

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR-MG**  
**CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**  
**MARIANA LUIZA DA SILVA**

**AVALIAÇÃO HIDRÁULICA E ORÇAMENTÁRIA DE ALTERNATIVA PARA  
DIMENSIONAMENTO DE REDES RAMIFICADAS DE ABASTECIMENTO  
DE ÁGUA**

**Formiga**  
**2018**

MARIANA LUIZA DA SILVA

**AVALIAÇÃO HIDRÁULICA E ORÇAMENTÁRIA DE ALTERNATIVA PARA  
DIMENSIONAMENTO DE REDES RAMIFICADAS DE ABASTECIMENTO  
DE ÁGUA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil ao Centro Universitário de Formiga para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Tiago de Moraes Faria Novais

Formiga  
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca UNIFOR-MG

S586 Silva, Mariana Luíza da.  
Avaliação hidráulica e orçamentária de alternativa para  
dimensionamento de redes ramificadas de abastecimento de água / Mariana  
Luíza da Silva. – 2018.  
47 f.

Orientador: Tiago de Moraes Faria Novais.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em  
Engenharia Civil)-  
Centro Universitário de Formiga-UNIFOR, Formiga, 2018.

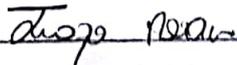
Catálogo elaborado na fonte pela bibliotecária  
Rosana Guimarães Silva – CRB6-3064

MARIANA LUIZA DA SILVA

**AVALIAÇÃO HIDRÁULICA E ORÇAMENTÁRIA DE ALTERNATIVA PARA  
DIMENSIONAMENTO DE REDES RAMIFICADAS DE ABASTECIMENTO DE  
ÁGUA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do UNIFOR-MG, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

BANCA EXAMINADORA



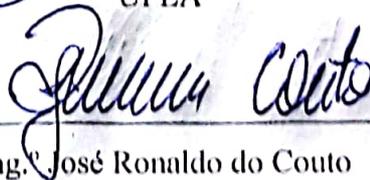
---

Prof. Dr. Tiago de Moraes Faria Novais  
Orientador



---

Prof. Dr. Michael Silveira Thebaldi  
UFLA



---

Eng.º José Ronaldo do Couto

Formiga, 05 de novembro de 2018

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela força para superar as dificuldades.

Aos meus orientadores Dr. Michael Silveira Thebaldi e Dr. Tiago de Morais Faria Novais, pelo conhecimento compartilhado, paciência e apoio.

Aos meus familiares pelo incentivo e amor incondicional.

## RESUMO

O abastecimento de água potável é um dos componentes do Saneamento Básico, sendo não só importante a qualidade da água que é entregue à população, mas também sua quantidade e condição hidráulica de disponibilização, de forma que essa possa ser utilizada de maneira ótima. Assim, vê-se fundamental o papel das redes de distribuição de água potável, já que estas conduzem o líquido até os pontos de tomada das instalações prediais, ou aos pontos de consumo público, por meio de tubulações e peças especiais. Seu objetivo é fazer com que a água chegue até o consumo humano, com as condições de potabilidade mantidas, pressão estabelecida e em quantidade desejada. Neste sentido, para o dimensionamento hidráulico, a NBR 12218 estabelece um diâmetro mínimo de dimensionamento, porém, vê-se que em casos particulares, não há necessidade deste ser utilizado, o que levaria a um custo inferior da obra. Assim, a partir do exposto, o objetivo deste trabalho é conceber a rede de abastecimento de água de um loteamento residencial considerando-a em formato ramificado, realizando seu dimensionamento a partir da fixação de um diâmetro mínimo comercial, conforme estabelecido pela NBR 12218/2017, e sem que este critério seja considerado, comparando tecnicamente os projetos obtidos. Para tal, fez-se necessário realizar o traçado da rede de abastecimento do loteamento a ser estudado, além de dimensionar as redes definidas a partir de critérios hidráulicos e de projeto, para vazões per capita de 150 e 350 l/habitante dia. Para possibilitar uma comparação mais robusta entre os sistemas, foi determinado também o quantitativo de materiais a serem utilizados, bem como o custo das obras de implantação para os diferentes cenários. Para ambas as vazões per capita estudadas, houve redução do custo total da obra para o livre dimensionamento, sem que a qualidade hidráulica da rede, relativa às cargas de pressões atuantes previstas, seja prejudicada. Assim, para loteamentos pequenos, diâmetros inferiores a 50 mm podem ser utilizados, desde que sejam seguidos critérios pertinentes à engenharia hidráulica na seleção dos diâmetros.

**Palavras-chave:** Engenharia Hidráulica. Projeto. Saneamento Básico.

## ABSTRACT

The drinking water supply is one of the components of the Basic Sanitation. On this, is not important only the quality of the water that is delivered to the population, but also its quantity and hydraulic condition of availability, so that can be used in an optimal way. The role of drinking water distribution networks is fundamental: they lead the liquid to the building's inlet points or to the public consumption spots, through pipelines and special parts. Its aim is to make the water reach human consumption, with the conditions of potability maintained, pressure established and in desired quantity. So, for the hydraulic dimensioning, the NBR 12218 establishes a minimum sizing diameter, however, it is seen that in particular cases, it is not necessary to be used, which would lead to a lower cost of the work. Thus, the objective of this work is to design the water supply network of a residential allotment considering it in a branched format, performing its sizing from the setting of a minimum commercial diameter, as established by NBR 12218/2017, and without this criterion being considered, comparing technically the projects obtained. To do this, it was necessary to carry out the layout of the supply network of the studied allotment, in addition to dimensioning the networks defined from hydraulic and design criteria, for per capita flow rates of 150 and 350 l/inhabitant day. In order to allow a more robust comparison between the systems, it was also determined the quantity of materials to be used, as well as the cost of hydraulic network implantation for the different scenarios. For both per capita flows studied, there was a reduction in the total cost of the work for the free dimensioning, without the hydraulic quality of the network, being impaired. Thus, for small allotments, diameters less than 50 mm can be used, provided that criteria relevant to hydraulic engineering in the selection of diameters are followed.

**Keywords:** Hydraulic Engineering. Project. Basic sanitation.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	5
<b>ABSTRACT</b> .....	7
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	7
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	9
<b>2.1. Objetivo Geral</b> .....	9
<b>2.2. Objetivos específicos</b> .....	9
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	10
<b>3.1. Água Potável</b> .....	10
<b>3.2. Parâmetros de qualidade</b> .....	10
<b>3.3. Características da demanda por água no meio urbano</b> .....	11
<b>3.4. Redes de distribuição de água potável</b> .....	13
<b>3.4.1. Componentes</b> .....	13
<b>3.4.2. Distribuição em marcha</b> .....	14
<b>3.4.3. Tipos de concepção de rede e seu dimensionamento</b> .....	15
<b>3.5. Custos e orçamentos na construção civil</b> .....	19
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	23
<b>4.1. Concepção e dimensionamento da rede</b> .....	23
<b>4.2. Orçamento</b> .....	26
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	28
<b>6. CONCLUSÃO</b> .....	38
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	39
<b>ANEXO A</b> .....	43
<b>ANEXO B</b> .....	44
<b>ANEXO C</b> .....	45
<b>ANEXO D</b> .....	46
<b>ANEXO E</b> .....	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Linhas piezométricas em tubulações .....	15
Figura 2 - Esquema de rede malhada.....	17
Figura 3 - Esquema de rede de distribuição ramificada .....	18

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Diâmetros para pré-dimensionamento de condutos forçados – distribuição. 24	
Tabela 2 – Características hidráulicas das tubulações consideradas para dimensionamento da rede ramificada .....	25
Tabela 3 – Vazões de montante e diâmetro nominal dos trechos da rede de abastecimento tipo ramificada para diferentes vazões diárias e critérios de dimensionamento.....	28
Tabela 4 - Pressões de montante e jusante dos trechos da rede de abastecimento tipo ramificada para diferentes vazões diárias e critérios de dimensionamento.....	30
Tabela 5 – Descrição orçamentária de insumos e serviços para execução da rede ramificada de abastecimento de água para vazão per capita de 150 l/habitante dia considerando critérios de dimensionamento da NBR 12218/2017 .....	32
Tabela 6 - Descrição orçamentária de insumos e serviços para execução da rede ramificada de abastecimento de água para vazão per capita de 150 l/habitante dia, sem considerar critérios de dimensionamento da NBR 12218/2017 .....	33
Tabela 7 - Descrição orçamentária de insumos e serviços para execução da rede ramificada de abastecimento de água para vazão per capita de 350 l/habitante dia considerando critérios de dimensionamento da NBR 12218/2017 .....	35
Tabela 8 - Descrição orçamentária de insumos e serviços para execução da rede ramificada de abastecimento de água para vazão per capita de 350 l/habitante dia, sem considerar critérios de dimensionamento da NBR 12218/2017 .....	36

## 1. INTRODUÇÃO

A água possui usos fundamentais à vida, tendo-se como exemplos, o preparo de alimentos, higiene, o transporte, lazer, além do saneamento. Neste sentido, tem-se que o abastecimento de água potável é um dos componentes do Saneamento Básico, sendo não só importante a qualidade da água que é entregue à população, mas também, sua quantidade e condição hidráulica de disponibilização, de forma que essa possa ser utilizada de maneira ótima.

Assim, além de fazer-se importante o sistema de captação e tratamento de água, as redes de distribuição desta, iniciadas a partir de reservatório elevado ou mesmo estação elevatória, são fatores relevantes nestes sistemas.

No que concerne a Engenharia Hidráulica e seus critérios técnicos de traçado, dimensionamento e execução das redes de abastecimento de água, estas podem ser concebidas em diferentes formatos, sendo mais comuns as redes malhadas e ramificadas.

A escolha de qual tipo de rede implantar em um empreendimento residencial, comercial ou mesmo industrial, passa por diferentes condicionantes, que vão desde a topografia do terreno até mesmo à disposição dos pontos consumidores de água em planta, além de preferências do próprio projetista graças à delimitação de vantagens e desvantagens de cada um. Porém, em certos casos, ambos os modelos podem ser adotados, flexibilizando o conceito do projeto hidráulico.

Neste sentido, a NBR 12218 (ABNT, 2017) estabelece alguns critérios para concepção e dimensionamento da rede, estando entre eles, o diâmetro nominal mínimo de 50 mm para as tubulações. Porém, na prática, percebe-se que em certos casos, como em loteamentos e condomínios de pequeno porte, sem vistas de expansão, diâmetros inferiores poderiam ser utilizados na rede, o que poderia deixar com custo inferior, sem que a qualidade hidráulica da rede fosse prejudicada.

