



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas – Departamento de Engenharia Civil
Curso de Graduação em Engenharia Civil



Rúben El-Katib Penido

Fundamentos para a otimização hídrica e eficiência energética em um sistema de abastecimento de água

Ouro Preto
2018

Rúben El-Katib Penido

Fundamentos para a otimização hídrica e eficiência energética em um sistema de abastecimento de água

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro Civil

Área de concentração: Gestão de Água

Orientadores:

Prof. Dr. Júlio Cezar de Oliveira

Prof. Dr. Luiz Fernando Rispoli Alves

Ouro Preto
2018

P411f

Penido, Rúben El-Katib.

Fundamentos para a otimização hídrica e eficiência energética em um sistema de abastecimento de água [manuscrito] / Rúben El-Katib Penido. - 2018.

80f.: il.: color; graf; tabs; mapas.

Orientador: Prof. Dr. Júlio Cezar de Oliveira.

Coorientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Rispoli Alves.

Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia Civil.

1. Sistema de abastecimento. 2. Eficiência energética. 3. Otimização hídrica. 4. Saúde pública . 5. Regularização ambiental. I. Oliveira, Júlio Cezar de. II. Alves, Luiz Fernando Rispoli. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

Rúben El-Katib Penido

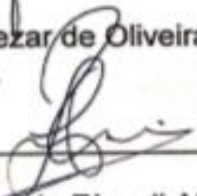
Fundamentos para a otimização hídrica e eficiência energética em um sistema de abastecimento de água

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro Civil

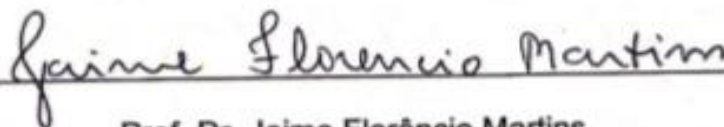
Área de concentração: Gestão de Água



Prof. Dr. Júlio Cezar de Oliveira - Orientador



Prof. Dr. Luiz Fernando Rispoli Alves - Orientador



Prof. Dr. Jaime Florêncio Martins



Prof. Dr. Paulo Marcos de Barros Monteiro

AGRADECIMENTOS

Ao SENHOR DEUS TODO-PODEROSO que me sustentou mesmo quando eu não tinha mais forças e me fez ser capaz de vencer em tudo o que seria útil para este dia.

Aos meus pais por sempre terem me dado amor, conselhos e apoio financeiro.

Ao meu Prof. Orientador, Dr. Júlio Cezar de Oliveira, por ter me confiado tantas oportunidades e ter me orientado em todas elas de maneira tão sábia.

Ao meu Prof. Orientador, Dr. Luiz Fernando Rispoli Alves, por todas as oportunidades a mim confiadas, bem como todas as orientações e ensinamentos.

Aos meus irmãos, Biinha e Dudu, por todo encorajamento.

Ao meu amor, Mila, por toda paciência, cumplicidade e por ter presenciado desde o início, todo meu desenvolvimento com tanta compreensão e otimismo.

Aos meus tios, Márcia Talhari e José Talhari, por todo amor e aconselhamento.

À minha avó Maria; tios Toninho e Conceição; e primos Caleb e Jessé, por todo amor e orações.

Aos meus amigos professores, Júlio Cezar de Oliveira; Luiz Fernando Rispoli Alves; Paulo Monteiro e Diogenes Viegas, que foram pessoas usadas como instrumentos de Deus na Universidade.

À República Dusmininu, que foi o meu grande refúgio em todos os momentos.

À melhor turma de todas, Civil 14.1.

RESUMO

A falta de água já é uma realidade que se mostra presente em várias regiões do mundo, sendo uma das principais barreiras à diminuição da pobreza e ao desenvolvimento dos países (SILVA, 2008). Além disso, segundo Tundisi (2008), a crise da água é devido a um conjunto de fatores como o problema da disponibilidade, a falta de abordagem sistêmica, gestão ineficiente e o aumento da demanda; sendo necessário, então, um instrumento de gestão com uma base de dados consolidada, com o propósito de confrontar o problema. De acordo com Ribeiro, Andrade e Zambon (2016), “o setor de Saneamento corresponde a uma pequena parcela da utilização da água no Planeta, apenas cerca de 12% do volume total consumido, porém é vital para o bem-estar e a saúde humana. Foram os avanços no setor que contribuíram para o aumento na expectativa de vida da população em mais de 20 anos em apenas meio século. Vários fatores levam o Brasil a altos índices de perdas que em partes das regiões geográficas ultrapassam os 50%, volumes estes altíssimos que acabam por comprometer a eficiência e a sustentabilidade econômica e ambiental do setor”. Desse modo, os objetivos dos sistemas de abastecimentos de água estão intimamente relacionados com a eficiência energética, a otimização hídrica e a saúde pública da população usuária de tal sistema.

Palavras chave: Sistema de abastecimento, Eficiência energética, Otimização hídrica, Saúde pública, Regularização ambiental.

ABSTRACT

The lack of water is already a reality which is present in several regions of the world, being one of the main barriers to poverty reduction and to the development of countries (SILVA, 2008). In addition, according to Tundisi (2008), the water crisis is due to a set of factors such as the problem of availability, lack of systemic approach, inefficient management and the increased demand, requiring, therefore, a management tool with a consolidated database in order to confront the issue. According to Ribeiro, Andrade and Zambon (2016), "the Sanitation sector corresponds to a small part of the use of water on the Planet, only about 12% of the total volume consumed, but it is vital for human well-being and health. The advances in the industry contributed to the increase in life expectancy of the population in more than 20 years in just half a century. Several factors lead Brazil to high loss rates which in parts of the geographic regions exceed 50%, these volumes extremely high that end up compromising the energy efficiency and the economic and environmental sustainability of the sector ". Therefore, the objectives of water supply systems are closely related to energy efficiency, water optimization and public health of the population using such a system.

Key words: water supply system, energy efficiency, water optimization, public health, environmental regularization.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
1.1	Objetivos	8
1.2	Justificativa	8
2	REVISÃO TEÓRICA	9
2.1	Águas Superficiais e Subterrâneas: Definições e Classificações	9
2.2	Sistema de Abastecimento de Água	11
2.3	Objetivos do Abastecimento de Água	12
2.4	Partes Constituintes de um Sistema de Abastecimento de Água	13
2.4.1	Captação de Água Superficial	13
2.4.2	Captação de Águas Subterrâneas	14
2.4.3	Estudo da População	20
2.4.4	Análise Hidroquímica	27
2.4.5	Cálculo das Vazões	28
2.4.6	Reseratório de Distribuição de Água	31
2.5	Regularização Ambiental e Normas Técnicas	39
2.6	Normas Técnicas	41
2.7	Eficiência Energética	44
3	ESTUDO DE CASO	46
3.1	Macroanálise em um Sistema de Abastecimento de Água	46
3.2	Solução para Reservatórios	55
3.3	Consumo de Energia	63
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
4.1	Recomendações	67
	REFERÊNCIAS	69
	APÊNDICES	76
	ANEXO 1 – Fatura CEMIG: Paragem do Tripui	79

1 INTRODUÇÃO

A falta de água já é uma realidade que se mostra presente em várias regiões do mundo, sendo uma das principais barreiras à diminuição da pobreza e ao desenvolvimento dos países (SILVA, 2008). Além disso, segundo Tundisi (2008), a crise da água é devido a um conjunto de fatores como o problema da disponibilidade, a falta de abordagem sistêmica, gestão ineficiente e o aumento da demanda; sendo necessário, então, um instrumento de gestão com uma base de dados consolidada, com o propósito de confrontar o problema.

As ações de gestão do uso dos recursos hídricos são de fundamental importância para compatibilizar os limites dos mananciais a uma demanda continuamente crescente. Para que o cenário futuro dos usos dos recursos hídricos seja sustentável, são necessárias intervenções e investimentos de vários níveis nos diversos agentes envolvidos para que se possibilite um equilíbrio entre a disponibilidade e a demanda da água (RIBEIRO; ANDRADE; ZAMBON, 2016).

Entende-se por sistemas de abastecimento de água (SAA) o conjunto de equipamentos, obras e serviços voltados para o suprimento de água a comunidades, para fins de consumo doméstico, industrial e público (GOMES, 2004).

De acordo com Ribeiro, Andrade e Zambon (2016), “o setor de Saneamento corresponde a uma pequena parcela da utilização da água no Planeta, apenas cerca de 12% do volume total consumido, porém é vital para o bem-estar e a saúde humana. Foram os avanços no setor que contribuíram para o aumento na expectativa de vida da população em mais de 20 anos em apenas meio século. Vários fatores levam o Brasil a altos índices de perdas que em partes das regiões geográficas ultrapassam os 50%, volumes estes altíssimos que acabam por comprometer a eficiência e a sustentabilidade econômica e ambiental do setor”.

Estes mesmos autores afirmam ainda que a média do Brasil tem diminuído ao longo dos anos e situa-se, atualmente, no patamar dos 37%. Acredita-se que

60% das perdas reais e aparentes são recuperáveis. No entanto seu gerenciamento envolve múltiplos processos e apontar soluções para evitá-las é ainda uma questão bastante complexa (RIBEIRO; ANDRADE; ZAMBON, 2016).

O presente trabalho levanta a seguinte questão: como realizar uma macroanálise de um sistema de abastecimento de água, a fim de que perdas diretas e indiretas sejam reduzidas e que haja um melhor aproveitamento energético?

A partir da indagação acima, este trabalho se propõe a fornecer alguns conceitos que funcionarão como fonte subsidiária na concepção de um eficiente sistema de abastecimento de água.

1.1 Objetivos

O presente trabalho atende ao objetivo idealizado/proposto que é a obtenção de um sistema com melhor otimização hídrica e eficiência energética, por meio da estratificação das cotas dos reservatórios de forma a melhor atender as pressões recomendadas pela Norma Brasileira NBR 5626/1998 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1998).

1.2 Justificativa

Este trabalho justifica-se devido às elevadas perdas de água dos sistemas de abastecimento público e privado, o que acarreta em maior gasto energético, elevação dos custos, poluição de água e uma série de situações desfavoráveis à boa utilização.

2 REVISÃO TEÓRICA

2.1 Águas Superficiais e Subterrâneas: Definições e Classificações

A Agência Nacional de Águas (ANA) define as águas superficiais e subterrâneas como:

- **Águas Superficiais:** “As águas superficiais não penetram no solo, acumulam-se na superfície, escoam e dão origem a rios, riachos, lagoas e córregos. Por esta razão, elas são consideradas uma das principais fontes de abastecimento de água potável do planeta” (ANA, 2018).
- **Águas Subterrâneas:** “As águas subterrâneas são formadas pelo excedente das águas de chuvas que percorrem camadas abaixo da superfície do solo e preenchem os espaços vazios entre as rochas. Essas formações geológicas permeáveis são chamadas de aquíferos e são classificadas em três tipos: fraturado, poroso e cárstico. Dessa forma, os aquíferos são uma reserva de água embaixo do solo, abastecida pela chuva, e funciona como uma espécie de caixa d’água que alimenta os rios” (ANA, 2018).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), através da Resolução N° 357/2005, adota as seguintes definições:

- **Águas doces:** águas com salinidade igual ou inferior a 0,5‰.
- **Águas salobras:** águas com salinidade superior a 0,5‰ e inferior a 30‰.
- **Águas salinas:** águas com salinidade igual ou superior a 30‰.

Além disso, segundo esta mesma Resolução CONAMA N° 357/2005, as águas doces, salobras e salinas do Território Nacional são classificadas, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade:

a) Águas Doces

- Classe especial: águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas e à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
- Classe 1: águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA N° 274/2000; à irrigação de hortaliças e à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
- Classe 2: águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação, conforme a Resolução CONAMA N° 274/2000; à irrigação de hortaliças, à aquicultura e à atividade de pesca.
- Classe 3: águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora; à recreação de contato secundário; e à dessedentação de animais.
- Classe 4: águas que podem ser destinadas à navegação e à harmonia paisagística.

b) Águas Salinas

- Classe especial: águas destinadas à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral e à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.
- Classe 1: águas que podem ser destinadas à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA N° 274/2000; à proteção das comunidades aquáticas; à aquicultura e à atividade de pesca.
- Classe 2: águas que podem ser destinadas à pesca amadora e à recreação de contato secundário.

- Classe 3: águas que podem ser destinadas à navegação e à harmonia paisagística.

c) Águas Salobras

- Classe especial: águas destinadas à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral e à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.
- Classe 1: águas que podem ser destinadas à recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA N° 274/2000; à proteção das comunidades aquáticas; à aquicultura e à atividade de pesca; ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; e à irrigação de hortaliças.
- Classe 2: águas que podem ser destinadas à pesca amadora; e à recreação de contato secundário.
- Classe 3: águas que podem ser destinadas à navegação; e à harmonia paisagística.

2.2 Sistema de Abastecimento de Água

O sistema de abastecimento de água engloba desde o corpo d'água a ser captado até o destino final do abastecimento, isto é, captação, adução, tratamento, reservação e distribuição (TSUTIYA, 2006).

A concepção e o dimensionamento de cada parte do sistema de abastecimento de água ocorrem de forma integrada, apesar de cada unidade variar em termos de projeto de engenharia.

Dessa forma, é possível dividir o sistema em:

- Manancial – É o corpo d'água propriamente dito.
- Captação – Conjunto de equipamentos utilizados para captar a água, bem como as estruturas envolvidas.

- Estação elevatória – Conjunto de dispositivos que possuem a função de elevar a água até a Estação de Tratamento de Água (ETA) ou até o reservatório.
- Adutora – Conjunto de tubulações utilizadas no transporte da água.
- Estação de Tratamento de Água (ETA) – Local composto por unidades que possuem a função de purificar a água captada e fazer com que ela atinja o determinado grau de qualidade para a finalidade desejada.
- Reservatório – componente utilizado para a regularização das vazões e reservação de água.
- Rede de distribuição – Conjunto de tubos e dispositivos destinados a fornecer água aos consumidores.

2.3 Objetivos do Abastecimento de Água

Os objetivos dos sistemas de abastecimentos de água estão intimamente relacionados com a saúde pública da população usuária de tal sistema e podem ser consideradas sob dois importantes aspectos (BARROS, 1995):

a) Sanitário e social

- Melhoria da saúde e das condições de vida de uma comunidade;
- Diminuição da mortalidade em geral, principalmente da infantil;
- Aumento da esperança de vida da população;
- Diminuição da incidência de doenças relacionadas a água;
- Implantação de hábitos de higiene na população;
- Facilidade na implantação e melhoria da limpeza pública;
- Facilidade na implantação e melhoria dos sistemas de esgotos sanitários;
- Possibilidade de proporcionar conforto e bem-estar;
- Melhoria das condições de segurança.

b) Econômicos

- Aumento da vida produtiva dos indivíduos economicamente ativos;
- Diminuição dos gastos particulares e públicos com consultas e internações hospitalares;
- Facilidade para instalações de indústrias, onde a água é utilizada como matéria-prima ou meio e operação;
- Incentivo à indústria turística em localidades com potencialidades para seu desenvolvimento.

