
15	3,2	0	0,02	0,57
16	1,8	0	1,22	
17	0,8	0	2,19	
18	0,8	0	2,16	
19	0,8	0,04	2,16	0,44
20	0,8	0	2,07	
21	0,8	0,05	2,07	
22	0,8	0	1,87	
23	0,8	0,06	1,87	0,27
24	0,8	0	1,83	
25	0,8	0	1,79	
26	0,8	0,19	1,76	
RNF 1	3,3	#N/A	0	0,16
DESVIO PADRÃO				

APÊNDICE D – ISOMÉTRICO LAB. DE POLUIÇÃO AMBIENTAL

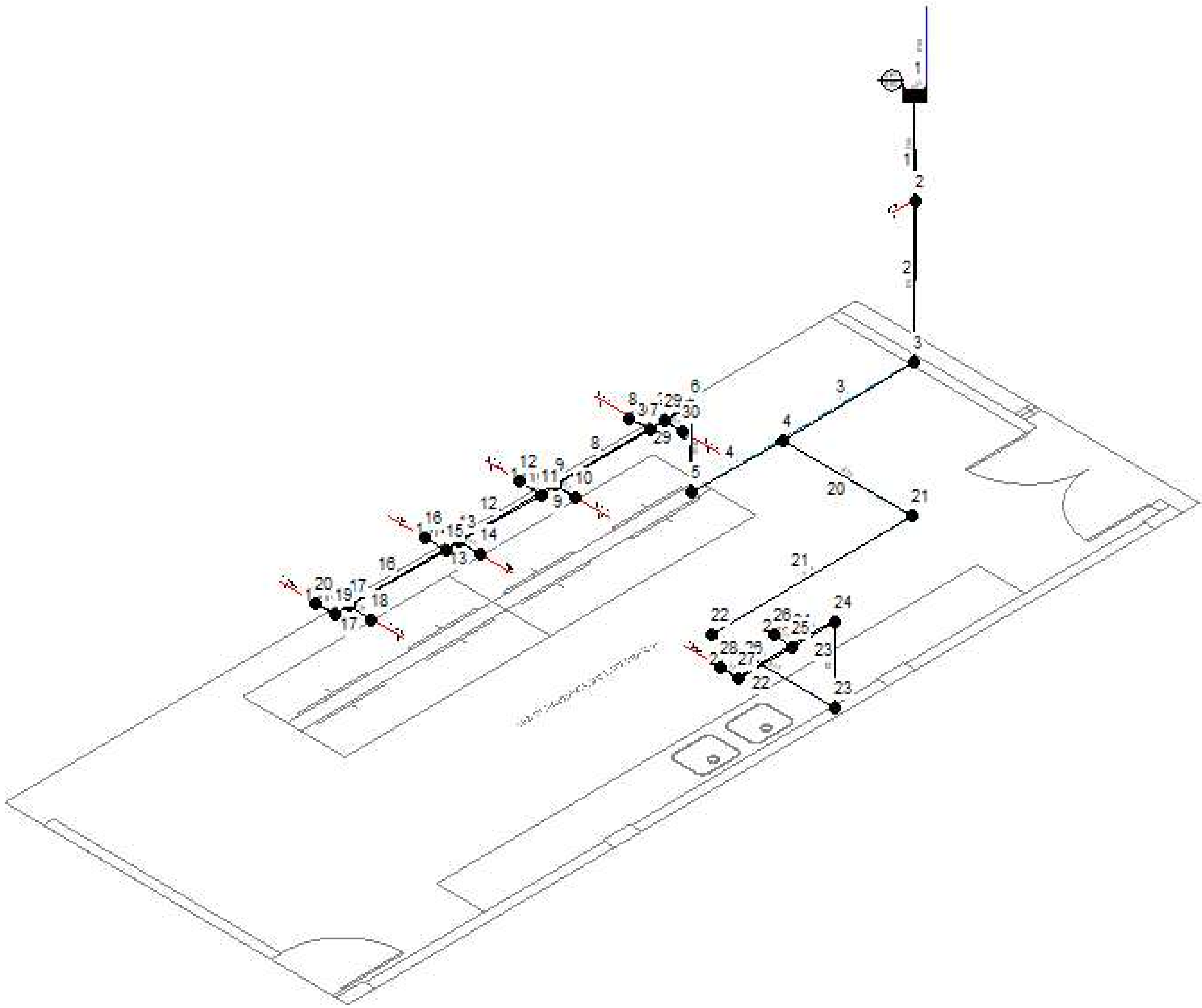
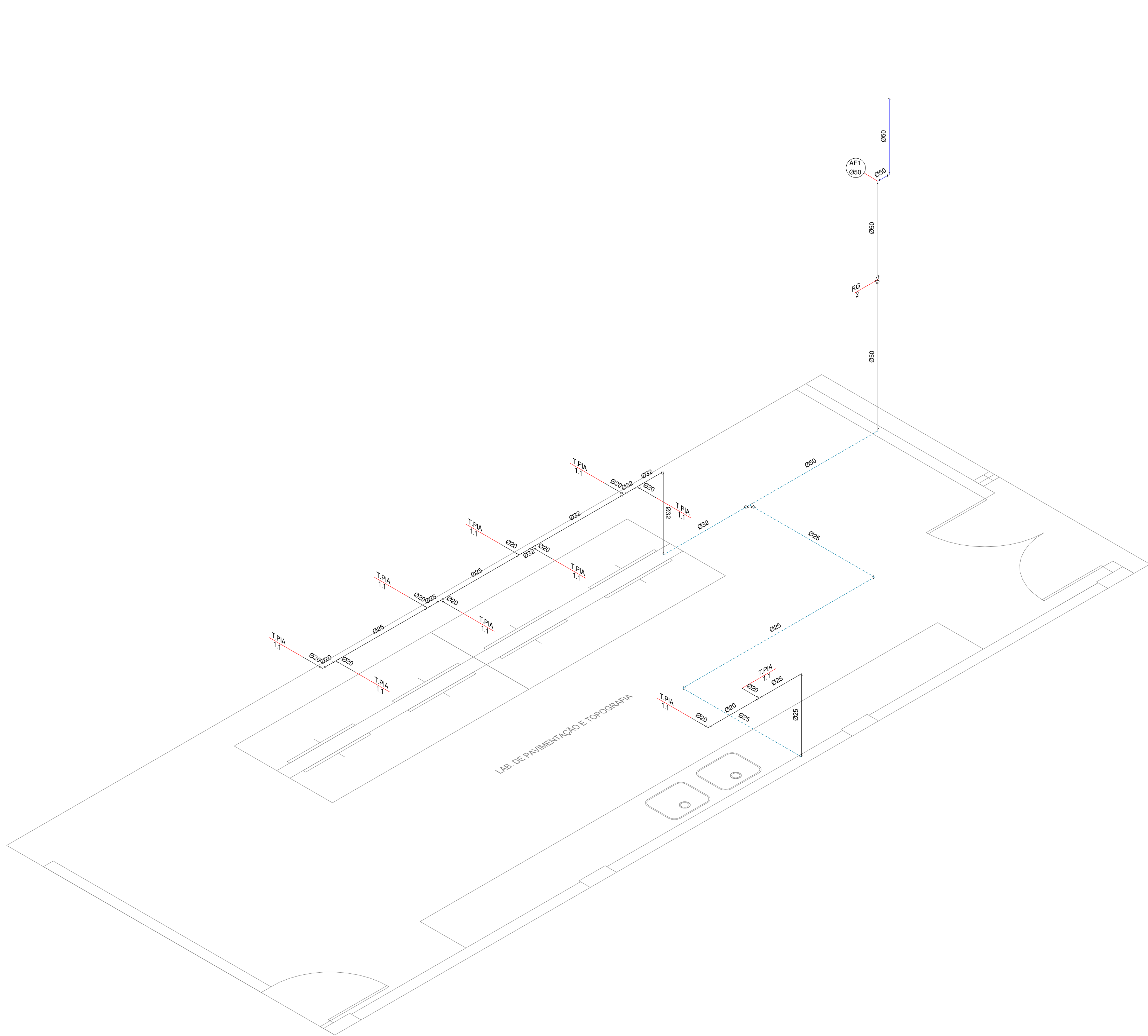