A partir disso, vê-se importante a comparação técnica entre estes dois modelos, um que estabelece o diâmetro mínimo determinado em norma e outro que adota apenas o critério de manutenção da carga de pressão dinâmica mínima de 10 m.c.a. na rede, tanto no que tange seu projeto e sistemática de cálculo, bem como sobre seus custos de aquisição dos materiais e execução da obra. Portanto, o objetivo deste trabalho é conceber a rede de abastecimento de água de um loteamento residencial considerando-a em formato ramificado, realizando seu dimensionamento a partir da fixação de um diâmetro mínimo

comercial, conforme estabelecido pela NBR 12218/2017, e sem que este critério seja considerado, comparando tecnicamente os projetos obtidos.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Conceber a rede de abastecimento de água de um loteamento residencial considerando-a em formato ramificado, realizando seu dimensionamento a partir da fixação de um diâmetro mínimo comercial, conforme estabelecido pela NBR 12218/2017, e sem que este critério seja considerado, comparando tecnicamente os projetos obtidos.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Realizar o traçado das redes de abastecimento do condomínio a ser estudado com concepção ramificada;
- Dimensionar a rede definida a partir de critérios hidráulicos, considerando vazões per capita de 150 e 350 l/habitante dia; e
- Comparar o quantitativo de materiais a serem utilizados, bem como o custo das obras de implantação para os cenários considerados.

### **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1. Água Potável**

Quando a água é captada da natureza, ela pode apresentar diversas impurezas, como sais minerais, gases, produtos vegetais e animais, microrganismos e bactérias (MACINTYRE, 2010). Neste sentido, tem-se que a qualidade da água influencia diretamente na saúde da população, visto que a água contaminada pode ser um veículo de transmissão de diversas doenças infecciosas e parasitárias, tornando assim, primordial a análise de sua qualidade (SANTOS et al., 2013).

Para que a água esteja em condição de qualidade satisfatória para o uso doméstico, sendo assim, considerada potável, ela não pode oferecer qualquer risco à saúde humana, devendo estar livre de contaminação, seja de origem microbiológica, química, física ou radioativa (BRASIL, 2011). Para que esses critérios sejam atendidos, a água passa por vários tipos de tratamentos, sendo a coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação, os processos mais utilizados (FREITAS, 2002).

No Brasil, as quantidades limites de diversos parâmetros que devem ser atendidos para confirmar a potabilidade da água, são estabelecidas pela portaria nº 2914 do Ministério da Saúde, que estabelece os procedimentos, responsabilidades e outras providências que devem ser seguidas em relação ao controle e vigilância da água para consumo humano (BRASIL, 2011).

#### **3.2. Parâmetros de qualidade**

Em tempos passados, a qualidade da água era avaliada apenas por meio dos sentidos humanos. Eram analisados o sabor, a cor e o cheiro, porém, percebeu-se que esse método era falho, por não detectar substâncias patogênicas e químicas presentes na água (MENDES, 2006). Diante disto, propriedades físicas, químicas e biológicas começaram a serem levadas em consideração para a avaliação da qualidade da água (TELLES et al., 2013).

Dentre as propriedades físicas da água, são analisados, principalmente, os parâmetros: temperatura, turbidez, cor, sabor e odor, condutividade elétrica e sólidos – solúveis, sedimentáveis, suspensos e totais (MACEDO, 2007).

Segundo o mesmo autor, a determinação das propriedades químicas é extremamente importante, já que permite a classificação da água por meio de seu conteúdo mineral, além de identificar o grau de contaminação e a quantidade de poluentes tóxicos presentes na água, avaliando seu equilíbrio bioquímico. Para estas propriedades, são avaliados os parâmetros: acidez, alcalinidade, agentes tensoativos sintéticos, arsênio, bário, cádmio, cálcio e magnésio, dureza temporária e permanente, chumbo, cianeto, cloretos, intrusão salina, cobre, cromo, flúor, ferro e manganês, fosfato, mercúrio, nitratos e nitritos, prata, selênio, sulfatos, oxigênio e zinco, entre outros.

Na análise de qualidade microbiológica, é possível identificar a presença de microrganismos que podem ser transmissores de doenças, viabilizando o controle de epidemias. Essa análise é feita por meio dos parâmetros *Escherichia coli* e coliformes totais (BRASIL, 2011), principalmente.

### **3.3. Características da demanda por água no meio urbano**

A exploração de mananciais pode afetar o meio ambiente interferindo no escoamento dos corpos d'água. Quando essa exploração é feita sem o represamento da água, obtém-se uma vazão mínima, garantindo a preservação do ecossistema aquático e dos direitos de uso da água a jusante, entretanto, tem-se um grande desperdício de água ao longo de todo o sistema e nas redes de distribuições. Se a exploração é feita por meio do represamento, a demanda é formada por vazões maiores, o ecossistema aquático é afetado e as descargas das cheias ocasionam um grande impacto econômico (TELLES et al., 2013).

Para a escolha do tipo de captação de água são considerados vários critérios, como os custos de implantação, as características da água local, a demanda da vazão necessária para atender a população local e possíveis aumentos dessa demanda (LIBÂNIO, 2010).

Algumas atividades humanas podem causar danos irreversíveis aos ecossistemas de água doce, tendo como exemplo a inserção de contaminantes e espécies tóxicas na água, o consumo excessivo, a construção de represas, diques e outros e o excesso de exploração e colheita. Estas ações podem causar comprometimento da qualidade da água, alteração do ritmo das correntes fluviais, bloqueios da migração de peixes, alteração da biodiversidade, entre outros (MACEDO, 2007).

No Brasil, apesar da abundância de água doce, os recursos hídricos de várias regiões encontram-se limitados devido ao consumo excessivo desse recurso e à

disposição inadequada dos resíduos sólidos e líquidos. Outro grande problema é a insuficiência de educação ambiental da sociedade. Pesquisas relatam que 40% da água destinada ao consumo humano é desperdiçada, enquanto a média ideal seria de 20% (MACEDO, 2007).

Apesar de possuir o maior volume de água para consumo humano, os recursos hídricos do Brasil são utilizados além de sua capacidade de suporte, devido ao crescimento desenfreado da população, que além de elevar o consumo de água, aumenta as áreas impermeáveis, por meio de obras civis que impedem a infiltração da água no solo. Assim, tem-se, a partir de informação de 2007, em 50 anos, a demanda por água para consumo humano cresceu quatro vezes, tanto nos setores industriais quanto doméstico (VICTORINO, 2007).

De acordo com a Agência Nacional de Águas - ANA (2002), as demandas de água no Brasil são distribuídas da seguinte forma: Irrigação - 63%; Urbano e rural - 18%; Indústria - 14%; Dessedentação de animais - 5%.

Para tentar diminuir os problemas em relação à insuficiente de água para consumo humano, a Agência Nacional de Águas criou projetos como a recuperação de corpos hídricos degradados, controle de inundações, programas de conscientização da população, entre outros (ANA, 2002).

De acordo com Gomes (2004), nas primeiras horas do dia o consumo é médio, enquanto que durante o período diurno a vazão possui uma variação contínua, com valores de pico sendo atingidos por volta do meio dia. Já no período noturno, o consumo apresenta queda, com valores mínimos no início da madrugada, o que caracteriza a hora de menor consumo (GOMES, 2004).

Há, portanto, a necessidade de estabelecer coeficientes que traduzam as variações do consumo, para que se tenha um correto dimensionamento das diversas unidades do sistema de abastecimento (AZEVEDO NETTO et al., 1998), sendo:

- a) Coeficiente do dia de maior consumo ( $k_1$ ) - é a relação entre o valor do consumo máximo diário ocorrido em um ano e o consumo médio diário relativo a esse ano; e
- b) Coeficiente da hora de maior consumo ( $k_2$ ) - é a relação entre a maior vazão horária e a vazão média do dia de maior consumo (GOMES, 2004).

Para a realidade brasileira o valor empregado normalmente para  $k_1$  é de 1,2. Já para o  $k_2$  é considerado 1,5, pelo fato de que, praticamente todas as edificações possuem reservatório (GOMES, 2004).

### 3.4. Redes de distribuição de água potável

As redes de distribuição de água potável conduzem o líquido até os pontos de tomada das instalações prediais, ou aos pontos de consumo público através de tubulações e peças especiais. Seu objetivo é fazer com que a água chegue até o consumo humano, com as condições de potabilidade mantidas, pressão estabelecida e em quantidade desejada (AZEVEDO NETTO; FERNÁNDEZ, 2015).

Essas redes se encontram, na maior parte dos casos, enterradas sob o pavimento, dificultando assim, a manutenção e a inspeção das mesmas. As tubulações e peças que compõem a rede de distribuição, são feitas principalmente de policloreto de vinilia (PVC), ferro fundido dúctil e polietileno (PE), porém, podem também serem feitas de materiais como: poliéster reforçado com fibra de vidro, aço com junta soldada ou elástica e PVC reforçado com fibra de vidro (FURUSAWA, 2011). Por estar em contato constante com a água, o material que constitui os componentes da rede, não podem ocasionar a proliferação de microrganismos e nem dissolver contaminantes que possam alterar a qualidade da água (MORENO, 2009).

Quanto ao projeto, os critérios e parâmetros deste a serem utilizados são: o consumo per capita, coeficientes de variação das vazões  $k_1$ ,  $k_2$  e  $k_3$ , coeficiente de demanda industrial, níveis de atendimento e período de projeto, além do alcance do estudo (TSUTIYA, 2006).

#### 3.4.1. Componentes

De acordo com Salvino (2009), os componentes que fazem parte do sistema das redes de abastecimentos de água potável podem ser classificados como:

- Trecho: tubulação principal que formam os trajetos da rede.
- Nó: ponto de interseção entre dois ou mais trechos. A soma das vazões de entrada é igual à soma das vazões de saída;
- Ramal: vários trechos conectados em série que abastecem às residências;
- Artérias: os principais trechos da rede;
- Traçado da rede: definição quanto ao sentido de circulação da água;

- Cabeceira: ponto de partida da rede de distribuição (reservatório ou bombeamento direto).

### 3.4.2. Distribuição em marcha

Na prática, devido às várias derivações existentes ao longo da rede de distribuição de água, ocorre uma diferença entre a vazão de entrada e a vazão de saída da água, ocorrendo assim, a distribuição em marcha (AZEVEDO NETTO; FERNÁNDEZ, 2015).