2.4 Partes Constituintes de um Sistema de Abastecimento de Água

2.4.1 Captação de Água Superficial

A captação é a primeira fase de um sistema de abastecimento de água, sendo composta pela tomada d'água, gradeamento, desarenador e tubulações. (FERREIRA; FERREIRA, 2016). Além disso, segundo Heller e Pádua (2006), “o tratamento de água começa na captação”, ou seja, a captação é uma fase de grande valor para o abastecimento de água potável.

▪ Implantação da Captação

- Tipos de Estudos a serem realizados;
- Condições que devem ser atendidas pelo local de captação;
- Investigação de campo.

▪ Tipos de Estudos a Serem Realizados

- Mapa geográfico e planialtimétrico;
- Vazões disponíveis do manancial;
- Compreensão do uso da água à jusante;
- Análise física, química e biológica da água.

▪ Condições que Devem Ser Atendidas pelo Local de Captação

- Garantia de vazão demanda e vazão ecológica pelo ponto de captação;
- Localizar-se a montante de focos poluidores;

- Condições de acesso ao local;
- Mínimas alterações ao curso d'água.

▪ **Tipos de Captação de Água de Superfície**

- Captação direta ou a fio d'água: empregada quando o curso de água possui vazão mínima utilizável superior à vazão de captação e nível de água suficiente para a submergir o dispositivo de captação.
- Captação com barragem de regularização de nível de água: empregada quando o curso de água possui vazão mínima utilizável superior à vazão de captação, mas nível de água insuficiente para submergir o dispositivo de captação.
- Captação com reservatório de regularização de vazão: empregada quando o curso de água possui vazão mínima utilizável inferior à vazão de captação.
- Captações não convencionais: quando há o emprego de equipamentos que permitem o recalque da água por meio de energias não convencionais.

▪ **Investigação de Campo**

As investigações de campo são interessantes para que:

- O manancial seja escolhido em função da demanda;
- A quantidade e a qualidade da água seja garantida;
- Aferições dos níveis e da vazão disponível sejam realizadas;

2.4.2 Captação de Águas Subterrâneas

a) Seleção do Manancial Subterrâneo para Abastecimento Público

Na escolha do manancial subterrâneo é importante que a comunidade esteja envolvida, a fim de se garantir um maior comprometimento com a preservação e com a proteção do sistema. Dessa forma, a escolha do manancial não deve se limitar a parâmetros técnicos.

Devem ser realizadas duas fases para a seleção do manancial subterrâneo:

- Fase de levantamento de dados;
- Fase de caracterização do tipo de manancial.

- Levantamento de dados: documentação disponível; ponto de água existentes; mapas planialtimétrico, geológicos e hidrogeológicos; fotografias aéreas e imagens de satélite.

- Caracterização do tipo de Manancial: capacidade de produção; qualidade da água; condições sanitárias e ambientais na zona de recarga do aquífero; condições de acesso ao local escolhido; reconhecimento geológico-estrutural in loco; desnível em relação ao ponto de recalque; ocupação do solo na área de recarga.

- Caracterização do Tipo de Manancial Escolhido

Além das informações levantadas, é necessário que o manancial subterrâneo escolhido seja caracterizado a fim de que as suas particularidades sejam bem estudadas antes que se realize a captação.

Desse modo, os mananciais subterrâneos são divididos em duas categorias: naturais ou aflorantes (fontes ou nascentes) e os captados por obras diversas (poços, galerias, drenos, etc.).

- Mananciais naturais ou aflorantes:

Normalmente, mananciais aflorantes são mais suscetíveis à poluição e às variações sazonais de vazão, assim, a sua escolha deve ser precedida de um criterioso exame na área de recarga e sobre o comportamento de sua vazão. Além disso, também devem ser observadas as condições sanitárias, ambientais; situação da cobertura vegetal e o uso do solo na área de recarga do manancial.

- Mananciais subsuperficiais:

Poço Raso: é uma escavação manual ou mecânica de um poço raso, cuja profundidade deva ser suficiente apenas para penetrar a zona saturada para se obter água de maneira segura.

Dreno: são valas ou trincheiras abertas desde a superfície do terreno até atingir o aquífero, onde se introduzem tubos ranhurados envoltos numa manta permeável e numa cama de elementos de granulometria controlada, capazes de direcionar o fluxo das águas subterrâneas para pontos de interesse.

Barragens subterrâneas: são construções que possuem o objetivo de criar um reservatório artificial no interior de sedimentos aluvionares.

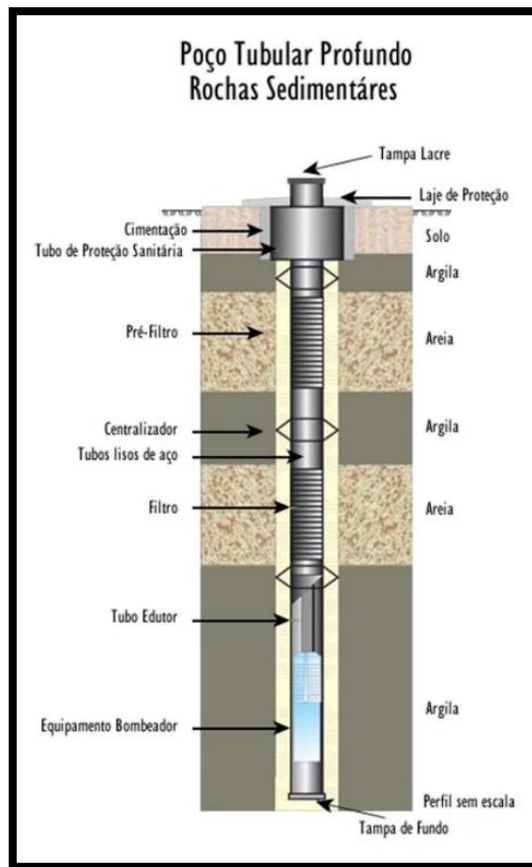
b) Captação em Poços Profundos

A captação por meio de poços profundos possui uma série de vantagens, dentre elas, a potabilidade da água e a possibilidade de a captação ser próxima do abastecimento. A potabilidade da água é devido à filtração consequente da percolação da água pelas várias camadas de solo, reduzindo a quantidade de tratamentos necessários para torná-la própria ao uso (HIRATA, 1993).

A perfuração de poços é considerada uma obra de engenharia geológica, sendo necessária a autorização pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM (no estado de Minas Gerais), com a finalidade de se assegurar ao usuário o direito de uso dos recursos hídricos. Além disso, torna-se necessário o recolhimento de Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) junto ao Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA). A construção do poço deve ser conforme as normas NBR 12212 (ABNT, 1992) - Projeto de Poço para Captação de Água Subterrânea e NBR 12244 (ABNT, 1992) - Construção de Poço para Captação de Água Subterrânea (TSUTIYA, 2006).

A Figura 1 apresenta um desenho esquemático de captação por meio de poço profundo.

Figura 1: Desenho esquemático de uma captação por meio de poço profundo



Fonte: GEODRIL (2018)

c) Aquíferos

Os aquíferos são formações geológicas subterrâneas, formados por rochas de caráter permeável, funcionando como um reservatório de água (MIDÕES; FERNANDES, 2001).

- Aquífero livre ou não confinado:

São aquíferos que possuem a sua base formada por uma camada impermeável ou semipermeável, e a sua superfície se encontra sob pressão atmosférica.

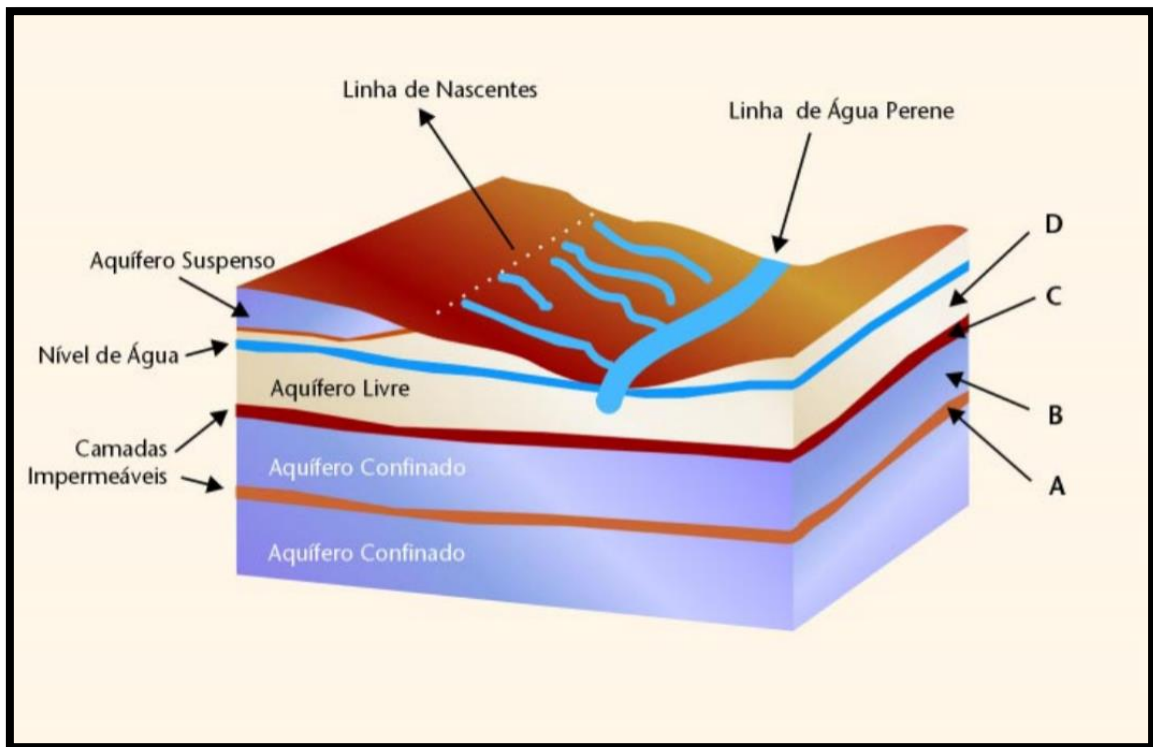
- Aquífero Confinado e Artesiano:

É o aquífero que é confinado por duas camadas impermeáveis, uma na parte superior e outra na parte inferior do aquífero. Dessa forma, a pressão se

encontra acima da pressão atmosférica, permitindo que a água se eleve até o nível piezométrico quando perfurado.

A representação esquemática de um aquífero encontra-se abaixo (Figura 2).

Figura 2: Representação esquemática de um aquífero



Fonte: CPRM (2006)

d) Hidráulica de Poços

Segundo Guedes Jr. (2005), o engenheiro Henry Darcy (1803-1858) foi o grande destaque durante os estudos das águas subterrâneas, ao demonstrar uma fórmula que representa o fluxo de água através do solo. A equação matemática se encontra a seguir:

$$Q = KiA \quad (2.1)$$

Sendo:

- Q = vazão do fluxo no meio poroso;

- A = Área;
- K = Condutividade hidráulica;
- $i = \frac{dh}{L}$ = gradiente hidráulico.

De acordo com Barbosa Jr. (2007), é utilizada a seguinte terminologia na hidráulica de poços:

- Nível Estático (NE): é a superfície livre do poço, cuja pressão é neutra, sendo medida a partir da superfície do solo.
- Nível Dinâmico (ND): é o nível de água dentro do poço, sendo medido da superfície do solo, até o nível que se bombeia.
- Rebaixamento (s): é a diferença das medidas do ND e do NE, ou seja, $s = ND - NE$.
- Zona de Influência (r): é a distância horizontal entre o centro do poço e o ponto do cone que tangencia a linha de prolongamento do nível estático.
- Vazão específica (Q/s): é o valor da razão entre a vazão e o rebaixamento, sendo um indicador de rendimento do poço.

- Transmissividade (T):

Transmissividade é quantidade de água que se transmite por uma faixa (horizontal), através de um perfil vertical, com dimensões dadas em m^2/h , m^2/dia , etc. (BARBOSA JR, 2007).

$$T = Km \quad (2.2)$$

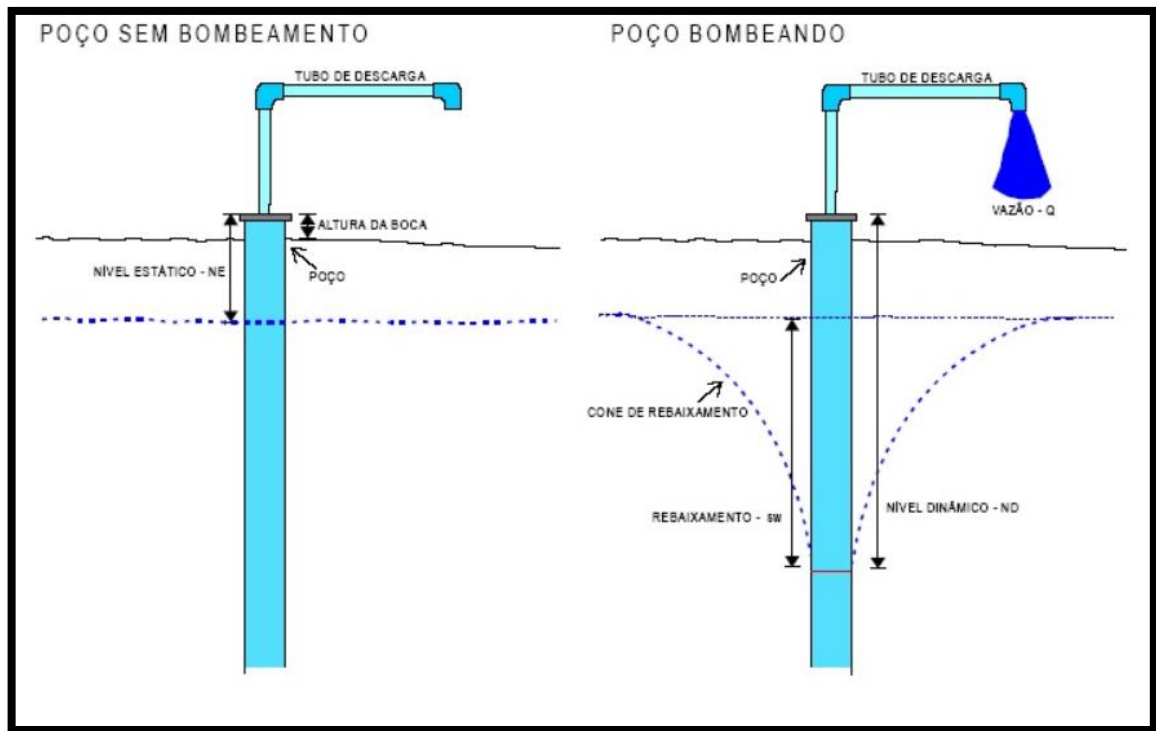
Sendo:

- K = coeficiente de permeabilidade;
 - m = espessura da camada do material.
- Cone de rebaixamento:

O cone de rebaixamento (Figura 3) formado durante o bombeamento da água poço, deve-se ao rebaixamento do nível piezométrico das águas e à diferença de pressão, o que provoca a entrada de água do aquífero para o poço, no entanto

com certa dificuldade por conta da viscosidade da água, ocasionando perda de energia, diminuindo a pressão ao longo das linhas de fluxo (COELHO; DUARTE, 2002).

