



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SAO PAULO"
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

HUGO RIBEIRO LOPES

**ESTUDO DE CONCEPÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO
LOTEAMENTO VERDE VIDA SITUADO NO DISTRITO DE TAQUARUÇU,
PALMAS-TO.**

**Palmas - TO
2016**



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SAO PAULO"
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

HUGO RIBEIRO LOPES

**ESTUDO DE CONCEPÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO
LOTEAMENTO VERDE VIDA SITUADO NO DISTRITO DE TAQUARUÇU,
PALMAS-TO.**

Projeto apresentado como requisito de qualificação da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso (TCC II) do curso de Engenharia Civil, orientado pelo Prof.^o M.Sc. Carlos Spartacus da Silva Oliveira.

**Palmas - TO
2016**

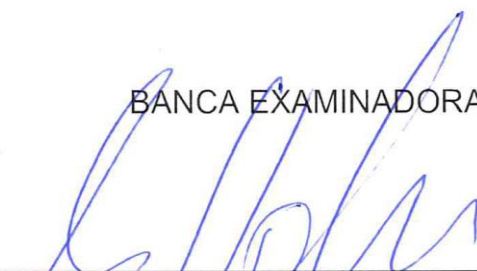
HUGO RIBEIRO LOPES

**ESTUDO DE CONCEPÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO
LOTEAMENTO VERDE VIDA SITUADO NO DISTRITO DE TAQUARUÇU,
PALMAS-TO.**


Projeto apresentado como requisito de qualificação da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso (TCC II) do curso de Engenharia Civil, orientado pelo Prof.º M.Sc. Carlos Spartacus da Silva Oliveira.

Aprovada em ____ / ____ / 2016.


BANCA EXAMINADORA



Prof.M.Sc. Carlos Spartacus da Silva Oliveira
Centro Universitário Luterano de Palmas



Prof.M.Sc. Edivaldo Alves dos Santos
Centro Universitário Luterano de Palmas



Prof. M.Sc. Jacqueline Henrique
Centro Universitário Luterano de Palmas

**Palmas - TO
2016**

RESUMO

LOPES, Hugo Ribeiro. **Estudo de concepção do sistema de abastecimento de água do Loteamento Verde Vida situado no distrito de Taquaruçu, Palmas-TO.** 2016. Monografia de Conclusão de Curso em Engenharia Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP/ULBRA. Palmas –TO.

Este trabalho de conclusão de curso é voltado para o estudo de concepção do sistema de abastecimento de água do loteamento Verde Vida, situado no distrito de Taquaruçu, município de Palmas/TO. Tal estudo compreende a análise de três concepções distintas, sendo a primeira, o abastecimento de água pela utilização de captação por poços subterrâneos; a segunda, com a utilização da rede de distribuição do distrito de Taquaruçu; e a terceira, com a utilização dos dois métodos supracitados. Foram dimensionados neste estudo, todas as tubulações, reservatórios, sistemas elevatórios e rede de distribuição. Com a análise dos resultados foi possível identificar a primeira concepção, como sendo a alternativa mais adequada para o loteamento, tendo como principais justificativas, a baixa necessidade de potência do conjunto motor-bomba, comparado com a análise da segunda concepção; as grandes vazões de dois poços já perfurados na área e a facilidade no tratamento de águas subterrâneas.

Palavras chave: Abastecimento, Concepção, Loteamento Verde Vida

ABSTRACT

This work completion course is designed for the study of design of water supply system of allotment Vida Verde, located in Taquaruçu district in the city of Palmas/TO. This study comprises the analysis of three distinct concepts, the first being in the water for the use of funding for underground wells; second, using the distribution network of the district Taquaruçu; and third, using the two aforementioned methods. They were sized in this study, all pipes, tanks, pumping systems and distribution network. With the analysis of the results was possible to identify the first conception, as the most suitable alternative to the allotment, the main justifications, the low power requirements of the motor-pump set, compared with the analysis of the second design; large flows of two wells drilled in the area and the facility for the treatment of groundwater.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Partes constituintes de um sistema de abastecimento de água	18
Figura 2 - Fotografia aérea do distrito de Taquaruçu	28
Figura 3 - Disposição de poços subterrâneos perfurados no loteamento Verde Vida	37
Figura 4 - Traçado dos trechos da rede de distribuição	46
Figura 5 - Curvas de nível de projeto	47
Figura 6 - Traçado da rede de distribuição.....	51
Figura 7 - Dimensões dos reservatórios da marca FortLev.....	54
Figura 8 - Traçado da rede de distribuição.....	62
Figura 9 - Divisão das zonas de abastecimento.....	64
Figura 10 - Zona 01: Abastecimento por poço subterrâneo	64
Figura 11 - Zona 02: Abastecimento pelo ramal secundário do distrito de Taquaruçu	65
Figura 12 - Detalhamento da rede de distribuição.....	67
Figura 13 - Zona 02: Abastecimento pelo ramal secundário do distrito de Taquaruçu	67

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Curvas características do sistema e bomba submersível.....	43
Gráfico 2 - Análise do comportamento de reservação	53
Gráfico 3 - Curvas características do sistema e bomba centrífuga	59
Gráfico 4 - Curvas características do sistema e bomba submersível.....	73

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Taxas de consumo para dimensionamento de reservatórios	33
Quadro 2 - Perdas de carga localizadas na tubulação de recalque	40
Quadro 3 - Comportamento característico do sistema	42
Quadro 4 - Análise dos volumes de consumo e adução	45
Quadro 5 - Análise dos volumes de consumo e adução	53
Quadro 6 - Perdas de carga localizadas na tubulação de sucção e recalque	56
Quadro 7 - Comportamento característico do sistema	58
Quadro 8 - Perdas de carga localizadas	69
Quadro 9 - Comportamento característico do sistema	71
Quadro 10 - Análise dos volumes de consumo e adução	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comprimentos equivalentes de perdas localizadas (m)	40
Tabela 2 - Comportamento característico das bombas submersíveis - Marca Leão, Modelo R20A.....	43
Tabela 3 - Planilha de cálculo da rede de distribuição	50
Tabela 4 - Tabela de dimensões dos reservatórios da marca FortLev.....	54
Tabela 5 - Planilha de cálculo da rede de distribuição	61
Tabela 6 - Planilha de cálculo da rede de distribuição	66
Tabela 7 - Comportamento característico das bombas submersíveis - Marca Leão, Modelo R11A.....	72

SUMÁRIO

RESUMO.....	3
ABSTRACT	5
LISTA DE FIGURAS	6
LISTA DE GRÁFICOS.....	7
LISTA DE QUADROS	8
LISTA DE TABELAS	9
1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivos.....	13
1.1.1 Objetivo Geral	13
1.1.2 Objetivos Específicos	13
1.2 Justificativa	14
1.3 Problema	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1 Água – Um recurso finito e escasso	16
2.2 Sistema de Abastecimento de Água.....	17
2.2.1 Partes constituintes do sistema.....	17
2.2.2 Variações de consumo em um sistema de abastecimento de água	24
2.2.3 Normas regulamentadoras para projetos de sistemas de abastecimento de água	26
2.3 Cidade de Palmas-TO e o Sistema de Abastecimento de Água.....	26
2.3.1 Distrito de Taquaruçu	28
2.3.2 O Loteamento Verde Vida	29
3 METODOLOGIA.....	30
3.1 Concepções para o abastecimento de água do Loteamento Verde Vida	30
3.1.1 Concepção 01 - Captação por poços subterrâneos	30
3.1.2 Concepção 02 - Utilização da rede de distribuição existente no distrito de Taquaruçu	30
3.1.3 Concepção 03 - Sistema misto: Captação por poços subterrâneos e utilização da rede existente no distrito de Taquaruçu	30
3.2 Estudos e levantamentos prévios para elaboração do sistema de abastecimento de água	31
3.3 Caracterização e quantificação da população e área de projeto	31
3.4 Demanda de água	31
3.5 Vazões de projeto.....	32
3.6 Reservatórios.....	33

3.7 Traçado e dimensionamento da rede de distribuição	33
3.8 Apresentação da alternativa de abastecimento de água mais adequada ao Loteamento Verde Vida	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
4.1 População de projeto	35
4.2 Vazão de Projeto (demanda de água)	35
4.3 Definição das fontes de abastecimento	36
4.4 Concepção 01 - Captação por poço subterrâneo	38
4.4.1 Vazão de Adução	38
4.4.2 Diâmetro da tubulação de recalque	39
4.4.3 Sistema de recalque	39
4.4.4 Dimensionamento do reservatório de distribuição	44
4.4.5 Rede de distribuição	46
4.5 Concepção 02 - Utilização da rede de distribuição existente no distrito de Taquaruçu	52
4.5.1 Dimensionamento dos reservatórios	52
4.5.2 Dimensionamento do sistema de recalque	55
4.5.3 Rede de distribuição	60
4.6 Concepção 03 - Sistema misto: Captação por poço subterrâneo e utilização da rede do distrito de Taquaruçu	63
4.6.1 Rede de distribuição	63
4.6.2 Dimensionamento do sistema de recalque	68
4.4.3 Dimensionamento do reservatório de distribuição	73
.....	75
5 CONCLUSÕES	76
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
ANEXO A – OFÍCIO ENVIADO PELA ODEBRECHT PARA INFORMAÇÃO DA PRESSÃO NO RAMAL QUE INTERLIGA O LOTEAMENTO VERDE VIDA	81

1 INTRODUÇÃO

Sabendo-se que a necessidade de água potável é essencial à humanidade e o crescimento populacional no mundo é cada vez mais intenso, surge a necessidade de se estudar meios eficazes de abastecimento de água que atendam a crescente demanda e evite a escassez paralelamente.

De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU) o acesso à água e ao saneamento básico é um direito universal. Um dos objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, é assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos.

Infelizmente tais determinações não são aplicadas para toda população. Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB 2008, 33 municípios brasileiros não dispunham de abastecimento de água por rede geral e isso obriga as pessoas a procurarem meios alternativos que muitas das vezes comprometem a saúde das mesmas.

A situação atual do Loteamento Verde Vida, local a ser estudado neste trabalho, enquadra na situação de áreas sem rede de abastecimento de água.

Há um meio em que os moradores recorreram para obter água de maneira provisória. Esse meio consiste no rateio proveniente de um hidrômetro interligado à rede de distribuição do distrito de Taquaruçu que distribui água para todas as residências locadas atualmente no Loteamento, fazendo discordância com a legislação.

Com base nessas informações e afim de que o Loteamento Verde Vida, situado no distrito Taquaruçu, Palmas/TO; não se enquadre no grupo de áreas sem projeto estruturado de abastecimento de água, o presente trabalho irá propor uma alternativa eficaz para este fim, buscando a satisfação dos moradores e proporcionando-lhes acesso à água em qualidade e quantidade suficientes.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Propor a alternativa que melhor se adéqua ao sistema de abastecimento de água do Loteamento Verde Vida, situado no distrito de Taquaruçu, Palmas/TO.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Determinar a demanda de água para a área em estudo com base no levantamento da quantidade de pessoas que serão beneficiadas pelo sistema.
- Definir a fonte abastecedora do sistema com base em informações topográficas e disponibilidade de mananciais ou rede de distribuição próxima ao local do projeto.
- Escolher os tipos de redes de distribuição a serem utilizadas no projeto.
- Dimensionar as tubulações do sistema desde a captação até a distribuição, os reservatórios e as bombas de recalque, caso forem utilizadas.
- Apresentar a melhor alternativa para o sistema de abastecimento de água do Loteamento Verde Vida, situado no distrito de Taquaruçu, Palmas/TO

1.2 Justificativa

Compreendendo que a água é um bem público e essencial a vida dos seres humanos para realização das suas atividades diárias, sabe-se que muitos lugares ainda se encontram carentes de um abastecimento de qualidade e com estrutura adequada à saúde e bem estar das pessoas. Entretanto, essas recorrem a meios alternativos que nem sempre são coerentes com a legislação ou com o padrão de qualidade necessário para o consumo humano.

Se tratando do Projeto de Loteamento Rural Verde Vida, tem-se no local um meio alternativo utilizado pelos moradores que não se enquadra no contexto da NBR 12.211/2002, que fixa as diretrizes de sistemas públicos de abastecimento de água.

Dessa forma é de suma importância idealizar uma alternativa para o sistema de abastecimento de água do Loteamento Verde Vida, para que atenda a necessidade dos moradores e proporcione melhoria das condições de vida no local, adequando-se às normas regulamentadoras que tratam dos padrões de qualidade e legalidade dos sistemas de abastecimento de água no Brasil.

1.3 Problema

Sabendo-se que existem diferentes sistemas de abastecimento de água em concordância com a NBR 12.211/1992, porque não definir a alternativa mais adequada para o sistema de abastecimento do Loteamento Verde Vida, situado no distrito de Taquaruçu, Palmas/TO?

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Água – Um recurso finito e escasso

“A água representa, além do consumo básico à vida em todas as suas formas, um bem de consumo para quase todas as atividades humanas.” (CASTELLANO; CHAUDRY, 2000).

A Terra é um planeta constituído, em grande parte, por água, 70% de sua superfície é coberta por esse líquido essencial à vida, o que a torna um dos recursos mais abundantes do planeta. No entanto, é preciso que se faça uma ressalva, de toda água existente apenas uma pequena parcela, referente à água doce, pode ser usada para o consumo humano, após adequação de suas características, físicas, químicas e biológicas, tornando-a potável. (BARROS; AMIN, 2008).

De acordo com INBS – Instituto Brasileiro de Sustentabilidade, a água utilizável é e continuará sendo um bem cada vez mais disputado no planeta. Atualmente, embora muito se fale em globalização, distribuição de recursos, a realidade que se apresenta é triste.

Segundo Messias e Costa (2005) a água é um recurso finito, escasso, e, que enfrenta problemas de qualidade e quantidade, como exemplo, os autores citam que há mais de um bilhão de pessoas sem disponibilidade suficiente de água para consumo doméstico, tendendo a piorar. Isto reflete uma crise de sustentabilidade para as vidas do planeta.

Um fator preocupante consiste na crescente dinâmica de consumo de água no mundo. Estima-se um consumo mundial entre 2.879 a 5.187 km³/ano, para o ano de 2025, o que representa um crescimento de aproximadamente, 75%, em 30 anos, do volume de água utilizado em todo o nosso planeta (MESSIAS; COSTA, 2005).

“De acordo com um relatório da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco) estima que as reservas hídricas do mundo podem encolher 40% até 2030. Segundo o documento, há no mundo água suficiente para suprir as necessidades de crescimento do consumo, desde que haja uma mudança dramática no uso, gerenciamento e compartilhamento do recurso.” (RELATÓRIO..., 2015).

2.2 Sistema de Abastecimento de Água

Define-se por sistema de abastecimento de água o conjunto de obras, equipamentos e serviços destinados ao abastecimento de água potável a uma comunidade para fins de consumo doméstico, serviços públicos, consumo industrial e outros usos. Essa água fornecida pelo sistema deverá, em quantidade suficiente e da melhor qualidade, do ponto de vista físico, químico e bacteriológico. (NETTO *et al.* 1998).

De acordo com art. 3º da lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o abastecimento básico, considera-se saneamento básico o conjunto de serviços, infra-estruturas e instalações operacionais de:

a) abastecimento de água potável: constituído pelas atividades, infra-estruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição;

Também, a lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, que estabelece as diretrizes para o parcelamento do solo urbano, descreve que:

§ 6º A infra-estrutura básica dos parcelamentos situados nas zonas habitacionais declaradas por lei como de interesse social (ZHIS) consistirá, no mínimo, de:
I - vias de circulação;
II - escoamento das águas pluviais;
III - rede para o abastecimento de água potável; e
IV - soluções para o esgotamento sanitário e para a energia elétrica domiciliar.

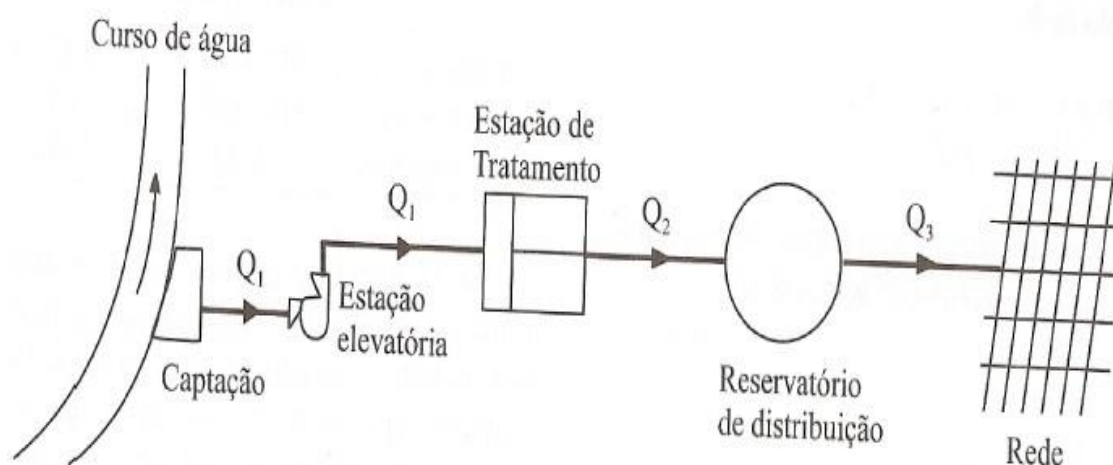
Dessa forma, o planejamento de qualquer cidade, município, bairro, loteamentos, entre outros, deve dispor de sistema de abastecimento de água que possibilita a execução das atividades humanas e o conforto da população.