De acordo com os mesmos autores, o grande número de derivações, existentes por exemplo, em zonas urbanas (ramais) e em sistemas de irrigação, impossibilita a análise de trecho a trecho da rede, sendo assim, quando há distribuição em marcha, utiliza-se uma vazão fictícia para o cálculo da perda de carga, que é obtida através da Equação 1:

$$hf = K' \times Q'^2 \times L \quad (1)$$

em que:

hf = perda de carga (m.c.a.);

K' = coeficiente de rugosidade (adimensional);

Q' = vazão para cálculo – fictícia (m<sup>3</sup>/s); e

L = comprimento do trecho analisado (m).

A vazão para cálculo Q' pode ser obtida por meio da Equação 2:

$$Q' = Q_j + (0,5 \times q_m \times L) \text{ ou } Q' = \frac{Q_j + Q_m}{2} \quad (2)$$

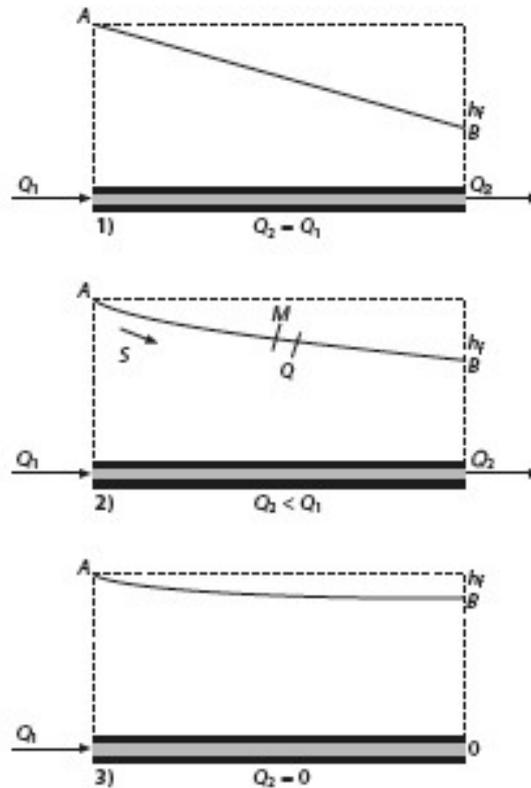
em que:

Q<sub>m</sub> = vazão de montante (m<sup>3</sup>/s).

Q<sub>j</sub> = vazão de jusante - ponto M, como mostrado na FIG. 1 (m<sup>3</sup>/s); e

q<sub>m</sub> = vazão unitária distribuída (m<sup>3</sup>/s m);

Figura 1 - Linhas piezométricas em tubulações



Fonte: Azevedo Netto; Fernández, 2015

Quando a água é totalmente distribuída ao longo do trajeto, através das derivações, a vazão a jusante se iguala a zero e a perda de carga pode ser calculada por meio da Equação 3:

$$hf = \frac{1}{3} \times K' \times Q1^2 \times L \quad (3)$$

### 3.4.3. Tipos de concepção de rede e seu dimensionamento

Diferentemente de outras unidades do sistema, tais como a captação, bombeamento, tratamento e reservação, a rede de distribuição de água constitui unidade descentralizada e dispersa. Adicionalmente, são unidades pouco visíveis, de difícil acesso, inspeção e manutenção, porque em grande parte dos casos se encontram enterradas sob vias públicas ou passeios (FURUSAWA, 2011).

Segundo Azevedo Netto e Fernández (2015), as redes de distribuição são classificadas da seguinte forma de acordo com o tipo de canalização:

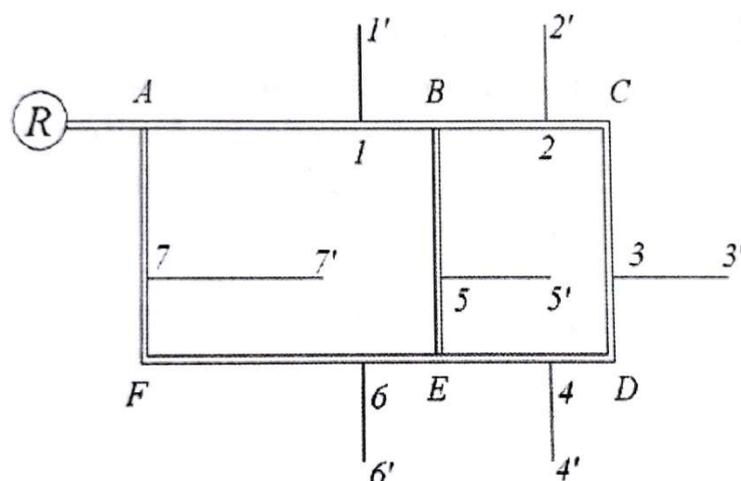
- Conduitos principais: é a canalização mestra, possui o maior diâmetro e tem a função de abastecer as canalizações secundárias; e
- Conduitos secundários: possui o menor diâmetro, sua finalidade é abastecer diretamente os pontos de consumo do sistema de abastecimento de água.

Conforme a disposição da tubulação de distribuição principal e o sentido de escoamento das tubulações secundárias, as redes de distribuição de água são classificadas como: malhada, ramificada ou mista. Para redes malhadas, o dimensionamento é feito pelo método de seccionamento ou por tentativas diretas (Hardy Cross) enquanto que para as ramificadas, seu dimensionamento é determinado por meio da própria configuração da rede (FURUSAWA, 2011; AZEVEDO NETTO E FERNÁNDEZ, 2015).

A rede do tipo malhada é composta por tubulações principais que formam anéis ou mesmo blocos. Deste modo, o abastecimento de um ponto pode ser feito por mais de um caminho (TSUTIYA, 2006).

De acordo com Couto (2012), das malhas, partem ramais que efetivamente abastecem as residências. Um esquema geral e simplificado deste sistema, com malhas retangulares, pode ser visto na FIG. 2.

Figura 2 - Esquema de rede malhada



Fonte: Couto, 2012

Furusawa (2011) descreve as seguintes características deste tipo de rede:

- O sentido de escoamento é variável, garantindo uma maior flexibilidade em satisfazer as demandas;
- A interrupção no escoamento em uma tubulação não compromete todo o abastecimento, pois o facilitando a execução de manutenção; e
- Não apresenta pontas secas ou extremidades mortas de acúmulo de material da rede e estagnação da água.

Para o cálculo da rede malhada, deve-se considerar (COUTO, 2012):

- Em cada nó a vazão afluyente deve ser igual à efluente ( $\sum Q = 0$ );
- A soma das perdas de carga em cada malha deve ser nula, uma vez que a pressão em cada nó deve ser a mesma; e
- Considera-se positiva, em cada malha a vazão que se desloca no sentido horário, com o sinal da perda de carga acompanhando o sinal da vazão;

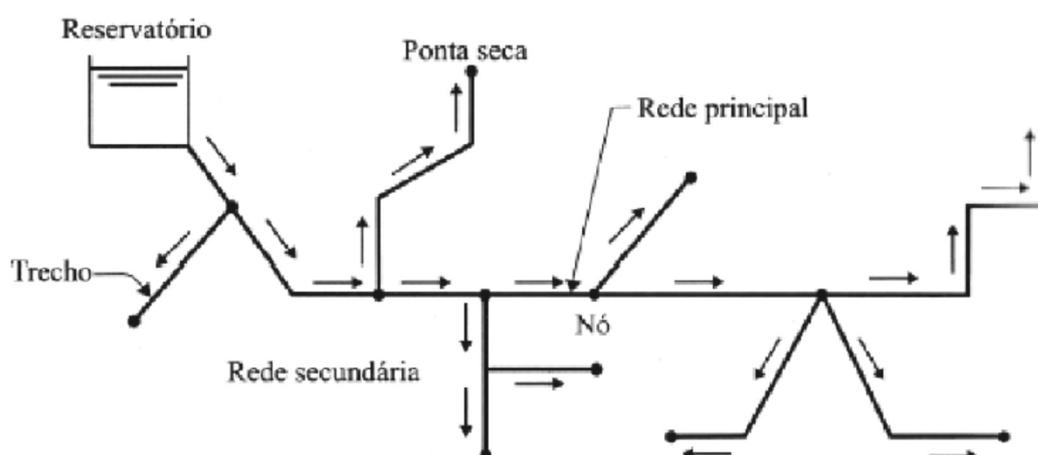
Em contrapartida, uma rede é dita ramificada quando o abastecimento é realizado a partir de uma tubulação tronco, alimentado por elevatória ou mesmo por meio de um reservatório. Deste modo, a distribuição de água é feita diretamente a condutos secundários, sendo conhecido o sentido da vazão em qualquer trecho. Assim, a interrupção do escoamento em uma tubulação, compromete todo o abastecimento a jusante. Podem ser concebidas, quanto à disposição, em formato de grelha ou espinha de peixe (TSUTIYA, 2006).

Segundo Furusawa (2011), ainda têm-se as seguintes características deste tipo de configuração hidráulica:

- O sentido de escoamento é único e conhecido em qualquer trecho;
- Apresenta várias pontas secas ou extremidades mortas com grande probabilidade de acúmulo de material da rede e estagnação da água;
- Requer instalação e operação periódica de dispositivos de descarga em pontos estratégicos para manter a qualidade da água distribuída; e
- É recomendada quando não existe a possibilidade de se utilizar a rede do tipo malhada.

Um esquema de distribuição de rede ramificada pode ser visto na FIG. 3:

Figura 3 - Esquema de rede de distribuição ramificada



Fonte: Tsutyia, 2006

Segundo Azevedo Netto et al. (1998), para o cálculo de rede ramificada, sabendo que o sentido do escoamento é determinado pela própria configuração da canalização, é necessário um acúmulo de vazão da jusante para montante, sendo possível definir também os diâmetros em função da velocidade (AZEVEDO NETTO et al., 1998). O dimensionamento da rede é feito admitindo que todos os usuários estão consumindo a dose diária estabelecida pelo município (COUTO, 2012), sendo (Equação 4):

$$q_m = \frac{k_1 \times k_2 \times P \times Q_h}{86400 \times L} \quad (4)$$

em que:

$L$  = extensão da rede (m);

$P$  = população a ser abastecida (habitantes);

$k_1$  = Coeficiente relativo aos dias de maior consumo;

$k_2$  = Coeficiente relativo a hora de maior consumo; e

$Q_h$  = quota de água por habitante (l/habitante dia).