Figura 3: Representação do cone de rebaixamento



Fonte: Rubo (1998)

2.4.3 Estudo da População

As obras para o abastecimento de água devem ser executadas de maneira a suprir o consumo crescente, devido ao aumento demográfico, logo, é necessário que seja feito um estudo da tendência de crescimento da população para que não haja carência de água na região abastecida (HELLER; PÁDUA, 2006).

Estudos indicam uma média de 20 anos para o horizonte de abastecimento. Entretanto, essas obras podem ser muito onerosas à população atual, devendo haver um plano de construção em etapas com a finalidade de o abastecimento acompanhar a curva de demanda da região (TSUTIYA, 2006).

a) Métodos para o Estudo Demográfico

Para o estudo da projeção da população, destacam-se os seguintes métodos (TSUTIYA, 2006):

- Método dos Componentes Demográficos;
- Métodos Matemáticos;
- Método de Extrapolação Gráfica.

▪ Método dos Componentes Demográficos

Este método utiliza informações históricas dos índices de natalidade, mortalidade, imigração e emigração, reunindo-os de maneira simples, como apresentada pela fórmula a seguir:

$$P = P_0 + (N - M) + (I - E) \quad (2.3)$$

Sendo:

- P = População projetada;
- P0 = População atual;
- N = Número de nascimentos no período;
- M = Número de óbitos no período;
- I = Número de imigrantes no período;
- E = Número de emigrantes no período.

Obs.: a parcela (N-M) é o crescimento vegetativo e (I-E) é o crescimento social no período.

O Método dos Componente Demográficos introduz dados interessantes como nascimentos, óbitos, imigrações e emigrações; conseguindo uma boa projeção quando comparado à realidade. No entanto, para a execução de um projeto deve-se considerar outros dados para que se obtenha uma maior precisão (HELLER; PÁDUA, 2006):

- Dados dos últimos quatro censos demográficos do município e distritos;
- Dados de pelo menos os últimos dois censos dos setores censitários, população residente e o número de domicílios ocupados da região;
- Dados atuais dos registros de atendimento das concessionárias de água e luz, bem como o número de ligações existentes;
- Planos e projetos existentes para a região, que possam interferir no crescimento da população;
- O plano diretor do município;
- Informações como tamanho médio do lote, domicílios por lote, número de habitantes por lote;
- A esfera socioeconômica que o município exerce sobre a região.

- **Métodos Matemáticos**

Segundo Tsutiya (2006), são os métodos que utilizam equações matemáticas com fatores obtidos a partir de dados históricos.

- **Método aritmético**

Este método assume que a população varie de maneira linear, tendo uma melhor precisão para quando utilizado em períodos de 1 a 5 anos. Segue-se a equação matemática utilizada pelo método:

$$P_2 = P_1 + k_a(t_2 - t_1) \quad (2.4)$$

Sendo:

- $k_a = \left(\frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1} \right);$

- P2 = população projetada;

- P1 = população atual;

- Ka = constante indicativa da taxa de crescimento;

- (t2-t1) = Período de tempo até a população projetada.

- **Método Geométrico**

Este método assume que a população aumenta de acordo com um percentual constante, sendo representado por kg (taxa de crescimento geométrico).

A seguinte equação matemática pode ser utilizada para a resolução utilizando o Método Geométrico:

$$P = P_2 * e^{k_g*(t-t_2)} \quad (2.5)$$

Sendo:

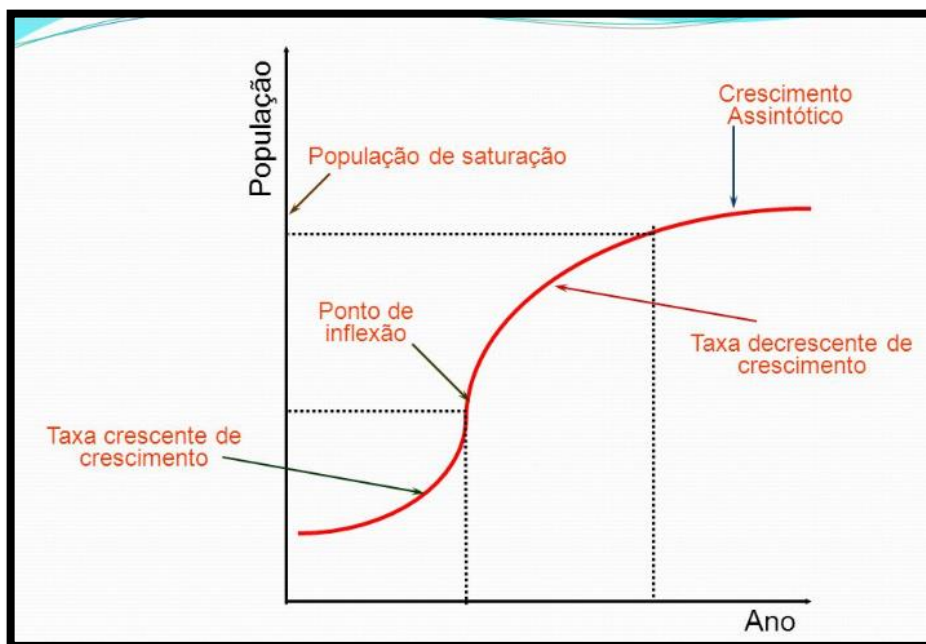
$$- k_g = \frac{\ln(P_2) - \ln(P_1)}{(t_2 - t_1)},$$

- P = população projetada para o período desejado;
- P1 = população do penúltimo censo;
- P2 = população do último censo;
- (t2-t1) = Intervalo entre o último e o penúltimo censo;
- (t-t2) = Intervalo entre o último censo e o tempo para a população projetada.

▪ Método da Curva Logística

A Curva Logística é uma função em forma de “S” que possui três trechos com características diferentes. O primeiro trecho (Figura 4) possui um crescimento veloz, que diminui a velocidade quando atinge o segundo trecho e depois permanece constante no terceiro trecho (TSUTIYA, 2006):

Figura 4: Representação de uma curva logística



Fonte: Tsutiya (2006)

A equação matemática da Curva Logística é dada a seguir:

$$P = \frac{k}{1+e^{a-bT}} \quad (2.6)$$

Sendo:

$$- k = \frac{2P_0P_1P_2 - (P_1)^2(P_0+P_2)}{P_0P_2 - (P_1)^2};$$

$$- a = \frac{1}{0,4343} \log \frac{k-P_0}{P_0};$$

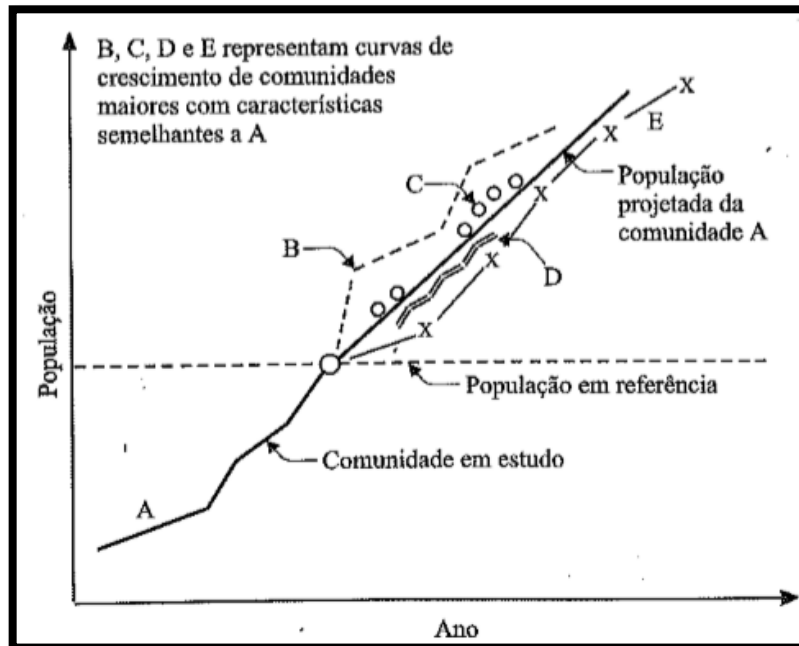
$$- b = -\frac{1}{0,4343d} \log \frac{P_0(k-P_1)}{P_1(k-P_0)};$$

$$- T = a/b .$$

▪ Método da Extrapolação Gráfica

Este método leva em consideração o comportamento da curva gerada pelos parâmetros históricos, extrapolando os valores para um tempo grande de observação (Figura 5), assumindo que o crescimento se comportará conforme os dados analisados (TSUTIYA, 2006).

Figura 5: Representação do método da extrapolação gráfica



Fonte: Tsutiya (2006)

b) Previsão do Consumo de Água e Classificação dos Consumidores

A previsão do consumo de água, bem como a projeção do crescimento da população, é essencial para a construção do sistema de abastecimento de água, a fim de que ele tenha capacidade de suprir a demanda ao longo dos anos, mesmo com o crescimento da população (SILVA, 2003).

Os consumidores podem ser divididos em quatro classes, sendo elas: público, industrial, comercial e doméstico; sendo essa divisão necessária por conta da diferença de tarifação existente para cada classe (TSUTIYA, 2006).

c) Fatores que causam variação no consumo

Segundo Falkenberg (2005), a quantidade de água consumida não é constante ao longo do tempo, mas variável. Assim, deve-se entender quais são os fatores responsáveis por essa variação, a fim de se prever os pontos de pico de consumo.

Além disso, segundo Tsutiya (2006), torna-se necessária a discussão de que a variação no consumo pode ser horária, diária, mensal ou até mesmo anual.

- Variação horária: dentre as horas do dia, sendo que o maior consumo se dá de 10 às 12 horas.
- Variação diária: dias mais quentes são seguidos de maior consumo de água.
- Variação mensal: os meses que se encontram no período de verão são seguidos de maior consumo de água do que aqueles que se encontram no inverno.
- Variação anual: com o passar dos anos, o consumo de água possui uma tendência a aumentar, devido ao aumento da população e também à maior receptividade aos hábitos higiênicos.

d) Vazão Média Diária Anual

Para a obtenção dos valores de consumo diário de uma determinada população, pode ser utilizado o volume distribuído em um ano, dividido pelos trezentos e sessenta e cinco (365) dias. No entanto, o consumo apresenta variações ao longo do ano devido aos fatores mencionados acima, o que será corrigido com a utilização de alguns coeficientes (FALKENBERG, 2005).

- **Coeficiente do Dia de Maior Consumo (K_1)**

Como mencionado anteriormente, o consumo de água varia quando são analisados dias diferentes, por isso, é necessário que seja calculado um coeficiente que retrate essa realidade.

Segundo Tavares (2017), com base na análise de consumo diário em um ano é possível que se calcule o volume de água do dia de maior consumo e o volume de água médio no ano.

Então, o valor de K_1 pode ser encontrado da seguinte forma:

$$K_1 = \frac{\text{Maior Consumo Diário no Ano}}{\text{Consumo Médio Diário no Ano}} \quad (2.7)$$

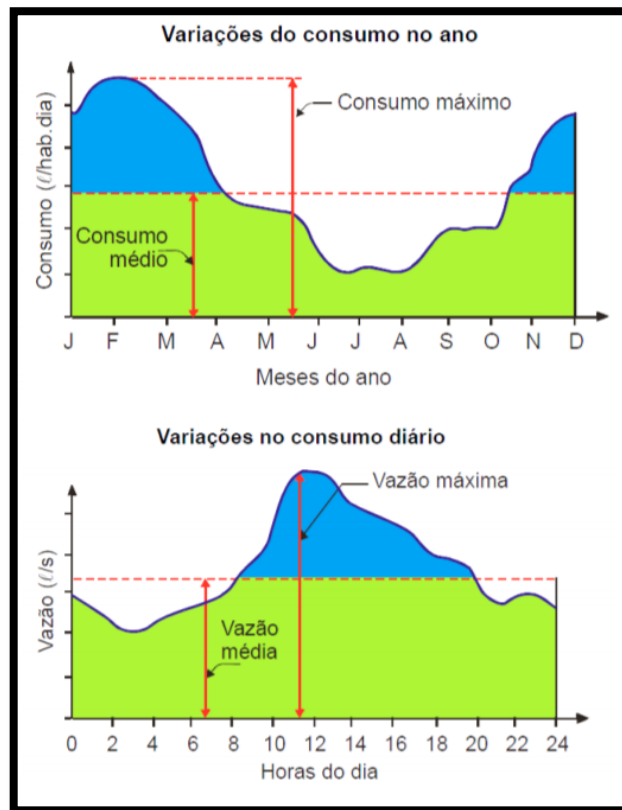
- **Coeficiente da Hora de Maior Consumo (K_2)**

Da mesma forma que o consumo é variável ao longo dos dias (Figura 6), ele o é ao longo das horas, sendo possível que se extraia de um mesmo dia, o pico do consumo (vazão máxima) e o valor médio no dia (vazão média) (TAVARES, 2017).

Portanto, é possível que se encontre o Coeficiente da Hora de Maior Consumo (K_2) da seguinte forma:

$$K_2 = \frac{\text{Maior Vazão Horária no Dia}}{\text{Vazão Média no Dia}} \quad (2.8)$$

Figura 6: Gráficos representativos da variação do consumo anual e diário



Fonte: KNAPIK (2015)

2.4.4 Análise Hidroquímica

Segundo Santos (2015), a análise físico-química deve ser solicitada quando for necessária a determinação da composição da água a fim de se atender aos padrões de potabilidade.

A análise bacteriológica deve sempre ser solicitada quando houver a necessidade de água de boa qualidade para o abastecimento da população. Além disso, ela também deve ser requerida quando comprovada a existência de fossas próximas ao poço ou contaminação atestada em poços vizinhos.

Para Tsutiya (2006), alguns compostos químicos evidenciam a característica da água, por exemplo:

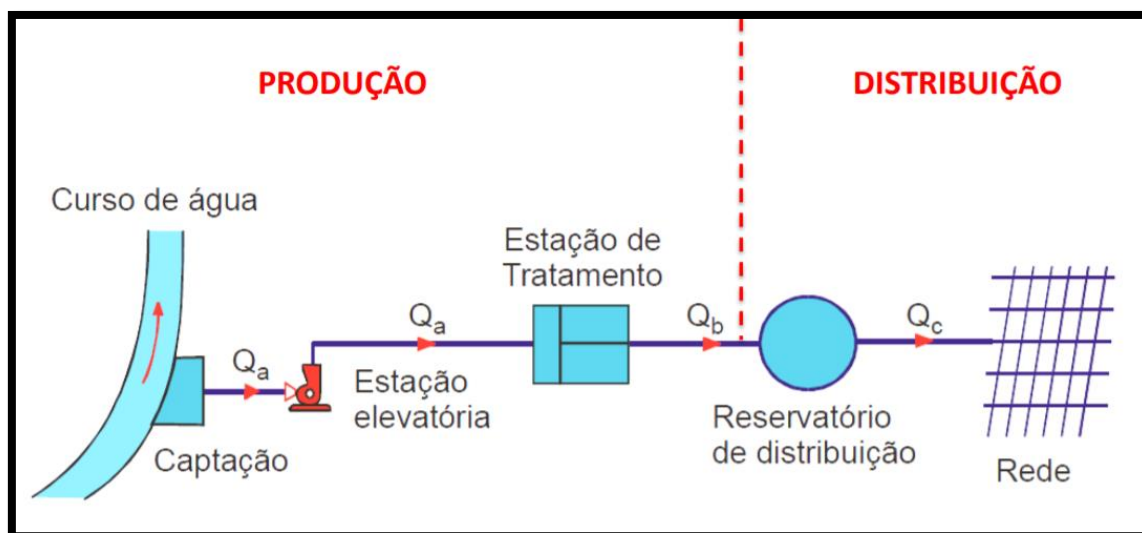
- Íons eletronegativos ou radicais ácidos SO_4^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , ocasionalmente, NO_3^- , NO_2^- , CO_3^{2-} , SO_2 podem causar a corrosão do sistema.
- Íons eletropositivos ou radicais básicos Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , ocasionalmente, Fe^{2+} podem causar incrustações.