2.2.1 Partes constituintes do sistema

De acordo com TSUTIYA (2005), a concepção deverá estender-se aos diversos componentes do sistema de abastecimento de água, definidos como:

- Manancial
- Captação
- Sistema elevatório
- Adutora
- Estação de tratamento de água
- Reservatório
- Rede de distribuição

Figura 1 - Partes constituintes de um sistema de abastecimento de água



Fonte: TSUTIYA (2005)

Para a implantação de um sistema de abastecimento de água, faz-se necessária a elaboração de estudos e projetos com vistas à definição das obras a serem empreendidas. Essas obras deverão ter sua capacidade determinada não somente para as necessidades atuais, mas também para o atendimento futuro da comunidade, provendo-se a construção por etapas. O período de atendimento das obras projetadas, também chamado de alcance do plano, varia normalmente entre 10 e 30 anos. (NETTO *et al.*, 1998).

2.2.1.1 Manancial

É o corpo de água superficial ou subterrâneo, de onde é retirada a água para o abastecimento. Deve fornecer vazão suficiente para atender a demanda de

água no período determinado pelo projeto, e ser considerado satisfatório sob o ponto de vista sanitário. (TSUTIYA, 2001).

Segundo Netto *et al.* (1998), os mananciais naturais de água, passíveis de aproveitamento para fins de abastecimento público, podem ser classificados em dois grandes grupos:

- **Manancial subterrâneo:** entende-se por manancial subterrâneo todo aquele cuja água provenha dos interstícios do subsolo, podendo aflorar à superfície (fontes, bicas d'água, etc.) ou ser elevada artificialmente através de conjuntos motor-bomba (poços rasos e profundos, galerias de infiltração).
- **Manancial superficial:** é constituído pelos córregos, rios, lagos, represas, etc. que, como o próprio nome indica, tem o espelho de água na superfície terrestre.

2.2.1.2 Captação

É o conjunto de obras para retirar a água do manancial. Para os mananciais superficiais, existem vários tipos de captação cujas características são ditadas tanto pelo porte e conformação do leito desses mananciais, associadas à topografia e geologia locais, como pela velocidade, qualidade e variação do nível de água. Na maioria dos casos, são empregados a captação direta, a barragem de nível, o canal de regularização, o canal de derivação, a torre de tomada, o poço de derivação e o reservatório de regularização. (DACACH, 1979).

As obras de captação devem ser projetadas e constituídas de forma que, em qualquer época do ano, sejam asseguradas condições de fácil entrada de água e, tanto quanto possível, da melhor qualidade encontrada no manancial em consideração. Também, deve-se ter sempre em vista, ao desenvolver um projeto, facilidade de operação e manutenção ao longo do tempo. (TSUTIYA, 2001).

2.2.1.3 Estação Elevatória

É um conjunto de obras e equipamentos destinados a recalcar água para a unidade seguinte. Em sistemas de abastecimento de água, geralmente há várias estações elevatórias, tanto para o recalque de água bruta, como para o recalque de

água tratada. Também é comum a estação elevatória tipo “booster”, que se destina a aumentar a pressão e/ou vazão em adutoras ou redes de distribuição de água (TSUTIYA, 2005).

De acordo com Barros *et al.* (1995), as instalações elevatórias típicas são formadas por:

- **Casa de Bombas:** edificação própria destinada a abrigar os conjuntos moto-bomba. Deve ter iluminação e ventilação adequadas e ser suficientemente espaçosa para a instalação e movimentação dos conjuntos elevatórios, incluindo espaço para a parte elétrica (quadro de comando, chaves etc);
- **Bomba:** equipamento encarregado de succionar a água retirando-a do reservatório de sucção e pressurizando-a através de seu rotor, que a impulsiona para o reservatório ou ponto de recalque. As bombas podem ser classificadas de uma maneira geral em: Turbo-bombas ou bombas hidrodinâmicas (bombas radiais ou centrífugas, as mais usadas para abastecimento público de água; bombas axiais; bombas diagonais ou de fluxo misto); e Bombas volumétricas, de uso comum na extração de água de cisterna (bombas de êmbolo ou bombas de cilindro de pistão);
- **Motor de acionamento:** equipamento encarregado do acionamento da bomba. O tipo de motor mais utilizado nos sistemas de abastecimento de água é o acionado eletricamente;
- **Linha de sucção:** conjunto de canalizações e peças que vão do poço de sucção até a entrada da bomba;
- **Linha de recalque:** conjunto de canalizações e peças que vão da saída da bomba até o reservatório ou ponto de recalque;
- **Poço de sucção:** reservatório de onde a água será recalcada. Sua capacidade ou volume deve ser estabelecido de maneira a assegurar a regularidade no trabalho de bombeamento.

2.2.1.4 Adutora

Adução é a tubulação usada para a condução da água do ponto de captação até a ETA, e da ETA até os reservatórios de distribuição, sem a existência de derivações para alimentar as canalizações de ruas e ramais prediais. (BARROS *et al.*, 1995).

Segundo Netto *et al.* (1998), as canalizações principais destinadas a conduzir água entre as unidades de um sistema público de abastecimento que antecedem a rede de distribuição são denominadas adutoras. Elas interligam a captação e tomada de água à estação de tratamento de água, e esta aos reservatórios de um mesmo sistema.

No caso de existirem derivações de uma adutora destinadas a conduzir água até outros pontos do sistema, constituindo canalizações secundárias, as mesmas receberão a denominação de subadutoras. Também são denominadas subadutoras as canalizações que conduzem água de um reservatório de distribuição para outro (NETTO *et al.*, 1998).

A classificação das adutoras, segundo Barros *et al.* (1995):

a) Quanto à natureza da água transportada

- Adutora de água bruta: transporta a água da captação até a Estação de Tratamento.
- Adutora de água tratada: transporta a água da ETA aos reservatórios de distribuição.

b) Quanto à energia utilizada para a movimentação água

- Adutora por gravidade em conduto livre: A água escoar sempre em declive, mantendo uma superfície livre sob o efeito da pressão atmosférica. Os condutos podem ser abertos ou fechados, não funcionando com seção plena (totalmente cheios).
- Adutora por gravidade em conduto forçado: A pressão interna permanentemente superior à pressão atmosférica permite à água mover-se, quer em sentido descendente quer em sentido ascendente, graças à existência de uma carga hidráulica.

- Adutora por recalque: quando, por exemplo, o local da captação estiver em um nível inferior, que não possibilite a adução por gravidade, é necessário o emprego de equipamento de recalque (conjunto moto-bomba e acessórios). O sistema de adução é composto por condutos forçados.

2.2.1.5 Estação de tratamento de água

Um sistema público de abastecimento de água deverá fornecer à comunidade água potável, isto é, água de boa qualidade para a alimentação humana e outros usos, dos pontos de vista físico, químico, biológico e bacteriológico. Para tal e em função das características qualitativas da água fornecida pelos mananciais, procede-se ao tratamento da água em estações de tratamento. A análise química e os exames físico e bacteriológico da água dos mananciais abastecedores, feitos com freqüência, determinarão a necessidade ou não de submeter essa água a processos corretivos, a fim de garantir a boa qualidade e a segurança higiênica da mesma (NETTO *et al.*, 1998).

As tecnologias de tratamento podem ser divididas entre aquelas em que é utilizada a coagulação química e as que prescindem desse processo. De outra forma, a classificação das tecnologias de tratamento poderia ser feita em função da filtração, rápida ou lenta. (TSUTIYA, 2001).

2.2.1.6 Reservatório

São unidades destinadas a compensar as variações horárias de vazão. Reservatórios não produzem água, portanto é importante entender o momento de sua construção para não gerar falsas expectativas e desperdício de recursos na oportunidade errada (NETTO *et al.*, 1998).

Segundo TSUTIYA (2001), os reservatórios de distribuição de água são dimensionados para satisfazer às seguintes condições:

- Funcionar como volantes de distribuição, atendendo à variação horária do consumo;
- Assegurar uma reserva de água para combate a incêndios;

- Manter uma reserva para atender a condições de emergência (acidentes, reparo nas instalações, interrupções da adução e outras);
- Manutenção de pressão na rede de distribuição.

Dependendo da sua configuração e sua posição com relação à rede de distribuição, podem ser classificados em (TSUTIYA, 2001):

- Enterrados, semi-enterrados, apoiados ou elevados;
- De montante ou de jusante.

Os reservatórios elevados, devido ao seu custo, em geral são associados a reservatórios apoiados ou enterrados que armazenam a maior parte do volume necessário. (TSUTIYA, 2001).

2.2.1.7 Rede de distribuição

A rede de distribuição é a estrutura do sistema mais integrada à realidade urbana, e a mais dispendiosa. É constituída de um conjunto de tubulações interligadas instaladas ao longo das vias públicas ou nos passeios, junto aos edifícios, conduzindo a água aos pontos de consumo (moradias, escolas, hospitais, escolas, etc.). (BARROS *et al.*, 1995).

Segundo Porto (2004), um sistema de distribuição de água é o conjunto de tubulações, acessórios, reservatórios, bombas etc., que tem a finalidade de atender, dentro de condições sanitárias, de vazão e pressão convenientes, a cada um dos diversos pontos de consumo de uma cidade ou setor de fornecimento.

Evidentemente, em função do porte do problema, o sistema de abastecimento torna-se bastante complexo, não só quanto ao dimensionamento, mas também quanto à operação e manutenção. Trata-se, em geral, da parte mais dispendiosa do projeto global de abastecimento, exigindo considerável atenção do projetista no que concerne aos parâmetros do sistema, hipóteses de cálculo assumidas e metodologias, de modo a obter um projeto eficiente (PORTO, 2004).

A qualidade da água na rede de distribuição deve ser resguardada, e para isso são necessários alguns cuidados, de acordo com Barros *et al.* (1995), como:

- o sistema deve ser projetado, construído e operado de forma a manter pressão mínima em qualquer ponto da rede;
 - os registros e dispositivos de descarga devem ser projetados e convenientemente posicionados para permitir manutenção e descarga sem prejudicar o abastecimento;
 - o sistema deve estar protegido contra poluição externa; durante a execução da rede e durante os reparos, substituições, remanejamentos e prolongamentos, devem ser tomados os cuidados necessários para impedir a ocorrência de contaminação;
 - a desinfecção das tubulações, por ocasião do assentamento e dos reparos, deve ser feita com uma solução concentrada de cloro (50 mg de cloro por litro) durante 24 horas. Após esse período, essa solução é descarregada, enchendo-se a canalização com água limpa. Toda a operação deve ser controlada por exames bacteriológicos;
 - as tubulações de água potável devem ser assentadas em valas situadas a uma distância mínima de 3,0 m da tubulação de esgoto, para evitar contaminação;
 - em alguns casos, como por exemplo arruamentos pavimentados com grande largura, pode ser mais vantajoso e econômico situar a rede de água nas calçadas;
 - em geral as juntas das tubulações não resistem a pressões de fora para dentro (sub-pressões). Em sistemas em que o fornecimento de água não é contínuo, nas horas em que não houver abastecimento haverá pouca ou nenhuma pressão na rede, podendo até ser negativa. Nessas ocasiões, há perigo de penetração ou sucção de água contaminada para dentro da rede.
- Assim, as boas condições de operação do sistema, evitando interrupções, diminuem a possibilidade de contaminação da rede.

2.2.2 Variações de consumo em um sistema de abastecimento de água

Num sistema público de abastecimento de água, a quantidade de água consumida varia continuamente em função do tempo, das condições climáticas, hábitos da população, etc. (NETTO *et al.*, 1998).

Em países tropicais notadamente, há meses em que o consumo de água é maior, como no verão. Por outro lado, no mesmo mês ou semana, existem dias em que a demanda de água assume valores maiores sobre os demais. (NETTO *et al.*, 1998).

Durante o dia, a vazão veiculada por uma rede pública varia continuamente; a vazão supera o valor médio, atingindo valores máximos em torno do meio-dia. No período noturno, o consumo cai abaixo da média, apresentando valores mínimos nas primeiras horas da madrugada. (NETTO *et al.*, 1998).

Podem, pois, ser consideradas as seguintes variações de consumo: mensais, diárias, horárias e instantâneas. (NETTO *et al.*, 1998).

A capacidade dos reservatórios de distribuição, considerando apenas o consumo médio anual, não tem condições de contrabalançar esse excesso de consumo e, portanto, as obras de adução devem ser projetadas para atender a demanda dos dias de maior consumo. (NETTO *et al.*, 1998).

As variações instantâneas, mais pronunciadas nos trechos extremos das redes (de menor vazão), decorrem do uso simultâneo de torneiras e aparelhos. Assim sendo, verifica-se a necessidade de se estabelecerem coeficientes que traduzam essas variações de consumo para o dimensionamento das diversas unidades de um sistema público de abastecimento de água (NETTO *et al.*, 1998).

- Coeficiente do dia de maior consumo (k_1). O 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. Os valores de k_1 recomendáveis para projeto são de 1,1 a 1,4.
- Coeficiente da hora de maior consumo (k_2). O coeficiente da hora de maior consumo é a relação entre a maior vazão horária e a vazão média do dia de maior consumo.

Os valores de k_2 , são obtidos através de observações sistemáticas de medidores instalados à jusantes dos reservatórios de distribuição. Os valores de k_2 recomendáveis para projeto são de 1,5 a 2,3 (NETTO *et al.*, 1998).

Os menores valores de k_1 são encontrados em cidades com pequenas variações climáticas. Os maiores valores de k_2 decorrem de pequeno número ou

inexistência de reservatórios domiciliares. Neste caso geralmente recomenda-se o uso do coeficiente de reforço, obtido do produto de k_1 vezes o k_2 (NETTO *et al.*, 1998).

2.2.3 Normas regulamentadoras para projetos de sistemas de abastecimento de água

A ABNT disponibiliza algumas normas para a elaboração de projetos de sistemas de abastecimento de água. As mesmas estão relacionadas a seguir.

- NBR 12211 – Estudos de Concepção de Sistemas Públicos de Abastecimento de Água - 1992.
- NBR 12212 – Projeto de Poço para Captação de Água Subterrânea – 1992.
- NBR 12213 – Projeto de Captação de Água de Superfície para Abastecimento Público – 1992.
- NBR 12214 – Projeto de Sistema de Bombeamento de Água para Abastecimento Público – 1992.
- NBR 12215 – Projeto de Adutora de Água para Abastecimento Público – 1991.
- NBR 12216 – Projeto de Estação de Tratamento de Água para Abastecimento Público – 1992.
- NBR 12217 – Projeto de Reservatório de Distribuição de Água para Abastecimento Público – 1994.
- NBR 12218 – Projeto de Rede de Distribuição de Água para Abastecimento Público – 1994.

2.3 Cidade de Palmas-TO e o Sistema de Abastecimento de Água

Segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico de Palmas/TO, a cidade possui 99% da população urbana atendida com abastecimento de água, com padrões de qualidade no atendimento sendo respeitados. O Sistema de

Abastecimento de Água – SAA está em sua maior parte integrado à ETA 006, que abastece parte da região central de Palmas (Plano Diretor) e da região Sul (Aureny, Taquaralto, Taquari). Existem ainda outros sistemas menores que complementam as vazões necessárias ao abastecimento, compondo assim o abastecimento da sede municipal. O SAA conta ainda com o abastecimento dos Distritos de Buritirana e Taquaruçu, que possuem sistemas de produção e distribuição independentes.

A Odebrecht Ambiental/Sanetatis é a empresa responsável pelo sistema de abastecimento de água do Estado do Tocantins. Segundo o Informativo de Qualidade da empresa do período de dezembro de 2013 a novembro de 2014, o sistema de tratamento de água do município de Palmas/TO é composto pelas seguintes ETAs (Estação de Tratamento de Água) e UTSs (Unidade de Tratamento Simplificado):

- ETA 003: Nesta estação, a água é captada no córrego Água Fria e passa posteriormente pelos processos de adução, coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoretação e alcalinização, reservação e distribuição. A ETA está localizada à margem direita da rodovia TO-010, km 4, sentido Palmas-Miracema, Chácara Morro do Governador, lote Gleba Única.
- ETA 006: Nesta estação, a água é captada no ribeirão Taquarussu Grande e passa posteriormente pelos processos de adução, coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoretação, alcalinização, reservação e distribuição. A ETA está localizada à margem esquerda da rodovia TO-050, km 13, sentido Palmas-Taquaralto.
- ETA 007: Nesta estação, a água é captada no córrego Roncador e passa posteriormente pelos processos de adução, coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção, fluoretação, alcalinização, reservação e distribuição. A ETA está localizada na Terceira avenida, esquina com Rua 8, quadra 47, lote 1/2/3, Taquaruçu, Palmas/TO.
- UTS 002: Nesta unidade, a água é captada em quatro poços tubulares profundos e passa pelos processos de adução, desinfecção, fluoretação, alcalinização, reservação e distribuição. A UTS está localizada no loteamento Taquari, quadra T 20, Avenida Teotônio Segurado, Setor Taquari.