### 3.5. Custos e orçamentos na construção civil

O profissional engenheiro civil deve saber da importância de orçar obras e identificar quais metodologias e modos operacionais possibilitam o melhor uso dos fatores de produção, na construção de casas, pontes, estradas, condomínios, obras de saneamento entre outras. Assim, a necessidade e a importância do orçamento nas obras de construção civil determinam os fatores organizacionais e financeiros das corporações, tornando-as mais competitivas no mercado (SILVA NETO et al., 2016).

De forma geral, as obras se dividem em três fases, interligadas ou seja: se a primeira for eficiente possibilitará a eficiência das demais. A primeira constitui-se do planejamento e orçamento; a segunda, da contratação e programação de obras; e a terceira dispõe da operação e controle da obra (XAVIER, 2008).

Ainda segundo o mesmo autor, orçamento é um produto estabelecido que informa as partes envolvidas o valor para a realização de uma determinada obra ou prestação de serviço, bem como as condições necessárias para a realização e seu prazo.

Em qualquer projeto é indispensável a descrição correta das fases de execução, e nas obras de engenharia civil não é diferente (SILVA NETO, 2016). Como a responsabilidade geral da obra é do engenheiro, o mesmo deve observar as etapas construtivas (YAZIGI, 2009).

Para se verificar a viabilidade financeira de um empreendimento em Construção Civil deve-se determinar, mesmo que de forma estimada, os custos envolvidos em suas etapas produtivas, já que o custo de um empreendimento é o fator limitante para sua concepção e implementação (ANDRADE; SOUZA, 2003).

Para Giamusso (1991), determinar ou prever os custos para a realização de um empreendimento, antes mesmo de ser executado é realizar o seu orçamento. Assim,

orçamento pode ser definido como “o cálculo dos gastos para a realização de uma obra” (FERREIRA, 2004).

Neste sentido, Mattos (2007) afirma que o orçamento consiste numa técnica que envolve a identificação, descrição, quantificação e análise do valor dos itens que deverão compor o valor venal de um empreendimento.

Cada obra apresenta particularidades que as distinguem das demais, o que implica que o orçamento deva ser realizado levando em consideração as condições de contorno relativas ao empreendimento. Adicionalmente, a data de elaboração e o grau de precisão são elementos importantes que caracterizam o orçamento de uma obra. Assim, todo orçamento deve apresentar as seguintes características: especificidade, temporalidade e aproximação (DIAS, 2001).

Mattos (2007) determina que o processo de elaboração de orçamentos compreende três grandes etapas de trabalho: estudo de condicionantes, composição de custos e fechamento do orçamento. Para o estudo dos elementos condicionantes, Tisaka (2006) afirma que o primeiro passo no processo de obtenção do orçamento é a verificação do projeto executivo e dos respectivos memoriais descritivos que contém as especificidades do mesmo. Além de servir de base para o levantamento dos quantitativos de serviços da obra, esses elementos apresentam as condicionantes tecnológicas que irão influenciar no processo de desenvolvimento do orçamento. Assim, quanto mais detalhadas estas peças técnicas, melhores são as condições para a realização de um orçamento mais preciso e fundamentado tecnicamente.

Já a etapa de composição dos custos é composta pelas atividades de identificação de serviços, levantamento de quantitativos, cálculo dos custos diretos e cálculo dos custos indiretos (JESUS; BARROS, 2009). Ressalta-se que ao descrever os materiais de construção na obra, deve-se seguir as exigências determinadas pelo Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da construção civil – SINAPI, o qual é definido pelo Decreto 7983/2013 (SINAPI, 2018).

Lopes, Librelotto e Avila (2003, p. 19) comentam que “os custos unitários, então, são determinados com relação às unidades de serviço tais como:  $m^2$ ,  $m^3$ , hectare, pontos elétricos, horas de mão-de-obra ou equipamentos, entre outras”. Neste sentido, os mesmos autores citam os componentes do custo unitário como sendo: Índice ou coeficiente de aplicação de materiais; Índice ou coeficiente de produção ou de aplicação de mão-de-obra; Índice de aplicação de equipamentos com o seu custo horário; Preços

unitários de materiais; Preços unitários de mão-de-obra. Já as taxas de encargos sociais e Benefícios e Despesas Indiretas (BDI) estão ligados ao fechamento do orçamento.

Há informações que entre 50% e 75% dos custos de uma obra são considerados diretos, ou seja, tem impacto direto sobre a obra, como os encargos sociais, por exemplo. Adicionalmente, entre 25% e 50% são considerados indiretos, ou seja, não tem vinculação direta a obra, sendo estes custos conhecidos como Benefícios e Despesas Indiretas – BDI (CARDOSO, 2009).

Assim, Dias (2001) determina que pode ser obtido o custo total de uma obra a partir da Equação 5:

$$CT = \frac{CD + CI}{1 - I + L} \quad (5)$$

em que:

CT: Custo Total da Obra (R\$);

CD: Custos Diretos (R\$);

CI: Custos Indiretos (R\$);

I: Impostos sobre faturamento (%); e

L: Lucro estimado pela empresa (%).

Desta forma, o BDI, que pode ser entendido como o percentual que deve ser aplicado sobre o custo direto dos itens da planilha da obra para se chegar ao custo total da obra, sendo definido a partir da Equação 6.

$$BDI = \left( \frac{CT}{CD} \right) - 1 \quad (6)$$

em que:

BDI: Benefícios e Despesas Indiretas (%).

Ao ser concluída a etapa de elaboração do orçamento, torna-se possível a geração dos relatórios de custos, que possibilitam uma análise mais apurada da obra e seu orçamento, sendo os principais relatórios: o orçamento analítico, o orçamento sintético, a

curva ABC de insumos, relatório de custos indiretos, além do relatório resumo, que apresenta o cálculo do Custo Total e B.D.I (JESUS; BARROS, 2009).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo aborda, principalmente, o dimensionamento de uma rede de abastecimento de água potável de um loteamento, utilizando a concepção ramificada, adotando-se como parâmetro de projeto vazões per capita de 150 e 350 l/habitante dia, além de cenários em que se considerou o diâmetro nominal mínimo da rede estabelecido pela NBR 12218 (ABNT, 2017) de 50 mm e outro em que este critério não foi adotado, sendo apenas determinado que a carga de pressão mínima dinâmica na rede não poderia ser inferior a 10 m.c.a.

O loteamento estudado possui uma área total de 8,6994 ha. É composto pelos prolongamentos das ruas: Salinas, Patrocínio, Pedra Azul, Ouro Fino, Guaxupé, Campina Verde, Andradas e Araxá, com 8 m de pista de rolamento e 2 m de calçadas de cada lado, prolongamento das ruas Almenara e Alfenas, com 10 m de pista de rolamento e 2 m de calçadas de cada lado, e ainda a implantação de três ruas denominadas Maestro Zezinho, Muzambinho e Tiradentes, com 8 m de pista de rolamento e 2 m de calçadas de cada lado, totalizando uma área de vias urbanas correspondente à 29202,31 m<sup>2</sup>, que correspondem à 33,57 % da área total do loteamento.

O loteamento é subdividido em 14 quadras, totalizando 140 lotes, com áreas de aproximadamente 300,00 m<sup>2</sup>, que somam 41.956,45 m<sup>2</sup>, o que representa 48,23 % da área total.

Foram destinadas 2 áreas como áreas institucionais, para abrigar equipamentos públicos, totalizando 10.915,57m<sup>2</sup>, que representa 12,55 % da área total do terreno. Por fim, 4 áreas verdes, perfazendo 4.920,26 m<sup>2</sup>, que representam 5,66 % da área total. O projeto urbanístico do loteamento está representado no Anexo A.

Para fins de dimensionamento, foram considerados 4 habitantes por lote, totalizando uma população a ser abastecida de 560 habitantes. Os coeficientes relativos ao dia de maior consumo ( $k_1$ ) e correspondente à hora de maior demanda ( $k_2$ ) foram fixados em 1,20 e 1,50, respectivamente (COUTO, 2012).

### 4.1. Concepção e dimensionamento da rede

O ponto de partida da adutora principal, iniciada no reservatório do loteamento, está localizado em seu sentido longitudinal, em sua face sudoeste. Já o reservatório

encontra-se localizado no vértice anterior esquerdo da área. A carga hidráulica total no reservatório considerada foi de 10 metros, a partir do nível do solo.

O pré-dimensionamento será realizado trecho a trecho a partir da determinação dos nós da rede. Os nós encontram-se localizados em cada ramal de distribuição derivado da rede principal, que parte do reservatório elevado.

A vazão máxima da rede, para cada cenário, foi determinada a partir da Equação 7:

$$Q_{\text{máx}} = \frac{K_1 \times K_2 \times P \times Q}{86400} \quad (7)$$

Assim, com o uso da Equação 4, calculou-se a vazão unitária distribuída. Desta forma, pôde-se determinar a vazão de montante esperada em cada trecho de tubulação, a partir da acumulação do comprimento linear parcial da rede que este deveria abastecer.

A partir da determinação da vazão de cada trecho, os mesmos foram pré-dimensionados em função do apresentado na TAB. 1:

Tabela 1 - Diâmetros para pré-dimensionamento de condutos forçados – distribuição.

D (mm)	50	100	150	200	250	300	350	400
Q (l/s)	2	6	14	28	49	77	115	157
D (mm)	450	500	550	600	700	800	900	1000
Q (l/s)	207	275	356	452	654	905	1209	1571

Fonte: Couto, 2012

Para os dimensionamentos realizados sem observar o diâmetro mínimo estabelecido por ABNT (2017), utilizou-se diâmetros inferiores aos apresentados na TAB. 1. Os tubos e suas características técnicas, considerados para cálculo, podem ser vistos na TAB. 2.

Tabela 2 – Características hidráulicas das tubulações consideradas para dimensionamento da rede ramificada

Diâmetro nominal (mm)	Pressão Nominal (kPa)	Tipo	Diâmetro Interno (mm)
25	750	Predial	21,6
32	750	Predial	27,8
40	750	Predial	35,2
50	600	Estrutural	54,6
75	600	Estrutural	77,2

Fonte: Amanco, 2015 e 2017

Para cálculo da perda de carga nos trechos em que havia distribuição em marcha, determinou-se a vazão fictícia, conforme estabelecido pela Equação 2. Assim, para determinação da perda de carga distribuída, utilizou-se a Equação de Flamant (Equação 8), com coeficiente de atrito estabelecido para o PVC.

$$hf = 0,000824 \times \frac{L}{(D_i)^{4,75}} \times (Q')^{1,75} \quad (8)$$

em que:

$D_i$  = diâmetro interno da tubulação (m).

Para determinação da perda de carga total, considerou-se a perda de carga localizada como equivalente a 5% da perda de carga distribuída em cada trecho.