MEMORIAL DE CÁLCULO PROJETO - LAB. DE POLUIÇÃO AMBIENTAL														
Trecho	Pesos	Vazão (l/s)	DN (mm)	Velocidade (m/s)	Ju (m/km)	P. Inic. (kPa)	Dif. Cota (m)	P. Disp. (kPa)	Cmp. Real (m)	Cmp. Eq. (m)	PC. Tub. (kPa)	PC. Cnx (kPa)	PC. Tot (kPa)	Pressão (m.c.a.)
1 - 2 - 3	9,8	0,94	44	0,62	12,159	11,3	3,3	43,7	5,93	12,73	0,7	0,8	1,5	4,21
14	7	0,79	44	0,52	9,058	42,1	0	42,1	2,47	4,77	0,2	0,2	0,4	4,17
21	5,6	0,71	44	0,47	7,452	41,7	0	41,7	0,93	3,23	0,1	0,2	0,2	4,14
22	2,8	0,5	44	0,33	4,063	41,4	0	41,4	0,04	7,64	0	0,3	0,3	4,11
23 - 24 - 25	2,8	0,5	21,6	1,37	119,286	41,1	1,1	30,3	2,35	6,25	2,8	4,7	7,5	2,29
26 - 27	2,1	0,43	21,6	1,19	92,74	22,9	0	22,9	0,2	2	0,2	1,7	1,9	2,1
28 - 29	1,4	0,35	21,6	0,97	65,041	21	0	21	1,4	3,2	0,9	1,2	2,1	1,9
30	0,7	0,25	21,6	0,68	35,464	19	0	19	0,04	0,94	0	0,3	0,3	1,86
31	0,7	0,25	17	1,11	110,614	18,6	0	18,6	0,16	1,36	0,2	1,3	1,5	1,71
32	2,8	0,5	44	0,33	4,063	41,4	0	41,4	0,04	2,34	0	0,1	0,1	4,13
33 - 34 - 35 - 36	2,8	0,5	21,6	1,37	119,286	41,3	1,1	30,6	5,75	11,15	6,9	6,4	13,3	1,73
37 - 38	2,1	0,43	21,6	1,19	92,74	17,3	0	17,3	0,2	2	0,2	1,7	1,9	1,54
39	1,4	0,35	21,6	0,97	65,041	15,4	0	15,4	1,4	3,2	0,9	1,2	2,1	1,33
41	0,7	0,25	21,6	0,68	35,464	13,3	0	13,3	0,04	0,94	0	0,3	0,3	1,3
42	0,7	0,25	17	1,11	110,614	13	0	13	0,16	1,36	0,2	1,3	1,5	1,15
15	1,4	0,35	44	0,23	2,215	41,7	0	41,7	0,04	7,64	0	0,2	0,2	4,15
16 - 17 - 18	1,4	0,35	21,6	0,97	65,041	41,5	1,1	30,7	3,35	7,25	2,2	2,5	4,7	2,6
19	0,7	0,25	21,6	0,68	35,464	26	0	26	0,04	0,94	0	0,3	0,3	2,57
20	0,7	0,25	17	1,11	110,614	25,7	0	25,7	0,68	1,88	0,8	1,3	2,1	2,36
4	2,8	0,5	44	0,33	4,063	42,1	0	42,1	0,04	7,64	0	0,3	0,3	4,18
5 - 6 - 7	2,8	0,5	21,6	1,37	119,286	41,8	1,1	31	2,35	6,25	2,8	4,7	7,5	2,36
8 - 9	2,1	0,43	21,6	1,19	92,74	23,6	0	23,6	0,2	2	0,2	1,7	1,9	2,17
10 - 11	1,4	0,35	21,6	0,97	65,041	21,7	0	21,7	1,4	3,2	0,9	1,2	2,1	1,96
12	0,7	0,25	21,6	0,68	35,464	19,6	0	19,6	0,04	0,94	0	0,3	0,3	1,93
13	0,7	0,25	17	1,11	110,614	19,3	0	19,3	0,16	1,36	0,2	1,3	1,5	1,78

MEMORIAL DE CÁLCULO EPANET - LAB. DE POLUIÇÃO AMBIENTAL						
Identificador do Trecho	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Rugosidade (mm)	Vazão (L/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/km)
1	1,25	44	0,0015	0,94	0,62	166,43
2	1,95	44	0,0015	0,94	0,62	19,67
3	2,63	44	0,0015	0,94	0,62	24,01
4	0,89	21,6	0,0015	0,5	1,36	312,33
5	1,1	21,6	0,0015	0,5	1,36	182,13
6	0,37	21,6	0,0015	0,5	1,36	335,22
7	0,3	17	0,0015	0,05	0,22	7,05
8	0,2	17	0,0015	0,45	1,98	2074,47
9	0,3	17	0,0015	0,1	0,44	24,68
10	1,4	21,6	0,0015	0,35	0,96	115,54
11	0,3	17	0,0015	0,1	0,44	24,68
12	0,2	21,6	0,0015	0,25	0,68	137,67
13	0,3	17	0,0015	0,25	1,1	127,61
14	2,47	44	0,0015	1,35	0,89	49,52
15	1,61	21,6	0,0015	0,35	0,96	81,77
16	1,1	21,6	0,0015	0,35	0,96	93,81
17	0,67	21,6	0,0015	0,35	0,96	180,64
18	0,3	17	0,0015	0,1	0,44	24,68
19	0,72	17	0,0015	0,25	1,1	173,95
20	0,3	17	0,0015	0,25	1,1	127,61
21	0,93	44	0,0015	1	0,66	58,12
22	0,89	21,6	0,0015	0,5	1,36	200,44
23	1,1	21,6	0,0015	0,5	1,36	182,13
24	0,37	21,6	0,0015	0,5	1,36	565,91
25	0,3	17	0,0015	0,05	0,22	7,05
26	0,2	21,6	0,0015	0,45	1,23	778,17
27	0,3	17	0,0015	0,1	0,44	24,68
28	1,4	21,6	0,0015	0,35	0,96	115,54
29	0,3	17	0,0015	0,1	0,44	24,68
30	0,2	21,6	0,0015	0,25	0,68	137,67
31	0,3	17	0,0015	0,25	1,1	127,61
32	0,4	44	0,0015	0,5	0,33	15,93
33	0,89	21,6	0,0015	0,5	1,36	200,44
34	1,1	21,6	0,0015	0,5	1,36	182,13
35	0,37	21,6	0,0015	0,5	1,36	565,91
36	0,3	17	0,0015	0,05	0,22	7,05
37	0,2	21,6	0,0015	0,45	1,23	778,17
38	0,3	17	0,0015	0,1	0,44	24,68
39	1,4	21,6	0,0015	0,35	0,96	115,54
40	0,3	17	0,0015	0,1	0,44	24,68
41	0,2	21,6	0,0015	0,25	0,68	137,67
42	0,3	17	0,0015	0,25	1,1	127,61

MEMORIAL DE CÁLCULO EPANET - LAB. DE POLUIÇÃO AMBIENTAL				
Identificador do Nó	Cota (m)	Consumo-Base (L/s)	Pressão (m)	[Pressão de Projeto - Pressão da Simulação] (m.c.a.)
2	1,95	0	2,19	
3	0		4,1	
4	0	-0,91	4,04	0,17
5	0	0	3,76	
6	1,1	0	2,46	
7	1,1	0	2,34	
8	1,1	0,05	2,34	0,02
9	1,1	0	1,92	
10	1,1	0,1	1,92	0,25
11	1,1	0	1,76	
12	1,1	0,1	1,75	0,21
13	1,1	0	1,73	
14	1,1	0,25	1,7	
15	0	0	3,92	
16	0	0	3,79	
17	1,1	0	2,58	
18	1,1	0	2,46	
19	1,1	0,1	2,45	0,15
20	1,1	0	2,34	
21	1,1	0,25	2,3	
22	0	0	3,86	
23	0	0	3,69	
24	1,1	0	2,39	
25	1,1	0	2,18	
26	1,1	0,05	2,17	0,12
27	1,1	0	2,02	
28	1,1	0,1	2,01	0,09
29	1,1	0	1,86	
30	1,1	0,1	1,85	0,05
31	1,1	0	1,83	
32	1,1	0,25	1,79	
33	0	0	3,86	
34	0	0	3,68	
35	1,1	0	2,38	
36	1,1	0	2,17	
37	1,1	0,05	2,17	0,44
38	1,1	0	2,01	
39	1,1	0,1	2,01	0,47
40	1,1	0	1,85	
41	1,1	0,1	1,84	
42	1,1	0	1,82	
43	1,1	0,25	1,79	
RNF 1	4,35	#N/A	0	
DESVIO PADRAO				0,16