2.4.5 Cálculo das Vazões

O cálculo das vazões de um sistema de abastecimento deve ser executado de forma a abastecer a demanda máxima de água, para que o abastecimento não seja deficitário em dias de pico. Além disso, a estação de tratamento consome de 1 a 5% da água tratada para a limpeza dos filtros e decantadores, o que deve ser intrínseco ao cálculo da vazão total (LIMA et al., 2006).

A seguir (Figura 7) há um desenho esquemático do sistema de abastecimento de água.

Figura 7: Desenho esquemático do sistema de abastecimento de água, representando as vazões Q_a , Q_b e Q_c



Fonte: Tsutiya (2006)

Segundo Tsutiya (2006), para o cálculo da captação, estação elevatória e adutora até a ETA, tem-se:

$$Q_1 = \left(\frac{K_1 * P * q}{86400} + Q_{esp} \right) * C_{ETA} \quad (2.9)$$

Para o cálculo da ETA até o reservatório, tem-se:

$$Q_2 = \frac{K_1 * p * q}{86400} + Q_{esp} \quad (2.10)$$

Para o cálculo do reservatório até a rede de distribuição, tem-se:

$$Q_3 = \frac{K_1 * K_2 * p * q}{86400} + Q_{esp} \quad (2.11)$$

Sendo:

- K1 = Coeficiente do Dia de Maior Consumo;
- K2 = Coeficiente da Hora de Maior Consumo;
- p = População a ser abastecida;
- q = Consumo per capita de água;
- Qesp = Vazão específica (indústria, comércio, etc.);
- C_{ETA} = Consumo de água na ETA.

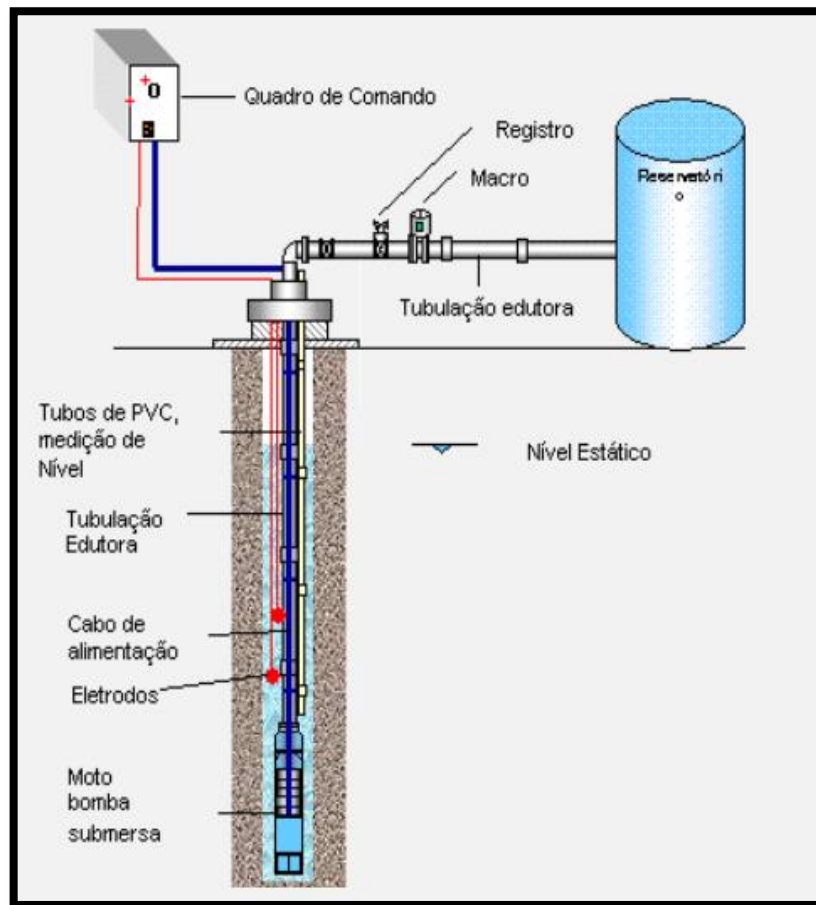
a) Especificação de Conjunto Motor-Bomba

Segundo Diniz e Michaluate (2002), para o bombeamento da água de poços subterrâneos geralmente utiliza-se o conjunto motor-bomba submersa. A Figura 8 ilustra um sistema motor-bomba instalado.

A escolha do conjunto deve atender aos seguintes requisitos:

- Bom rendimento;
- Vida útil longa;
- Mínimo de manutenção corretiva.

Figura 8: Esquema de instalação de um sistema motor-bomba



Fonte: ABAS (2010)

Além disso, alguns fatores devem ser levados em conta na compra do conjunto motor-bomba (TSUTIYA, 2006).

- O amontoado de areia que passará pelo sistema de bombeamento durante a captação do poço;
- A temperatura da água que será bombeada, a fim de se evitar futuros danos ao sistema;
- A vazão que deverá estar disponível na saída. Para isso, deve-se atentar para a disposição do crivo a uma profundidade de, no mínimo, 7 m (metros) abaixo do Nível Dinâmico, a fim de se evitar a entrada de ar na bomba e, conseqüentemente, a redução de sua eficiência;
- O cálculo preciso do Nível Dinâmico, pois ele será utilizado na obtenção da altura manométrica total.

2.4.6 Reservatório de Distribuição de Água

Os reservatórios são elementos de extrema importância em um sistema de abastecimento, pelo fato de poderem atender diferentes finalidades, tais como (HELLER; PÁDUA, 2006):

a) Finalidades dos Reservatórios

- Regularização da vazão: devido ao recebimento de uma vazão constante e igual à demanda média do dia de maior consumo, é possível que o reservatório acumule água quando a demanda for menor que a média e forneça mais água nos horários de pico, ou seja, quando a demanda é maior que a vazão média;
- Asseguração do abastecimento: permitir o fornecimento de água mesmo quando houver algum problema na adutora;
- Reservação Técnica de incêndio: reservação de água para o combate ao incêndio;
- Regularização das pressões: pode haver a elevação das pressões na rede, de maneira proposital, de acordo com a elevação. É possível, então, que as variações de pressão sejam diminuídas com a presença do reservatório;
- Redução de custos com energia elétrica: bombeamento de água em horários com menor tarifação na energia elétrica;
- Eficiência energética: aumento do rendimento em conjunto com os sistemas de bombeamentos;

No entanto, apesar das várias vantagens apresentadas, o reservatório também possui as suas desvantagens (AGOSTINHO et al., 1992):

- Alto custo de implantação;
- Necessidade de se localizar em uma cota satisfatória a fim de obter as pressões desejadas;
- Possível ocorrência de impacto ambiental devido às obras e à inundação da região.

b) Classificação dos Reservatórios de Distribuição

Quanto à localização da rede de distribuição, os reservatórios podem ser classificados em reservatório de montante, de jusante e de posição intermediária (TSUTIYA, 2006).

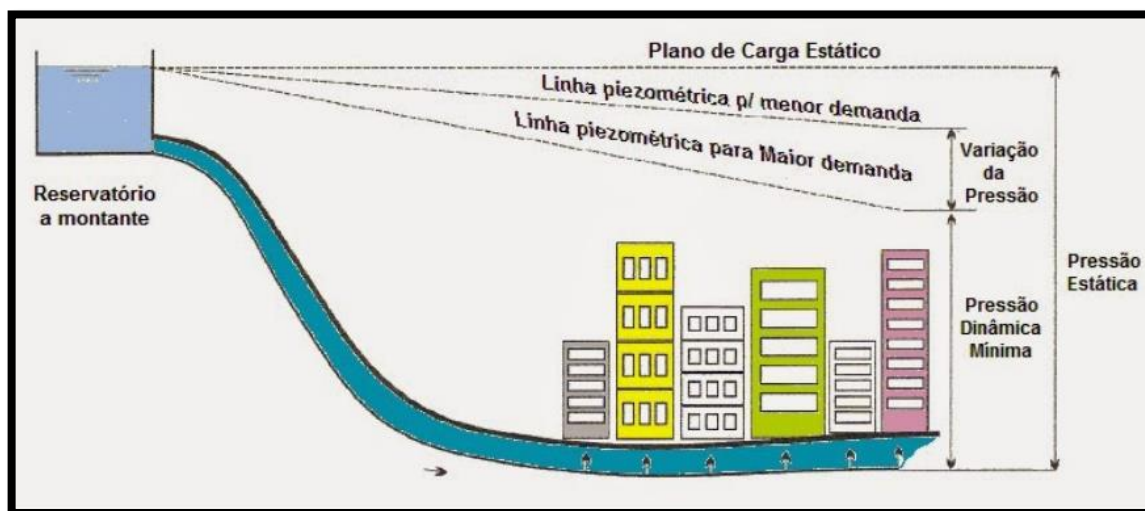
Existem valores limites de pressão que os reservatórios devem atender:

- Pressão dinâmica mínima: 100 kPa (kilopascal), equivalente a 10 m.c.a. (metros de coluna d'água).
- Pressão estática máxima: 500 kPa (kilopascal), equivalente a 50 m.c.a (metros de coluna d'água).

▪ Reservatórios de Montante

São aqueles que se localizam à montante da rede de distribuição, como representado na Figura 9.

Figura 9: Ilustração de reservatórios de montante



Fonte: Heller e Pádua (2006)

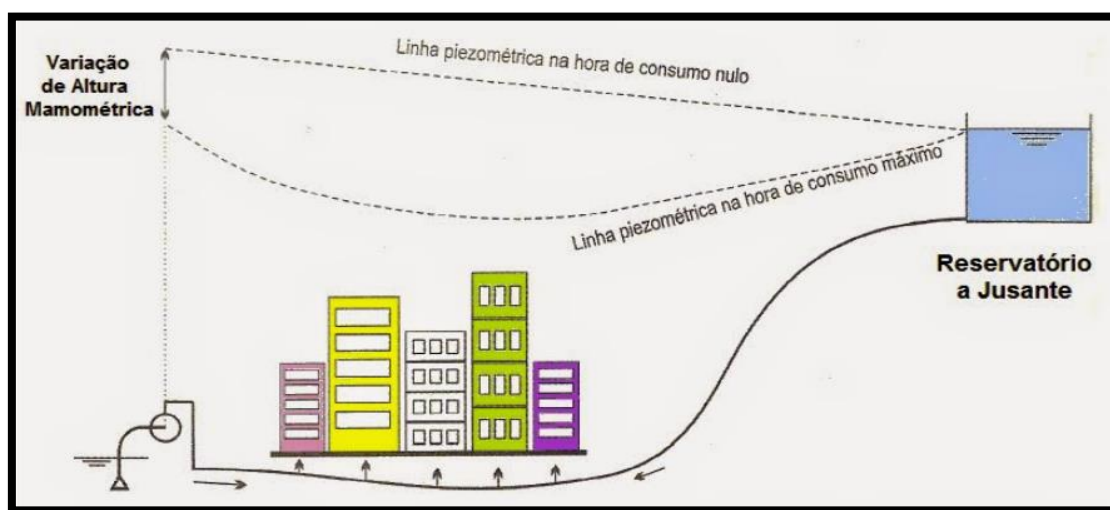
No dimensionamento de um reservatório de montante é imprescindível a consideração das pressões máximas. Dessa forma, quando a cidade se localiza em um local de inclinação pronunciada, a pressão na rede pode ser muito alta, havendo a necessidade de se criar outro reservatório à jusante do primeiro, a fim de se

regularizar essas pressões. Esse sistema de abastecimento de água é chamado de distribuição escalonada.

- Reservatório de Jusante

É o reservatório que se localiza à jusante da rede de distribuição (Figura 10), sendo também conhecido como reservatório de sobras, pois ele é abastecido nos momentos de menor demanda

Figura 10: Desenho esquemático de um reservatório elevado de jusante

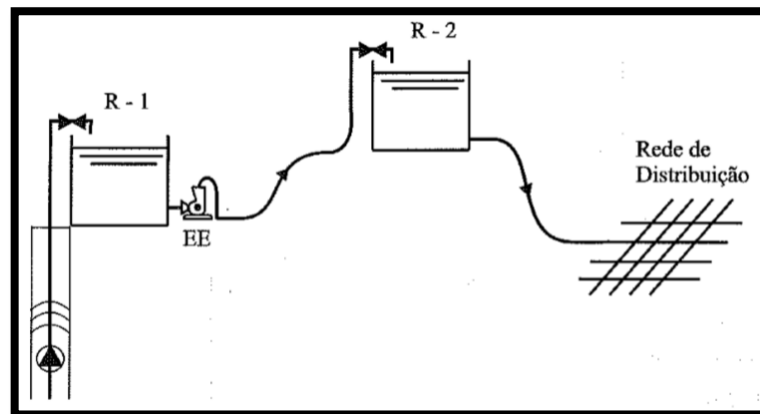


Fonte: Heller e Pádua (2006)

- Reservatório de Posição Intermediária

Segundo Tsutiya (2006), é um reservatório que inserido junto do sistema de adução, com a função de regularizar a passagem entre o bombeamento e a adução por gravidade. A Figura 11 ilustra um tipo de reservatório de posição intermediária.

Figura 11: Reservatório de posição intermediária



Fonte: Tsutiya (2006)

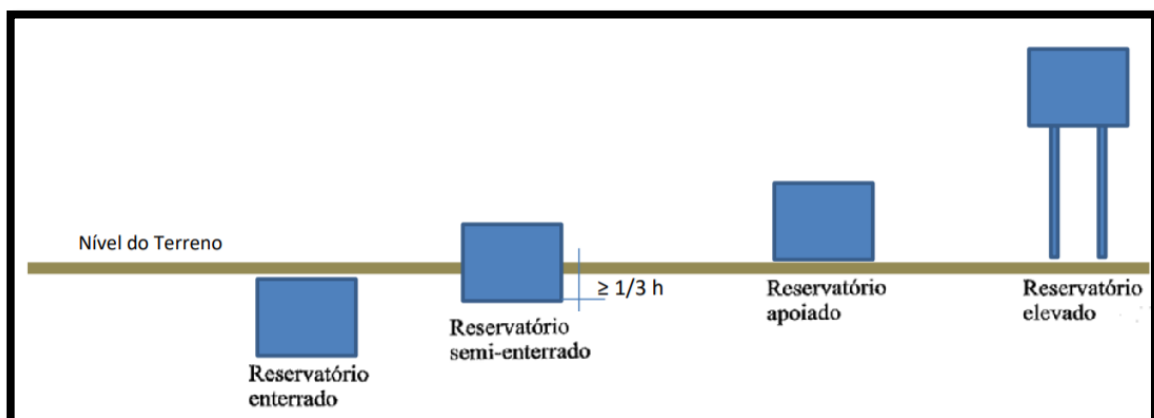
c) Localização do Reservatório no Terreno

Os reservatórios podem ser classificados de acordo com a sua localização no terreno (HELLER; PÁDUA, 2006):

- Reservatório enterrado;
- Reservatório semienterrado;
- Reservatório apoiado;
- Reservatório elevado.