A carga de pressão de jusante de cada trecho, a partir do reservatório, foi obtida pela aplicação da Equação de Bernoulli para fluidos reais, sendo (Equação 9):

$$\frac{P_j}{\gamma} = Z_m - Z_j + \frac{v_m^2}{2 \times g} - \frac{v_j^2}{2 \times g} - h_{f\text{total}_{m-j}} + \frac{P_m}{\gamma} \quad (9)$$

em que:

$\frac{P_j}{\gamma}$  = carga de pressão de jusante no trecho considerado (m.c.a.);

$Z_m$  = cota geométrica de montante (m);

$Z_j$  = cota geométrica de jusante (m);

$v_m$  = velocidade de escoamento de montante (m/s);

$v_j$  = velocidade de escoamento de jusante (m/s);

$g$  = aceleração da gravidade (considerada  $9,8 \text{ m/s}^2$ );

$h_{ftotal_{m-j}}$  = perda de carga total de montante para jusante (m.c.a.); e

$\frac{P_m}{\gamma}$  = carga de pressão de montante no trecho considerado (m.c.a.).

## 4.2. Orçamento

Para determinação do custo de execução das redes de abastecimento de água, foram considerados o material (tubulações e seus acessórios) bem como os serviços agregados, não sendo contabilizados o reservatório, seus acessórios, além de obras hidráulicas e equipamentos necessários para adução. O custo do material hidráulico utilizado em todas as redes estudadas foi obtido aleatoriamente em três empresas do mercado, atuantes na região do Centro-Oeste mineiro.

Para elaboração do orçamento de ambas as redes de abastecimento de água, após seu dimensionamento, foi utilizada como referência a planilha do Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil (SINAPI) sem desoneração, com referência à julho de 2018, para determinação de custo dos serviços necessários.

Para a composição orçamentária foram realizadas a descrição do serviço, seus componentes ou insumos, sua unidade de medida e os seus respectivos consumos, de forma a realizar uma comparação robusta entre as obras propostas. Para a execução da rede de abastecimento de água, foram utilizados os seguintes serviços:

- Escavação mecanizada de vala com profundidade até 1,5 m (média entre montante e jusante/ uma composição por trecho) com retroescavadeira (capacidade da caçamba da retro:  $0,26 \text{ m}^3$ / potência: 88 HP), largura menor que 0,80 m, em solo de 1ª categoria, locais com baixo nível de interferência;
- Assentamento de tubo de PVC PBA para rede de água, dn 50 mm, junta elástica integrada, instalado em local com nível baixo de interferências (não inclui fornecimento);
- Assentamento de tubo de PVC PBA para rede de água, dn 75 mm, junta elástica integrada, instalado em local com nível baixo de interferências (não inclui fornecimento);
- Escoramento de vala, tipo pontaleamento, com profundidade de 0 a 1,5 m, largura menor que 1,5 m, em local com nível baixo de interferência; e

- Reaterro mecanizado de vala com escavadeira hidráulica (capacidade da caçamba: 0,8 m<sup>3</sup>/ potência: 111 HP), largura de 1,50 a 2,50 m, profundidade até 1,50 m, com solo (sem substituição) de 1ª categoria em locais com baixo nível de interferência.

Para o serviço de assentamento dos tubos com diâmetros inferiores à 50 mm, foi considerado o serviço relativo ao tubo de diâmetro de 50 mm, já que para os diâmetros inferiores esse serviço não é aferido pelo SINAPI.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As vazões de montante e diâmetro nominal dos trechos da rede de abastecimento para diferentes vazões per capita diárias e critérios de dimensionamento são mostradas da TAB. 3 enquanto que, os traçados das redes dimensionadas se encontram nos Anexos B, C, D e E.

Tabela 3 – Vazões de montante e diâmetro nominal dos trechos da rede de abastecimento tipo ramificada para diferentes vazões diárias e critérios de dimensionamento

Trecho	150 ABNT		150 Livre		350 ABNT		350 Livre	
	Vazão (L/s)	DN (mm)						
R – N10	1,75	50	1,75	50	4,08	75	4,08	75
N10 – P10	0,05	50	0,05	25	0,11	50	0,11	25
N10 – N9	1,62	50	1,62	40	3,77	50	3,77	50
N9 – P9	0,05	50	0,05	25	0,12	50	0,12	25
N9 – N8	1,39	50	1,39	40	3,25	50	3,25	50
N8 – P8	0,06	50	0,06	25	0,13	50	0,13	25
N8 – N7	1,21	50	1,21	40	2,82	50	2,82	50
N7 – P7	0,06	50	0,06	25	0,14	50	0,14	25
N7 – N6	1,02	50	1,02	40	2,38	50	2,38	50
N6 – P6	0,07	50	0,07	25	0,15	50	0,15	25
N6 – N5	0,82	50	0,82	40	1,91	50	1,91	50
N5 – P5	0,07	50	0,07	25	0,16	50	0,16	25
N5 – N4	0,61	50	0,61	32	1,43	50	1,43	40
N4 – P4	0,04	50	0,04	25	0,10	50	0,10	25
N4 – N3	0,43	50	0,43	32	1,00	50	1,00	40
N3 – P3	0,03	50	0,03	25	0,08	50	0,08	25
N3 – N2	0,28	50	0,28	32	0,65	50	0,65	32
N2 – P2	0,03	50	0,03	25	0,07	50	0,07	25
N2 – N1	0,16	50	0,16	32	0,38	50	0,38	25
N1- P1	0,06	50	0,06	25	0,13	50	0,13	25

Fonte: A autora, 2018. Nota: 150 ABNT: vazão per capita de 150 L/hab dia, para critérios estabelecidos pela NBR 12218/2017; 150 Livre: vazão per capita de 150 L/hab dia, sem critérios estabelecidos pela NBR 12218/2017; 350 ABNT: vazão per capita de 350 L/hab dia, para critérios estabelecidos pela NBR 12218/2017; 350 Livre: vazão per capita de 350 L/hab dia, sem critérios estabelecidos pela da NBR 12218/2017; DN: diâmetro nominal

As vazões de montante nos trechos indicados da rede de abastecimento de água, comparando-se as diferentes vazões per capita, aumentaram, no mínimo, 114,29% (de 150 para 350 L/habitante dia) no trecho N6-P6, sendo a variação máxima de 166,67% ou 2,687 vezes, para o trecho N3 – P3.

Mesmo com essas variações positivas nas vazões estimadas para cada um dos trechos, apenas no trecho compreendido entre o reservatório e o nó 10 (N10), foi

verificado determinação de diâmetro superior a 50 mm para a vazão de 350 L/habitante dia, sendo este 75 mm.

Esta adoção de diâmetros para pré-dimensionamento da rede é baseada em critério de velocidade máxima de escoamento, sendo cada um dos diâmetros válidos para uma faixa significativa de vazões. Assim, para um loteamento de menores proporções, como o estudado, sem necessidade de dimensionamento que leve em consideração a expansão da rede, basicamente, o diâmetro nominal mínimo, de 50 mm será utilizado.

O trecho R – N10, inicial da rede a partir do reservatório elevado, é o que possui maior vazão, já que abastece todas as demais tubulações, levando assim, a uma diferenciação de diâmetro (50 mm para 75 mm), para uma variação positiva de vazão de 133,14% de 150 para 350 L/habitante dia.

Tanto para 150 quanto para 350 L/habitante dia, considerando o critério de diâmetro mínimo estabelecido pela NBR 12218 (ABNT, 2017), prevaleceu na rede o diâmetro de 50 mm, excetuando-se o trecho inicial, já supracitado, em que foi determinado o diâmetro de 75 mm para a maior vazão per capita considerada.

Para os trechos que possuíam ponta seca, representados pela letra P (TAB. 3), as baixas vazões levaram à possibilidade de uso de diâmetros nominais de 25 mm para o dimensionamento que não considerou o critério de adoção de diâmetro mínimo de 50 mm apresentado pela NBR 12218 (ABNT, 2017). Para o mesmo tipo de dimensionamento, outros trechos da rede puderam ter determinados diâmetros inferiores a 50 mm, estes variando entre 25, 32 e 40 mm.

Estes diâmetros puderam ser adotados a partir da possibilidade de manutenção de carga de pressão dinâmica mínima de 10,20 m.c.a., ou 100 kPa de pressão dinâmica. Assim, as cargas de pressão de montante e jusante dos trechos da rede de abastecimento para diferentes vazões diárias e critérios de dimensionamento, podem ser verificadas na TAB. 4.

Tabela 4 - Pressões de montante e jusante dos trechos da rede de abastecimento tipo ramificada para diferentes vazões diárias e critérios de dimensionamento

Trecho	150 ABNT		150 Livre		350 ABNT		350 Livre	
	Pm	Pj	Pm	Pj	Pm	Pj	Pm	Pj
R – N10	0,00	14,98	0,00	14,98	0	14,15	0,00	14,15
N10 – P10	14,98	24,74	14,98	24,59	14,15	23,90	14,15	23,23
N10 – N9	14,98	21,24	14,98	16,34	14,15	18,32	14,15	18,32
N9 – P9	21,24	29,83	16,34	24,73	18,32	26,90	18,32	26,03
N9 – N8	21,24	27,41	16,34	18,74	18,32	22,82	18,32	22,82
N8 – P8	27,41	34,47	18,74	25,54	22,82	29,88	22,82	28,77
N8 – N7	27,41	32,01	18,74	20,38	22,82	26,14	22,82	26,14
N7 – P7	32,01	38,21	20,38	26,27	26,14	32,33	26,14	30,98
N7 – N6	32,01	32,25	20,38	18,43	26,14	25,45	26,14	25,45
N6 – P6	32,25	41,00	18,43	26,80	25,45	34,19	25,45	32,52
N6 – N5	32,25	33,22	18,43	17,90	25,45	25,80	25,45	25,80
N5 – P5	33,22	42,85	17,90	27,10	25,80	35,42	25,80	33,55
N5 – N4	33,22	33,65	17,90	15,31	25,80	25,88	25,80	21,92
N4 – P4	33,65	39,94	15,31	21,49	25,88	32,17	21,92	27,72
N4 – N3	33,65	33,67	15,31	13,69	25,88	25,71	21,92	19,61
N3 – P3	33,67	38,72	13,69	18,69	25,71	30,76	19,61	24,42
N3 – N2	33,67	33,25	13,69	12,49	25,71	25,20	19,61	15,66
N2 – P2	33,25	38,63	12,49	17,82	25,20	30,58	15,66	20,82
N2 – N1	33,25	32,86	12,49	11,93	25,20	24,80	15,66	12,74
N1- P1	32,86	38,06	11,93	16,87	24,80	29,99	12,74	16,78

Fonte: A autora, 2018. Nota: 150 ABNT: vazão per capita de 150 L/hab dia, para critérios estabelecidos pela NBR 12218/2017; 150 Livre: vazão per capita de 150 L/hab dia, sem critérios estabelecidos pela NBR 12218/2017; 350 ABNT: vazão per capita de 350 L/hab dia, para critérios estabelecidos pela NBR 12218/2017; 350 Livre: vazão per capita de 350 L/hab dia, sem critérios estabelecidos pela da NBR 12218/2017; Pj: carga de pressão de jusante, em m.c.a.; Pm: carga de pressão de montante, em m.c.a.