APÊNDICE E - ISOMÉTRICO LAB. DE PAVIMENTAÇÃO E TOPOGRAFIA

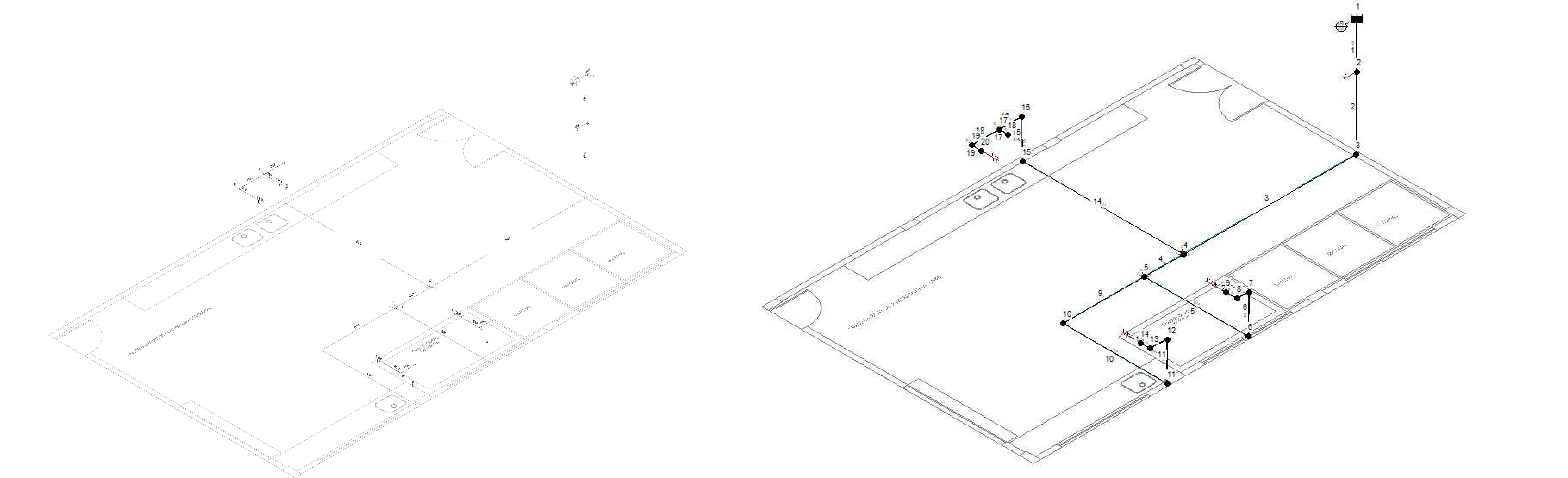


MEMORIAL DE CÁLCULO PROJETO - LAB. DE PAVIMENTAÇÃO E TOPOGRAFIA														
Trecho	Pesos	Vazio (l/s)	DN (mm)	Velocidade (m/s)	Ju (m/km)	P. Inic. (kPa)	Dif. Cota (m)	P. Disp. (kPa)	Cmp. Real (m)	Cmp. Eq. (m)	PC. Tub. (kPa)	PC. Cnx (kPa)	PC. Tot (kPa)	Pressão (m.c.a.)
1 - 2 - 3	7	0,79	44	0,52	9,058	49	3,3	81,4	5,25	12,05	0,5	0,6	1,1	8,03
20	1,4	0,35	44	0,23	2,215	80,3	0	80,3	0,04	7,64	0	0,2	0,2	8,01
21 - 22 - 23 - 24 - 25	1,4	0,35	21,6	0,97	65,041	80,1	-1,1	69,3	8,37	15,27	5,4	4,5	9,9	5,94
26	0,7	0,25	21,6	0,68	35,464	59,4	0	59,4	0,04	0,94	0	0,3	0,3	5,91
27	0,7	0,25	17	1,11	110,614	59,1	0	59,1	0,74	1,94	0,8	1,3	2,1	5,69
4	5,6	0,71	44	0,47	7,452	80,3	0	80,3	0,04	2,34	0	0,2	0,2	8,01
5 - 28	5,6	0,71	27,8	1,17	65,983	80,1	-1,1	69,3	2,78	6,78	1,8	2,6	4,5	6,48
30	4,9	0,66	27,8	1,09	58,707	64,8	0	64,8	0,2	1,7	0,1	0,9	1	6,38
8	4,2	0,61	27,8	1,01	51,299	63,8	0	63,8	1,4	2,9	0,7	0,8	1,5	6,23
10	3,5	0,56	27,8	0,92	43,735	62,3	0	62,3	0,2	1,7	0,1	0,7	0,7	6,16
11	0,7	0,25	21,6	0,68	35,464	61,6	0	61,6	0,04	4,64	0	1,6	1,6	6
12 - 13	2,8	0,5	21,6	1,37	119,286	61,6	0	61,6	1,2	3,6	1,4	2,9	4,3	5,73
14 - 15	2,1	0,43	21,6	1,19	92,74	57,3	0	57,3	0,2	2	0,2	1,7	1,9	5,55
16 - 17	1,4	0,35	21,6	0,97	65,041	55,5	0	55,5	1,4	3,2	0,9	1,2	2,1	5,34
18	0,7	0,25	21,6	0,68	35,464	53,4	0	53,4	0,04	0,94	0	0,3	0,3	5,3
19	0,7	0,25	17	1,11	110,614	53	0	53	0,16	1,36	0,2	1,3	1,5	5,15
9	0,7	0,25	21,6	0,68	35,464	62,3	0	62,3	0,04	4,64	0	1,6	1,6	6,07
7	0,7	0,25	21,6	0,68	35,464	63,8	0	63,8	0,04	4,64	0	1,6	1,6	6,22
29	0,7	0,25	21,6	0,68	35,464	64,8	0	64,8	0,04	4,64	0	1,6	1,6	6,32

MEMORIAL DE CÁLCULO EPANET - LAB. DE PAVIMENTAÇÃO E TOPOGRAFIA						
Identificador do Trecho	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Rugosidade (mm)	Vazão (L/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/km)
1	1,25	44	0,0015	0,78	0,62	166,43
2	1,95	44	0,0015	0,78	0,62	19,67
3	1,95	44	0,0015	0,78	0,62	24,01
4	1,32	27,8	0,0015	0,43	1,36	312,33
5	1,1	21,8	0,0015	0,43	1,36	182,13
7	0,3	17	0,0015	0,00	1,36	335,22
8	1,4	27,8	0,0015	0,43	0,22	7,05
9	0,3	17	0,0015	0,00	1,98	2074,47
10	0,2	27,8	0,0015	0,43	0,44	24,68
11	0,3	17	0,0015	0,00	0,96	115,54
12	1,2	21,6	0,0015	0,43	0,44	24,68
13	0,3	17	0,0015	0,08	0,68	137,67
14	0,2	21,6	0,0015	0,35	1,1	127,61
15	0,3	17	0,0015	0,10	0,89	49,52
16	1,4	21,6	0,0015	0,25	0,96	81,77
17	0,3	17	0,0015	0,00	0,96	93,81
18	0,2	17	0,0015	0,25	0,96	180,64
19	0,3	17	0,0015	0,25	0,44	24,68
20	1,91	21,6	0,0015	0,35	1,1	173,95
21	2,93	21,6	0,0015	0,35	1,1	127,61
22	1,82	21,6	0,0015	0,35	0,66	58,12
23	1,1	21,6	0,0015	0,35	1,36	200,44
24	0,65	21,6	0,0015	0,35	1,36	182,13
25	0,26	17	0,0015	0,10	1,36	565,91
26	0,78	17	0,0015	0,25	0,22	7,05
27	0,26	17	0,0015	0,25	1,23	778,17
28	0,4	27,8	0,0015	0,43	0,44	24,68
29	0,3	17	0,0015	0,00	0,96	115,54
30	0,2	27,8	0,0015	0,43	0,44	24,68