- UTS 003: Nesta unidade, a água é captada em uma nascente e passa pelos processos de adução, desinfecção, fluoretação, reservação e distribuição. A UTS está localizada no distrito de Buritirana, na Rua Manoel Ferreira Leite s/n.

2.3.1 Distrito de Taquaruçu

O distrito de Taquaruçu situa-se no município de Palmas, capital do estado do Tocantins. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), sua população no ano de 2010 era de 4 739 habitantes, apresentando uma densidade demográfica de 10,1 habitantes/km².

Figura 2 - Fotografia aérea do distrito de Taquaruçu



Fonte: Prefeitura Municipal de Palmas

Segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico de Palmas/TO, atualmente o sistema de captação e tratamento do Distrito de Taquaruçu tem capacidade para produzir uma vazão de até 13 l/s.

O Sistema Produtor de Taquaruçu é alimentado por meio de captação superficial, tipo barragem de nível, no córrego Roncador, localizados na região próxima ao distrito. A captação é feita por gravidade em tubo PVC de 150 mm, até a ETA 007. (PMSB/PALMAS, 2013).

2.3.2 O Loteamento Verde Vida

O Loteamento Verde Vida é resultado do parcelamento da Chácara nº 34, do loteamento Santa Fé, situado no distrito de Taquaruçu, município de Palmas, capital do estado do Tocantins.

Possui uma área equivalente 201,00 ha (Duzentos e um hectares) parcelada em 252 lotes de tamanhos variados, topografia bastante irregular e vegetação típica, cerrado. Atualmente, por ser um loteamento com pouco tempo de construção, constitui-se de poucos lotes edificadas e não estruturados por abastecimento público de água.

3 METODOLOGIA

Para o estudo da concepção mais adequada ao projeto de abastecimento do loteamento Verde Vida, serão analisadas três concepções distintas. Segue abaixo a relação das mesmas e a perspectiva de estudo de cada uma delas.

3.1 Concepções para o abastecimento de água do Loteamento Verde Vida

3.1.1 Concepção 01 - Captação por poços subterrâneos

Essa concepção irá propor a captação de água subterrânea através de um poço escavado a montante do loteamento.

A determinação da vazão de captação será feita através dos resultados de vazões de dois poços já perfurados no local de estudo. Após a captação, as fases subseqüentes serão: adução, reservação e distribuição.

3.1.2 Concepção 02 - Utilização da rede de distribuição existente no distrito de Taquaruçu

Como já explicado anteriormente, há uma conduto secundário da rede de distribuição do distrito de Taquaruçu instalado próximo a entrada do loteamento Verde Vida que, inclusive, fornece água para todas as residências alocadas atualmente no loteamento através de um hidrômetro adquirido por um morador. Sendo assim, esta concepção objetiva a utilização dessa rede para o abastecimento do loteamento, tendo em vista que será feita toda a estruturação do sistema, composta por rede de distribuição, reservatório e estação elevatória.

3.1.3 Concepção 03 - Sistema misto: Captação por poços subterrâneos e utilização da rede existente no distrito de Taquaruçu

Nesta concepção será proposta a utilização da captação de água por um poço subterrâneo escavado a montante da área e o aproveitamento da rede de distribuição do distrito de Taquaruçu. A utilização do poço será para abastecimento

da zona mais alta do loteamento. Ao contrário, a utilização da rede de Taquaruçu será para o abastecimento da zona mais baixa onde houver possibilidade no atendimento das pressões.

3.2 Estudos e levantamentos prévios para elaboração do sistema de abastecimento de água

Toda e qualquer concepção de projeto de abastecimento de água para qualquer que seja o local deve ser submetida a algumas etapas para caracterização da área em estudo que permitirá ao projetista obter parâmetros para elaboração do projeto. Estão listadas abaixo as etapas e as diretrizes que serão impostas para o desenvolvimento do presente projeto.

3.3 Caracterização e quantificação da população e área de projeto

Essa análise será feita com base na quantificação dos lotes presente no loteamento Verde Vida e na taxa de ocupação do distrito de Taquaruçu de acordo com os dados do último censo do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

Serão verificados o levantamento topográfico e planialtimétrico da área que abrange o loteamento para determinação do traçado das redes de distribuição e das zonas das pressões estática e dinâmica que deverão permanecer entre 50 e 10 metros coluna de água, respectivamente, segundo a NBR 12.218.

3.4 Demanda de água

Esta análise permite ao projetista determinar o quanto de água será preciso para abastecer o local de projeto.

Para tanto, tal determinação será feita com base na quantidade de lotes presente na área em estudo, na taxa de ocupação do distrito de Taquaruçu utilizando dados do último censo do IBGE, no consumo per capita e nos coeficientes do dia e horário de maior consumo (k_1 e k_2).

O consumo per capita e os coeficientes de consumo para a determinação da demanda de água do loteamento Verde Vida, serão respectivamente, 125 litros por habitante x dia, $k_1=1,2$ e $k_2=1,5$, recomendado por Azevedo Netto, em Manual de Hidráulica.

3.5 Vazões de projeto

A determinação das vazões de projeto permitirá a obtenção da quantidade de água que o sistema necessitará em todas as suas fases. São elas: captação, adução e distribuição. Abaixo estão representadas as fórmulas para determinação das vazões das fases acima citadas.

- **Captação**

$$Q_1 = \left(\frac{p \cdot q \cdot k_1}{3600 \cdot t} \right)$$

- **Adução**

$$Q_1 = \left(\frac{p \cdot q \cdot k_1}{3600 \cdot t} \right)$$

- **Rede de distribuição**

$$Q_3 = \frac{p \cdot q \cdot k_1 \cdot k_2}{86400}$$

Onde: p= população de projeto

q= consumo per capita (125 litros por habitante x dia)

t= tempo de operação (h)

k_1 = coeficiente do dia de maior consumo

k_2 = coeficiente da hora de maior consumo

3.6 Reservatórios

O dimensionamento dos reservatórios será feito com base na determinação do volume útil necessário para atender as variações diárias de consumo.

Como o local estudado não dispõe dos dados de consumo diário, serão utilizadas as variações diárias determinadas pelas taxas de consumo para o intervalo de 2 em 2 horas analisadas pelo autor Azevedo Netto, em Manual de Hidráulica (1998).

Segue abaixo o quadro de taxas de consumo para os devidos intervalos.

Quadro 1 - Taxas de consumo para dimensionamento de reservatórios

Intervalo de Horas	Consumo no intervalo %
0 - 2	3,35
2 - 4	3,35
4 - 6	5,00
6 - 8	9,20
8 - 10	12,05
10 - 12	11,70
12 - 14	12,05
14 - 16	10,80
16 - 18	11,70
18 - 20	9,60
20 - 22	6,20
22 - 24	5,00

Fonte: Com adaptações (NETTO, 1998)

Caso o sistema necessite de reservatórios, estes serão do tipo metálico, apoiados ou elevados ao solo.

3.7 Traçado e dimensionamento da rede de distribuição

Depois de determinadas as vazões de cada fase do sistema, o projeto procederá com o traçado e dimensionamento da rede de distribuição que poderá ser malhada, ramificada ou mista e composta por tubulações primárias e secundárias.

Caso a rede seja malhada, o dimensionamento será feito pelo método de Hardy-Cross. Já no caso em que a rede for ramificada, o dimensionamento procederá com o método do seccionamento fictício.

As tubulações secundárias deverão obedecer ao item 5.7.2 da NBR 12218, que determina que o diâmetro mínimo para os condutos secundários é de 50mm.

3.8 Apresentação da alternativa de abastecimento de água mais adequada ao Loteamento Verde Vida

Depois de concluído o estudo das três concepções analisadas no presente projeto, será apresentado a alternativa que mais se adéqua ao abastecimento de água do loteamento Verde Vida.

Essa apresentação será composta por planilhas de cálculo do Microsoft Excel, figuras ilustrativas (utilizando a ferramenta GoogleEarth ou fotografias manuais) e tabelas utilizadas no dimensionamento. A rede de distribuição será traçada pelo software AutoCad 2013 no formato DWG.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 População de projeto

Segundo o IBGE (censo 2010), a taxa de ocupação no distrito de Taquaruçu é de 3,76 habitantes/domicílio.

Sabendo-se que o loteamento em estudo é composto por 252 lotes e não possui expectativa de expansão, a saber, que é um loteamento rural, determinou-se estatisticamente a população que será beneficiada pelo sistema.

$$Pop = 252 \times 3,76$$

$$Pop \cong \mathbf{950 \text{ habitantes}}$$

4.2 Vazão de Projeto (demanda de água)

Obtendo-se o número de habitantes na área e utilizando o consumo per capita e os coeficientes do dia e hora de maior consumo adotados, determinou-se a vazão de projeto utilizada no dimensionamento do sistema.

Dados:

População = 950 habitantes

K1= 1,2

K2= 1,5

Consumo per capita (Cp)= 125l/hab.xdia

• Vazão média

$$Q_{média} = \frac{Pop \times Cp}{86400}$$

$$Q_{média} = \frac{950 \times 125}{86400}$$

$$Q_{média} = 1,37 \text{ litros/s ou } 0,00137 \text{ m}^3/\text{s}$$

• Vazão de Projeto

$$Q_p = k_1 \times k_2 \times Q_{m\u00e9dia}$$

$$Q_p = 1,2 \times 1,5 \times 2,31$$

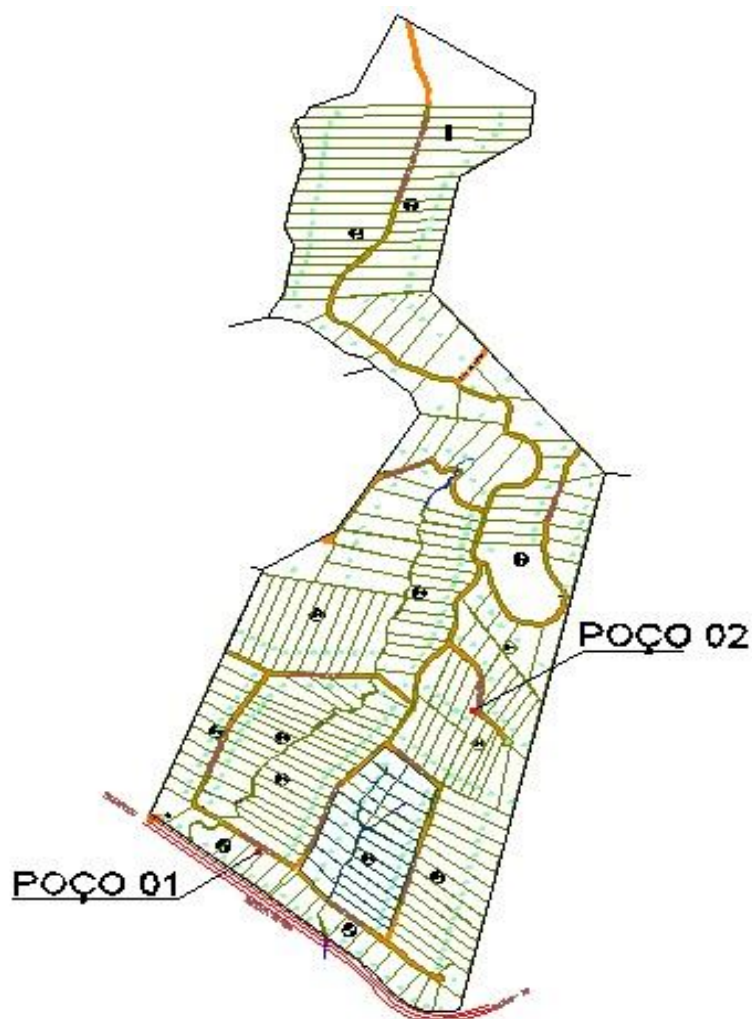
$$Q_p = \mathbf{2,474 \text{ litros/sou } 0,002474 \text{ m}^3/\text{s}}$$

4.3 Definição das fontes de abastecimento

Conforme as características da área e a ciência de que o loteamento Verde Vida é abastecido por apenas 1 (um) hidrômetro que rateia água para todos os moradores atualmente alocados no mesmo, as fontes de abastecimento do local foram definidas de acordo com as justificativas abaixo explanadas.

- **Captação de águas subterrâneas:** A utilização desse método consistiu aos fatos de que o loteamento Verde Vida seja constituído de uma planialtimetria bastante irregular, contendo uma diferença de nível de 250,00 metros e, a utilização da rede de abastecimento do distrito de Taquaruçu apresentou pressão insuficiente para abastecer todas as unidades presentes na área. Outro fator bastante considerável na escolha desse tipo de captação foram as informações de moradores sobre vazões de dois poços subterrâneos perfurados em dois lotes distintos, distantes de 750,00 metros um do outro. O primeiro, localizado no Lote 03, QI-B, foi perfurado no dia 03 de agosto de 2015 e apresentou uma vazão de 35000 litros por hora, 142 metros de profundidade e nível estático de 25 metros, segundo a empresa responsável pela perfuração. O segundo, perfurado no dia 10 de agosto de 2015 pela mesma empresa, localizado no Lote 16, QI-H, apresentou uma vazão de 50000 litros por hora, 184 metros de profundidade e nível estático de 30 metros. A situação dos poços perfurados está ilustrada na figura abaixo.

Figura 3 - Disposição de poços subterrâneos perfurados no loteamento Verde Vida



Fonte: O Autor

- Utilização da rede de distribuição do distrito de Taquaruçu: A escolha desse artifício foi proveniente da presença de rede de distribuição pública na limitação a jusante do loteamento que interliga o hidrômetro de rateio das unidades alocadas atualmente na área. Dessa forma, foi colocado um reservatório nas proximidades do hidrômetro acima referido para recalcar água para a montante do loteamento e posteriormente fazer a distribuição por gravidade. Em outro plano, obtendo-se os dados de pressão e vazão deste mesmo hidrômetro, fez-se a utilização da rede pública do distrito de Taquaruçu para o abastecimento das unidades dentro do limite dinâmico de 10 m.c.a., definido como o mínimo aceitável pela NBR 12216; e as unidades remanescentes foram abastecidas pelo poço perfurado a montante do loteamento.

4.4 Concepção 01 - Captação por poço subterrâneo

O abastecimento de água do loteamento Verde Vida utilizando-se poços subterrâneos é uma alternativa muito válida pelo fato da área abastecível possuir poços com excelentes vazões, sendo estas comentadas anteriormente no item 4.3.

Dessa forma, esta concepção consiste na perfuração de um poço artesiano a montante do loteamento que fará a distribuição de água por gravidade em todos os lotes.

Com base nos dados reais dos dois poços perfurados na área foram admitidos dados aleatórios, porém coerentes para tal poço, e feito o dimensionamento do sistema desde a captação à distribuição.

A seguir, foi dimensionado o sistema levando em conta tais considerações.

Dados do poço a montante:

Profundidade (P) = 140m

Diâmetro: 6"

Nível Estático (NE) = 25 m

Nível Dinâmico (ND) = 40 m

Disposição da bomba = 48 m

4.4.1 Vazão de Adução

A determinação da vazão de adução foi feita levando-se em conta a população, o consumo per capita, o tempo de adução e o coeficiente do dia de maior consumo. Segue o cálculo abaixo:

$$Q_{adução} = \frac{k1 \times Pop \times Pc}{3600 \times t}$$

$$Q_{adução} = \frac{1,2 \times 950 \times 125}{3600 \times 10}$$

$$Q_{adução} = \mathbf{3,96 \text{ l/s ou } 0,00396 \text{ m}^3/\text{s}}$$

4.4.2 Diâmetro da tubulação de recalque

Definida a vazão de adução, determinou-se o diâmetro da adutora que interliga a saída da bomba e o reservatório de distribuição. Tal diâmetro foi calculado pela equação da continuidade adotando uma velocidade de 1,5 m/s.

$$Dr = \sqrt{\frac{4 \times 0,00396}{\pi \times 1,5}}$$

$$Dr = \mathbf{0,057 \text{ m} \rightarrow \text{DN 60 mm} = 2.1/2''}$$

- Verificação da velocidade

$$V = \frac{0,00396}{\frac{\pi \times 0,060^2}{4}}$$

$$V \simeq \mathbf{1,4 \text{ m/s OK!}}$$

4.4.3 Sistema de recalque

A determinação do sistema de recalque foi baseada na utilização de uma bomba submersa a uma profundidade de 48 metros do nível do terreno e 8 metros do nível dinâmico. Para tanto, foi calculada a perda de carga na tubulação de recalque, a altura manométrica e posteriormente, determinada a bomba a ser utilizada.