Nos trechos iniciais, ou seja, entre o reservatório e o nó 10, foram indicadas cargas de pressão de 0,00 m.c.a., pois o ponto inicial de análise da equação de conservação de energia, foi estabelecido na superfície livre da água no reservatório, que possui, além de carga piezométrica nula, taquicarga nula, devido à instalação de dispositivo controlador de nível.

Para o dimensionamento considerando o critério de diâmetro mínimo estabelecido por ABNT (2017), para a maior vazão per capita estudada, obteve-se, sempre nos pontos de jusante dos trechos avaliados da tubulação, pressões inferiores às obtidas com a menor vazão per capita, como pode ser visto na TAB. 4.

Já para o dimensionamento livre, ou seja, sem estabelecimento de diâmetro mínimo, em alguns pontos de jusante dos trechos foram previstas cargas de pressão superiores para a maior vazão per capita, em comparação com os mesmos trechos em

dimensionamento livre e vazão per capita inferior. Tal fato se deve às combinações utilizadas de diâmetro para cada vazão, e também pela rede iniciar-se com 75 mm de diâmetro para a vazão de 350 L/habitante dia. Há de se salientar que, para predição da perda de carga, há maior influência do diâmetro da tubulação dentre os parâmetros de cálculo utilizados, sendo estes vazão e comprimento retilíneo da tubulação, já que seu expoente, na equação de perda de carga, é próximo a 5.

Assim, nota-se que, para o trecho final da rede, a partir do Nó 2, já pôde-se utilizar o diâmetro de 25 mm para a maior vazão per capita, enquanto que para a menor, ainda seria necessário uso de tubulação de 32 mm (TAB. 3).

A maior carga de pressão dinâmica prevista foi de 42,85 m.c.a., obtida para vazão per capita de 150 L/habitante dia em dimensionamento levando em consideração o critério de diâmetro mínimo de ABNT (2017), esta, calculada para jusante do trecho N5 – P5. Dentre as maiores cargas de pressão previstas para cada um dos cenários de dimensionamento, a menor (26,14 m.c.a.) foi obtida para ambos os critérios de dimensionamento e 350 L/habitante dia.

Excetuando-se as cargas de pressão nulas, a menor carga de pressão dinâmica calculada foi de 11,93 m.c.a., calculada para jusante do trecho N2-N1 e montante de N1-P1 para 150 L/habitante dia e critério de dimensionamento livre.

Em linhas gerais, as redes dimensionadas pelo critério estabelecido por ABNT (2017) possuíram qualidade hidráulica melhor, justamente pela manutenção do diâmetro mínimo de 50 mm, em detrimento à redução deste, quando no caso do dimensionamento livre, porém, esta diferença é praticamente insignificante hidraulicamente, além, do que, sempre teve-se estabelecidas pressões efetivas dinâmicas superiores a 100 kPa em todos os pontos da rede.

Há de se salientar que os sistemas de abastecimento de água potável desempenham um importante papel na manutenção da qualidade da água a ser distribuída, e seu correto dimensionamento proporciona sua durabilidade e confiabilidade. Assim, em seu dimensionamento, deve-se ponderar todos os fatores intervenientes que ocasionarão o seu bom funcionamento ao longo dos anos, uma vez que são responsáveis pelo transporte e distribuição de um bem, em muitos casos escasso, além de essencial (SOARES, 2003). Desta forma, em casos de loteamentos ou regiões em que são planejadas expansões futuras da área urbanizada, e, por consequência, da rede, o dimensionamento sem considerar o critério estabelecido por ABNT (2017), não seria interessante, a menos que o dimensionamento inicial já considerasse as vazões futuras com precisão.

Ainda deve-se observar o fato de que o uso de menores diâmetros, para uma mesma vazão planejada para os trechos da rede, ocasionaria um aumento da velocidade de escoamento prevista. Tsutiya (2006) cita que a adoção de baixas velocidades na rede de distribuição favorece a durabilidade da tubulação, em função da baixa abrasão, além de minimizar o efeito de transientes hidráulicos, enquanto que a adoção de altas velocidades propiciariam, no pré-dimensionamento, a adoção de menores diâmetros e por consequência, a redução do custo de aquisição de materiais, como observado neste estudo, porém, causam aumento na perda de carga e então, maiores custos com bombeamento, quando for o caso, ou aumento da altura necessária dos reservatórios. Assim, há também maior custo com manutenções da rede, já que há favorecimento da abrasão.

Desta maneira, a observação de custo de execução destas redes faz-se necessário para determinação de qual destas seria mais viável do ponto de vista técnico-econômico. Assim, a descrição orçamentária de insumos e serviços para execução da rede ramificada de abastecimento de água para vazão per capita de 150 l/habitante dia considerando critérios de dimensionamento da NBR 12218/2017, pode ser vista na TAB. 5.

Tabela 5 – Descrição orçamentária de insumos e serviços para execução da rede ramificada de abastecimento de água para vazão per capita de 150 l/habitante dia considerando critérios de dimensionamento da NBR 12218/2017

Item	Unidade	Quantidade	Custo unitário (R\$)	Custo total (R\$)
Tubo PBA 50 mm junta elástica Classe 12	barra	244	61,40	14981,60
Tê PBA 50 mm junta elástica	unidade	9	33,00	297,00
Curva PBA 45° 50 mm	unidade	1	11,90	11,90
CAP PBA 50 mm	unidade	10	5,90	59,00
Registro de gaveta 1 1/2"	unidade	1	60,00	60,00
Adaptador PVC curto 50 x 1 1/2"	unidade	2	3,69	7,38
Escavação de vala	m <sup>3</sup>	1167	5,97	6965,68
Assentamento de tubo 50 mm ou inferior	m	1458	0,63	918,84
Escoramento da vala tipo pontalete	m <sup>2</sup>	2917	15,38	44862,84
Reaterro de vala	m <sup>3</sup>	1167	13,08	15261,48
Total				83425,73

Fonte: A autora, 2018

Para a vazão de 150 L/habitante dia e adoção de diâmetro mínimo de 50 mm, os serviços representaram 81,52% do custo total, porém, sendo o item de maior custo o serviço de escoramento de vala tipo pontalete. Vê-se que, entre o material necessário para execução, a maior parcela se refere à tubulação, que, neste caso, foi apenas de 50 mm de diâmetro nominal.

Já os insumos e serviços para execução da rede ramificada de abastecimento de água para vazão per capita de 150 l/habitante dia, sem considerar critérios de dimensionamento da NBR 12218/2017 e seus respectivos custos, podem ser vistos na TAB. 6.

Tabela 6 - Descrição orçamentária de insumos e serviços para execução da rede ramificada de abastecimento de água para vazão per capita de 150 l/habitante dia, sem considerar critérios de dimensionamento da NBR 12218/2017

Item	Unidade	Quantidade	Custo unitário (R\$)	Custo total (R\$)
Tubo PVC soldável 25 mm	barra	141	14,22	2005,02
Tubo PVC soldável 32 mm	barra	38	46,27	1758,26
Tubo PVC soldável 40 mm	barra	52	55,02	2861,04
Tubo PBA 50 mm junta elástica Classe 12	barra	14	61,40	859,60
Tê PBA 50 mm junta elástica	unidade	1	33,00	33,00
Tê PVC 40 x 25 mm	unidade	5	6,62	33,10
Tê PVC 32 x 25 mm	unidade	3	6,69	20,07
Bucha redução longa PVC 50 x 25 mm	unidade	1	3,81	3,81
Bucha de Redução PVC 50 x 40 mm	unidade	1	3,08	3,08
Bucha de Redução PVC 40 x 32 mm	unidade	1	1,80	1,80
Bucha de Redução PVC 32 x 25 mm	unidade	1	0,83	0,83
Curva 45° 32 mm soldável	unidade	1	9,53	9,53
CAP PVC soldável 25 mm	unidade	10	1,19	11,90
Registro de gaveta 1 1/2"	unidade	1	60,00	60,00
Adaptador PVC curto 50 x 1 1/2"	unidade	2	3,69	7,38
Escavação de vala	m <sup>3</sup>	1167	5,97	6965,68
Assentamento de tubo 50 mm ou inferior	m	1458	0,63	918,84
Escoramento da vala tipo pontalete	m <sup>2</sup>	2917	15,38	44862,84
Reaterro de vala	m <sup>3</sup>	1167	13,08	15261,48
Total				75677,27

Fonte: A autora, 2018

Assim como para o cenário em que foi estabelecida vazão de 150 L/habitante dia e dimensionamento considerando diâmetro mínimo de 50 mm (TAB. 5), quando foi mantida vazão de 150 L/habitante dia, porém, para dimensionamento livre, a maior parte do custo de execução da obra foi referente aos serviços (89,87%), porcentagem maior que a determinada para a rede anteriormente citada.

Esse aumento da proporção relativa aos serviços no custo total, se deve à manutenção, entre os dois cenários do custo total destes, enquanto que houve uma redução do custo do material a ser utilizado para o dimensionamento livre, o que proporcionou, no total, uma redução de R\$ 7748,46 do custo total. Desta maneira, vê-se que, o dimensionamento sem seguir o critério de diâmetro mínimo estabelecido por ABNT (2017), levaria a uma redução de custos na execução da rede de abastecimento de água, porém, proporcionando manutenção da qualidade hidráulica da rede (TAB. 4).

Os insumos e serviços necessários para execução da rede ramificada de abastecimento de água para vazão per capita de 350 l/habitante dia considerando critérios de dimensionamento da NBR 12218/2017 e seus respectivos custos, são apresentados na TAB. 7.