MEMORIAL DE CÁLCULO EPANET - LAB. DE PAVIMENTAÇÃO E TOPOGRAFIA				
Identificador do Nó	Cota (m)	Consumo-Base (L/s)	Pressão (m)	[Pressão de Projeto - Pressão da Simulação] (m.c.a.)
2	2,05	0	6,31	
3	0	0	8,33	
4	0	0	8,29	0,26
5	0	0	8,24	
6	1,1	0	6,99	0,51
7	1,1	0	6,88	
8	1,1	0	6,88	
9	1,1	0	6,80	
10	1,1	0	6,80	
11	1,1	0	6,75	
12	1,1	0	6,75	
13	1,1	0	6,53	
14	1,1	0,08	6,53	0,8
15	1,1	0	6,44	
16	1,1	0,1	6,43	0,88
17	1,1	0	6,35	
18	1,1	0	6,35	1,01
19	1,1	0	6,27	
20	1,1	0,25	6,24	
21	0	0	8,14	
22	0	0	7,94	
23	0	0	7,79	
24	1,1	0	6,59	
25	1,1	0	6,47	
26	1,1	0,1	6,46	0,52
27	1,1	0	6,34	
28	1,1	0,25	6,30	
29	1,1	0	6,93	
30	1,1	0	6,93	0,45
RNF 1	8,5	#N/A	0,00	
DESVIO PADRÃO				0,27

APÊNDICE F - ISOMÉTRICO LAB. DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO E GEOLOGIA

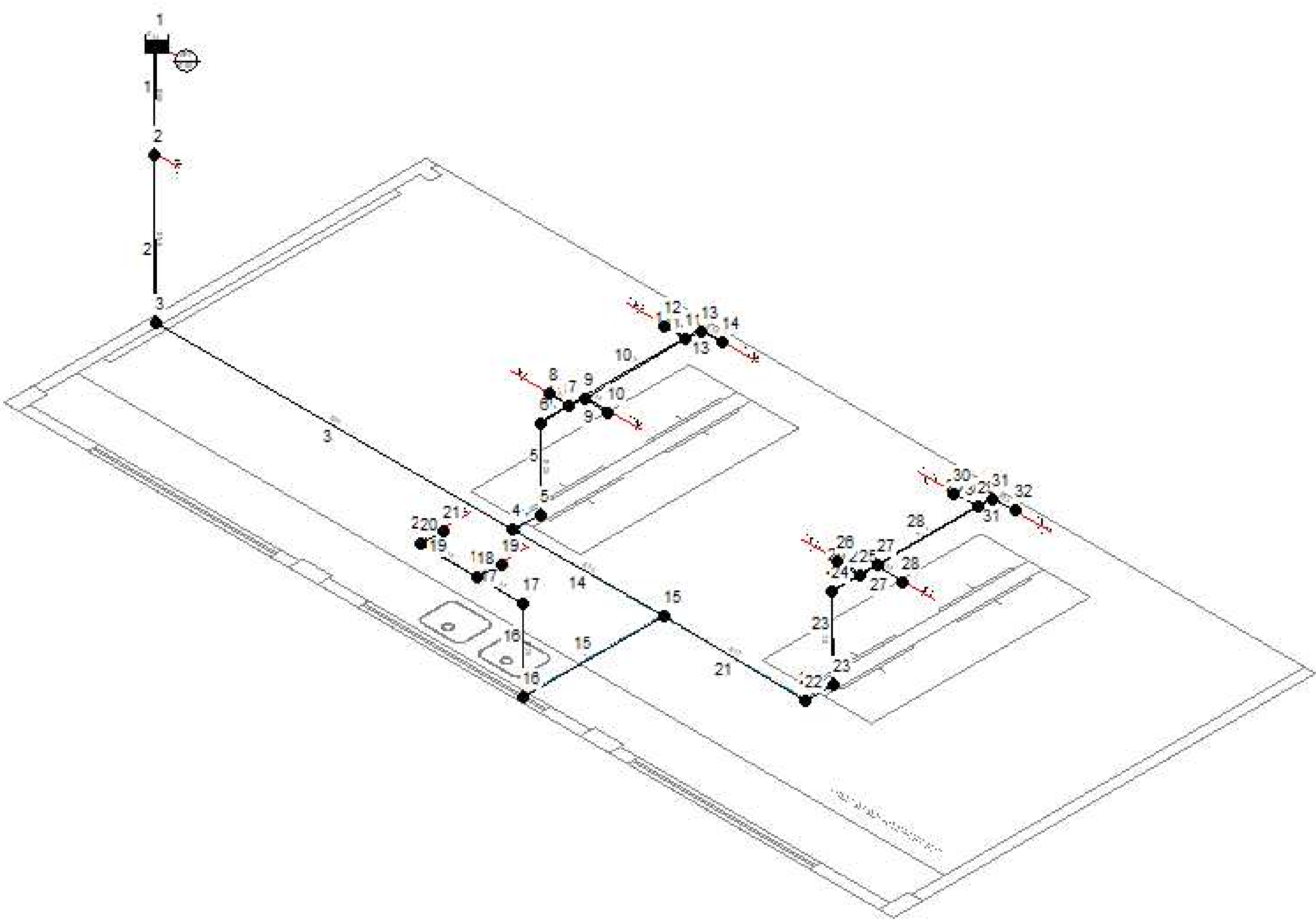
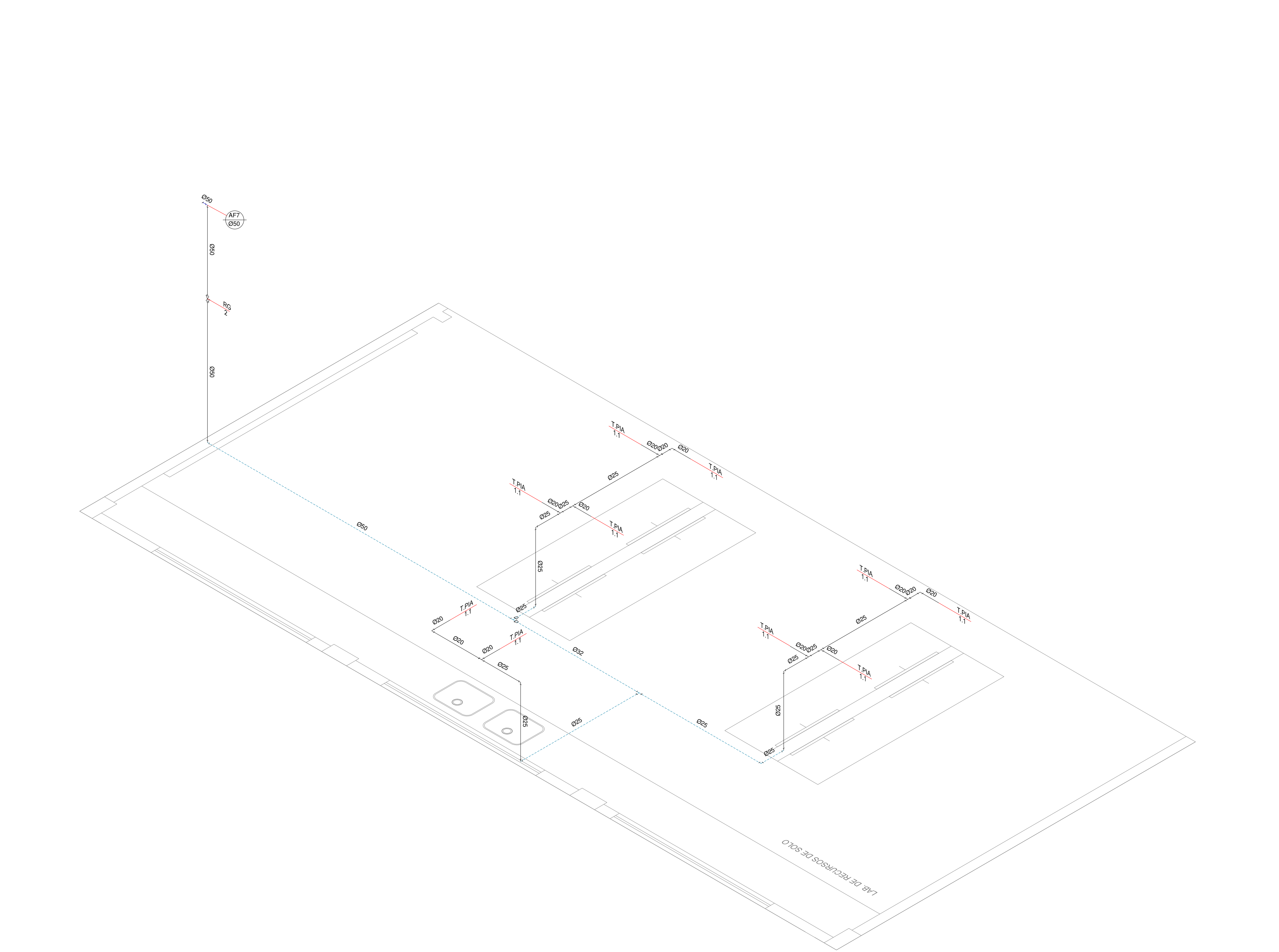