Segue abaixo, o roteiro de cálculo com seus devidos resultados.

4.4.3.1 Perdas localizadas

A determinação das perdas localizadas foi em função dos dispositivos e conexões presentes na tubulação que geram perdas de carga convertidas em comprimento equivalentes de tubulação.

Dessa forma, foi utilizada a tabela a seguir para quantificação das perdas localizadas na tubulação de recalque.

Tabela 1 - Comprimentos equivalentes de perdas localizadas (m)

DIÂMETRO D mm pol	COTOVELO 90°		RAIO LONGO		COTOVELO 90°		RAIO MÉDIO		COTOVELO 90°		RAIO CURTO		COTOVELO 45°		CURVA 90°		CURVA 90°		CURVA 90°		CURVA 45°		ENTRADA NORMAL	ENTRADA DE BORDA	REGISTRO DE GAVETA ABERTO	REGISTRO DE GLOBO ABERTO	REGISTRO DE ÂNGULO ABERTO	TE PASSAGEM DIRETA	TE SAÍDA DE LADO	TE SAÍDA BILATERAL	VALVULA DE PE E CRIVO	SAÍDA DA CANALIZ.	VALVULA DE RETENÇÃO TIPO LEVE	VALVULA DE RETENÇÃO TIPO PESADO
	mm	pol	6,3	9,4	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,1	4,9	2,6	0,3	1,0	1,0	3,6	0,4	1,1	1,6
19	3/4	0,4	0,6	0,7	0,3	0,3	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,1	6,7	3,6	0,4	1,4	1,4	5,6	0,5	1,6	2,4	
25	1	0,5	0,7	0,8	0,4	0,3	0,3	0,5	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,7	0,2	8,2	4,6	0,5	1,7	1,7	7,3	0,7	2,1	3,2	
32	1 1/4	0,7	0,9	1,1	0,5	0,4	0,4	0,6	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,9	0,2	11,3	5,6	0,7	2,3	2,3	10,0	0,9	2,7	4,0	
38	1 1/2	0,9	1,1	1,3	0,6	0,5	0,5	0,7	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	0,3	13,4	6,7	0,9	2,8	2,8	11,6	1,0	3,2	4,8	
50	2	1,1	1,4	1,7	0,8	0,6	0,6	0,9	0,4	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	1,5	0,4	17,4	8,5	1,1	3,5	3,5	14,0	1,5	4,2	6,4	
63	2 1/2	1,3	1,7	2,0	0,9	0,8	0,8	1,0	0,5	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,9	0,4	21,0	10,0	1,3	4,3	4,3	17,0	1,9	5,2	8,1	
75	3	1,6	2,1	2,5	1,2	1,0	1,0	1,3	0,6	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	2,2	0,5	26,0	13,0	1,6	5,2	5,2	20,0	2,2	6,3	9,7	
100	4	2,1	2,8	3,4	1,5	1,3	1,3	1,6	0,7	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	3,2	0,7	34,0	17,0	2,1	6,7	6,7	23,0	3,2	6,4	12,9	
125	5	2,7	3,7	4,2	1,9	1,6	1,6	2,1	0,9	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	4,0	0,9	43,0	21,0	2,7	8,4	8,4	30,0	4,0	10,4	16,1	
150	6	3,4	4,3	4,9	2,3	1,9	1,9	2,5	1,1	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	5,0	1,1	51,0	26,0	3,4	10,0	10,0	39,0	5,0	12,5	19,3	
200	8	4,3	5,5	6,4	3,0	2,4	2,4	3,3	1,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	6,0	1,4	67,0	34,0	4,3	13,0	13,0	52,0	6,0	16,0	25,0		
250	10	5,5	6,7	7,9	3,8	3,0	3,0	4,1	1,8	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	7,5	1,7	85,0	43,0	5,5	16,0	16,0	65,0	7,5	20,0	32,0		
300	12	6,1	7,9	9,5	4,6	3,6	3,6	4,8	2,2	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	9,0	2,1	102,0	51,0	6,1	19,0	19,0	78,0	9,0	24,0	38,0		
350	14	7,3	9,5	10,5	5,3	4,4	4,4	5,4	2,5	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	11,0	2,4	120,0	60,0	7,3	22,0	22,0	90,0	11,0	28,0	45,0		

*Os valores indicados para registros de globo aplicam-se também às torneiras, válvulas para chuveiros e válvulas de descarga

Fonte: NETTO (1998)

Com base na tabela acima, determinou-se as perdas localizadas de acordo com o quadro abaixo.

Quadro 2 - Perdas de carga localizadas na tubulação de recalque

Dispositivo ou conexão	Quant.	Perda unitária (m)	Perda Total (m)
Têe de passagem direta	2	1,3	2,6
Válvula de retenção	1	5,2	5,2
Registro de gaveta	1	0,4	0,4
Joelho 90°	1	2	2
Curva 90°	2	0,8	1,6
Curva 45°	2	0,5	1
Total			12,8

Fonte: O Autor

4.4.3.2 Comprimento equivalente da tubulação de recalque

Após a quantificação das perdas localizadas procedeu-se com o cálculo do comprimento equivalente da tubulação de recalque, sendo a somatória do comprimento a perdas localizadas, mais o comprimento da tubulação desde o nível dinâmico à entrada do reservatório. Segue o cálculo abaixo.

$$CTE = ND + TA + PI$$

Onde: ND = Comprimento da tubulação da saída do poço ao nível dinâmico (m)

TA = Comprimento da saída do poço à entrada do reservatório (m)

PI = Perda de carga localizada (m)

$$CTE = 40 + 17,5 + 12,8$$

$$CTE = \mathbf{70,3 \text{ m}}$$

4.4.3.3 Perda de carga total na tubulação de recalque

A perda de carga total na tubulação de recalque é um acréscimo de pressão que deve ser levado em consideração no dimensionamento do sistema de bombeamento.

Para isso, foi utilizada a fórmula de Hazen-Williams para quantificação desse parâmetro.

$$H_f = \frac{10,643 \times Q^{1,852}}{C^{1,852} \times D^{4,87}} \times CTE$$

Onde: Q = Vazão em m³/s

C = Coeficiente de rugosidade do PVC.

D = Diâmetro da tubulação (m)

CTE = Comprimento total equivalente da tubulação de recalque

$$H_f = \frac{10,643 \times 0,00396^{1,852}}{140^{1,852} \times 0,060^{4,87}} \times 70,3$$

$$H_f = \mathbf{2,52 \text{ m.c.a.}}$$

4.4.3.4 Altura Manométrica (Hm)

A determinação da altura manométrica utilizada na definição da potência da bomba de sucção foi feita com a somatória da diferença de nível entre o terreno e o nível dinâmico, da diferença de nível entre o terreno e o reservatório no nível máximo, acrescentada a perda de carga. Dessa forma, tem-se:

$$Hm = 40 + 6 + 2,52$$

$$Hm = \mathbf{48,52 \text{ m.c.a.}}$$

4.4.3.5 Determinação do conjunto motor-bomba

Para determinação da bomba necessária para atender os parâmetros do sistema de recalque, foram traçadas a curva característica do sistema e a curva da bomba submersível, a fim de se verificar a utilização ótima do sistema.

Quadro 3 - Comportamento característico do sistema

Vazão (l/s)	Vazão (m³/h)	Perda de Carga (Hf)	Altura Manométrica (mca)
0	0	0,00	46,00
1	3,6	0,20	46,20
2	7,2	0,71	46,71
3	10,8	1,50	47,50
3,5	12,6	2,00	48,00
4	14,4	2,56	48,56
5	18	3,88	49,88
7	25,2	7,23	53,23

Fonte: O Autor

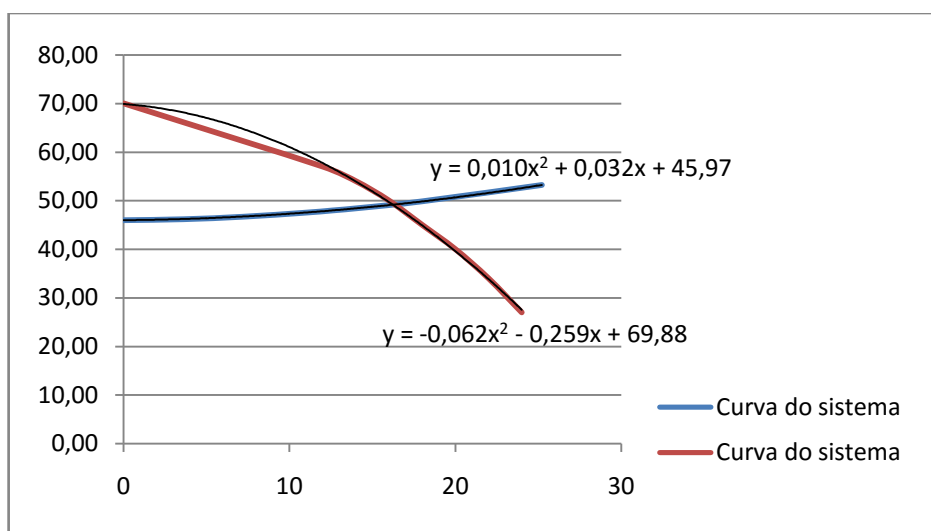
Para atendimento aos critérios do quadro acima, foi escolhida uma bomba submersível da marca Leão, cuja escolha do modelo foi verificada analisando o quadro abaixo.

Tabela 2 - Comportamento característico das bombas submersíveis - Marca Leão, Modelo R20A

Modelo	Potência (cv)	Estágios	Características Hidráulicas								Peso (Kg)	Ø mínimo do Poço (pol.)	Ø Recalque
			Vazão (m³/h)										
			0	12	14	16	18	20	22	24			
			Altura Manométrica Total (m.c.a.)										
R20A-01 500	1	1	17,5	14	13,5	12,5	11	10	8,5	7	42,1	6"	2 1/2" BSP
R20A-02 500	2	2	35	28	27	25	22,5	20	17	13	49,1		
R20A-03 500	3	3	53	42,5	40,5	37,5	33,5	29,5	25	19	55,3		
R20A-04 500	4,5	4	70	57	54	50	45	40	34	27	58,5		
R20A-05 500	5,5	5	88	72	67,5	63	56	50	42,5	33,5	65,4		
R20A-06 500	6	6	106	87	82	78	71	61,5	53	44	69,7		
R20A-07 500	7	7	122	100	95	90	81	71	61	49	71,8		
R20A-08 610	8	8	140	115	110	103	94	83	72	60,5	81,4		
R20A-09 610	9	9	157	128	122	114	104	92	79	66	83,6		
R20A-10 610	11	10	175	142	136	128	116	104	89	75	88,5		
R20A-11 610	11	11	192	155	148	139	126,5	112	96	80	93,5		
R20A-12 610	12	12	209	170	162	151	138	123	105	88	99,8		
R20A-13 610	13	13	227	184	175	163	148	132	112	93	101,4		
R20A-14 710	15	14	246	201	192	180	163	146	124	104	123,1		
R20A-15 710	16	15	264	214	204	192	174	154	131	110	131,2		
R20A-16 710	17	16	281	228	218	205	187	164	141	117	135,3		
R20A-17 710	18	17	298	242	232	218	198	174	148	123	137,4		
R20A-19 710	19	19	333	270	259	241	219	192	165	136	144,2		
R20A-20 710	20	20	351	284	273	253	230	202	173	142	146,3		
R20A-22 710	22,5	22	386	314	302	282	257	222	193	157	155,9		
R20A-24 760	25	24	422	347	334	312	289	248	215	177	162,3		

Catálogo Bombas Leão, 2016

Tendo como referência o comportamento das bombas do quadro acima, foi escolhida a modelo R20A-04 500 para análise das curvas características. Tais resultados constam no gráfico a seguir.

Gráfico 1 - Curvas características do sistema e bomba submersível

Fonte: O Autor

Igualando as equações das curvas características do gráfico acima, obteve-se o ponto de funcionamento ótimo do sistema, resultando numa vazão de 16,31 m³/h para uma altura manométrica de 49,15 m.c.a., satisfazendo assim, as exigências da estação elevatória calculadas anteriormente para a presente concepção.

4.4.4 Dimensionamento do reservatório de distribuição

A quantificação do volume de reservação para o atendimento a demanda de água do loteamento Verde Vida foi calculado com base nas taxas de consumo utilizada pelo autor Azevedo Netto, em Manual de Hidráulica (1998).

Para isso, calculou-se primeiramente a vazão horária para 10 horas de adução e procedeu-se com a determinação do volume de reservação.

$$Q_{\text{horária}} = Q_{\text{adução}} \times 3,6$$

$$Q_{\text{horária}} = 3,96 \times 3,6$$

$$Q_{\text{horária}} = \mathbf{14,256 \text{ m}^3/\text{h}}$$

Levando em consideração que o método de dimensionamento proposto considera intervalos de 2 em 2 horas, o volume de adução em duas horas é 28,512 m³.

Assim, considerou-se o período de adução entre as 8:00 e as 18:00 horas, por se tratar de um período que possui maior índice de consumo diário. No quadro abaixo está explicito os volumes de consumo e adução durante o dia de consumo máximo.

Quadro 4 - Análise dos volumes de consumo e adução

Intervalo de Horas	Taxa de Consumo	Consumo (m ³)	Adução (m ³)	A - C
00-02	3,35	7,17		-7,17
02-04	3,35	7,17		-7,17
04-06	5,00	10,70		-10,70
06-08	9,20	19,69		-19,69
08-10	12,05	25,79	28,512	2,73
10-12	11,70	25,04	28,512	3,47
12-14	12,05	25,79	28,512	2,73
14-16	10,80	23,11	28,512	5,40
16-18	11,70	25,04	28,512	3,47
18-20	9,60	20,54		-20,54
20-22	6,20	13,27		-13,27
22-24	5,00	10,70		-10,70
TOTAL	100,00	214	142,56	-89,24

Fonte: O Autor

Fazendo uma análise dos dados do quadro acima, determinou-se o volume do reservatório de distribuição para o loteamento Verde Vida. Tal volume foi determinado a partir do acumulado de volumes nos períodos em que houve esvaziamento do reservatório (A - C = valor negativo).

$$Vol \cong 7,17 + 7,17 + 10,70 + 19,69 + 2,73 + 3,47 + 2,73 + 5,40 + 3,47 + 20,54 + 13,27 + 10,70$$

$$Vol \cong \mathbf{90 \text{ m}^3}$$

Adotando uma altura de 6 metros para atendimento da pressão mínima à montante do primeiro trecho, obteve-se o diâmetro necessário para o volume útil.