Para melhor entendimento, há a seguir uma imagem (Figura 12) que ilustra as posições dos reservatórios em relação ao terreno.

Figura 12: Posições dos reservatórios em relação ao terreno



Fonte: Tsutiya (2006)

d) Capacidade dos Reservatórios

Segundo Tsutiya (2006), a determinação da capacidade dos reservatórios deve-se levar em conta a finalidade para que eles serão utilizados, dessa forma, é necessário que três fatores sejam considerados:

- Volume para compensar as variações de demanda;
- Volume para reserva técnica de incêndio;
- Volume para emergências.

e) Determinação do Volume Útil

Volume útil é o termo utilizado para denominar o volume de água que é utilizado para suprir as variações diárias de demanda, sendo a diferença entre o nível máximo e mínimo do reservatório (TSUTIYA, 2006).

▪ Método da Curva de Consumo

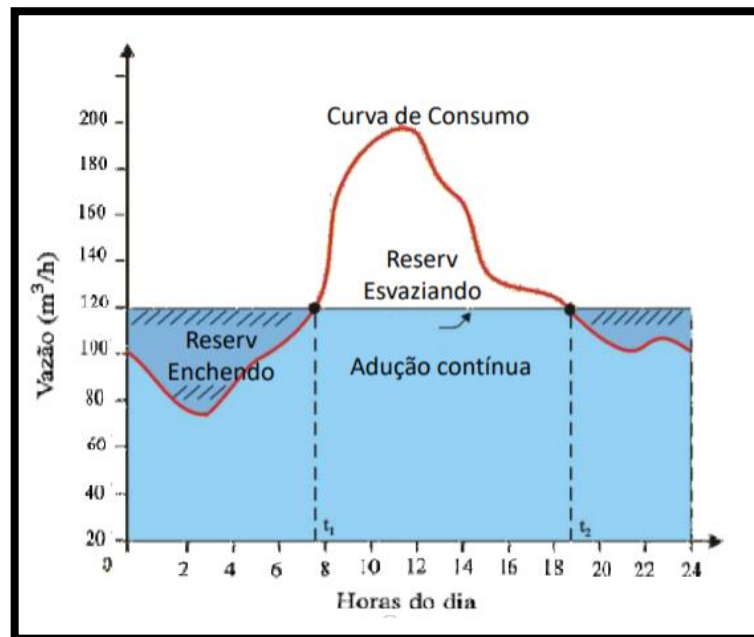
Para o método da curva de consumo, pode-se obter o volume útil a partir da adução contínua ou intermitente (HELLER; PÁDUA, 2006).

- Adução Contínua

Segundo Heller e Pádua (2006), adução contínua é quando a vazão da adutora é constante e durante as 24 horas do dia. Para isso, deve-se obter os valores de demanda para o dia de maior consumo, a fim de que esses sejam utilizados como valores de vazão na curva.

Encontra-se abaixo uma ilustração (Figura 13) que exemplifica a curva de consumo com adução constante. É fácil de se interpretar que quando a curva de consumo se encontrar abaixo da linha de adução, o reservatório estará enchendo, pois, o consumo será menor que a vazão fornecida. De maneira análoga, quando a curva de consumo se encontra acima da linha de adução, o reservatório estará se esvaziando para suprir demanda da população, pois, o consumo será maior que a vazão fornecida.

Figura 13: Gráfico representativo da curva de consumo e adução contínua



Fonte: Tsutiya (2006)

Entende-se que as duas áreas, hachurada e não-hachurada, são iguais e, por isso, representam cada uma delas o volume mínimo de reservação de água que o reservatório deve ser capaz de armazenar, a fim de que a demanda do dia de maior consumo seja atendida.

Assim, o volume de reservação (área delimitada acima da linha de adução) poderá ser calculado da seguinte forma:

$$V = \int_{t_1}^{t_2} Q dt - \bar{Q} (t_2 - t_1) \quad (2.12)$$

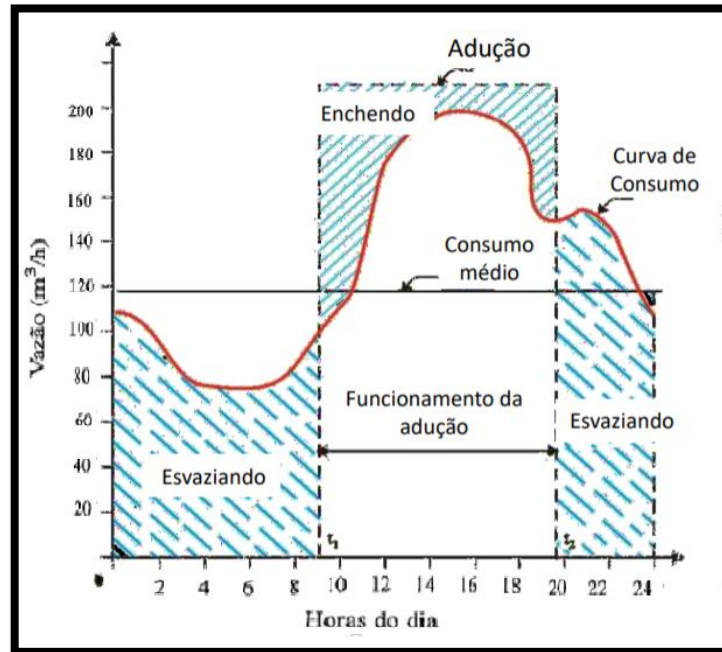
Sendo:

- V = volume de reservação;
- t1 = instante a partir do qual o consumo será maior que a vazão fornecida;
- t2 = instante a partir do qual o consumo será menor que a vazão fornecida;
- Q = vazão consumida;
- \bar{Q} = vazão média do dia.

-Adução intermitente:

A adução intermitente, cujo gráfico é representado na Figura 14, é aquela que se dá em apenas algum intervalo de tempo no dia, e não durante as 24 h (horas), como é na adução contínua (HELLER; PÁDUA, 2006).

Figura 14: Curva de consumo e adução intermitente



Fonte: Tsutiya (2006)

A Figura 14 mostra que a bomba é ligada no instante t_1 e desligada no instante t_2 , logo, o intervalo de enchimento do reservatório é de t_1 a t_2 . Então, $(t_2, 24 h)$ e $(24 h, t_1)$ são os intervalos de esvaziamento do reservatório, devendo as áreas correspondentes de esvaziamento serem iguais à área de enchimento do reservatório, equivalendo ao volume mínimo de reservação para suprir a demanda de água do dia de maior consumo.

f) Operação de Reservatórios

A operação dos reservatórios consiste na ativação do sistema de bombeamento para que a demanda de água seja fornecida; o desligamento, para que não haja o transbordamento do reservatório, além da abertura e fechamento de válvulas de controle. Por conseguinte, é necessário que se tenha constantemente

alguns parâmetros operacionais dos reservatórios para um sistema de abastecimento eficiente.

g) Parâmetros Operacionais dos Reservatórios

-Volume Nominal: volume compreendido entre o fundo do reservatório e o nível do limite de extravasamento.

-Limite de Extravasamento: nível de água a partir do qual a água começa a se extravasar do reservatório.

-Limite da Boia: nível a partir do qual é acionado um dispositivo que atua fechando as válvulas de controle do reservatório.

-Limite Alto: nível máximo do reservatório para que haja tempo suficiente ao fechamento das válvulas, a fim de não acionar o dispositivo da bomba ou permitir que haja extravasamento de água.

-Limite Baixo: nível mínimo para que não haja a entrada de ar na tubulação ou a formação de vórtice, o que pode comprometer a eficiência do sistema.

-Volume útil: volume compreendido entre o nível baixo e o nível alto.

-Folga: altura compreendida entre o limite alto e o limite da boia.

h) Determinação do tamanho da folga (Δh)

Segundo Tsutiya (2006), a folga é um limite de segurança para que o dispositivo da boia não seja acionado sem necessidade. Dessa forma:

$$\Delta h = V_s * T_t$$

Sendo:

- V_s = velocidade de subida da lâmina d'água;

- $T_t = T_{rec} + T_{fech} * P$;

- T_{rec} = tempo de reconhecimento do alarme;

- T_{fech} = tempo de fechamento da válvula de controle;
- P = fator que indica a proporcionalidade de T_{fech} com a sua abertura, dado em %.

2.5 Regularização Ambiental e Normas Técnicas para Sistemas de Abastecimento de Água

2.5.1 Licenciamento Ambiental

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) N° 237/1997, define o licenciamento ambiental como um “procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso” (CONAMA, 1997).

Esta mesma Resolução, em seu anexo 1 (Serviços de utilidade), estabelece que as obras de implantação de estações de tratamento de água também estarão sujeitas ao licenciamento. Diante disso, para as obras de implantação ou ampliação de sistemas de abastecimento de água, o órgão ambiental estadual deverá ser consultado sobre a necessidade ou não de licenciamento ambiental, devendo o resultado dessa consulta ser parte constante do projeto proposto.

Em Minas Gerais, de acordo com as competências estabelecidas no Decreto Estadual N° 47.042, de 6 de setembro de 2016, as atribuições do licenciamento ambiental são exercidas pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), e o Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM), por meio de suas Câmaras Técnicas (CTs), tem atribuição de deliberar sobre as licenças ambientais, de acordo com o disposto no Decreto Estadual N° 46.953, de 23 de fevereiro de 2016 (MINAS GERAIS, 2016).

A Deliberação Normativa (DN) COPAM Nº 217 de 06 de dezembro de 2017, modernizou e racionalizou os processos de licenciamento ambiental, pois “Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, bem como os critérios locacionais a serem utilizados para definição das modalidades de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais no Estado de Minas Gerais e dá outras providências” (COPAM, 2017).

2.5.2 Outorgas

A outorga de direito de uso de recursos hídricos é um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, estabelecidos pela Lei Federal Nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Esse instrumento tem como objetivo assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso aos recursos hídricos (BRASIL, 1997).

A Lei Federal Nº 9.433/1997, conhecida também como Lei das Águas, instituiu Agência Nacional das Águas (ANA) como a responsável pela análise técnica para emissão de outorga de direito de uso da água em corpos hídricos de domínio da união e também prevê a regulamentação dos corpos hídricos estaduais por meio dos órgãos gestores estaduais e a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) (BRASIL, 1997).

O órgão gestor dos recursos hídricos do estado de Minas Gerais é o Instituto Mineiro de Gestão de Águas (IGAM), que foi criado em 17 de julho de 1997, vinculado à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) (IGAM, 2018).

Minas Gerais tem como um dos instrumentos da Política Estadual de Recursos Hídricos a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos, de acordo com o art. 9º da Lei Nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999 (MINAS GERAIS, 1999).

Antes da execução de qualquer intervenção que altere o regime, a qualidade ou a quantidade do corpo hídrico, deverá ser solicitada a outorga. Ademais, caso já esteja ocorrendo o uso do corpo hídrico, o processo para regularização da intervenção é o mesmo (IGAM, 2010).

A não solicitação de outorga sujeitará o usuário às sanções previstas em lei. A outorga para o uso de recursos hídricos deve ser solicitada junto ao Instituto Mineiro de Gestão de Águas (IGAM), quando os corpos d'água forem de domínio do Estado, e junto à Agência Nacional de Águas (ANA), quando os corpos d'água forem de domínio da União (IGAM, 2010).

2.5.3 Padrão de Potabilidade

O Ministério da Saúde, através da Portaria Nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, determina que toda água destinada ao consumo humano, distribuída coletivamente por meio de sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água, deve ser objeto de controle e vigilância da qualidade da água, bem como, toda água destinada ao consumo humano proveniente de solução alternativa individual de abastecimento de água, independentemente da forma de acesso da população, está sujeita à vigilância da qualidade da água. Esta mesma Portaria “dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade” (BRASIL, 2011).

2.6 Normas Técnicas

Os parâmetros e faixas de recomendações para o dimensionamento de unidades componentes de um projeto de sistema de abastecimento de água estão disponíveis nas Normas Brasileiras editadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), órgão responsável pela normalização técnica no Brasil. A seguir, são citadas algumas das Normas Brasileiras:

- NBR 12211/1992 – Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água: fixa as condições exigíveis para estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água, bem como elemento e atividades necessárias para a elaboração do projeto; condições específicas de topografia da região, consumidores a serem considerados, etc. (ABNT, 1992).

- NBR 12212/2006 – Poço tubular - Projeto de poço tubular para captação de água subterrânea: fixa as condições exigíveis para a elaboração de projeto de poço para captação de água subterrânea para abastecimento público, bem como elemento e atividades necessárias para a elaboração do projeto; condições gerais de vazão, perímetro de proteção sanitária; condições específicas de diâmetro nominal do poço, profundidade e zona de captação, nível dinâmico, distância entre poços, etc. (ABNT, 2006).

- NBR 12213/1992 – Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público: fixa as condições exigíveis para a elaboração de projeto de captação de água de superfície para abastecimento público, bem como dados básicos; atividades necessárias; condições gerais; condições específicas para tomada d'água, utilização de grades e teias, utilização de desarenador, etc. (ABNT, 1992).

- NBR 12214/1992 – Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público: fixa as condições exigíveis para a elaboração de projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público, bem como elemento e atividades necessárias para a elaboração do projeto; condições gerais para a determinação das vazões de projeto; relação das características hidráulicas e morfológicas; localização da elevatória e determinação do número de bombas; seleção dos conjuntos motor-bomba, etc. (ABNT, 1992).

- NBR 12215/1991 – Projeto de adutora de água para abastecimento público: fixa condições exigíveis na elaboração de projeto de sistema de adução de água para abastecimento público, bem como elemento e atividades necessárias para a elaboração do projeto; condições específicas para caminhamento da adutora; elementos topográficos e geotécnicos para o traçado da adutora; projeto de adutora de conduto livre; projeto de adutora de confuto forçado, etc. (ABNT, 1991).

- NBR 12216/1992 – Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público: fixa condições exigíveis na elaboração de projeto de estação de tratamento de água destinada à produção de água potável para

abastecimento público, bem como elementos necessários e atividades necessárias para a elaboração do projeto; definição do tempo de funcionamento e da capacidade da ETA; definição da área necessária à implantação da ETA; definição dos processos de tratamento; disposição das unidades de tratamento e dos sistemas de conexões, etc. (ABNT, 1992).

- NBR 12217/1994 – Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público: fixa as condições exigíveis na elaboração de projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público, bem como elementos e atividades necessárias para a elaboração do projeto; volume útil; forma do reservatório; material; implantação, etc. (ABNT, 1994).

- NBR 12218/1994 – Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público: fixa as condições exigíveis na elaboração de projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público, bem como elementos e atividades necessárias para a elaboração do projeto; condições para o perímetro da área abastecível; vazões específicas para dimensionamento; hidrantes; dimensionamento dos condutos, etc. (ABNT, 1994).