MEMORIAL DE CÁLCULO PROJETO - LAB. DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO E GEOLOGIA														
Trecho	Pesos	Vazão (l/s)	DN (mm)	Velocidade (m/s)	Ju (m/km)	P. Inic. (kPa)	Dif. Cota (m)	P. Disp. (kPa)	Cmp. Real (m)	Cmp. Eq. (m)	PC. Tub. (kPa)	PC. Cnx (kPa)	PC. Tot (kPa)	Pressão (m.e.a.)
1 - 2 - 3	2,8	0,5	35,2	0,52	11,726	47,1	3,3	79,5	8,19	14,59	1	0,8	1,7	7,78
14	1,4	0,35	35,2	0,36	6,394	77,8	0	77,8	0,04	7,34	0	0,5	0,5	7,73
15 - 16 - 17	1,4	0,35	21,6	0,97	65,041	77,3	1,1	66,5	6,25	10,05	4,1	2,5	6,5	6
18 - 19	0,7	0,25	17	1,11	110,614	60	0	60	0,78	2,78	0,9	2,2	3,1	5,69
4	1,4	0,35	35,2	0,36	6,394	77,8	0	77,8	0,04	2,24	0	0,1	0,1	7,76
4	1,4	0,35	21,6	0,97	65,041	77,6	0	77,6	1,06	1,06	0,7	0	0,7	7,69
5	0,7	0,25	21,6	0,68	35,464	76,9	0	76,9	0,04	3,14	0	1,1	1,1	7,58
6 - 7 - 20	0,7	0,25	17	1,11	110,614	75,8	1,1	65	4,34	7,94	4,8	4	8,8	5,62
9	0,7	0,25	21,6	0,68	35,464	76,9	0	76,9	0,04	0,94	0	0,3	0,3	7,66
10 - 11 - 12 - 13	0,7	0,25	17	1,11	110,614	76,6	1,1	65,8	6,78	11,58	7,5	5,3	12,8	5,3

MEMORIAL DE CÁLCULO EPANET - LAB. DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO E GEOLOGIA						
Identificador do Trecho	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Rugosidade (mm)	Vazão (L/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/km)
1	1,25	35,2	0,015	0,61	0,63	175,13
2	1,95	35,2	0,015	0,61	0,63	24,25
3	4,89	35,2	0,015	0,61	0,63	22,38
4	1,1	21,6	0,015	0,4	1,09	132,88
5	2,94	17	0,015	0,25	1,1	122,03
6	1,1	17	0,015	0,25	1,1	153,68
7	0,34	17	0,015	0,25	1,1	266,69
9	2,3	17	0,015	0,25	1,1	127,3
10	2,94	17	0,015	0,25	1,1	122,03
11	1,1	17	0,015	0,25	1,1	153,68
12	0,34	17	0,015	0,25	1,1	266,69
13	0,3	17	0,015	0,25	1,1	134,02
14	4,54	21,6	0,015	0,35	0,96	69,71
15	1,1	21,6	0,015	0,35	0,96	96,98
16	0,65	21,6	0,015	0,35	0,96	187,65
17	0,26	17	0,015	0,1	0,44	26,13
18	0,78	17	0,015	0,25	1,1	174,42
19	0,26	17	0,015	0,25	1,1	138,77
20	0,3	17	0,015	0,25	1,1	134,02

MEMORIAL DE CÁLCULO EPANET - LAB. DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO E GEOLOGIA				
Identificador do Nó	Cota (m)	Consumo-Base (L/s)	Pressão (m)	[Pressão de Projeto - Pressão da Simulação] (m.e.a.)
2	0	0	8,28	0,34
3	0	0	8,23	
4	0	-0,14	8,12	
5	0	-0,1	7,98	0,6
6	0	0	7,62	
7	1,1	0	6,35	
8	1,1	0	6,26	
9	1,1	0,25	6,22	0,63
10	0	0	7,69	
11	0	0	7,33	
12	1,1	0	6,06	0,47
13	1,1	0	5,97	
14	1,1	0,25	5,93	
15	0	0	7,81	0,62
16	1,1	0	6,6	
17	1,1	0	6,48	
18	1,1	0,1	6,47	0,13
19	1,1	0	6,34	
20	1,1	0,25	6,31	
RNF 1	8,5	#N/A	0	
DESVIO PADRÃO				0,13

APÊNDICE G – ISOMÉTRICO LAB. DE RECURSOS DO SOLO

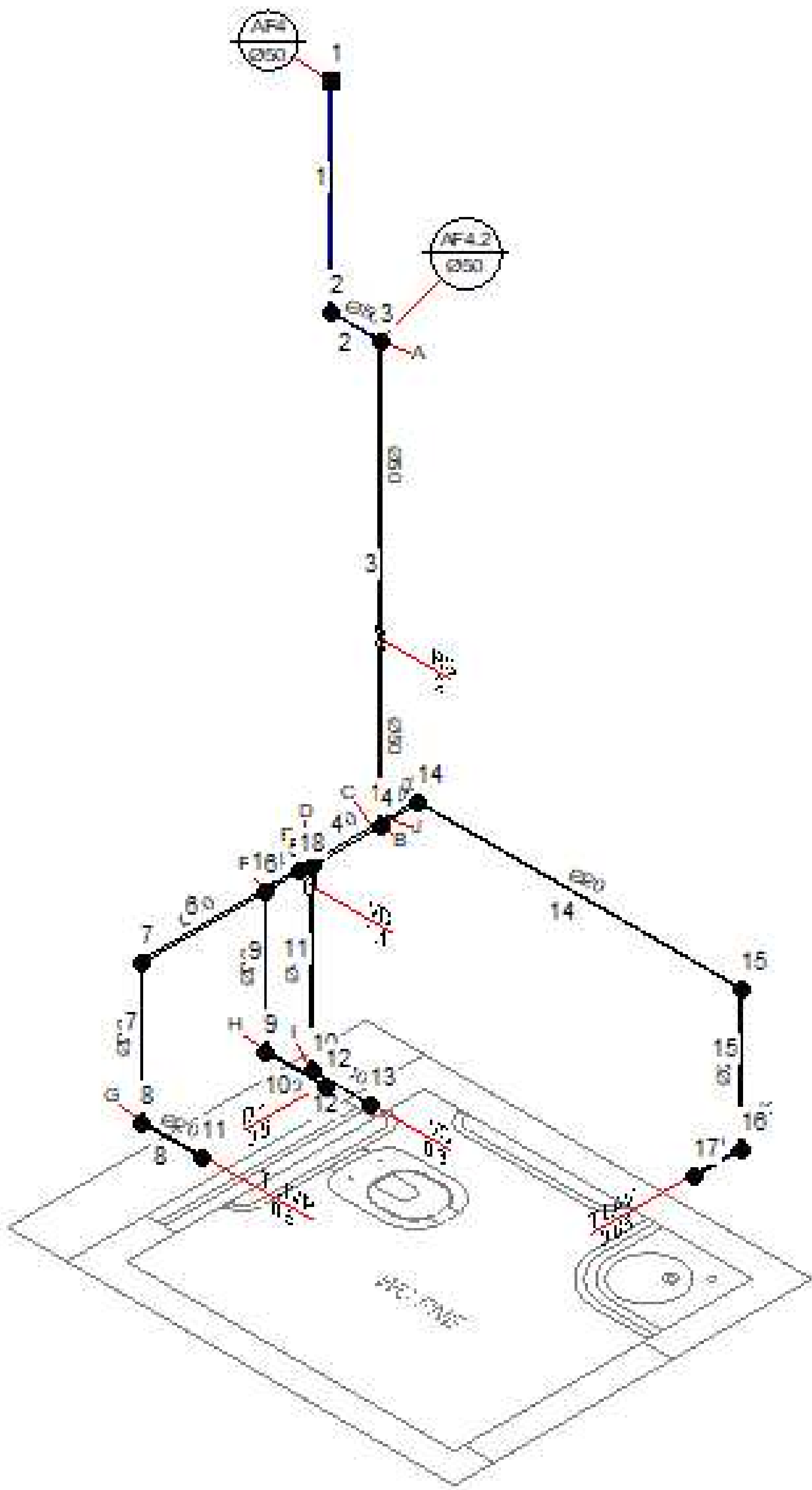
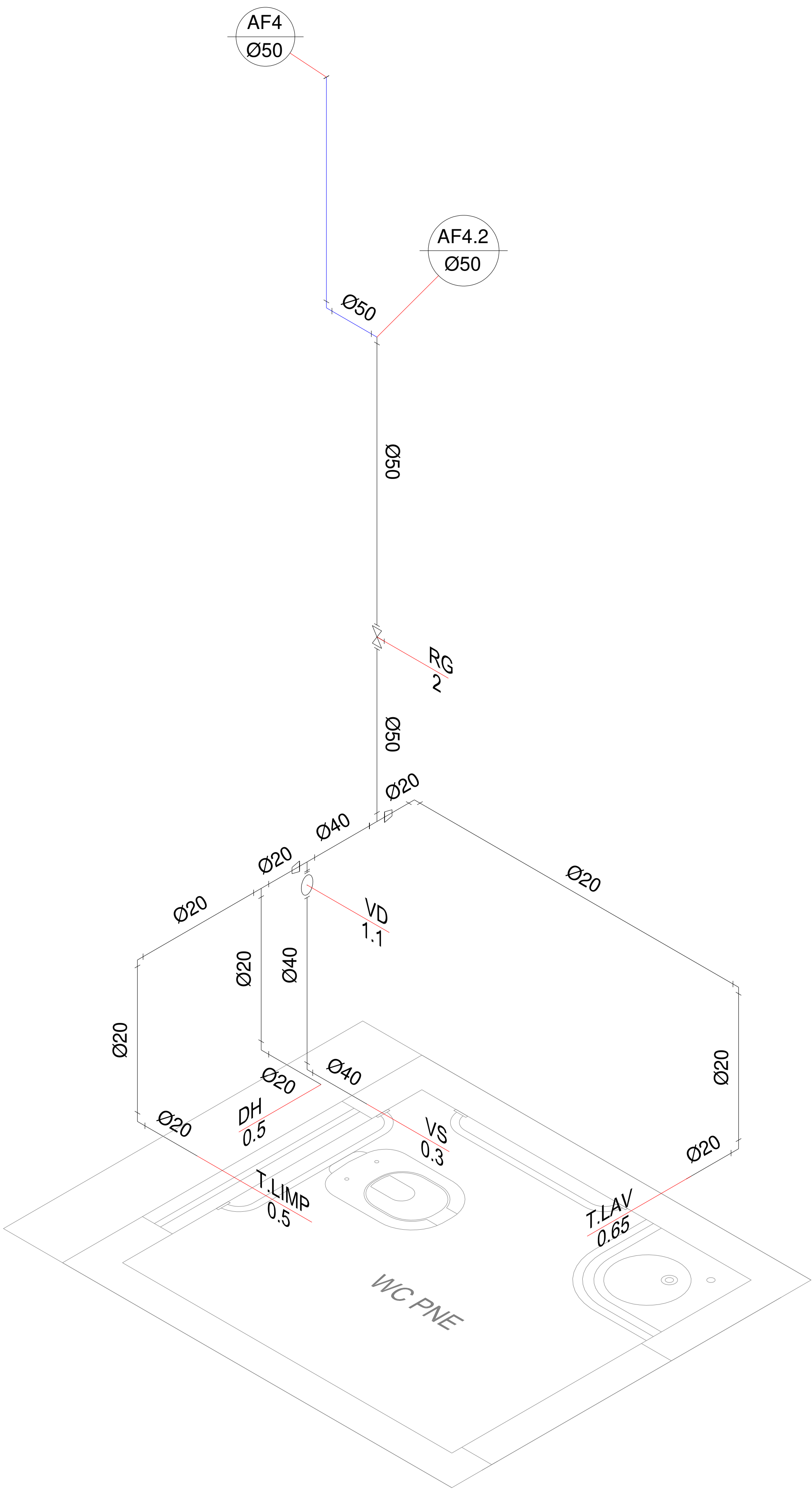