$$D = \sqrt{\frac{90}{\pi} \times 4}$$

$$D \cong \mathbf{4,4 \text{ m}}$$

- Dimensões do reservatório

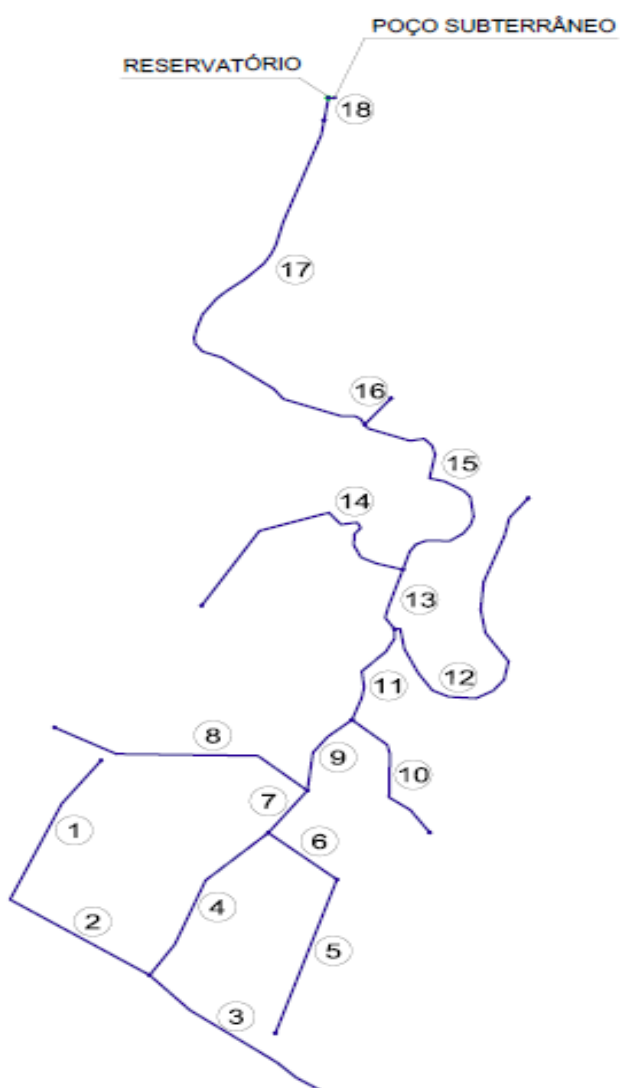
$$\phi \mathbf{4,4 \text{ m}}$$

$$h = \mathbf{6,0 \text{ m}}$$

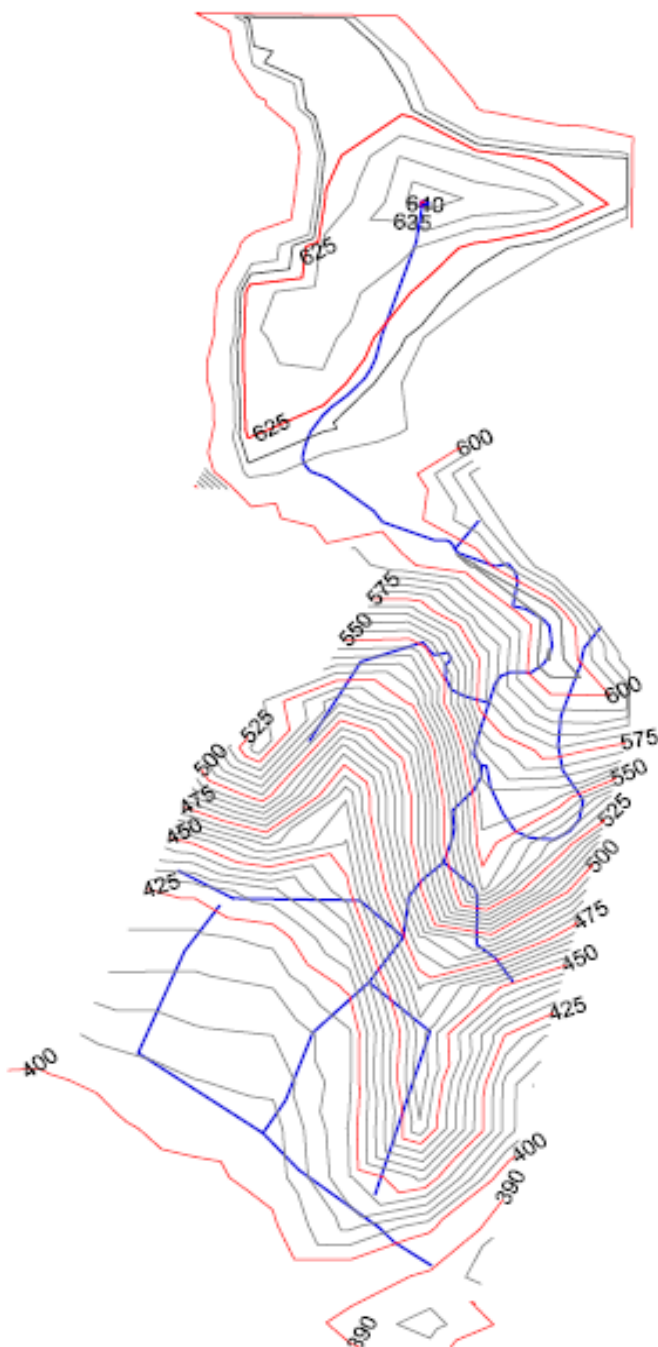
4.4.5 Rede de distribuição

O traçado da rede de distribuição do loteamento Verde Vida foi do tipo ramificado escolhido a partir das condições dos arruamentos e calculado pelo método do seccionamento fictício, dividido em 18 trechos e totalizando 7.778,44 metros de comprimento.

Figura 4 - Traçado dos trechos da rede de distribuição



Fonte: O Autor, 2015

Figura 5 - Curvas de nível de projeto

Fonte: O Autor, 2015.

A vazão de projeto utilizada no dimensionamento foi de 2,474 l/s determinada anteriormente neste trabalho.

Após definido o traçado das tubulações e determinada a vazão de projeto para atendimento a demanda de água do loteamento Verde Vida, foi dimensionada a rede de distribuição de acordo com o roteiro abaixo explanado.

- Coluna 1: Nesta coluna fez-se a numeração dos trechos, onde foi levado em consideração o estabelecido no traçado da rede, o sentido do fluxo e o nó mais afastado do reservatório, que recebeu o número 1;
- Coluna 2: Foram anotados os valores dos comprimentos dos trechos, usando o metro como unidade de medida. A extensão considerada foi do nó a montante ao nó a jusante de cada trecho.
- Coluna 3: Foi estabelecido nesta coluna a vazão de jusante, que é a somatória das vazões de montante dos trechos que chegam a outro nó, levando em conta que nos casos onde as extremidades são livres a vazão é considerada é zero.
- Coluna 4: Foi a vazão fictícia em cada trecho, calculada pela vazão linear (vazão de projeto dividida pelo comprimento total da rede) multiplicada pelo comprimento do trecho.
- Coluna 5: Vazão de montante de cada trecho, encontrada pela somatória da vazão de jusante e a vazão de marcha.
- Coluna 6: Foram calculados os diâmetros para cada trecho considerando milímetros como a unidade de medida, obtido pela fórmula:

$$D = \sqrt{\frac{Q_{marcha} \times 4}{\pi \times 1,5}}$$

- Coluna 7: Nesta coluna foram adotados os diâmetros comerciais e mínimos.
- Coluna 8: Foram calculadas as velocidades nas tubulações de cada trecho utilizando a equação da continuidade.

$$v = \frac{Q_{marcha}}{\frac{\pi D^2}{4}}$$

- Colunas 9 e 11: Foram calculadas as cotas piezométricas a montante e jusante do levantamento.
- Coluna 10: Nesta coluna foram calculadas as perdas de carga pela fórmula de Hazen Williams, utilizando o coeficiente $C = 140$, correspondente a tubulação de PVC.

$$H_f = \frac{10,643 \times Q^{1,852}}{C^{1,852} \times D^{4,87}} \times L$$

Onde: Q = Vazão a montante

L = Comprimento do trecho

C = Coeficiente PVC

D = Diâmetro

- Colunas 12 e 13: Nestas colunas estão descritas as cotas do terreno a montante e jusante obtidas pelo levantamento planialtimétrico da área.
- Colunas 14, 15, 16 e 17: Foram calculadas nessas colunas as pressões disponíveis a montante e jusante de cada trecho obtidas pelas diferenças de cotas.

Na página seguinte consta a planilha de cálculo com todos os resultados obtidos.

Tabela 3 - Planilha de cálculo da rede de distribuição

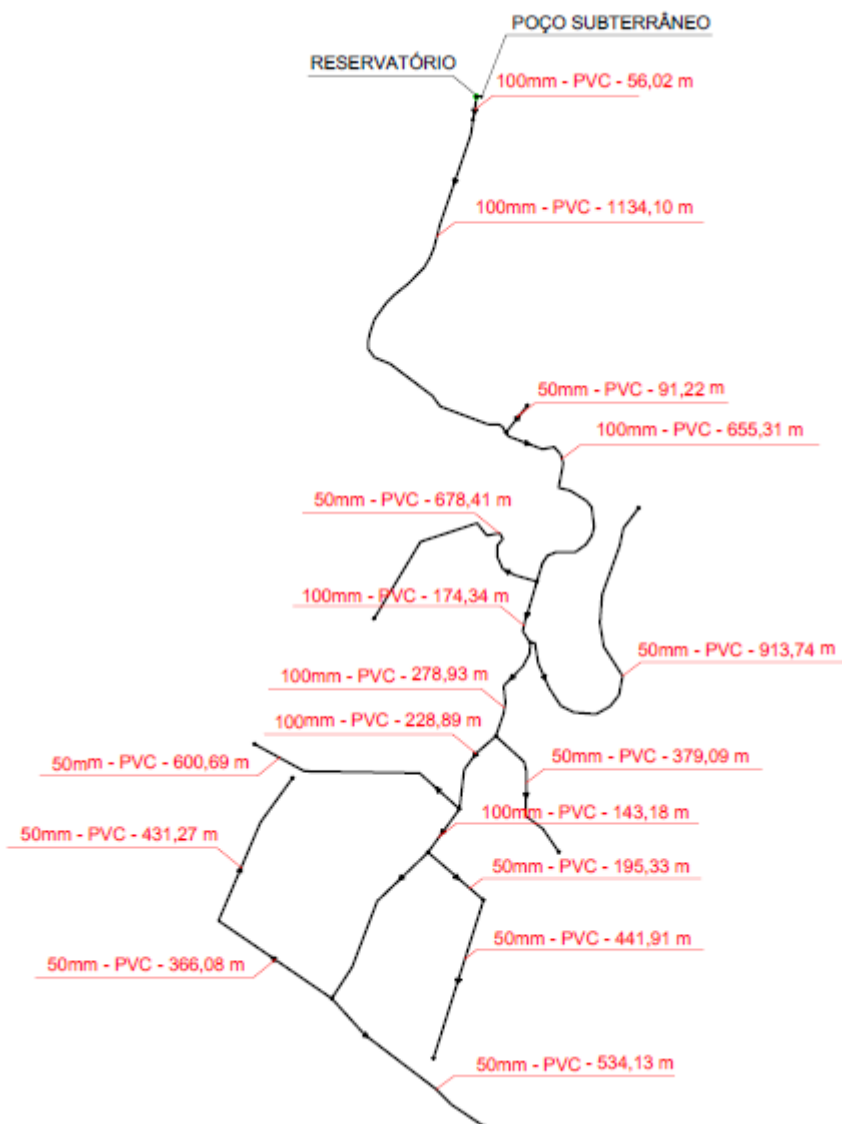
Trecho	Extensão(m)	Vazão em litros			Diametro (mm)	DN (mm)	Vel(m/s)	Cota Piez. Montante	Perda de Carga	Cota Piez. Jusante	Cota do Terreno		Sem válvulas		Com válvulas		OBS	
		Jusante	Em Macha	Montante							Montante	Jusante	Pressão Disponível		Pressão Disponível			
													Montante	Jusante	Montante	Jusante		Montante
1	431,27	0,000	0,137	0,137	10,793	50	0,070	437,685	0,074	437,611	405	426	241	220	34	13		
2	366,08	0,137	0,116	0,254	14,676	50	0,129	437,881	0,196	437,685	403	405	243	241	36	34		
3	534,13	0,000	0,170	0,170	12,011	50	0,087	437,881	0,136	437,745	403	395	243	251	36	44		
4	475,80	0,423	0,151	0,575	22,094	100	0,073	477,921	0,040	437,881	440	403	206	243	39	36	VRP* (-40 mca)	
5	441,91	0,000	0,141	0,141	10,925	50	0,072	477,852	0,079	457,772	460	422	186	224	19	37	VRP* (-20 mca)	
6	195,33	0,141	0,062	0,203	13,120	50	0,103	477,921	0,069	477,852	440	460	206	186	39	19		
7	143,18	0,777	0,046	0,823	26,438	100	0,105	497,944	0,023	477,921	475	440	171	206	24	39	VRP* (-20 mca)	
8	600,69	0,000	0,191	0,191	12,738	50	0,097	497,944	0,190	467,754	475	435	171	211	24	34	VRP* (-30 mca)	
9	228,89	1,014	0,073	1,087	30,382	100	0,138	548,006	0,062	497,944	522	475	124	171	27	24	VRP* (-50 mca)	
10	379,09	0,000	0,121	0,121	10,119	50	0,061	548,006	0,051	477,955	522	450	124	196	27	29	VRP* (-70 mca)	
11	278,93	1,207	0,089	1,296	33,178	100	0,165	598,111	0,105	548,006	561	522	85	124	38	27	VRP* (-50 mca)	
12	913,74	0,000	0,291	0,291	15,710	50	0,148	598,111	0,630	597,481	561	585	85	61	38	14		
13	174,34	1,587	0,055	1,642	37,345	100	0,209	610,213	0,102	598,111	580	561	66	85	31	38	VRP* (-12 mca)	
14	678,41	0,000	0,216	0,216	13,537	50	0,110	610,213	0,269	529,943	580	507	66	139	31	24	VRP* (-80 mca)	
15	655,31	1,858	0,208	2,066	41,892	100	0,263	625,797	0,584	610,213	600	580	46	66	26	31	VRP* (-15 mca)	
16	91,22	0,000	0,029	0,029	4,964	50	0,015	625,797	0,001	625,999	600	591	46	55	26	35		
17	1134,10	2,095	0,361	2,456	45,672	150	0,139	645,990	0,193	625,797	635	600	11	46	11	26	VRP* (-20 mca)	
18	56,02	2,456	0,018	2,474	45,837	150	0,140	646,000	0,010	645,990	640	635	6	11	6	11		
TOTAL	7778,44																	

Vazão Total	2,474
Vazão Linear	0,00032

* VRP= Válvula Redutora de Pressão

Fonte: O Autor

Figura 6 - Traçado da rede de distribuição



Fonte: O Autor

Como se pode observar, devido ao grande desnível da área abastecida foi preciso fazer a utilização de válvulas redutoras de pressão em alguns trechos, a fim de adequar-se a rede ao disposto do item 5.4.1 da NBR 12.218, que determina que a pressão estática máxima nas tubulações distribuidoras deve ser de 50 mca, e a pressão dinâmica mínima, de 10 mca.

4.5 Concepção 02 - Utilização da rede de distribuição existente no distrito de Taquaruçu

Como já explanado anteriormente, esta concepção objetiva o abastecimento do loteamento Verde Vida utilizando-se a rede do distrito de Taquaruçu.

Nesse sistema foi alocado um reservatório próximo ao hidrômetro que abastece os moradores atualmente presentes na área, alimentado por rede uma secundária com diâmetro de 50 mm em PVC, e feito o recalque por meio de uma estação elevatória para um reservatório superior a montante do loteamento. Segue abaixo o roteiro de cálculo.

4.5.1 Dimensionamento dos reservatórios

Considerando-se que a adução para esta concepção será feita por um ramal secundário da rede de abastecimento do distrito de Taquaruçu, cujo diâmetro é de 50 mm, conforme dado da Odebrecht | Saneatins em ofício anexo neste trabalho (anexo A), foi adotado para a adução a mesma vazão demandada pelo loteamento no dia de maior consumo, tendo em vista que a concessionária acima citada não forneceu a vazão no ponto de instalação do reservatório (ponto do hidrômetro). Dessa forma, será admitida 24 horas de adução para o reservatório inferior.

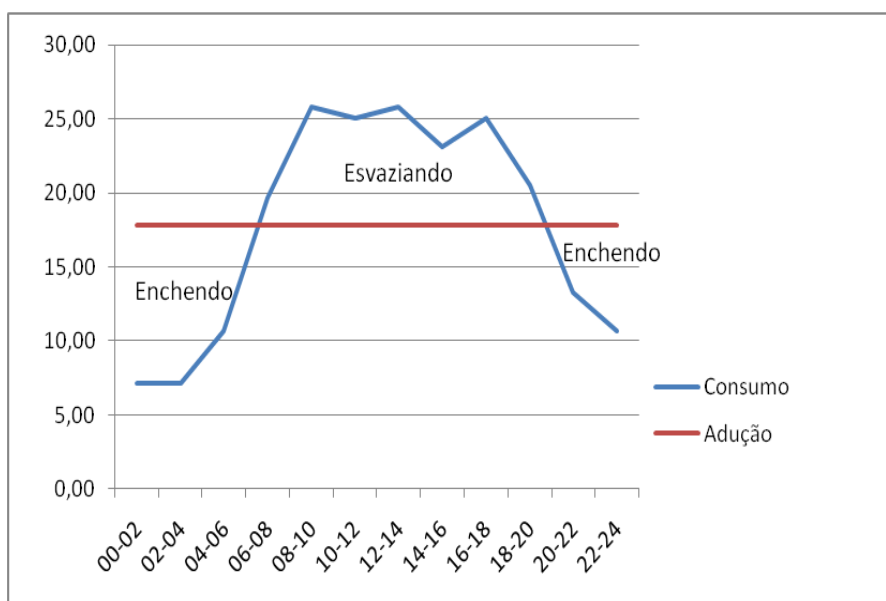
Sabendo-se que a vazão para distribuição total do loteamento é de 2,474 l/s (8,9064 m³/h) e considerando a mesma para adução, procedeu-se com a determinação do volume de reservação.

Para tanto foi utilizado o método proposto por Azevedo Netto, em Manual de Hidráulica, que estabelece taxas de consumo para o intervalo de 2 em 2 horas durante as 24 horas do dia, conforme o quadro e gráfico abaixo.