- NBR 12244/1992 – Construção de Poço para Captação de Água Subterrânea: fixa as condições exigíveis na construção de poço para captação de água subterrânea, destinada ao abastecimento público, bem como elementos e atividades necessárias para a construção do poço; serviços preliminares; perfuração; colocação da coluna de tubos; filtros e pré-filtro; etc. (ABNT, 1992).

- NBR 5626/1998 – Instalação Predial de Água Fria: estabelece exigências e recomendações relativas ao projeto, execução e manutenção da instalação predial de água fria, bem como as fontes e os tipos de abastecimento, instalação e estabilidade mecânica dos reservatórios, as redes prediais de distribuição, etc. (ABNT, 1998).

As companhias de saneamento também possuem normas e especificações próprias que podem ser consultadas.

2.7 Eficiência Energética

Os sistemas de abastecimento de água têm demandado consumo crescente de energia, ampliando os custos de operação. Para uma maior eficiência dos sistemas de abastecimento de água, deveriam ser levados em consideração os consumos de água e energia como integrados. Para cada litro de água produzida tem um custo de energia associada. O dimensionamento inadequado do sistema, a seleção incorreta de equipamentos, assim como uma manutenção e operação ineficientes dentre outros fatores, pode levar ao consumo excessivo de energia elétrica. De acordo com Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), em 2007, os sistemas de abastecimento de água das companhias de saneamento do Brasil consumiram 9,6 TWh (Terawatt-hora) de eletricidade, ou seja, 2% do total da eletricidade gerada no país. Este consumo representou uma despesa de R\$ 1,96 bilhão, sendo que as despesas com eletricidade corresponderam a 17,4% do total das despesas destas companhias naquele ano (SNIS, 2007).

Devido à elevada presença de motores em todo o sistema de abastecimento de água, as empresas deste setor se revelam como grandes consumidores de energia elétrica; sendo os conjuntos motor-bomba responsáveis por 90% deste consumo.

O fator de carga é um índice que reflete o regime de funcionamento de uma dada instalação e segundo o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), para controlar e melhorar o fator de carga deve-se buscar ações que influenciem demanda e consumo da seguinte forma (PROCEL, 2004):

- Redução da demanda com o deslocamento de cargas para o período de fora de ponta, reduzindo desta forma a demanda máxima registrada;
- Aumento da produção em períodos de baixa demanda.

Já o fator de potência indica a eficiência do uso da energia. Segundo Tsutiya (2005) as principais causas do baixo fator de potência em instalações de saneamento são:

- Motores operando em vazio;
- Motores superdimensionados;
- Transformadores operando em vazio;
- Transformadores superdimensionados;
- Nível de tensão acima da nominal;
- Grande quantidade de motores de pequena potência.

As principais consequências de um baixo fator de potência são:

- Perdas na instalação;
- Quedas de tensão;
- Subutilização da capacidade instalada.

O indicador Energia Não Convertida em Resultado (ENCR) expressa a quantidade de energia agregada ao volume de água não convertido em receita, conforme preconizado no Programa de Eficiência Energética (PEE), e retrata o resultado das ações de eficiência energética em redução de perdas de água segundo a Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), cujo consumo de energia elétrica no ano de 2011 foi de 802.778.591 kWh (COPASA, 2011).

A seguir, na Tabela 1, uma mostra da evolução do Uso da Energia Elétrica na COPASA.

Tabela 1: Evolução do Uso da Energia Elétrica na COPASA (dados de faturamento)

Ano	kWh	R\$	Custo Energia R\$/MWh
2009	751.280.337	213.423.138	284,08
2010	775.850.851	215.793.134	278,14
2011	802.778.591	221.147.746	275,48

Fonte: COPASA (2011)

3 ESTUDO DE CASO

3.1 Macroanálise em um Sistema de Abastecimento de Água

A macroanálise deve ser entendida como uma maneira simplificada de identificar os parâmetros básicos de projeto para a concepção de um sistema de abastecimento, bem como o pré-dimensionamento, as diretrizes gerais e a alternativa econômica mais viável.

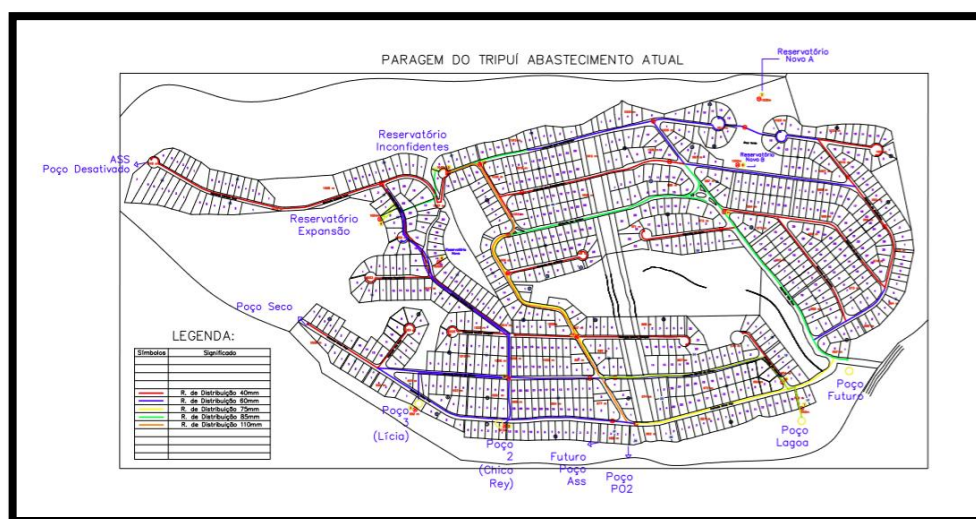
▪ Localização

Para o estudo de caso são utilizados dados referentes ao condomínio Paragem do Tripuí, localizado na Rodovia dos Inconfidentes Km 68, s/n - Amarantina, Ouro Preto - MG, 35400-000, coordenadas 20°19'21,7" S e 43°41'29,8" W.

Para os procedimentos de cálculo executados no projeto foi utilizada a plataforma AutoCAD 2017 da Autodesk, a fim de que fosse possível a obtenção de distâncias entre reservatórios, elevações, etc.

O projeto em estudo está representado na Figura 15 a seguir:

Figura 15: Representação do projeto de abastecimento do condomínio Paragem do Tripuí



Fonte: O autor (2018)

Além disso, as elevações contidas no projeto foram obtidas por meio do programa Google Earth, obtendo satisfatória precisão entre os resultados.

▪ **População do Condomínio**

De acordo com os dados de 2012 a 2016 (FISCHER, 2016), a população do condomínio Paragem do Tripui se resumia da seguinte maneira, segundo demonstrado na Tabela 2:

Tabela 2: População do condomínio Paragem do Tripui

Moradores	2012	2013	2014	2016
Número de famílias residentes	78	105	107	159
Adultos (entre 18 a 59 anos de idade)	131	172	175	251
Crianças até 12 anos e idade	26	34	29	63
Adolescentes de 13 a 17 anos de idade	14	15	22	17
Melhor idade (acima de 60 anos de idade)	21	39	42	51
Total de moradores	192	260	268	382
Proprietários eventuais	2012	2013	2014	2016
Proprietários eventuais	95	88	85	132
Média de visitante nos finais de semana	30	40	48	50
Número de pessoas em grandes feriados	450	500	400	400
Público aproximado da festa julhina ano ant. Sáb. e Dom	2000	2200	1300	1300
Circulação diária de prestadores de serviço (variável)	2012	2013	2014	2016
Obras em geral	98	109	113	70
Domésticos	21	35	29	48
Jardinagem	35	38	35	31
Caseiros		6	1	1
Padeiro		1	1	1
Total	154	189	179	151

Fonte: Fischer (2016)

Os dados de consumo de água dos moradores para os meses de janeiro a maio de 2016 (período de maior consumo de água no ano), incluindo os visitantes de finais de semana (média de 50 visitante), serviços de jardinagem, obras, etc., são apresentados na Tabela 3:

Tabela 3: Dados de consumo mensal

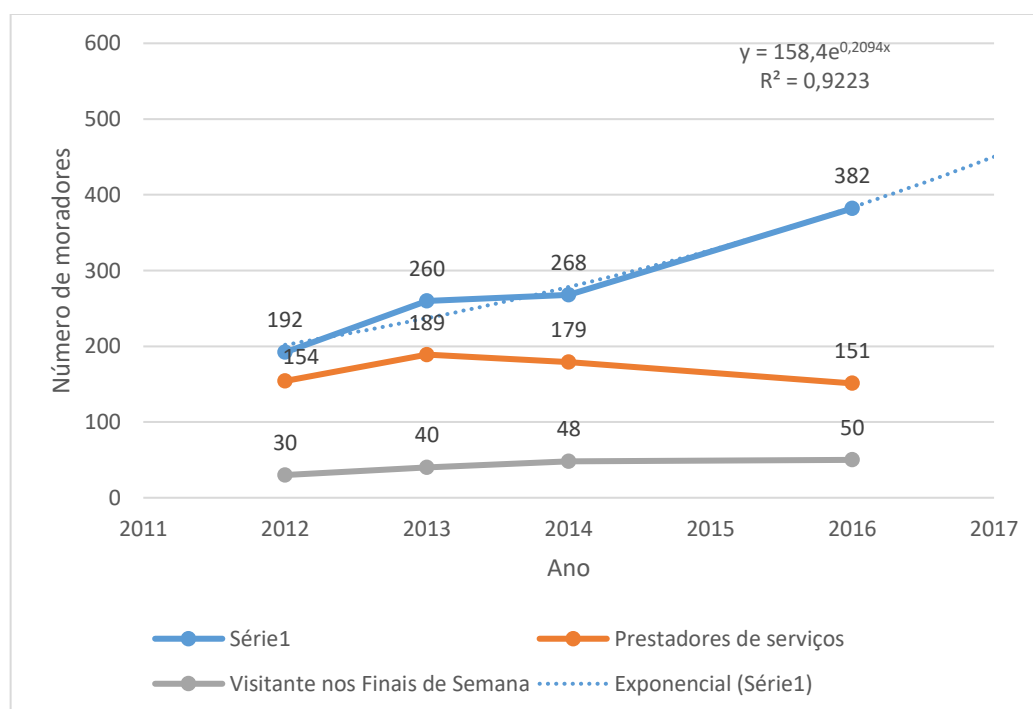
Mês/ano	Moradores	Consumo (m³)	Consumo (m³/dia)
jan/16	382	3731	120,3548
fev/16	382	5290	188,9286
mar/16	382	4298	138,6452
abr/16	382	6919	230,6333
mai/16	382	4974	160,4516

Fonte: Fischer (2016)

Considera-se, então, que o número de serviços e visitantes seja proporcional ao número de moradores. Dessa forma, se houver um aumento da população, certamente o número de visitantes e serviços também aumentará, ocasionando o aumento da demanda total de água.

Então, conforme demonstrado na Figura 16, utiliza-se o método da extrapolação gráfica para projeção da população:

Figura 16: Gráfico com dados de 2012 a 2016 para a obtenção da projeção do total de moradores



Fonte: O autor (2018)

Logo após, faz-se a projeção da população para os anos próximos aos dados coletados (Tabela 4):

Tabela 4: Previsão do número total de moradores.

Ano	2017	2018	2019	2020	2021
Total de moradores	451,2	556,3	685,9	845,7	1043

Fonte: O autor (2018)

Com base nos resultados da extrapolação gráfica e os valores de máximo consumo diário obtidos em abril de 2016, faz-se a projeção do consumo de água para os anos de 2017 a 2021, mostrada na Tabela 5.

Tabela 5: Projeção de consumo de água

Mês/ano	Moradores	Consumo (m ³)	Consumo (m ³ /dia)
abr/17	452	8.187	273
abr/18	557	10.089	336
abr/19	686	12.225	408
abr/20	846	15.323	511
abr/21	1.043	18.892	630

Fonte: O autor (2018)

A NBR 5626/1998 recomenda que o reservatório deva ter capacidade de abastecimento suficiente para dois dias (ABNT, 1998). Assim, o volume total do reservatório é calculado, dobrando-se o volume de água demandado por dia, adicionando o volume para reserva técnica de incêndio e ponderando o valor encontrado por 1,25, com a finalidade de garantir a providência de água em casos de emergência.

Então, o volume total do reservatório deve ser $V = (2 \cdot V_{\text{consumo}}) \cdot 1,25$ (emergência) $\rightarrow V = (2 \cdot 630) \cdot 1,25 = 1575 \text{ m}^3$

- **Poços artesianos**

O abastecimento de água do condomínio Paragem do Tripuí é feito a partir de três poços artesianos: Lagoa, Chico Rei e Lícia localizados a seguir (Figura 17):

Figura 17: Mapa do condomínio Paragem do Tripuí com a localização dos poços



Fonte: Rede Remota Integrada (2015)

- **Poço Lagoa**

De acordo com a outorga de direito de uso de águas públicas do Estado de Minas Gerais, através da Portaria N° 02659 de 08 de outubro de 2009, emitida pela Secretaria do Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), o poço Lagoa foi outorgado no dia 20 de outubro 2009, conforme os dados apresentados na Tabela 6 a seguir:

Tabela 6: Dados do poço Lagoa

Dados do Poço Lagoa			
Bomba	Leão	Modelo	R7-16
Motor	Leão	Modelo	007 cvtrif
Painel Tipo	CPD	Bomba Retirada	Rio Preto R202-18
Amperagem	31	Rede	Trifásica
Amp. Operação	25,2	Voltagem	220V
Material Tub. Interna	GAL	Voltagem de Operação	225
Diâmetro Tub. Interna	2"	Material Tub. Externa	PVC
Vazão do Poço	14400 L/h	Diâmetro Tub. Externa	60 mm
Nível estático	4,00 m	Vazão da Bomba	14000 L/h
Profundidade do Poço	66 m	Nível Dinâmico	15 m
Distância Posto Caixa	1550	Desnível	105 m
Elet. Mts	NT	Colocação da Bomba	24 m
Mat. Oficina		Cabo Bitola	3x6
Dados da Outorga			
Outorgada	Terra Empreendimentos Imobiliários Ltda		
CPF/CGC	CNPJ: 17.515.842/0001-89		
Curso d'água	Poço Tubular		
Bacia Estadual	Rio das Velhas		
Bacia Federal	Rio São Francisco		
Ponto de Captação	20°19'15" S e 43°41'28" W		
Vazão Outorgada	10,0 (m³/h)		
Prazo	05 (cinco) anos		
Município	Ouro Preto-MG		

Fonte: HIDRONOVA (2014)

- Poço Chico Rei

De acordo com a outorga de direito de uso de águas públicas do Estado de Minas Gerais, através da Portaria nº 02660 de 08 de outubro de 2009, emitida pela Secretaria do Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), o poço Chico Rei foi outorgado no dia 20 de outubro de 2009, conforme os dados apresentados na Tabela 7 a seguir:

Tabela 7: Dados do poço Chico Rei

Dados do Poço Chico Rei			
Bomba	Schneider	Modelo	Sub25-50s4e-23
Motor	Franklin	Modelo	5.0 cvtrif
Painel Tipo	CPD	Bomba Retirada	Rio Preto R202-18
Amperagem	26	Rede	Trifásica
Amp. Operação	25,1	Voltagem	220V
Material Tub. Interna	1 galv 11/2 +11 PVC 2"	Voltagem de Operação	219
Diâmetro Tub. Interna	2"	Material Tub. Externa	PVC
Vazão do Poço	9000 L/h	Diâmetro Tub. Externa	50 mm
Nível estático	9,00 m	Vazão da Bomba	9000 L/h
Profundidade do Poço	72 m	Nível Dinâmico	40 m
Distância Posto Caixa	750	Desnível	136 m
Elet. Mts	NT	Colocação da Bomba	50 m
Mat. Oficina		Cabo Bitola	3x4
Dados da Outorga			
Outorgada	Terra Empreendimentos Imobiliários Ltda		
CPF/CGC	CNPJ: 17.515.842/0001-89		
Curso d'água	Poço Tubular		
Bacia Estadual	Rio das Velhas		
Bacia Federal	Rio São Francisco		
Ponto de Captação	20°18'56" S e 43°41'08" W		
Vazão Outorgada	5,0 (m³/h)		
Prazo	05 (cinco) anos		
Município	Ouro Preto-MG		

Fonte: HIDRONOVA (2014)

- Poço Lícia

De acordo com a outorga de direito de uso de águas públicas do Estado de Minas Gerais, através da Portaria N° 02658/2009 de 08 de outubro de 2009, emitida pela Secretaria do Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), o poço Chico Rei foi outorgado no dia 20 de outubro de 2009, conforme os dados apresentados na Tabela 8 a seguir:

Tabela 8: Dados do poço Chico Rei

Dados do Poço Lícia			
Bomba	Leão	Modelo	R6I-13
Motor	Leão	Modelo	5.5 cvtrif
Painel Tipo	CPD	Bomba Retirada	Leão R7-14/007/22tr
Amperagem	21	Rede	Trifásica
Amp. Operação	16,5	Voltagem	220V
Material Tub. Interna	PVC	Voltagem de Operação	225
Diâmetro Tub. Interna	2"2m	Material Tub. Externa	PVC
Vazão do Poço	8000 L/h	Diâmetro Tub. Externa	60 mm
Nível estático	6,00 m	Vazão da Bomba	9000 L/h
Profundidade do Poço	33 m	Nível Dinâmico	14 m
Distância Posto Caixa		Desnível	126 m
Elet. Mts		Colocação da Bomba	28 m
Mat. Oficina		Cabo Bitola	3x2,5
Dados da Outorga			
Outorgada	Terra Empreendimentos Imobiliários Ltda		
CPF/CGC	CNPJ: 17.515.842/0001-89		
Curso d'água	Poço Tubular		
Bacia Estadual	Rio das Velhas		
Bacia Federal	Rio São Francisco		
Ponto de Captação	20°18'51" S e 43°41'15" W		
Vazão Outorgada	6,0 (m³/h)		
Prazo	05 (cinco) anos		
Município	Ouro Preto-MG		

Fonte: HIDRONOVA (2014)

Os três poços artesianos em utilização no condomínio, de acordo com a vazão outorgada, possuem as seguintes capacidades mensais de bombeamento (Tabela 9):

Tabela 9: Capacidade de produção dos poços

Poços	Capacidade de Produção Mensal (m ³)	Capacidade de produção Diária (m ³)
Lagoa	7200	240
Chico Rei	3600	120
Lícia	4300	144
Total	15100	504

Fonte: Fischer (2016)

Nota-se que, segundo as projeções, a produção dos poços estará aquém da demanda da população nos anos 2020 (511m³) e 2021 (630m³).

▪ Produção de Água x Registro no Hidrômetro

A Tabela 10 apresenta os valores de perdas, comparando os valores de volume captados nos poços e os valores registrados nos hidrômetros.

Tabela 10: Valores percentuais das perdas

	set/14	out/14	nov/14	dez/14	jan/15	fev/15	mar/15	abr/15
Produção total de água	11900	6700	5636	10659	6471	4973	3499	6493
Consumo registrado nos hidrômetros	7774	4754	3506	6985	5163	4450	2795	4400
Perdas	4126	1946	2130	3674	1308	523	704	2093
Perdas percentuais	35%	29%	38%	34%	20%	11%	20%	32%

	mai/15	jun/15	jul/15	ago/15	set/15	out/15	Valores Médios
Produção total de água	5222	6303	8310	7824	8975	9197	7297
Consumo registrado nos hidrômetros	3647	4655	6318	6194	5946	7907	5321
Perdas	1575	1648	1992	1630	3029	1293	1977
Perdas percentuais	30%	26%	24%	21%	34%	14%	27%

Fonte: Fischer (2016)

Observa-se que, além do problema de carência de abastecimento para a população futura, há também grande perda de água nas tubulações, uso em áreas verdes, problemas de medições, sendo necessárias algumas medidas para correção.

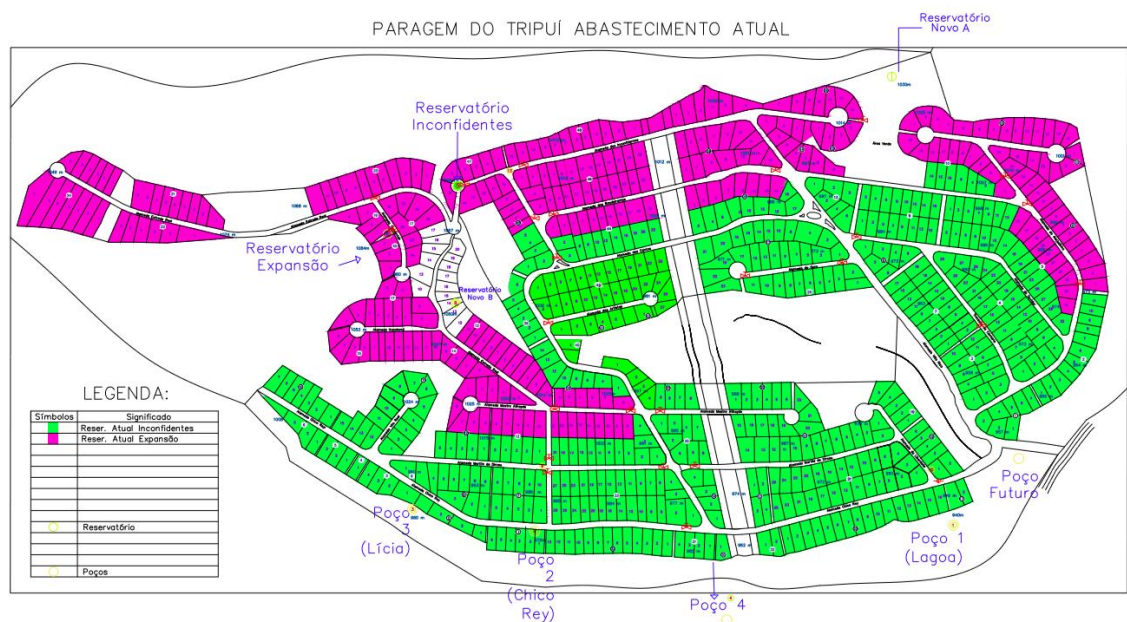
3.2 Solução para Reservatórios

▪ Situação de Abastecimento Atual

Atualmente apenas dois reservatórios (Expansão e Inconfidentes) são utilizados para abastecer os lotes do condomínio Paragem do Tripuí (Apêndice 1).

A Figura 18 mostra todos os lotes que são abastecidos atualmente pelos dois reservatórios existentes.

Figura 18: Abastecimento atual pelos dois reservatórios existentes



Fonte: O autor (2018)

Os reservatórios que abastecem os condomínios são os seguintes.

- Reservatório Inconfidentes: localizado a uma cota de 1050 m;
- Reservatório Expansão: localizado a uma cota de 1090 m.

▪ Relação entre poços e reservatórios

O Apêndice 2 ilustra a rede de distribuição de água atual. Assim, entende-se que os três poços (Lagoa, Chico Rey e Lícia) abastecem o reservatório Expansão, que abastece o reservatório Inconfidentes. Com base nisto, observa-se as seguintes cotas dos poços e reservatórios conforme Tabela 11 e Tabela 12.

Tabela 11: Determinação do desnível entre poços e reservatório Inconfidentes

Reservatório Inconfidentes			
Componente	Cota (m)	Profundidade da bomba (m)	Desnível (m)
Poço Lagoa	946	24	127
Poço Chico Rey	973	50	126
Poço Lícia	982	28	95
Res. Inconfidentes	1049	-	-

Fonte: O autor (2018)

Tabela 12: Determinação do desnível entre poços e reservatório Expansão

Reservatório Expansão			
Componente	Cota (m)	Profundidade da bomba (m)	Desnível (m)
Poço Lagoa	946	24	162
Poço Chico Rey	973	50	161
Poço Lícia	982	28	130
Res. Expansão	1084	-	-

Fonte: O autor (2018)

Pode-se estimar uma perda de carga de 10% da altura total a ser vencida pela água.

Dessa forma, de acordo com Alves (2000), tem-se que:

$$H_m = H_g + P_c \quad (3.1)$$

Onde:

- H_m é a altura manométrica;
- H_g é a altura geográfica;
- P_c é a perda de carga na tubulação.

Então, conforme as Tabelas 13 e 14, pode-se inferir que:

Tabela 13: Determinação do desnível entre poços e reservatório Inconfidentes somado à perda de carga

Reservatório Inconfidentes		
Componente	Desnível (m)	Desnível + Perda de Carga (m)
Poço Lagoa	127	140
Poço Chico Rey	126	139
Poço Lícia	95	105

Fonte: O autor (2018)

Tabela 14: Determinação do desnível entre poços e reservatório Expansão somado à perda de carga

Reservatório Expansão		
Componente	Desnível (m)	Desnível + Perda de Carga (m)
Poço Lagoa	162	178
Poço Chico Rey	161	177
Poço Lícia	130	143

Fonte: O autor (2018)

De acordo com a NBR 5626/1998 a pressão na rede de distribuição de água não deve ser superior a 400 kPa (ABNT, 1998). Dessa forma, tem-se que 400 kPa equivale a aproximadamente 40 m.c.a. (metros de coluna d'água). No entanto, na prática, pressões até 600 kPa são excepcionalmente aceitas como limite de tolerância.

Percebe-se que a maioria dos desníveis entre os reservatórios e os blocos do condomínio são maiores que 60 m.c.a., necessitando, assim, que a água perca energia para que não haja o rompimento dos elementos que compõe o sistema de abastecimento.

Além disso, pressões altas nas tubulações são fontes de perdas de água, seja nos acessórios ou mesmo no uso da água pela população. É importante ressaltar que a Norma Técnica Sabesp - NTS 181/2012 estima que o consumo per capita em uma residência é de 150 L/dia (litros/dia), enquanto em um apartamento (prédio) é de 200 L/dia (NTS, 2012). Essa diferença é por causa da alta pressão a

que as tubulações dos apartamentos estão submetidas, já que o reservatório de água se encontra em maior energia potencial do que em uma casa, provocando, assim, um maior consumo de água por parte dos consumidores.

Assim, torna-se necessário que outros reservatórios sejam implementados a fim de diminuir esse sobrecarregamento e evitar o gasto de energia e água em excesso.

▪ **Proposta para o Abastecimento Futuro**

A proposta envolve a implementação de novos reservatórios para que haja a redução nos gastos de energia e água.

Primeiramente, recomenda-se que os lotes que serão abastecidos por qualquer reservatório não excedam o desnível máximo de 60 m.c.a.

- Reservatório Expansão

O reservatório Expansão está na cota de 1084 m e poderá abastecer toda a região de quadras 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24 e 47. Assim, dentre os lotes das quadras citadas, aquele com menor cota é o lote 10 da quadra 14 (Tabela 15):

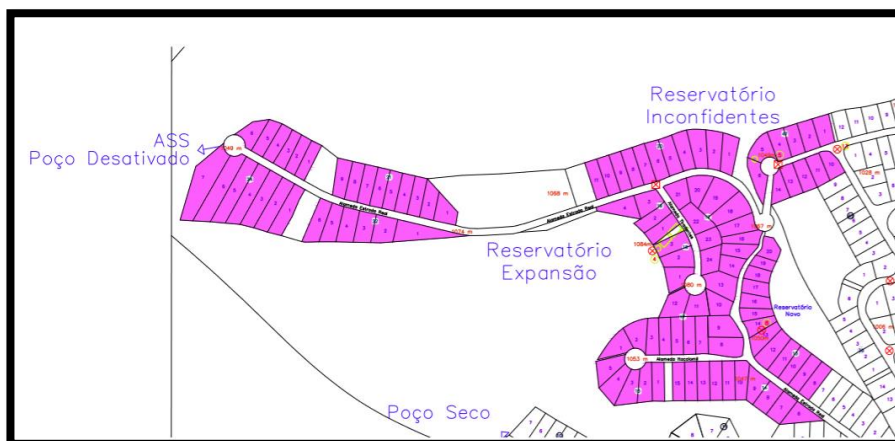
Tabela 15: Determinação do desnível entre o lote de menor cota e o reservatório Expansão

Reservatório Expansão			
Menor cota			
Lote	Quadra	Cota (m)	Desnível (m)
10	14	1047	37

Fonte: O autor (2018)

A Figura 19 ilustra os lotes e quadras abastecidos pelo reservatório Expansão.

Figura 19: Lotes e quadras abastecidos pelo reservatório Expansão para a solução proposta



Fonte: O autor (2018)

- Reservatório Inconfidentes

O reservatório Inconfidentes está na cota de 1049 m e poderá abastecer toda a região de quadras 3, 4, 5, 6, 10, 11, 14, 15, 16, 28, 29, 36, 44, 45, 46, 48 e parte das quadras 12, 13 e 38.

Assim, dentre os lotes das quadras citadas, aquele com menor cota é o lote 7 da quadra 6 (Tabela 16).

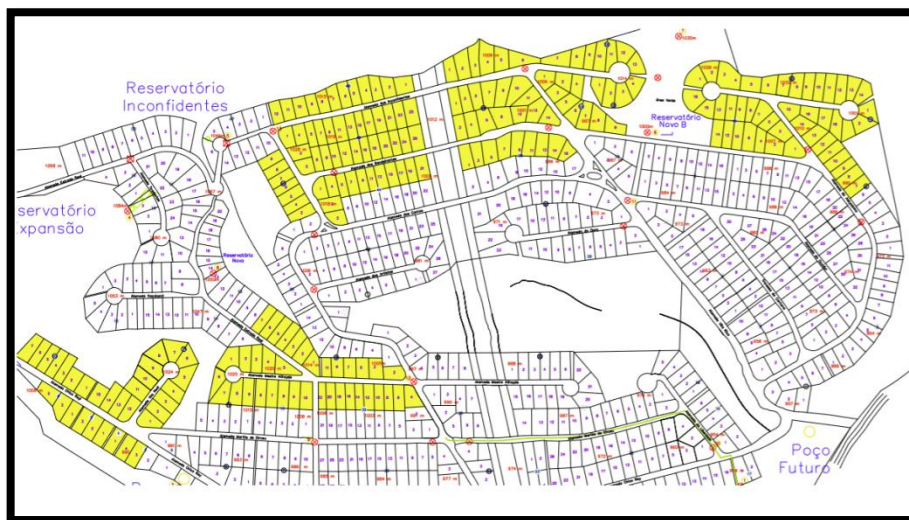
Tabela 16: Determinação do desnível entre o lote de menor cota e o reservatório Inconfidentes

Reservatório Inconfidentes			
Menor cota			
Lote	Quadra	Cota (m)	Desnível (m)
7	6	990	59

Fonte: O autor (2018)

A Figura 20 ilustra os lotes e quadras abastecidos pelo reservatório Inconfidentes.