MEMORIAL DE CÁLCULO PROJETO - LAB. DE RECURSOS DO SOLO														
Trecho	Pesos	Vazão (l/s)	DN (mm)	Velocidade (m/s)	Ju (m/km)	P. Inic. (kPa)	Dif. Cota (m)	P. Disp. (kPa)	Cmp. Real (m)	Cmp. Eq. (m)	PC. Tub. (kPa)	PC. Cnx (kPa)	PC. Tot (kPa)	Pressão (m.c.a.)
1 - 2 - 3	7	0,79	44	0,52	9,058	51,3	3,3	83,7	8,23	15,03	0,7	0,6	1,4	8,23
4	2,8	0,5	44	0,33	4,063	82,3	0	82,3	0,04	7,64	0	0,3	0,3	8,2
5 - 6 - 7	2,8	0,5	21,6	1,37	119,286	82	1,1	71,2	1,83	5,73	2,2	4,7	6,8	6,44
8 - 9	2,1	0,43	21,6	1,19	92,74	64,4	0	64,4	0,2	2	0,2	1,7	1,9	6,25
10 - 11	1,4	0,35	21,6	0,97	65,041	62,5	0	62,5	1,4	3,2	0,9	1,2	2,1	6,04
12	0,7	0,25	21,6	0,68	35,464	60,4	0	60,4	0,04	0,94	0	0,3	0,3	6,01
13	0,7	0,25	17	1,11	110,614	60,1	0	60,1	0,16	1,36	0,2	1,3	1,5	5,86
14	4,2	0,61	44	0,4	5,793	82,3	0	82,3	0,04	2,34	0	0,1	0,1	8,22
14	4,2	0,61	27,8	1,01	51,299	82,2	0	82,2	2	2	1	0	1	8,11
15	1,4	0,35	27,8	0,58	19,617	81,1	0	81,1	0,04	4,64	0	0,9	0,9	8,02
16 - 17 - 18	1,4	0,35	21,6	0,97	65,041	80,2	1,1	69,4	3,6	7,5	2,3	2,5	4,9	6,46
19	0,7	0,25	21,6	0,68	35,464	64,6	0	64,6	0,04	0,94	0	0,3	0,3	6,42
20	0,7	0,25	17	1,11	110,614	64,2	0	64,2	0,77	1,97	0,8	1,3	2,2	6,21
21	2,8	0,5	27,8	0,83	35,978	81,1	0	81,1	0,04	1,54	0	0,5	0,6	8,06
22 - 23 - 24 - 25	2,8	0,5	21,6	1,37	119,286	80,6	1,1	69,8	3,79	9,19	4,5	6,4	11	5,88
26 - 27	2,1	0,43	21,6	1,19	92,74	58,8	0	58,8	0,2	2	0,2	1,7	1,9	5,7
28 - 29	1,4	0,35	21,6	0,97	65,041	57	0	57	1,4	3,2	0,9	1,2	2,1	5,49
30	0,7	0,25	21,6	0,68	35,464	54,9	0	54,9	0,04	0,94	0	0,3	0,3	5,46
31	0,7	0,25	17	1,11	110,614	54,6	0	54,6	0,16	1,36	0,2	1,3	1,5	5,31

MEMORIAL DE CÁLCULO EPANET - LAB. DE RECURSOS DO SOLO						
Identificador do Trecho	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Rugosidade (mm)	Vazão (L/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/km)
1	1,25	44	0,0015	0,8	0,53	120,85
2	1,95	44	0,0015	0,8	0,53	14,56
3	4,92	44	0,0015	0,8	0,53	13,64
4	0,36	21,6	0,0015	0,5	1,36	341,63
5	1,1	21,6	0,0015	0,5	1,36	182,13
6	0,4	21,6	0,0015	0,43	1,17	395,76
7	0,3	17	0,0015	0,08	0,35	16,64
8	0,2	21,6	0,0015	0,35	0,96	474,04
9	0,3	17	0,0015	0,1	0,44	24,68
10	1,4	21,6	0,0015	0,25	0,68	61,47
11	0,3	17	0,0015	0	0	0
12	0,2	21,6	0,0015	0,25	0,68	244,37
13	0,3	17	0,0015	0,25	1,1	127,61
14	2,03	27,8	0,0015	0,61	1	93,95
15	1,91	21,6	0,0015	0,25	0,68	42,15
16	1,1	21,6	0,0015	0,25	0,68	50,38
17	0,63	21,6	0,0015	0,25	0,68	98,72
18	0,3	17	0,0015	0	0	0
19	0,8	17	0,0015	0,25	1,1	166,23
20	0,3	17	0,0015	0,25	1,1	127,61
21	1,97	21,6	0,0015	0,5	1,36	147,86
22	0,36	21,6	0,0015	0,5	1,36	341,63
23	1,1	21,6	0,0015	0,5	1,36	182,13
24	0,4	21,6	0,0015	0,43	1,17	395,76
25	0,3	17	0,0015	0,08	0,35	16,64
26	0,2	21,6	0,0015	0,35	0,96	474,04
27	0,3	17	0,0015	0,1	0,44	24,68
28	1,1	21,6	0,0015	0,25	0,68	69,78
29	0,3	17	0,0015	0	0	0
30	0,2	21,6	0,0015	0,25	0,68	244,37
31	0,3	17	0,0015	0,25	1,1	127,61