Quadro 5 - Análise dos volumes de consumo e adução

Intervalo de Horas	Taxa de Consumo (%)	Consumo (m ³)	Adução (m ³)	A - C
00-02	3,35	7,17	17,813	10,64
02-04	3,35	7,17	17,813	10,64
04-06	5,00	10,70	17,813	7,11
06-08	9,20	19,69	17,813	-1,88
08-10	12,05	25,79	17,813	-7,97
10-12	11,70	25,04	17,813	-7,23
12-14	12,05	25,79	17,813	-7,97
14-16	10,80	23,11	17,813	-5,30
16-18	11,70	25,04	17,813	-7,23
18-20	9,60	20,54	17,813	-2,73
20-22	6,20	13,27	17,813	4,54
22-24	5,00	10,70	17,813	7,11
TOTAL	100,00	214	89,064	-40,30

Fonte: O Autor

Gráfico 2 - Análise do comportamento de reservação

Fonte: O Autor

Analisando o quadro e gráfico acima, determinou-se o volume de reservação a partir do acumulado de volumes nos períodos em que houve esvaziamento do reservatório (A - C = valor negativo).

$$Vol \cong 1,88 + 7,97 + 7,23 + 7,97 + 5,30 + 7,23 + 2,73$$

$$Vol \cong 40 \text{ m}^3$$

De acordo com o exposto anteriormente, a reserva de água será feita com a utilização de dois reservatórios. Assim, o reservatório superior localizado a montante do loteamento terá uma capacidade equivalente a 1/3 do volume total, como recomenda Azevedo Netto, no livro “Manual de Hidráulica”.

$$V_{rd} = \frac{40}{3}$$

$$V_{rd} \cong 15 \text{ m}^3$$

Sendo assim, subtraindo o volume do reservatório superior do volume total, determinou-se o volume para o reservatório inferior que resultou em **25 m³**.

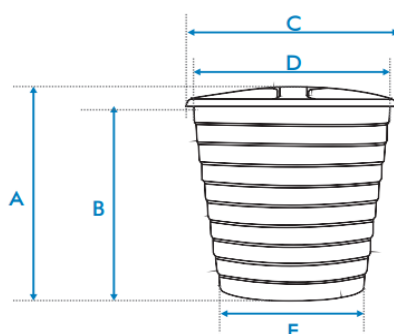
Tais reservatórios serão de fibra de vidro, cujas dimensões constam na tabela abaixo conforme catálogo da marca FortLev.

Tabela 4 - Tabela de dimensões dos reservatórios da marca FortLev

Capacidade em litros	Dimensão em metros				
	A	B	C	D	E
4.000	1,82	1,66	2,12	2,02	1,52
5.000	1,85	1,64	2,34	2,23	1,86
6.000	1,92	1,70	2,45	2,31	2,00
7.500	2,27	2,01	2,57	2,40	2,00
8.000	2,39	2,09	2,62	2,57	2,00
10.000	2,31	2,00	2,82	2,70	2,38
*10.000	2,82	2,50	2,70	2,50	2,00
12.000	2,46	2,12	3,05	2,89	2,48
15.000	2,94	2,59	3,09	2,95	2,50
**20.000	3,67	3,26	3,25	3,08	2,41
*20.000	4,10	3,78	2,96	2,91	2,34
25.000	4,39	4,09	3,34	3,31	2,42

Fonte: Catálogo FortLev, 2016

Figura 7 - Dimensões dos reservatórios da marca FortLev



Fonte: Catálogo FortLev, 2016

4.5.2 Dimensionamento do sistema de recalque

O sistema elevatório desta concepção compreende o bombeamento de água do reservatório inferior, abastecido pela rede secundária do distrito de Taquaruçu, para o reservatório superior localizado a montante do loteamento, ambos já dimensionados. Como o reservatório inferior estará apoiado no solo, será utilizada uma bomba centrífuga trabalhando no modo afogado.

Considerando-se o sistema elevatório com 8 horas diárias de operação, determinou-se o diâmetro de recalque pela fórmula de Bresse:

$$Dr = 1,34 \sqrt[4]{\frac{8}{24}} \times \sqrt{0,002474}$$

$$Dr \approx \mathbf{50 \text{ mm}}$$

- Verificação da velocidade

$$V = \frac{0,002474}{\frac{\pi \times 0,05^2}{4}} \quad V \cong \mathbf{1,3 \text{ m/s ok!}}$$

De acordo com recomendações de vários autores adota-se para a tubulação de sucção, o diâmetro comercial imediatamente superior ao de recalque. Com isso, adotou-se um diâmetro de **60 mm** para sucção.

4.5.2.1 Perdas localizadas

A determinação das perdas localizadas foi em função dos dispositivos e conexões presentes na tubulação que geram perdas de carga convertidas em comprimento equivalentes de tubulação.

Dessa forma, foi utilizada a tabela 1 para quantificação das perdas localizadas nas tubulações sucção e recalque.

Quadro 6 - Perdas de carga localizadas na tubulação de sucção e recalque

	Dispositivo ou conexão	Quant.	Perda unitária (m)	Perda Total (m)
Sucção (60m m)	Válvula pé de crivo	1	17	17
	Registro de gaveta	1	0,4	0,4
	Total			17,4
Recalque (50m m)	Válvula de retenção	1	6,4	6,4
	Registro de gaveta	1	0,4	0,4
	Joelho 90°	1	1,7	1,7
	Curva 90°	3	0,6	1,8
	Curva 45°	17	0,4	6,8
	Total			17,1

Fonte: O Autor

4.5.2.2 Comprimento equivalente da tubulação de recalque

Após a quantificação das perdas localizadas procedeu-se com o cálculo do comprimento equivalente das tubulações de sucção e recalque, sendo a somatória do comprimento equivalente das perdas localizadas mais o comprimento das tubulações de sucção e recalque.

- Comprimento de sucção

$$L_s = CTS + CES$$

Onde: CTS = Comprimento da tubulação de sucção (m)

CES = Comprimento equivalente das perdas localizadas na sucção (m)

$$L_s = 3 + 17,4 \quad L_s = \mathbf{20,4 \text{ m}}$$

- Comprimento de recalque

$$L_s = CTR + CER$$

Onde: CTS = Comprimento da tubulação de recalque (m)

CES = Comprimento equivalente das perdas localizadas no recalque (m)

$$L_s = 3270 + 17,1 \quad L_s = \mathbf{3287,1 \text{ m}}$$

4.5.2.3 Perdas de carga

A perda de carga é um acréscimo de pressão que deve ser levado em consideração no dimensionamento do sistema de bombeamento.

Para isso, foi utilizada a fórmula de Hazen-Williams para quantificação desse parâmetro.

$$H_f = \frac{10,643 \times Q^{1,852}}{C^{1,852} \times D^{4,87}} \times CE$$

Onde: Q = Vazão (m³/s)

C = Coeficiente de rugosidade do PVC.

D = Diâmetro

CE = Comprimento equivalente da tubulação

$$H_f = \left(\frac{10,643 \times 0,002474^{1,852}}{140^{1,852} \times 0,06^{4,87}} \times 20,4 \right) + \left(\frac{10,643 \times 0,002474^{1,852}}{140^{1,852} \times 0,05^{4,87}} \times 3287,1 \right)$$

$$H_f = \mathbf{119,93 \text{ m.c.a.}}$$

4.5.2.4 Altura Manométrica (Hm)

A determinação da altura manométrica utilizada na definição do conjunto motor-bomba foi feita com a somatória da diferença de nível entre o reservatório de distribuição e o reservatório inferior (altura geométrica), acrescentada a perda de carga. Dessa forma, tem-se:

$$H_m = 238,5 + 119,93$$

$$H_m = \mathbf{358,43 \text{ m.c.a.}}$$

4.5.2.5 Determinação do conjunto motor-bomba

Para determinação do conjunto motor-bomba necessário para atender os parâmetros do sistema elevatório, foram traçadas a curva característica do sistema e

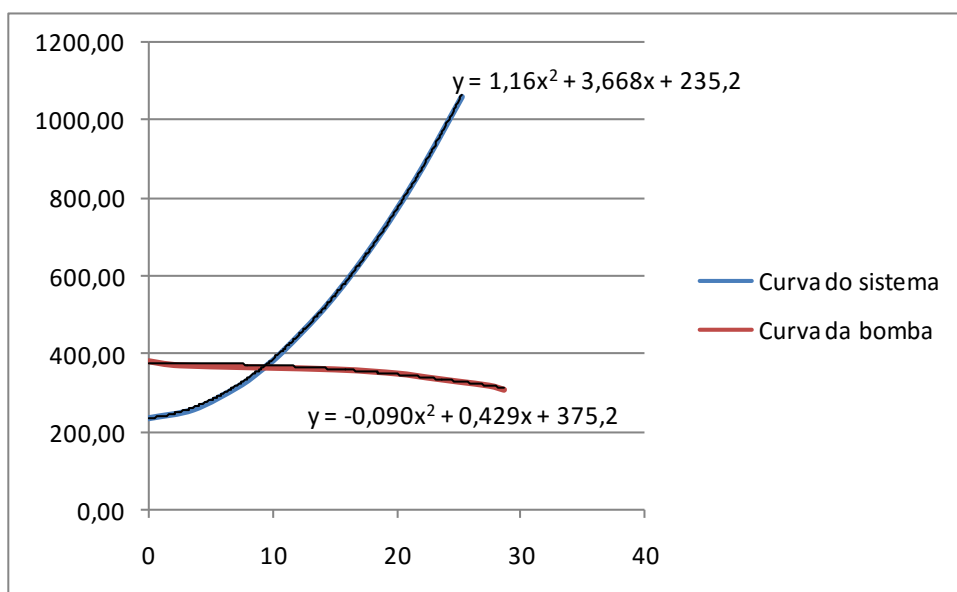
a curva da bomba centrífuga, a fim de se verificar a utilização ótima do sistema. Veja no quadro abaixo.

Quadro 7 - Comportamento característico do sistema

Vazão (l/s)	Vazão (m³/h)	Perda de Carga (Hf)	Altura Manométrica (mca)
0	0	0,00	238,50
1	3,6	22,41	260,91
2	7,2	80,89	319,39
2,5	9	122,28	360,78
3	10,8	171,40	409,90
4	14,4	292,00	530,50
5	18	441,43	679,93
6	21,6	618,74	857,24
7	25,2	823,18	1061,68

Fonte: O Autor

Para atendimento aos critérios do quadro acima foi escolhida uma bomba centrífuga modelo P-18/6, composta por 6 rotores de 170 mm, cada, e potência de 75 CV, conforme tabela de seleção de bombas centrífugas da marca Thebe.

Gráfico 3 - Curvas características do sistema e bomba centrífuga

Fonte: O Autor

Igualando as equações das curvas características acima, obteve-se o ponto de funcionamento ótimo do sistema, resultando numa vazão de 9,37 m³/h para uma altura manométrica de 371,41 m.c.a, satisfazendo assim, as exigências da estação elevatória calculadas anteriormente para a presente concepção.

4.5.3 Rede de distribuição

O traçado da rede de distribuição para esta concepção também foi do tipo ramificado escolhido a partir das condições dos arruamentos e calculado pelo método do seccionamento fictício, dividido em 18 trechos e totalizando 7.778,44 metros de comprimento. Segue a tabela de dimensionamento na página seguinte.

Tabela 6 - Planilha de cálculo da rede de distribuição

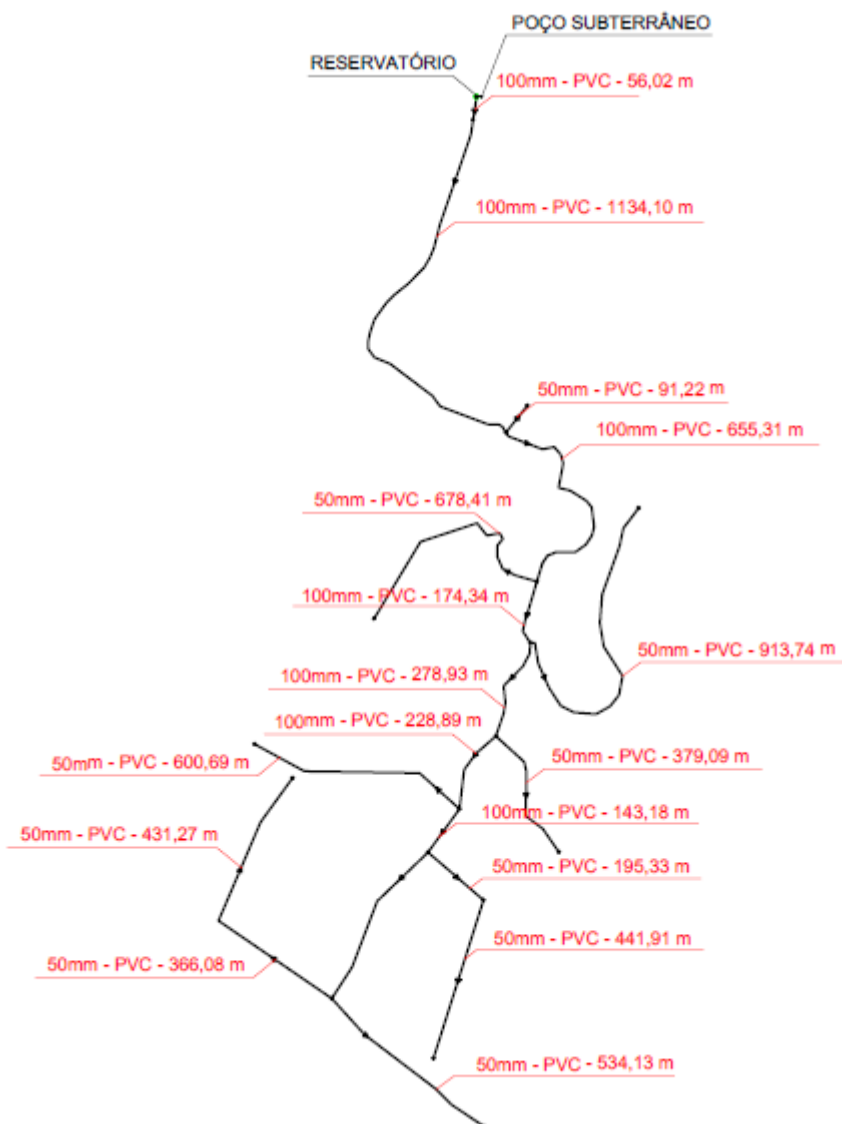
Trecho	Extensão(m)	Vazão em litros			Diametro (mm)	DN (mm)	Vel(m/s)	Cota Piez. Montante	Perda de Carga	Cota Piez. Jusante	Cota do Terreno		Sem válvulas		Com válvulas		OBS	
		Jusante	Em Macha	Montante							Montante	Jusante	Pressão Disponível		Pressão Disponível			
													Montante	Jusante	Montante	Jusante		
1	431,27	0,000	0,137	0,137	10,793	50	0,070	437,685	0,074	437,611	405	426	241	220	34	13		
2	366,08	0,137	0,116	0,254	14,676	50	0,129	437,881	0,196	437,685	403	405	243	241	36	34		
3	534,13	0,000	0,170	0,170	12,011	50	0,087	437,881	0,136	437,745	403	390	243	256	36	49		
4	475,80	0,423	0,151	0,575	22,094	100	0,073	477,921	0,040	437,881	440	403	206	243	39	36	VRP* (-40 mca)	
5	441,91	0,000	0,141	0,141	10,925	50	0,072	477,852	0,079	457,772	460	422	186	224	19	37	VRP* (-20 mca)	
6	195,33	0,141	0,062	0,203	13,120	50	0,103	477,921	0,069	477,852	440	460	206	186	39	19		
7	143,18	0,777	0,046	0,823	26,438	100	0,105	497,944	0,023	477,921	475	440	171	206	24	39	VRP* (-20 mca)	
8	600,69	0,000	0,191	0,191	12,738	50	0,097	497,944	0,190	467,754	475	435	171	211	24	34	VRP* (-30 mca)	
9	228,89	1,014	0,073	1,087	30,382	100	0,138	548,006	0,062	497,944	522	475	124	171	27	24	VRP* (-50 mca)	
10	379,09	0,000	0,121	0,121	10,119	50	0,061	548,006	0,051	477,955	522	450	124	196	27	29	VRP* (-70 mca)	
11	278,93	1,207	0,089	1,296	33,178	100	0,165	598,111	0,105	548,006	561	522	85	124	38	27	VRP* (-50 mca)	
12	913,74	0,000	0,291	0,291	15,710	50	0,148	598,111	0,630	597,481	561	585	85	61	38	14		
13	174,34	1,587	0,055	1,642	37,345	100	0,209	610,213	0,102	598,111	580	561	66	85	31	38	VRP* (-12 mca)	
14	678,41	0,000	0,216	0,216	13,537	50	0,110	610,213	0,269	529,943	580	507	66	139	31	24	VRP* (-80 mca)	
15	655,31	1,858	0,208	2,066	41,892	100	0,263	625,797	0,584	610,213	600	580	46	66	26	31	VRP* (-15 mca)	
16	91,22	0,000	0,029	0,029	4,964	50	0,015	625,797	0,001	625,999	600	591	46	55	26	35		
17	1134,10	2,095	0,361	2,456	45,672	150	0,139	645,990	0,193	625,797	635	600	11	46	11	26	VRP* (-20 mca)	
18	56,02	2,456	0,018	2,474	45,837	150	0,140	646,000	0,010	645,990	640	635	6	11	6	11		
TOTAL	7778,44																	

Vazão Total	2,474
Vazão Linear	0,00032

* VRP= Válvula Redutora de Pressão

Fonte: O Autor

Figura 8 - Traçado da rede de distribuição



Fonte: O Autor

Idêntica a rede dimensionada na concepção 01, devido ao grande desnível da área abastecida foi preciso fazer a utilização de válvulas redutoras de pressão em alguns trechos, a fim de adequar-se a rede ao disposto do item 5.4.1 da NBR 12.218, que determina que a pressão estática máxima nas tubulações distribuidoras deve ser de 50 mca, e a pressão dinâmica mínima, de 10 mca.