Tabela 7 - Descrição orçamentária de insumos e serviços para execução da rede ramificada de abastecimento de água para vazão per capita de 350 l/habitante dia considerando critérios de dimensionamento da NBR 12218/2017

Item	Unidade	Quantidade	Custo unitário (R\$)	Custo total (R\$)
Tubo PBA 75 mm junta elástica Classe 12	barra	14	131,98	1847,72
Tubo PBA 50 mm junta elástica Classe 12	barra	220	61,40	13508,00
Redução PBA 75 x 50 mm	unidade	1	11,90	11,90
Tê PBA de redução 75 x 50 mm	unidade	1	34,90	34,90
Tê PBA 50 mm junta elástica	unidade	8	33,00	264,00
Curva PBA 45° 50 mm	unidade	1	11,90	11,90
CAP PBA 50 mm	unidade	10	5,90	59,00
Registro de gaveta 1 1/2"	unidade	1	60,00	60,00
Adaptador PVC curto 50 x 1 1/2"	unidade	2	3,69	7,38
Escavação de vala	m <sup>3</sup>	1167	5,97	6965,68
Assentamento de tubo 50 mm ou inferior	m	1317	0,63	829,55
Assentamento de tubo 75 mm	m	80	0,91	72,56
Escoramento da vala tipo pontalete	m <sup>2</sup>	2917	15,38	44862,84
Reaterro de vala	m <sup>3</sup>	1317	13,08	17222,96
Total				85758,39

Fonte: A autora, 2018

Já os insumos e serviços necessários para execução da rede ramificada de abastecimento de água para vazão per capita de 350 l/habitante dia considerando critérios de dimensionamento da NBR 12218/2017 e seus custos, são mostrados na TAB. 8.

Tabela 8 - Descrição orçamentária de insumos e serviços para execução da rede ramificada de abastecimento de água para vazão per capita de 350 l/habitante dia, sem considerar critérios de dimensionamento da NBR 12218/2017

Item	Unidade	Quantidade	Custo unitário (R\$)	Custo total (R\$)
Tubo PVC soldável 25 mm	barra	147	14,22	2090,34
Tubo PVC soldável 32 mm	barra	11	46,27	508,97
Tubo PVC soldável 40 mm	barra	21	55,02	1155,42
Tubo PBA 50 mm junta elástica Classe 12	barra	52	61,40	3192,80
Tubo PBA 75 mm junta elástica Classe 12	barra	14	131,98	1847,72
Tê PBA de redução 75 x 50 mm	unidade	1	34,90	34,90
Bucha redução longa PVC 50 x 25 mm	unidade	1	3,81	3,81
Redução PBA 75 x 50 mm	unidade	1	11,9	11,90
Tê redução soldável 50 x 25 mm	unidade	5	8,47	42,35
Bucha de Redução PVC 50 x 40 mm	unidade	1	3,08	3,08
Tê PVC 40 x 25 mm	unidade	2	6,62	13,24
Bucha de Redução PVC 40 x 32 mm	unidade	1	1,80	1,80
Tê PVC 32 x 25 mm	unidade	3	6,69	20,07
Bucha de Redução PVC 32 x 25 mm	unidade	1	0,83	0,83
Curva 45° 25 mm soldável	unidade	1	7,43	7,43
CAP PVC soldável 25 mm	unidade	10	1,19	11,9
Registro de gaveta 1 1/2"	unidade	1	60,00	60,00
Adaptador PVC curto 50 x 1 1/2"	unidade	2	3,69	7,38
Escavação de vala	m <sup>3</sup>	1167	5,97	6965,68
Assentamento de tubo 50 mm ou inferior	m	1317	0,63	829,55
Assentamento de tubo 75 mm	m	80	0,91	72,56
Escoramento da vala tipo pontalete	m <sup>2</sup>	2917	15,38	44862,84
Reaterro de vala	m <sup>3</sup>	1317	13,08	17222,96
<b>Total</b>				<b>78967,53</b>

Fonte: A autora, 2018

De maneira geral, as redes dimensionadas para uma vazão per capita de 150 L/habitante dia tiveram custos de execução inferiores aos casos em que foi determinada uma vazão per capita superior, de 350 L/habitante dia, porém, percebe-se que apenas o

aumento das vazões de projeto, não influenciam tão fortemente nesse aumento do custo da obra, sendo as porcentagens de aumento 2,80% e 4,35% para as vazões de 150 e 350 L/habitante dia, respectivamente, comparando-se os redes com mesmos critérios de dimensionamento.

Para mesmas vazões e diferentes critérios de dimensionamento, houve redução percentual de custos de 9,29% e 7,92% para 150 e 350 L/habitante dia, respectivamente, mostrando que, para a maior vazão per capita avaliada, a mudança de critério de dimensionamento é menos efetiva na redução de custos quando comparada com a menor vazão per capita.

Para a 350 L/habitante dia, em ambos critérios de dimensionamento, a quantidade de tubulação de 75 mm utilizada foi a mesma, em área inicial da rede, havendo diferenciação de diâmetros nos trechos subsequentes a R1 – N10 (TAB. 3). Com isso, houve uma redução do custo total relativo a tubulações, de R\$ 15355,72 para R\$ 8795,25, ou seja, R\$ 6560,40, inferior à redução de custo de tubulações obtida para a vazão de 150 L/habitante dia, de R\$ 7497,68 (TAB. 5 e 6).

## 6. CONCLUSÃO

A rede planejada para o loteamento, possui extensão total de aproximadamente 1464 m, e apresentou dez derivações findadas em ponta seca partindo da tubulação principal.

Para o critério de dimensionamento estabelecido por ABNT (2017), toda a rede apresentou diâmetro de 50 mm para a menor vazão per capita estudada, enquanto que, para a vazão de 350 L/habitante dia, o trecho inicial, iniciado no reservatório até o nó 10, teve diâmetro de 75 mm. Em comparação, para o dimensionamento livre, sem estabelecimento de diâmetro mínimo, foram determinados trechos que poderiam ter diâmetros nominais de 25, 32 e 40 mm, sendo todos os trechos de ponta seca dimensionados para 25 mm.

Para o dimensionamento sem estabelecimento de diâmetro mínimo, mais acessórios hidráulicos da tubulação são necessários, justamente em função da redução de diâmetros mais frequente em diferentes pontos da tubulação, porém, para ambas as vazões populacionais estudadas, houve redução do custo total da obra para o livre dimensionamento, sem que a qualidade hidráulica da rede, relativa às cargas de pressões atuantes previstas, seja prejudicada.

Desta forma, tem-se que para loteamentos pequenos, sem que haja previsão de expansão da rede de abastecimento, diâmetros inferiores a 50 mm podem ser utilizados, desde que sejam seguidos critérios pertinentes à engenharia hidráulica na seleção dos diâmetros.

## REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Águas (ANA). A Evolução da Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil. Brasília: ANA, 2002. 68 p.

AMANCO. Catálogo linha infraestrutura 2017. Disponível em:

<[http://assets.production.amanco.com.br.s3.amazonaws.com/uploads/gallery\\_asset/file/2/Catalogo\\_Infraestrutura\\_2017-WEB.pdf](http://assets.production.amanco.com.br.s3.amazonaws.com/uploads/gallery_asset/file/2/Catalogo_Infraestrutura_2017-WEB.pdf)>. Acesso em 01 de outubro de 2018.

AMANCO. Catálogo linha predial 2015. Disponível em:

<[http://assets.production.amanco.com.br.s3.amazonaws.com/uploads/gallery\\_asset/file/1/CATALOGO\\_LINHA\\_PREDIAL\\_2015.pdf](http://assets.production.amanco.com.br.s3.amazonaws.com/uploads/gallery_asset/file/1/CATALOGO_LINHA_PREDIAL_2015.pdf)>. Acesso em 01 de outubro de 2018.

ANDRADE, A. C.; SOUZA, U. E. L. Críticas ao processo orçamentário tradicional e recomendações para a confecção de um orçamento integrado ao processo de produção de um empreendimento. São Carlos, SP. 2003. 11 p. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO

AZEVEDO NETTO, J. M. e FERNÁNDEZ, M. F. y **Manual de hidráulica**. 9ª ed. São Paulo: Blücher, 2015. 632 p.

BRASIL. Portaria Ministério da Saúde. **Portaria N° 2.914**, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os Procedimentos de Controle e de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano e seu Padrão de Potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília, 2011.

Disponível em:

<[http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html)>.

Acesso em: 14 de março de 2018.

COUTO, L. M. M.; **Elementos Da Hidráulica**. 1 ed. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2012. 576pg

DIAS, P. R. V. **Engenharia de custos**: uma metodologia de orçamentação para obras civis. 4.ed. Curitiba: Copiare, 2001. 213 p.

EECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 3., 2003. **Anais...** São Carlos, SP. p. 853-862.

CARDOSO, R. S. **Orçamento de obras em foco: um novo olhar sobre a Engenharia de custos.** São Paulo: PINI, 2009.

FERREIRA, A. B. H. **Novo dicionário Aurélio da língua portuguesa.** 3. ed. Curitiba: Posigraf, 2004. 2120 p.

FREITAS, V. P. S. **Padrão físico-químico da água de abastecimento público da região de Campinas.** Revista Instituto Adolfo Lutz, Campinas, v.61, n.1, p. 51-58, 2002.

FURUSAWA, R. T. **Contribuição ao dimensionamento de rede de distribuição de água por critério de custo global.** 2011. 207 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

GIAMMUSSO, S. E. **Orçamento e custos na construção civil.** 2. ed. São Paulo: Pini, 1991. 181 p.

GOMES, H. P.; **Sistema De Abastecimento De Água: Dimensionamento Econômico E Operação De Redes E Elevatórias.** 2ª ed. Editora Universal/ UFPB, 2004. 238p

JESUS, C. R. M.; BARROS, M. M. S. B. **Custos e orçamentos na Construção Civil.** – São Paulo: EPUSP, 2009. 16 p.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água.** 3.ed. Campinas, SP: Átomo, 2010. 494 p.

LOPES, O. C.; LIBRELOTTO, L. I.; AVILA, A. V. **Orçamento de obras curso de arquitetura e urbanismo.** Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL Florianópolis - SC, 2003.

MACINTYRE, A. J. **Instalações Hidráulicas Prediais e Industriais.** 4.ed. Rio de Janeiro: LCT, 2010.

MACEDO, J. A. B. de. **Águas e águas.** 3.ed. Belo Horizonte: CRQ-MG, 2007. 1027 p.

MATTOS, A. D. **Como preparar orçamento de obras**. São Paulo: Pini, 2007. 281 p.