MEMORIAL DE CÁLCULO EPANET - LAB. DE RECURSOS DO SOLO				
Identificador do Nó	Cota (m)	Consumo-Base (L/s)	Pressão (m)	Pressão de Projeto - Pressão da Simulação (m.c.a.)
1	1,95	0	6,4	0,02
2	0	0	8,32	
3	0	-0,31	8,25	
4	0	0	8,13	
5	1,1	0,07	6,83	0,23
6	1,1	0	6,67	
7	1,1	0,08	6,67	
8	1,1	0	6,58	
9	1,1	0,1	6,57	0,32
10	1,1	0	6,49	0,45
11	1,1	0	6,49	
12	1,1	0	6,44	
13	1,1	0,25	6,4	
14	0	-0,14	8,06	0,3
15	0	0	7,98	
16	1,1	0	6,83	
17	1,1	0	6,76	
18	1,1	0	6,76	0,39
19	1,1	0	6,63	
20	1,1	0,25	6,59	
22	0	0	7,77	
23	0	0	7,65	0,53
24	1,1	0,07	6,35	
25	1,1	0	6,19	
26	1,1	0,08	6,18	
27	1,1	0	6,09	0,15
28	1,1	0,1	6,09	
29	1,1	0	6,02	
30	1,1	0	6,02	
31	1,1	0	5,97	0,15
32	1,1	0,25	5,93	
RNF 1	8,5	#N/A	0	
DESVIO PADRÃO			0,15	

APÊNDICE H - ISOMÉTRICO WC PNE (TÉRREO)

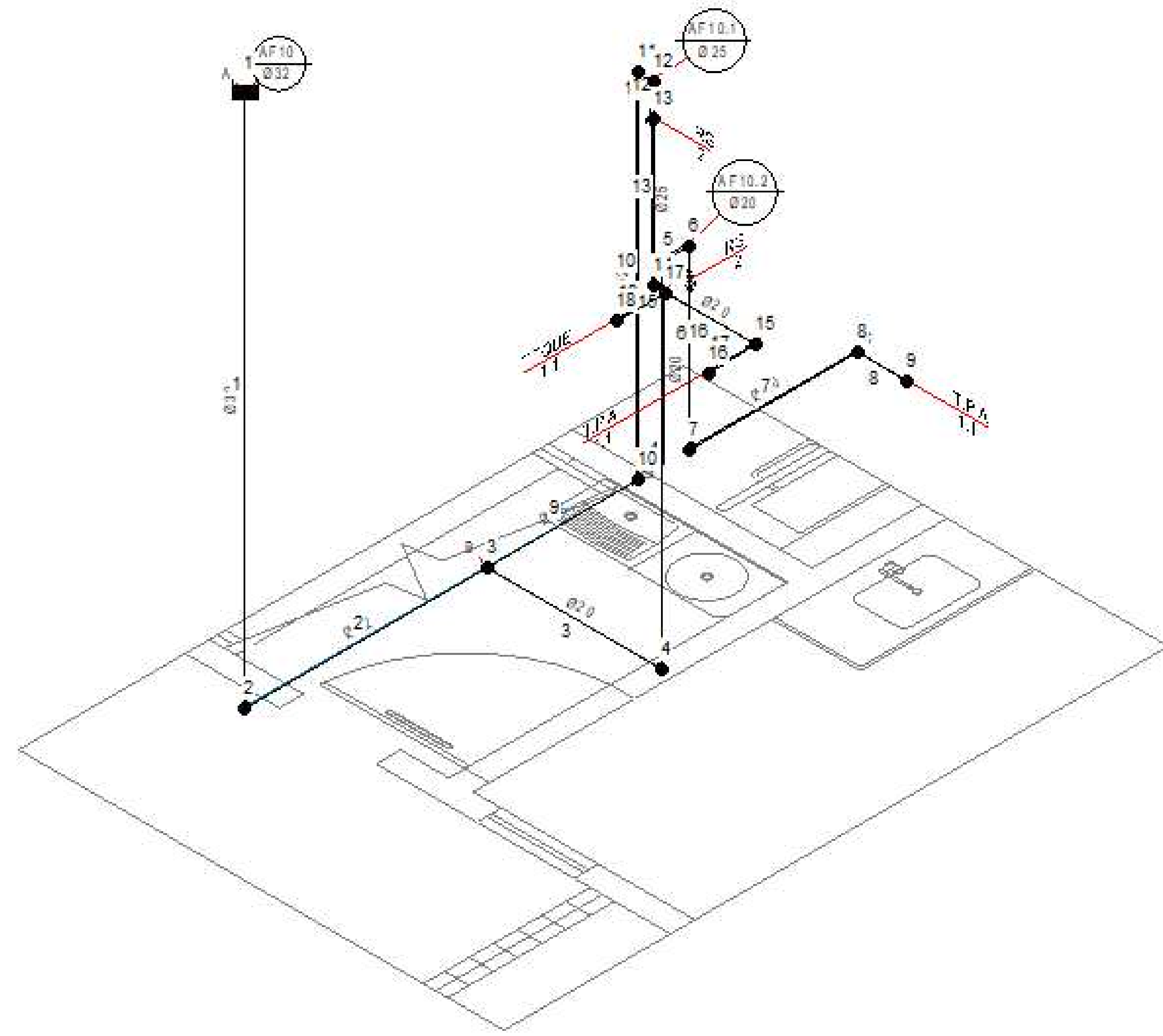
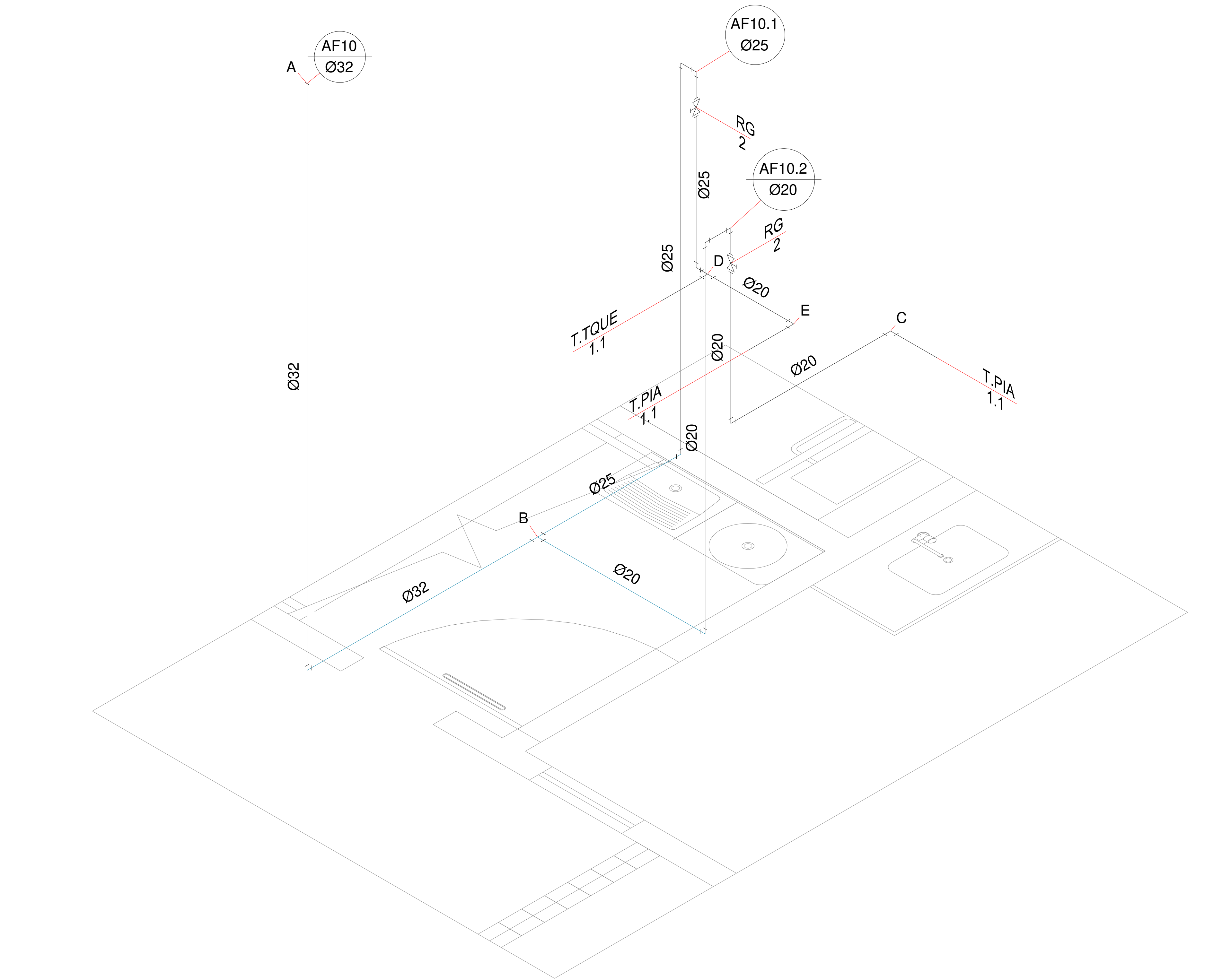