4.6 Concepção 03 - Sistema misto: Captação por poço subterrâneo e utilização da rede do distrito de Taquaruçu

Como já explanado anteriormente, essa concepção tem como objetivo fazer o abastecimento de água do loteamento Verde Vida utilizando a captação de água por um poço subterrâneo e a rede do distrito de Taquaruçu.

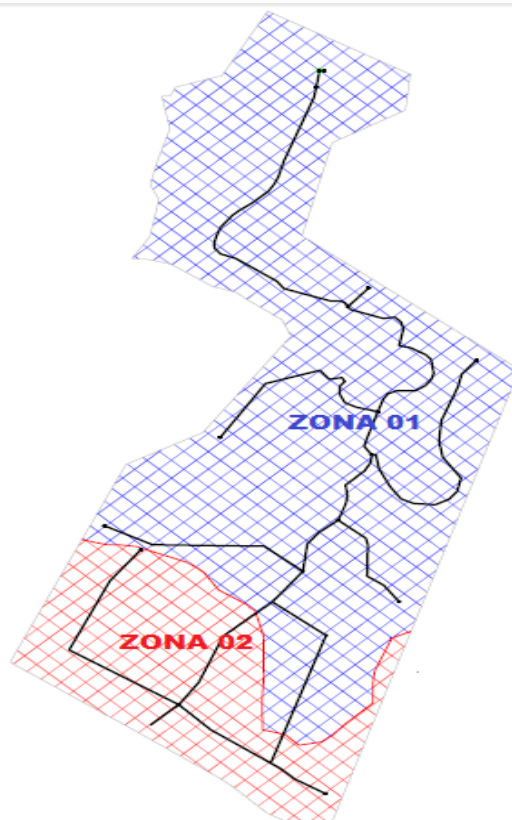
A captação por poço subterrâneo será responsável pelo abastecimento da área de maior altitude (zona 01) e a rede do distrito, responsável pela área de menor altitude (zona 02).

4.6.1 Rede de distribuição

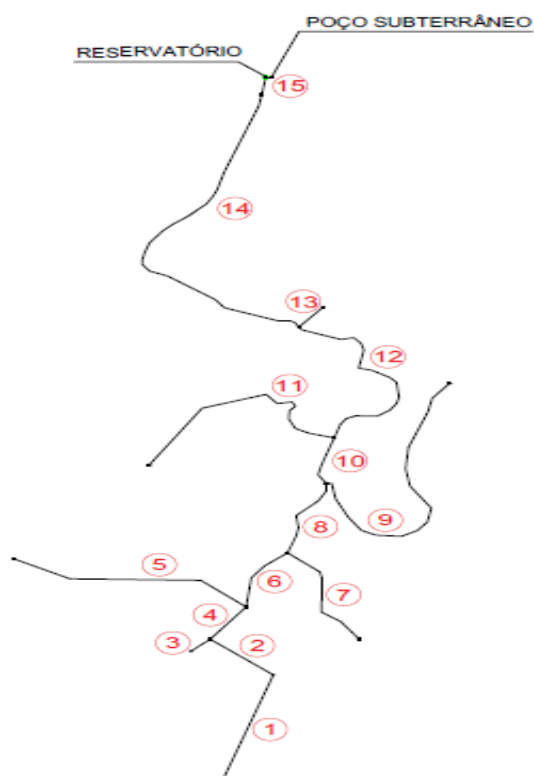
Para dimensionamento da rede de distribuição foram verificadas as curvas de nível da área e a pressão disponível num ramal secundário da rede do distrito de Taquaruçu que interliga o hidrômetro que rateia água para os domicílios alocados atualmente na área.

A pressão apresentou equivalência de 41 m.c.a, segundo dado contido no ofício nº 20/2016 respondido pela Odebrecht | Saneatins no dia 04 de abril de 2016, anexo A deste trabalho.

Considerando as verificações acima mencionadas, fez-se a divisão das zonas 01 e 02 conforme figura abaixo.

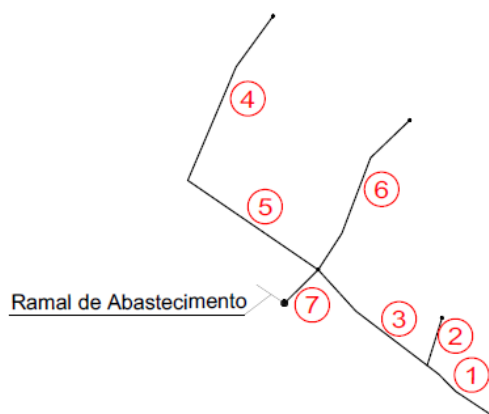
Figura 9 - Divisão das zonas de abastecimento

Fonte: O Autor

Figura 10 - Zona 01: Abastecimento por poço subterrâneo

Fonte: O Autor

Figura 11 - Zona 02: Abastecimento pelo ramal secundário do distrito de Taquaruçu



Fonte: O Autor

Determinada as zonas para abastecimento por poço subterrâneo e pela rede do distrito de Taquaruçu, procedeu-se com o dimensionamento da rede distribuição conforme tabela a seguir.

Tabela 7 - Planilha de cálculo da rede de distribuição

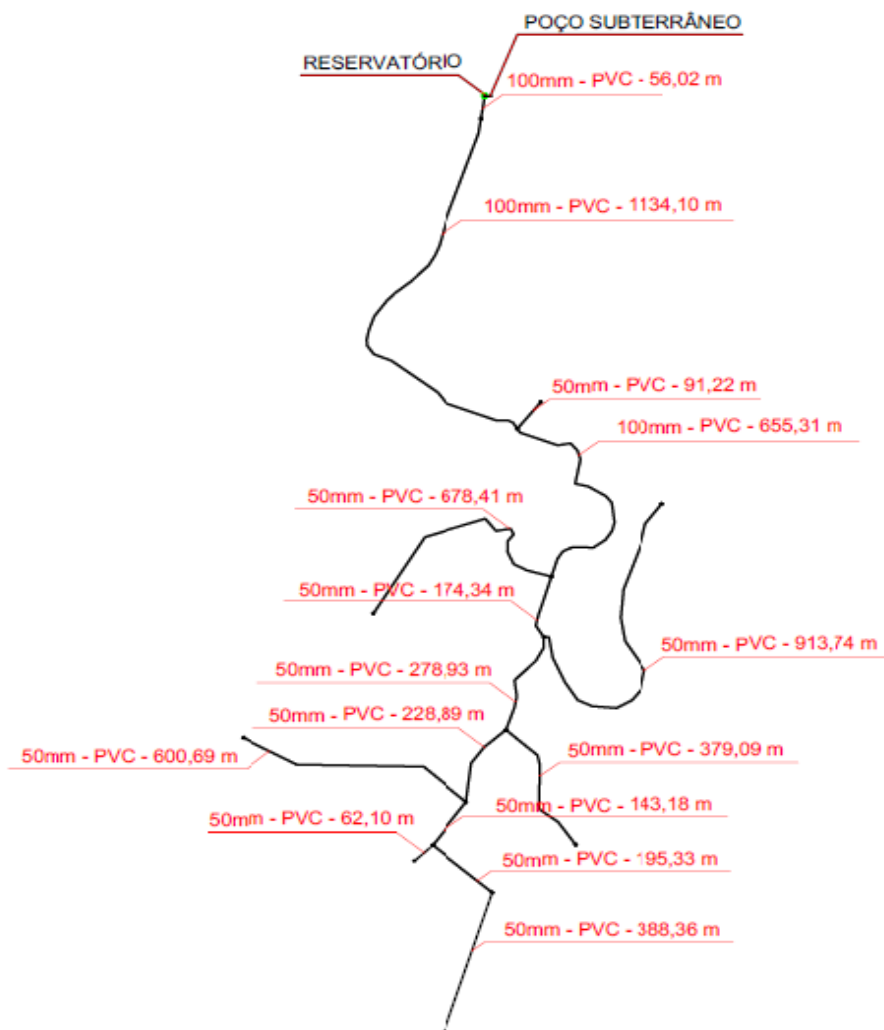
Trecho	Extensão(m)	Vazão em litros			Diâmetro (mm)	DN (mm)	Vel(m/s)	Cota Piez. Montante	Perda de Carga	Cota Piez. Jusante	Cota do Terreno		Sem válvulas		Com válvulas		OBS	
		Jusante	Em Macha	Montante							Montante	Jusante	Montante	Jusante	Montante	Jusante		
ZONA 01	1	388,36	0,000	0,121	0,121	10,131	50	0,062	411,925	0,053	391,873	460	425	186	221	16	31	VRP* (-20 mca)
	2	195,33	0,121	0,061	0,182	12,420	50	0,093	411,982	0,056	411,925	440	460	206	186	36	16	
	3	62,10	0,000	0,019	0,019	4,051	50	0,010	411,982	0,000	411,982	440	425	211	226	26	41	
	4	143,18	0,201	0,045	0,246	14,440	50	0,125	427,054	0,072	411,982	475	440	171	206	16	36	VRP* (-15 mca)
	5	600,69	0,000	0,187	0,187	12,600	50	0,095	427,054	0,183	396,871	475	435	171	211	16	26	VRP* (-30 mca)
	6	228,89	0,432	0,071	0,504	20,682	50	0,257	472,491	0,437	427,054	522	475	124	171	14	16	VRP* (-45 mca)
	7	379,09	0,000	0,118	0,118	10,009	50	0,060	532,540	0,049	472,491	522	450	124	196	14	26	VRP* (-60 mca)
	8	278,93	0,622	0,087	0,708	24,528	50	0,361	593,542	1,002	532,540	561	522	85	124	35	14	VRP* (-60 mca)
	9	913,74	0,000	0,284	0,284	15,540	50	0,145	593,542	0,605	592,937	561	585	85	61	35	11	
	10	174,34	0,993	0,054	1,047	29,819	50	0,534	594,832	1,291	593,542	580	561	66	85	16	35	
	11	678,41	0,000	0,211	0,211	13,390	50	0,108	594,832	0,259	524,574	580	507	66	139	16	19	VRP* (-70 mca)
	12	655,31	1,258	0,204	1,462	35,237	100	0,186	615,140	0,308	594,832	600	580	46	66	16	16	VRP* (-20 mca)
	13	91,22	0,000	0,028	0,028	4,910	50	0,014	615,140	0,001	615,140	600	591	46	55	16	25	
	14	1134,10	1,490	0,353	1,843	39,566	100	0,235	645,959	0,818	615,140	635	600	11	46	11	16	VRP* (-30 mca)
	15	56,02	1,843	0,017	1,861	39,753	100	0,237	646,000	0,041	645,959	640	635	6	11	6	11	
ZONA 02	1	197,33	0,000	0,061	0,061	7,221	50	0,031	441,580	0,008	441,572	415	395	27	47	-	-	
	2	115,32	0,000	0,036	0,036	5,521	50	0,018	441,580	0,002	441,578	415	425	27	17	-	-	
	3	336,80	0,097	0,105	0,202	13,101	50	0,103	441,698	0,119	441,580	403	415	39	27	-	-	
	4	431,27	0,000	0,134	0,134	10,676	50	0,068	441,510	0,071	441,439	405	426	37	16	-	-	
	5	366,08	0,134	0,114	0,248	14,516	50	0,126	441,698	0,188	441,510	403	405	39	37	-	-	
	6	413,71	0,000	0,129	0,129	10,456	50	0,066	441,698	0,063	441,635	403	425	39	17	-	-	
	7	109,87	0,579	0,034	0,613	22,819	50	0,312	442,000	0,302	441,698	401	403	41	39	-	-	
TOTAL	7950,09																	

Vazão Total	2,474
Vazão Linear	0,00031

* VRP= Válvula Redutora de Pressão

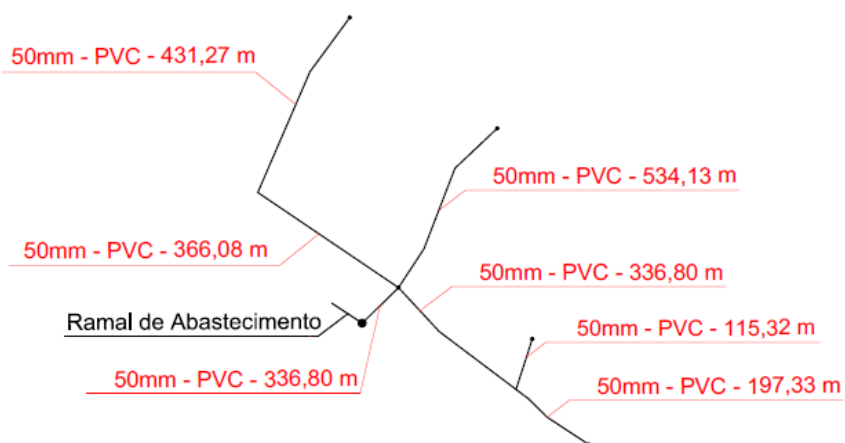
Fonte: O Autor

Figura 12 - Detalhamento da rede de distribuição



Fonte: O Autor

Figura 13 - Zona 02: Abastecimento pelo ramal secundário do distrito de Taquaruçu



Fonte: O Autor

Como se pode observar na zona 01, foi preciso fazer a utilização de válvulas redutoras de pressão em alguns trechos, a fim de adequar-se a rede ao disposto do item 5.4.1 da NBR 12.218, que determina que a pressão estática máxima nas tubulações distribuidoras deve ser de 50 mca, e a pressão dinâmica mínima, de 10 mca.

4.6.2 Dimensionamento do sistema de recalque

Tendo como base a profundidade e vazão de dois poços já perfurados no loteamento Verde Vida, comentados anteriormente nesse trabalho, foi dimensionado o sistema levando em consideração um poço com as seguintes características:

- Profundidade (P) = 140 m
- Diâmetro = 6"
- Nível Estático (NE) = 25 m
- Nível Dinâmico (ND) = 40 m
- Disposição da bomba = 48 m

A determinação do sistema de recalque foi baseada na utilização de uma bomba submersa a uma profundidade de 48 metros do nível do terreno e 8 metros do nível dinâmico.

4.6.2.1 Vazão de adução

Considerando-se uma demanda de 1,861 l/s para o consumo máximo, sendo esta, calculada na tabela da rede de distribuição (montante do trecho 15), e o sistema elevatório com 10 horas diárias de operação, determinou-se a vazão de adução.

$$Q_{adução} = \frac{\frac{q}{k2} \times 86400}{3600 \times t}$$

$$Q_{adução} = \frac{\frac{1,861}{1,5} \times 86400}{3600 \times 10}$$

$$Q_{adução} = \mathbf{2,98 \text{ l/s ou } 0,00298 \text{ m}^3/\text{s}}$$

4.6.2.2 Diâmetro da tubulação de recalque

Definida a vazão de adução, determinou-se o diâmetro da adutora que interliga a saída da bomba e o reservatório de distribuição. Tal diâmetro foi calculado pela equação da continuidade adotando uma velocidade de 1,5 m/s.

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0,00298}{\pi \times 1,5}}$$

$$D_r = \mathbf{0,050 \text{ m} \rightarrow \text{DN } 50 \text{ mm} = 2''}$$

4.6.2.3 Perdas localizadas

A determinação das perdas localizadas foi em função dos dispositivos e conexões presentes na tubulação que geram perdas de carga convertidas em comprimento equivalentes de tubulação.

Dessa forma, foi utilizada a tabela 1 para quantificação dessas perdas.

Quadro 8 - Perdas de carga localizadas

Dispositivo ou conexão	Quant.	Perda unitária (m)	Perda Total (m)
Têe de passagem direta	2	1,1	2,2
Válvula de retenção	1	4,2	4,2
Registro de gaveta	1	0,4	0,4
Joelho 90°	1	1,7	1,7
Curva 90°	2	0,6	1,2
Curva 45°	2	0,4	0,8
Total			10,5

Fonte: O Autor

4.6.2.4 Comprimento equivalente da tubulação de recalque

Após a quantificação das perdas localizadas procedeu-se com o cálculo do comprimento equivalente da tubulação de recalque, sendo a somatória do comprimento equivalente das perdas localizadas, mais o comprimento da tubulação.

$$CTE = ND + TA + PI$$

Onde: ND = Comprimento da tubulação da cota do terreno ao nível dinâmico (m)

TA = Comprimento do nível do terreno à entrada do reservatório (m)

PI = Perda de carga localizada (m)

$$CTE = 40 + 17,5 + 10,5$$

$$CTE = \mathbf{68,0 \text{ m}}$$

4.6.2.5 Perda de carga total na tubulação de recalque

A perda de carga total na tubulação de recalque é um acréscimo de pressão que deve ser levado em consideração no dimensionamento do sistema de bombeamento.

Para isso, foi utilizada a fórmula de Hazen-Williams para quantificação desse parâmetro.

$$H_f = \frac{10,643 \times Q^{1,852}}{C^{1,852} \times D^{4,87}} \times CTE$$

Onde: Q = Vazão em m³/s

C = Coeficiente de rugosidade do PVC.