MENDES, C. G. N. Tratamento de águas para consumo humano - Panorama mundial e ações do PROSAB. In: PÁDUA, V. L. (Coord.). **Contribuição ao estudo da remoção de cianobactérias e micro contaminantes orgânicos por meio de técnicas de tratamento de água para consumo humano**. Rio de Janeiro: ABES. 504 p. 2006.

MORENO, J. **Avaliação e gestão de riscos no controle da qualidade da água em redes de distribuição: estudo de caso**. 2009. 579 p. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

Porto, R. M. Hidráulica Básica. 4.ed, São Carlos: EESC - USP, 2006. 540 p.

SANTOS, J. O. et al. **A Qualidade da Água para o Consumo Humano: Uma Discussão Necessária**. Revista Brasileira de Gestão Ambiental - RBGA, Pombal - PB, v.7, n.2, p. 19-26, 2013.

SALVINO, M. M. **Método de dimensionamento e controle operacional otimizado para redes de distribuição de água**. 2009. 62 p. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009.

SILVA NETO, R. M.; DANTAS, F. C.; OLIVEIRA, F. A. D.; SENA, J. N. Orçamento: Uma ferramenta de gestão na construção civil

SINAPI. **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil**. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poderpublico/sinapi/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 18 de maio de 2018.

SOARES, A. K. **Calibração de modelos de redes de distribuição de água para abastecimento considerando vazamentos e demandas dirigidas pela pressão**. São Paulo. 153 p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2003.

TELLES, D. D'A. et al. **Ciclo ambiental da água: da chuva à gestão**. 1.ed. São Paulo: Blücher. 2013. 501 p.

TISAKA, M. **Orçamento na construção civil: consultoria, projeto e execução**. São Paulo: Pini, 2007. 367 p.

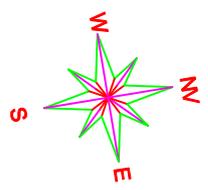
TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. 4. Ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Universidade de São Paulo. 2006. 643 p.

VICTORINO, C. J. A. **Planeta água morrendo de sede: uma visão analítica na metodologia do uso e abuso dos recursos hídricos**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007. 231 p.

XAVIER, I. **Orçamento, planejamento e custos de obra**. São Paulo: Universidade de São Paulo – USP, 2008. p. 67.

YAZIGI, W. **A técnica de edificar**. 10. ed. São Paulo: Pini: Sinduscon, 2009.

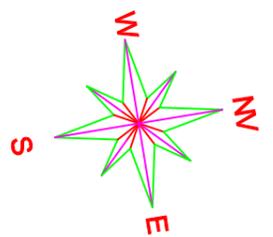
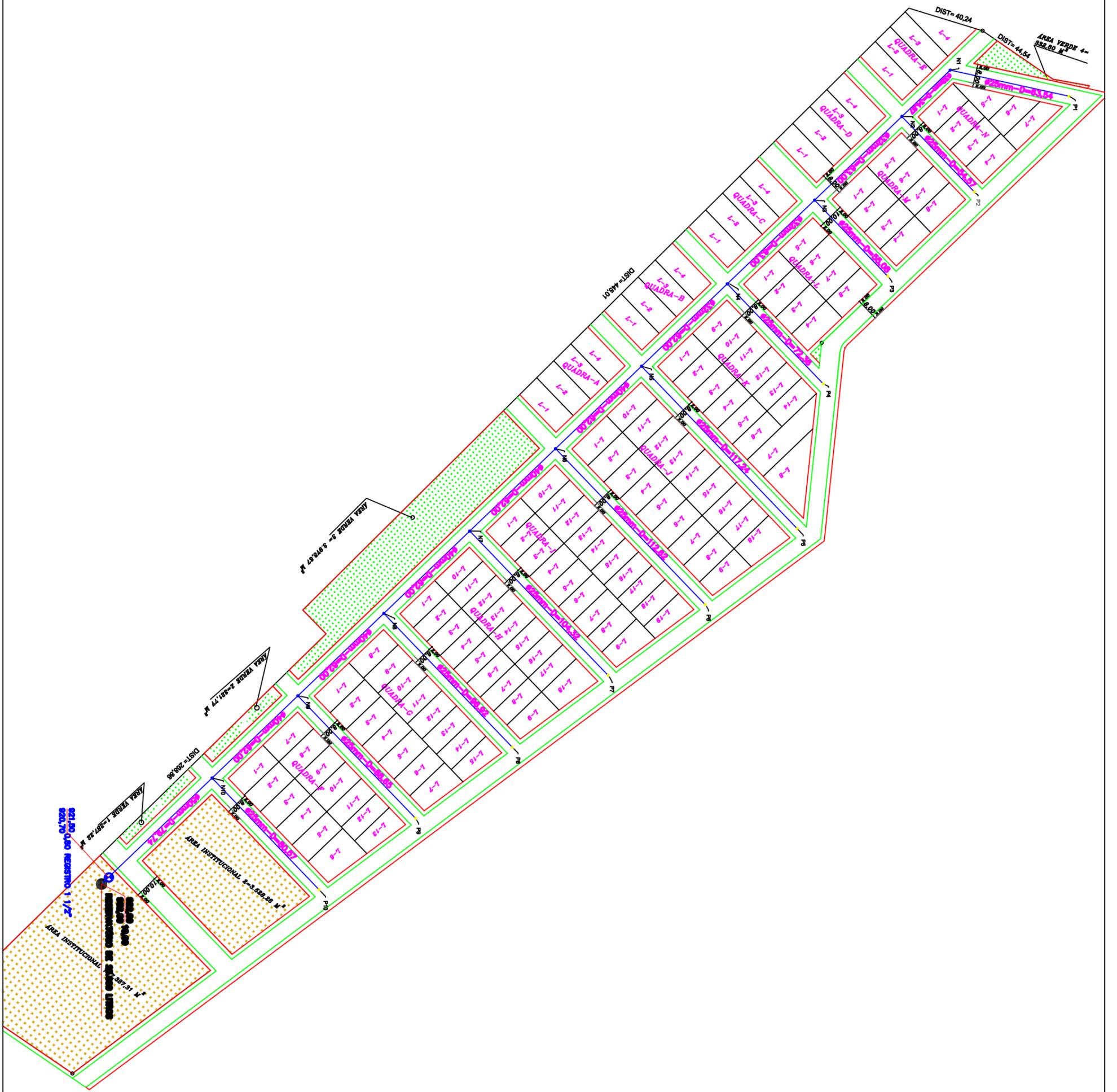
**ANEXO A**



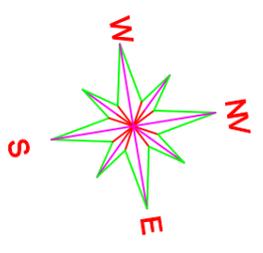
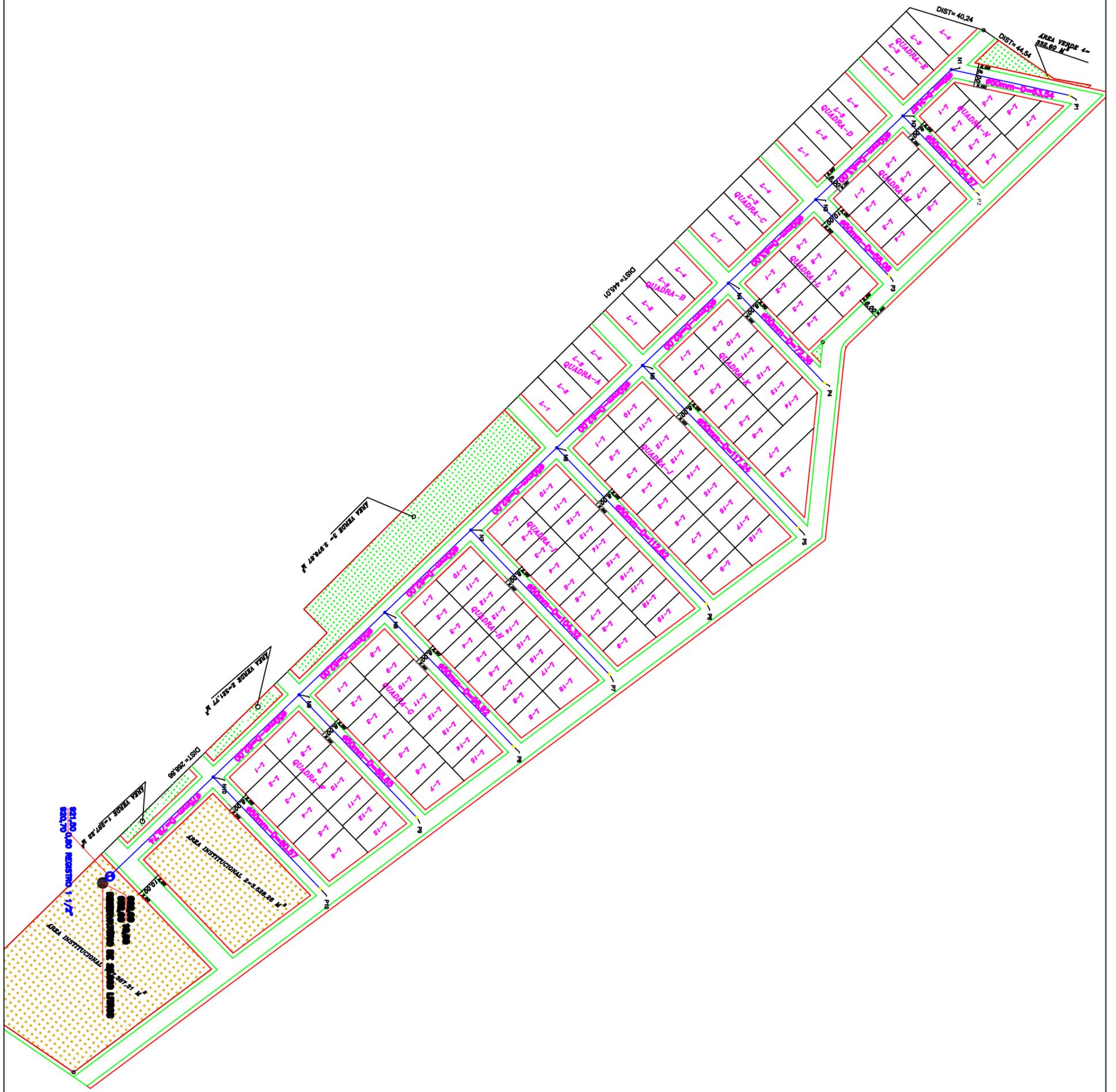
**ANEXO B**



**ANEXO C**



**ANEXO D**



**ANEXO E**