MEMORIAL DE CÁLCULO PROJETO - WC PNE TÉRREO														
Trecho	Pesos	Vazão (l/s)	DN (mm)	Velocidade (m/s)	Ju (m/km)	P. Inic. (kPa)	Dif. Cota (m)	P. Disp. (kPa)	Cmp. Real (m)	Cmp. Eq. (m)	PC. Tub. (kPa)	PC. Cnx (kPa)	PC. Tot (kPa)	Pressão (m.c.a.)
3	32,8	1,72	44	1,13	34,992	44,7	2,1	65,3	2,1	5,5	0,7	1,2	1,9	6,34
4	32,5	1,71	44	1,12	34,712	63,4	0	63,4	0,04	7,64	0	2,6	2,7	6,07
4	32,5	1,71	35,2	1,76	100,185	60,7	0	60,7	0,31	0,31	0,3	0	0,3	6,04
5	0,5	0,21	35,2	0,22	2,597	60,4	0	60,4	0,04	2,24	0	0,1	0,1	6,03
17	0,5	0,21	17	0,93	82,404	60,3	0	60,3	0,19	0,19	0,2	0	0,2	6,02
6 - 7 - 8	0,4	0,19	17	0,84	67,788	60,2	0,7	67,1	1,32	4,52	0,9	2,2	3,1	6,4
9 - 10	0,1	0,09	17	0,42	20,153	60,2	0,7	67,1	0,7	4,3	0,1	0,7	0,9	6,62
11 - 12	32	1,7	35,2	1,74	98,835	60,4	0,9	69,2	0,9	11,4	0,9	10,4	11,3	5,8
13	0,3	0,16	44	0,11	0,576	63,4	0	63,4	0,04	7,64	0	0	0	6,33
14 - 15 - 16	0,3	0,16	17	0,72	52,702	63,3	0,7	70,2	2,47	6,07	1,3	1,9	3,2	6,7

MEMORIAL DE CÁLCULO EPANET - WC PNE TERREO						
Identificador do Trecho	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Rugosidade (mm)	Vazão (L/s)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/km)
1	1	44	0,015	1,71	1,12	90,49
2	0,25	44	0,015	1,71	1,12	264,43
3	1,9	44	0,015	1,71	1,12	93,54
4	0,35	35,2	0,015	1,71	1,76	905,68
5	0,62	17	0,015	0,19	0,84	114,96
6	0,7	17	0,015	0,19	0,84	109,04
7	0,3	17	0,015	0,19	0,84	81
8	0,7	17	0,015	0,1	0,44	33,13
9	0,3	17	0,015	0,1	0,44	25,37
10	0,9	35,2	0,015	1,42	1,46	86,95
11	0,3	35,2	0,015	1,42	1,46	123,1
12	0,19	17	0,015	0,16	0,7	306,34
13	1,62	17	0,015	0,16	0,7	60,63
14	0,7	17	0,015	0,16	0,7	79,11
15	0,26	17	0,015	0,16	0,7	61,17
16	0,04	17	0,015	0,29	1,28	4188,28
17	0,19	17	0,015	0,29	1,28	528,56

MEMORIAL DE CÁLCULO EPANET - WC PNE TERREO				
Identificador do Nó	Cota (m)	Consumo-Base (L/s)	Pressão (m)	Pressão de Projeto - Pressão da Simulação (m.c.a.)
2	4,3	0	4,11	
3	4,3	0	4,04	
4	1,8	-0,16	6,37	
5	1,8	0	6,05	
6	1,8	0	5,78	
7	1,8	0	5,71	
8	1,1	0	6,33	
9	1,1	0	6,46	
10	0,9	0	6,87	
11	1,1	0,19	6,31	
12	1,1	0,1	6,45	0,17
13	0,9	1,42	6,83	1,03
14	1,8	0	6,31	
15	1,8	0	6,21	
16	1,1	0	6,85	
17	1,1	0,16	6,84	0,14
18	1,8	0	5,88	
RNF 1	8,5	#N/A	0	
DESVIO PADRÃO			0,45	

APÊNDICE I - ISOMÉTRICO COPA



MEMORIAL DE CÁLCULO PROJETO - COPA														
Trecho	Pesos	Vazão (l/s)	DN (mm)	Velocidade (m/s)	Ju (m/km)	P. Inic. (kPa)	Dif. Cota (m)	P. Disp. (kPa)	Cmp. Real (m)	Cmp. Eq. (m)	PC. Tub. (kPa)	PC. Cnx (kPa)	PC. Tot (kPa)	Pressão (m.c.a.)
1 - 2	2,1	0,43	27,8	0,72	27,971	49,7	3,3	82,1	4,8	6,8	1,3	0,6	1,9	8,02
3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8	0,7	0,25	17	1,11	110,614	80,2	-1,1	69,4	5,6	16,2	6,2	11,7	17,9	5,15
9 - 10 - 11 - 12 - 13 - 14 - 18	1,4	0,35	21,6	0,97	65,041	80,2	-1,1	69,4	4,41	12,81	2,9	5,5	8,3	6,1
16 - 17	0,7	0,25	17	1,11	110,614	61	0	61	0,56	2,66	0,6	2,3	2,9	5,81

MEMÓRIAL DE CÁLCULO EPANET - COPA						
Identificador do Trecho	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Rugosidade (mm)	Vazão (LPS)	Velocidade (m/s)	Perda de Carga (m/km)
1	3,3	27,8	0,0015	0,6	0,99	56,82
2	1,5	27,8	0,0015	0,6	0,99	102,98
3	1,09	17	0,0015	0,25	1,1	147,73
4	2,2	17	0,0015	0,25	1,1	121,99
5	0,17	17	0,0015	0,25	1,1	423,86
6	1,1	17	0,0015	0,25	1,1	147,27
7	1,04	17	0,0015	0,25	1,1	150,19
8	0,3	17	0,0015	0,25	1,1	127,61
9	0,93	21,6	0,0015	0,35	0,96	55,79
10	2,2	21,6	0,0015	0,35	0,96	74,8
11	0,1	21,6	0,0015	0,35	0,96	474,04
12	0,15	21,6	0,0015	0,35	0,96	3153,87
13	0,95	21,6	0,0015	0,35	0,96	99,82
15	0,07	21,6	0,0015	0,35	0,96	653,27
16	0,56	17	0,0015	0,25	1,1	196,02
17	0,3	17	0,0015	0,25	1,1	127,61
18	0,3	17	0,0015	0,1	0,44	24,68

MEMÓRIAL DE CÁLCULO EPANET - COPA				
Identificador do Nó	Cota (m)	Consumo-Base (L/s)	Pressão (m)	Pressão de Projeto - Pressão da Simulação (m.c.a.)
2	0	0	8,31	
3	0	0	8,16	0,14
4	0	0	8	
5	2,2	0	5,53	
6	2,2	0	5,46	
7	1,1	0	6,39	
8	1,1	0	6,24	
9	1,1	0,25	6,2	1,05
10	0	0	8,11	
11	2,3	0	5,64	
12	2,15	0	5,27	
13	2,3	0	5,59	
14	1,2	0	6,13	
15	1,2	0	5,97	0,16
16	1,2	0,25	5,93	
17	1,2	0	6,08	0,02
18	1,2	0,1	6,07	
19	8,5	#N/A	0	
DESVIO PADRÃO				0,48