D = Diâmetro da tubulação (m)

CTE = Comprimento total equivalente da tubulação de recalque

$$H_f = \frac{10,643 \times 0,00298^{1,852}}{140^{1,852} \times 0,05^{4,87}} \times 68$$

$$H_f = \mathbf{3,49 \text{ m.c.a.}}$$

4.6.2.4 Altura Manométrica (Hm)

A determinação da altura manométrica utilizada na escolha do conjunto motor-bomba foi feita com a somatória da diferença de nível entre o terreno e o nível dinâmico, da diferença de nível entre o terreno e o reservatório no nível máximo, acrescentada a perda de carga. Dessa forma, tem-se:

$$Hm = 40 + 6 + 3,49$$

$$Hm = \mathbf{49,49 \text{ m.c.a.}}$$

4.6.2.6 Determinação da bomba submersível

Para determinação da bomba necessária para atender os parâmetros do sistema de recalque, foram traçadas a curva característica do sistema e a curva da bomba submersível, a fim de se verificar a utilização ótima do sistema.

Quadro 9 - Comportamento característico do sistema

Vazão (m³/h)	Perda de Carga (Hf)	Altura Manométrica (mca)
0	0,00	46,00
3,6	0,46	46,46
7,2	1,67	47,67
9	2,52	48,52
10,8	3,54	49,54
12,6	4,71	50,71
14,4	6,03	52,03
12,6	4,71	50,71

Fonte: O Autor

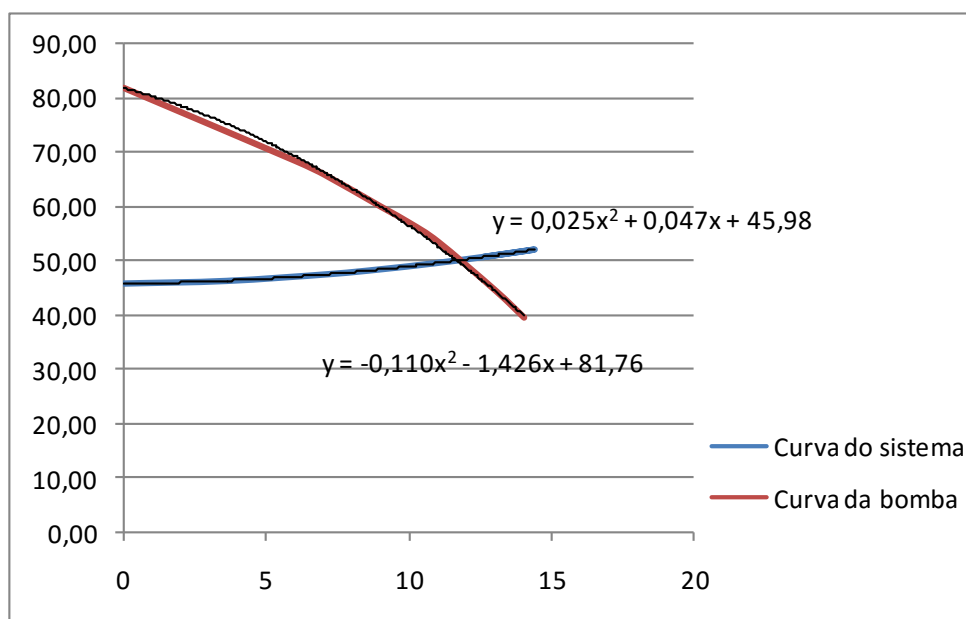
Para atendimento aos critérios do quadro acima, foi escolhida uma bomba submersível da marca Leão, cuja escolha do modelo se deu pela análise do quadro abaixo.

Tabela 8 - Comportamento característico das bombas submersíveis - Marca Leão, Modelo R11A

Modelo	Potência (cv)	Estágios	Características Hidráulicas								Peso (Kg)	Ø mínimo do Poço (pol.)	Ø Recalque
			Vazão (m³/h)										
			0	6	7	9	10	11	13	14			
Altura Manométrica Total (m.c.a.)													
R11A-02 500	1,5	2	32	26	25	23	22	21	17	15	44,5	6"	2" BSP
R11A-03 500	2	3	49	40	38,5	35	34	31,5	26,5	23	48,7		
R11A-04 500	2,5	4	66	54	52,5	48	46	42,5	36	32	50,7		
R11A-05 500	3,5	5	82	68,5	66	60	57	53,5	44,5	39,5	56,8		
R11A-06 500	4	6	98	82	79	72	69	65	54	47	59,6		
R11A-07 500	4,5	7	114	95	92	84	80	75	63	54	61,5		
R11A-08 500	5,5	8	130	108	104	95	91	87	72	63,5	68,4		
R11A-09 500	6	9	146	120	117	107	103	97	81	72	72,4		
R11A-10 500	6,5	10	163	133	129	118	113	107	90	80	74,3		
R11A-11 500	7	11	180	147	142	130	124	118	99	88	76,2		
R11A-12 610	8	12	195	159	154	141	134	128	107	95	85		
R11A-14 610	9	14	229	189	182	167	158	150	126	110	89,5		
R11A-15 610	10	15	246	203	196	180	170	161	134	117	97,2		
R11A-17 610	11	17	278	229	221	203	191	181	148	132	101,1		
R11A-19 610	12	19	310	257	248	228	216	204	166	151	109		
R11A-20 610	13	20	326	269	259	239	227	212	174	157	110,9		
R11A-21 710	14	21	347	292	282	263	248	233	197	175	116,8		
R11A-22 710	15	22	361	305	295	275	259	246	210	186	135,5		
R11A-24 710	16	24	395	332	322	297	280	267	227	202	145		
R11A-26 710	17	26	427	356	346	319	299	281	240	217	148,8		
R11A-27 710	17	27	443	369	358	330	309	290	247	225	150,6		
R11A-28 710	18	28	460	382	372	342	317	301	254	230	152,5		

Fonte: Catálogo Bombas Leão, 2016.

Tendo como referência o comportamento das bombas do quadro acima, foi escolhida a modelo R11A-05 500 para análise das curvas características. Tais resultados constam no gráfico a seguir.

Gráfico 4 - Curvas características do sistema e bomba submersível

Fonte: O Autor

Igualando as equações das curvas características do gráfico acima, obteve-se o ponto de funcionamento ótimo do sistema, resultando numa vazão de 11,71 m³/h para uma altura manométrica de 49,96 m.c.a., satisfazendo assim, as exigências da estação elevatória calculadas anteriormente para a presente concepção.

4.6.3 Dimensionamento do reservatório de distribuição

O volume de reservação para o atendimento a demanda de água da zona 01 foi calculado com base nas taxas de consumo utilizada pelo autor Azevedo Netto, em Manual de Hidráulica (1998).

Para isso, calculou-se primeiramente a vazão horária para 10 horas de adução e procedeu-se com a determinação do volume de reservação.

$$Q_{\text{horária}} = Q_{\text{adução}} \times 3,6$$

$$Q_{\text{horária}} = 2,98 \times 3,6$$

$$Q_{\text{horária}} = \mathbf{10,728 \text{ m}^3/\text{h}}$$

Levando em consideração que o método de dimensionamento proposto considera intervalos de 2 em 2 horas, o volume de adução em duas horas é 21,456 m³.

Assim, considerou-se o período de adução entre as 8:00 e as 18:00 horas, por se tratar de um período que possui maior índice de consumo diário. No quadro abaixo está explicito os volumes de consumo e adução para a zona.

Quadro 10 - Análise dos volumes de consumo e adução

Intervalo de Horas	Taxa de Consumo (%)	Consumo (m ³)	Adução (m ³)	A - C
00-02	3,35	5,39		-5,39
02-04	3,35	5,39		-5,39
04-06	5,00	8,04		-8,04
06-08	9,20	14,79		-14,79
08-10	12,05	19,38	21,456	2,08
10-12	11,70	18,81	21,456	2,64
12-14	12,05	19,38	21,456	2,08
14-16	10,80	17,37	21,456	4,09
16-18	11,70	18,81	21,456	2,64
18-20	9,60	15,44		-15,44
20-22	6,20	9,97		-9,97
22-24	5,00	8,04		-8,04
TOTAL	100,00	161	107,28	-67,05

Fonte: O Autor

Fazendo uma análise dos dados do quadro acima, determinou-se o volume do reservatório de distribuição para a zona 01. Tal volume foi determinado a partir do acumulado de volumes nos períodos em que houve esvaziamento do reservatório (A - C = valor negativo).

$$Vol \cong 5,39 + 5,39 + 8,04 + 14,79 + 15,44 + 9,97 + 8,04$$

$$Vol \cong \mathbf{67,05 \text{ m}^3}$$

Adotando uma altura de 6 metros para atendimento da pressão mínima à montante do primeiro trecho, obteve-se o diâmetro necessário para o volume útil.

$$D = \sqrt{\frac{\frac{67}{6} \times 4}{\pi}}$$

$D \cong 3,8 \text{ m}$

- Dimensões do reservatório

$\phi 3,8 \text{ m}$

$h = 6,0 \text{ m}$

5 CONCLUSÕES

Sabendo-se que o presente estudo é voltado para a análise da alternativa mais adequada para o sistema de abastecimento de água do Loteamento Verde Vida, situado no distrito de Taquaruçu, levando em consideração justificativas técnicas e econômicas para a escolha de uma, dentre três concepções distintas, foi preciso obter através deste estudo um panorâmico muito amplo da área para precisão na escolha dessa alternativa.

Analisando a terceira concepção, pode-se observar falta de justificativa ou coerência técnica para o uso do sistema misto, utilizando a rede do distrito de Taquaruçu para abastecimento da zona de baixa altitude.

Isso se deve ao fato de que a pressão disponível (41 m.c.a.) no ponto de interligação do ramal secundário da rede do distrito para a rede de distribuição da zona baixa, permitir o abastecimento de uma parcela muito pequena se comparado a área total do loteamento, sendo resultado da crescente mudança de altitude em curta distância.

Na concepção 02, é notória, instantaneamente, a enorme diferença de nível no sentido longitudinal do loteamento, aproximando-se de 240 metros. Isso nos permite observar que a necessidade de um possante sistema elevatório é indispensável para se fazer o recalque de água do reservatório inferior para o reservatório superior.

Essa percepção foi confirmada no dimensionamento do sistema elevatório, no qual a altura manométrica, em função da grande diferença de nível e do extenso comprimento da tubulação entre os reservatórios inferior e superior, apresentou um resultado muito elevado, fazendo com que a necessidade de potência do conjunto motor-bomba resultasse num valor exorbitante se comparado ao porte do loteamento, levando em consideração o zoneamento e a quantidade de pessoas beneficiadas. Tal exorbitância se deve ao elevado custo de energia elétrica para mantimento deste sistema, resultando em mais de R\$ 6.000,00 mensais e R\$ 72.000,00 anual somente para a operação do conjunto motor-bomba.

Dessa forma, a utilização da captação por poço subterrâneo analisada na concepção 01, apresentou a alternativa mais adequada para o sistema de abastecimento do loteamento Verde Vida. Essa conclusão é relativa às grandes

vazões fornecidas pelos aquíferos através de poços subterrâneos já perfurados na área, comentadas neste trabalho.

Podem ser citadas também como justificativas da utilização da primeira concepção, o zoneamento característico da área (meio rural), a baixa complexidade no tratamento da água, podendo ser feito apenas por filtros e processos de cloração; e o baixa potência de operação da bomba submersível se comparado com a bomba centrífuga utilizada na concepção 02.

Portanto, definida a concepção mais adéqua para o sistema de abastecimento de água do loteamento Verde Vida, se torna muito valioso o aprofundamento em estudo de impacto ambiental, licenças, elaboração de projetos detalhados, planilhas orçamentárias, dentre outros; para a real aplicação na área, possibilitando assim, mais conforto para população que carece de um abastecimento estruturado e de qualidade.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AZEVEDO NETTO, J. M., *et al.* - "**Manual de Hidráulica**", Ed. Edgard Blucher Ltda, 8ª Edição, São Paulo, 1998.

BARROS, Fernanda G. Nunes; AMIN, Mário M. **Água: um bem econômico de valor para o Brasil e o mundo**. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional: Ed. 1, v. 4, p. 78, São Paulo, 2008.

BARROS, Raphael T. de V. et al. **Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995.

BRASIL. **Lei Federal nº 11.445**, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Brasília, 2007.

BRASIL. **Lei Federal nº 9.433**, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, 1997.

BRASIL. **Lei Federal nº 6.766**, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. Brasília, 1979.

CASTELLANO, E. G.; CHAUDRY, F. H. **Desenvolvimento Sustentado: Problemas e Estratégias**. 1ª ed. São Carlos, SP: EESC-USP, 2000.

Catálogo técnico bombas Leão. Disponível em: <
<http://www.leao.com.br/produtos/>>.

Catálogo geral de curvas; **Thebe, bombas centrífugas**, Disponível em: <
http://site.thebe.com.br/userfiles/catalog/8403_1426264784.pdf>.

DACACH, N. G. **Sistemas urbanos de Água**. 2ª Ed. Livros técnicos e científicos Editora, Rio de Janeiro, 1979.

DECRETO PRESIDENCIAL 5.440/2005. Informativo da Qualidade. **Qualidade da água fornecida pela Odebrecht Ambiental/Saneatins no período de dezembro de 2013 a novembro de 2014.** Ano XI, nº11. Disponível em: <<http://www.odebrechtambiental.com/tocantins/agua-e-esgoto/sua-agua/informativo-de-qualidade/>>. Acesso em: 29 de agosto de 2015.

DICAS E NOVIDADES SOBRE O EXCEL; **O que é Excel**; 2009. Disponível em: <<http://www.aprenderexcel.com.br/2013/artigos/o-que-e-excel>>. Acesso em: 30 de agosto de 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. PNSB, 2008.** Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em 29 de agosto de 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE SUSTENTABILIDADE. A falta de água no mundo, agora e no futuro. Disponível em: <<http://www.inbs.com.br/a-falta-de-agua-no-mundo-agora-e-no-futuro>>. Acesso em: 01 de outubro de 2015.

MESSIAS, Arminda Saconi; COSTA, Marcos Roberto Nunes. **Água: fonte de vida.** Recife: UNICAP, 2005, p. 77-98

MOTA, Nicholas Appes; VALLE, Raphael Martins. **Apostila de AutoCAD: Módulo Básico.** UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA. Minas Gerais, 2011.

ONU declara acesso à água um direito universal. **Natureza e Meio Ambiente.** Revista Veja, Ed. Abril S.A., 28 jul. 2010. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/noticia/ciencia/onu-declara-acesso-a-agua-um-direito-universal/agua/>>. Acesso em: 29 de agosto de 2015.

PORTO, R. M. **Hidráulica Básica.** São Carlos, SP: EESC/USP, 2004.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PALMAS. **Plano Municipal de Saneamento Básico. PMSB/PALMAS, 2013.** vol. II. Disponível em: <www.palmas.to.gov.br>. Acesso em: 29 de agosto de 2015.

Relatório da ONU alerta para possível crise mundial de água. **Natureza e Meio Ambiente.** Revista Veja, Ed. Abril S.A., 20 mar. 2015. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/noticia/ciencia/relatorio-da-onu-alerta-para-possivel-crise-mundial-de-agua/>>. Acesso em: 02 de outubro de 2015.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 2ª ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.

TSUTIYA, M. T. **Redução do custo da energia elétrica em Sistemas de Abastecimento de Água**. 1ª ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2001.

ANEXO A – OFÍCIO ENVIADO PELA ODEBRECHT PARA INFORMAÇÃO DA PRESSÃO NO RAMAL QUE INTERLIGA O LOTEAMENTO VERDE VIDA



Saneatins

OF.20/2016

Palmas, 04 de Abril de 2016

À
HUGO RIBEIRO LOPES

Assunto: **INFORMAÇÕES DE PRESSÃO E VAZÃO**

Em resposta ao ofício nº 01 protocolado na Odebrecht Ambiental Saneatins solicitando informações dos dados de pressão e vazão do hidrômetro de nº 1149062-4, localizado na entrada do Loteamento Verde Vida, em frente ao Cemitério Municipal do Distrito de Taquaruçu, Palmas/TO, informamos que a pressão medida em no horário de maior consumo (11:30hr à 12:00hr) foi de 41mca.

Quanto à solicitação da vazão, o histórico desta informação pode ser dada por fórmulas (DN 50mm e pressão 41mca) bem como através da instalação de um equipamento chamado datalogger ou maleta pitométrica, os quais no momento não estão disponíveis.

Por se tratar de equipamentos de alto valores, faz se necessário a assinatura de termo de responsabilidade caso os mesmos venham extraviar ou sofrer algum dano. Lembramos que para instalação do equipamento, faz se necessário a execução de uma caixa protetora.

À disposição para quaisquer esclarecimentos,

Atenciosamente,

Bruna Buldrini Filogônio
Mat.: 007692
Odebrecht Ambiental | Saneatins