Figura 20: Lotes e quadras abastecidos pelo reservatório Inconfidentes para a solução proposta



Fonte: O autor (2018)

- Reservatório Novo A

O reservatório Novo A foi implantado em uma área escolhida, cuja cota é 1030 m e poderá abastecer toda a região de quadras 1, 2, 5, 7, 8, 9, 13, 25, 35, 37, 39, 40, 41, 42, 43 e parte das quadras 3, 4, 6, 8, 12, 13, 24, 27, 28, 33, 38 e 44.

Assim, dentre os lotes das quadras citadas, aquele com menor cota é o lote 4 da quadra 6 (Tabela 17).

Tabela 17: Determinação do desnível entre o lote de menor cota e o reservatório Novo A

Reservatório Novo A			
Menor cota			
Lote	Quadra	Cota (m)	Desnível (m)
4	6	973	57

Fonte: o autor (2018)

A Figura 21 ilustra os lotes e quadras abastecidos pelo reservatório Novo A.

Figura 21: Lotes e quadras abastecidos pelo reservatório Novo A para a solução proposta



Fonte: O autor (2018)

-Reservatório Novo B

O reservatório Novo B foi implantado em uma área escolhida, cuja cota é 1000 m e poderá abastecer toda a região de quadras 1, 2, 3, 7, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 28, 30, 31, 32, 33, 34 e parte das quadras 4, 8 e 17.

Assim, dentre os lotes das quadras citadas, aquele com menor cota é o lote 3 da quadra 18 (Tabela 18).

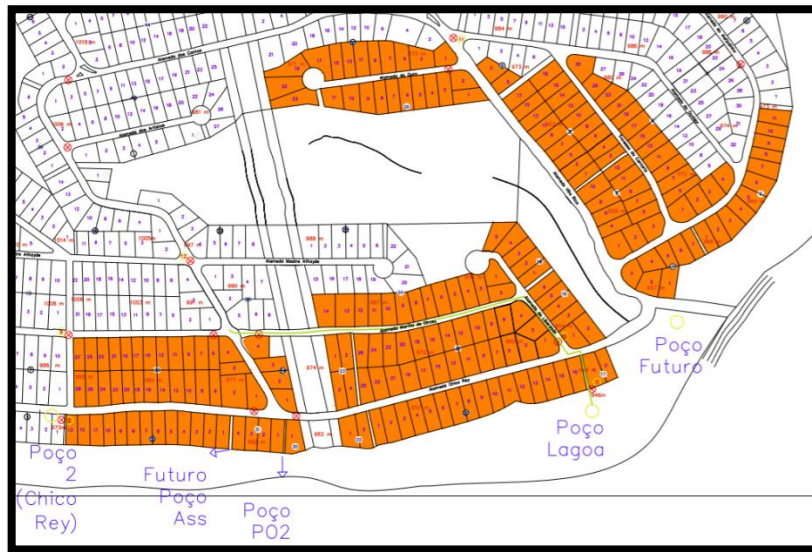
Tabela 18: Determinação do desnível entre o lote de menor cota e o reservatório Novo B

Reservatório Novo B			
Menor cota			
Lote	Quadra	Cota (m)	Desnível (m)
3	18	954	46

Fonte: O autor (2018)

A Figura 22 ilustra os lotes e quadras abastecidos pelo reservatório Novo B.

Figura 22: Lotes e quadras abastecidos pelo reservatório Novo B para a solução proposta



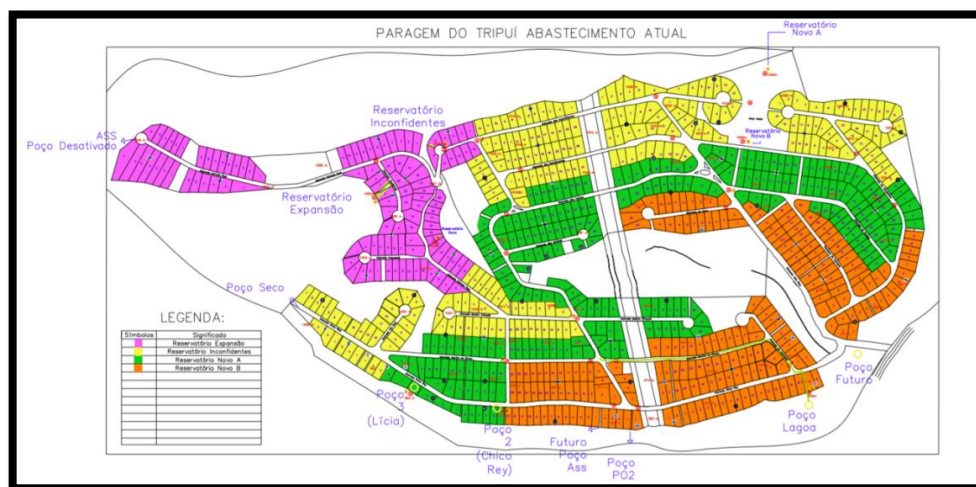
Fonte: o autor (2018)

▪ Abastecimento Futuro

Dessa forma, a proposta de abastecimento contará com quatro reservatório para o abastecimento do condomínio Paragem do Tripui (Apêndice 3).

A representação da proposta futura para o abastecimento dos lotes é ilustrada abaixo na Figura 23.

Figura 23: Lotes e quadras abastecidos pela proposta de solução de abastecimento futuro



Fonte: O autor (2018)

3.3 Consumo de Energia

▪ Situação Atual

Os reservatórios Inconfidentes e Expansão serão abastecidos com 315 m³/dia cada. De acordo com a demanda do ano de 2021 serão abastecidos com 630 m³/dia, conforme o estudo de extrapolação populacional (Tabela 4).

Além disso, é adotado um valor médio de desnível e perda de carga para o cálculo da potência requerida, como mostrado na Tabela 19.

Tabela 19: Cálculo da potência requerida para o abastecimento do reservatório Expansão

Reservatório Expansão			
Componente	Desnível + Perda de Carga (m)	Valor médio de desnível + PC (m)	Potência requerida (kW)
Poço Lagoa	178	166	29,66
Poço Chico Rey	177		
Poço Lícia	143		

Fonte: O autor (2018)

De acordo com Alves (2000):

$$P = \frac{9,8 * Q * Hm}{\eta} \quad (3.2)$$

Sendo:

- P é a potência, kW;
- Q é a vazão, m³/s;
- Hm é a altura manométrica, m;
- η é o rendimento da moto-bomba.

Assim, adotando-se $\eta = 0,4$:

$$P = \frac{9,8 * \left(\frac{630}{86400}\right) * 166}{0,5} = 29,66 \text{ kW}$$

Dessa forma, como três poços devem abastecer o reservatório Expansão, a energia total necessária para recalcar a água de um poço até o reservatório Expansão é $P = 29,66 \text{ kW}$.

Multiplicando a potência requerida pelo tempo de funcionamento médio por dia das bombas do condomínio Paragem do Tripui (18 horas), tem-se: $E \text{ (energia)} = 533,88 \text{ kWh}$.

Considerando o valor médio de $R\$0,72327348/\text{kWh}$, conforme a fatura emitida pela CEMIG em junho/2018 ao condomínio (Anexo 1), tem-se:

- 1 Ano = $R\$140.941,55$
- 10 Anos = $R\$1.409.415,55$

▪ **Situação Proposta**

O abastecimento dos reservatórios Inconfidentes, Expansão, Novo A e Novo B serão abastecidos com $160 \text{ m}^3/\text{dia}$ cada. De acordo com a demanda do ano de 2021 serão abastecidos com $630 \text{ m}^3/\text{dia}$, conforme o estudo de extrapolação populacional (Tabela 4).

Assim, para cada reservatório foi calculada a potência requerida para o recalque da água, como mostrado nas Tabelas 20, 21, 22 e 23.

Tabela 20: Cálculo da potência requerida para o abastecimento do reservatório Inconfidentes

Reservatório Inconfidentes			
Componente	Desnível + Perda de Carga (m)	Valor médio de desnível + PC (m)	Potência requerida (kW)
Poço Lagoa	140	128	5,81
Poço Chico Rey	139		
Poço Lícia	105		

Fonte: O autor (2018)

Tabela 21: Cálculo da potência requerida para o abastecimento do reservatório Expansão

Reservatório Expansão			
Componente	Desnível + Perda de Carga (m)	Valor médio de desnível + PC (m)	Potência requerida (kW)
Poço Lagoa	178	166	7,53
Poço Chico Rey	177		
Poço Lícia	143		

Fonte: O autor (2018)

Tabela 22: Cálculo da potência requerida para o abastecimento do reservatório Novo A

Reservatório Novo A			
Componente	Desnível + Perda de Carga (m)	Valor médio de desnível + PC (m)	Potência requerida (kW)
Poço Lagoa	119	107	4,85
Poço Chico Rey	118		
Poço Lícia	84		

Fonte: O autor (2018)

Tabela 23: Cálculo da potência requerida para o abastecimento do reservatório Novo B

Reservatório Novo B			
Componente	Desnível + Perda de Carga (m)	Valor médio de desnível + PC (m)	Potência requerida (kW)
Poço Lagoa	86	74	3,36
Poço Chico Rey	85		
Poço Lícia	51		

Fonte: O autor (2018)

Dessa forma, a potência total necessária para recalcar a água até os reservatórios é E (energia) = 21,55 kW.

Multiplicando a potência requerida pelo tempo de funcionamento médio por dia das bombas do condomínio Paragem do Tripui (18 horas), tem-se: E (energia) = 387,9 kWh.

Considerando o valor médio de R\$0,72327348/kWh, conforme a fatura emitida pela CEMIG em junho/2018 ao condomínio (Anexo 1), tem-se:

- 1 Ano = R\$102.403, 59
- 10 Anos = R\$1.024.035,91

- **Economia de Energia**

Economia em 1 ano: R\$38.537,96

Economia em 10 anos: R\$385.379,64

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho atende ao objetivo idealizado/proposto que é a busca de uma maior eficiência energética, por meio da estratificação das cotas de forma a melhor atender as pressões recomendadas pela NBR 5626/1998 de, aproximadamente 400kpa como pressão máxima (ABNT, 1998).

Segundo Fischer (2016) as elevadas pressões disponíveis no sistema de abastecimento, justificariam os elevados níveis de perdas, conforme a Tabela 10.

Fato importantíssimo para uma busca do equilíbrio entre a capacidade de produção atual e a previsão da evolução do consumo, conforme demonstrado no estudo de caso (Tabela 4), que a partir de 2020, haverá uma possibilidade de ultrapassagem da capacidade de produção.

Portanto, por meio dos zoneamentos de abastecimento proposto, conclui-se que houve uma efetiva redução do consumo de energia e, com certeza, uma redução do consumo por uma conseqüente redução da pressão operacional.

Além disso, a economia financeira foi significativa, mesmo não levando em consideração que o volume de água recalcado seria menor do que o projetado, ou seja, a economia possivelmente será maior. Dessa forma, a reestruturação dos setores facilita a distribuição, manutenção dos subsistemas e a otimização hídrica e energética.

4.1 Recomendações

Como o presente trabalho se pautou em uma macroanálise, a partir dos resultados obtidos, válida a importância de um aprimoramento com a maior imersão, buscando incorporar melhorias para a uma melhor otimização.

Além disso, algumas recomendações são feitas com o intuito de que se obtenha um sistema de abastecimento mais eficiente e seguro:

- Regularizar outorgas dos poços;
- Monitorar a vazão de bombeamento e abastecimento por meio de um programa específico;
- Monitorar a qualidade das águas, atendendo principalmente a portaria N° 2.914, de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde.

REFERÊNCIAS

ABAS - Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. **Poços para captação de água:** equipamentos e materiais para o bombeamento do poço. 2010. Disponível em: < http://www.abas.org/educacao_pocos.php>. Acesso em: 25 mai. 2018.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626.** Instalação Predial de Água Fria. Rio de Janeiro, 1998.

_____. **NBR 12211.** Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água. Rio de Janeiro, 1992.

_____. **NBR 12212.** Poço tubular - Projeto de poço tubular para captação de água subterrânea. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NBR 12213.** Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1992.

_____. **NBR 12214.** Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1992.

_____. **NBR 12215.** Projeto de adutora de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1991.

_____. **NBR 12216.** Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1992.

_____. **NBR 12217.** Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1994

_____. **NBR 12218.** Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1994.

_____. **NBR 13.714.** Sistemas de Hidrantes e Mangotinhos para Combate a Incêndio. Rio de Janeiro, 2000.

AGOSTINHO, A. A.; JÚLIO JR, H. F.; BORGHETTI, J. R. 1992. **Considerações sobre os impactos dos represamentos na ictiofauna e medidas para sua atenuação. Um estudo de caso:** reservatório de Itaipu. Revista Unimar 14 (suplemento): p. 89-107. Disponível em: < <ftp://ftp.nupelia.uem.br/users/agostinhoaa/publications/020-UNIMAR-Agostinho-et al.pdf> >. Acesso em 23 jun. 2018.

ALVES, L. F. R. **Instalações Prediais Hidrossanitárias**. Ouro Preto, Mg. Escola de Minas da UFOP, 47p. 2000.

AUTOMÓVEIS ELÉTRICOS. **Micro Hidrogeradores de Energia Elétrica Residenciais e os VEs:** Reservatórios. 2014. Disponível em: < <http://automoveiseletricos.blogspot.com/2014/08/micro-hidrogeradores-de-energia.html> >. Acesso em 30 mai. 2018.

BARBOSA JR, A. R. **Água Subterrânea/Hidráulica de Poços**. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto-MG, 2007, 34f. p. 219, 222. Disponível em: < http://www.esalq.usp.br/departamentos/leb/disciplinas/Fernando/leb1440/Aula%208/Hidraulica%20de%20Pocos_Anteor%20R%20Barbosa%20Jr.pdf >. Acesso em 25 mai. 2018.

BARROS, R. T. V. et al. **Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995, v.2. 221 p.

BRASIL. Casa Civil. Lei nº 9.433, 08 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. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/l9433.htm >. Acesso em: 16 jun. 2018.

_____. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Lei nº 13.199, 29 de janeiro de 1999. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências. **Diário do Executivo**, Minas Gerais, 30 de janeiro de 1999. Disponível em: < <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5309> >. Acesso em: 16 jun. 2018.

_____. Governo do estado de Minas Gerais. Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA). **Relatório Anual e de Sustentabilidade 2011**. 2011. Disponível em: < http://www.copasa.com.br/wps/wcm/connect/764e139b-b05b-4190-8c16-37e379ef814c/relatorioanualcopasa2011_portugues.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=764e139b-b05b-4190-8c16-37e379ef814c >. Acesso em: 23 jun. 2018

_____. Governo do Estado de Minas Gerais, Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM. **Manual Técnico e Administrativo de Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos no Estado de Minas Gerais**. 2010. 113f. p. 13. Belo Horizonte,

2010. Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/outorga/manual/manual-de-outorga.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2018.

_____. Ministério da Saúde, Gabinete do Ministro. Portaria N° 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html >. Acesso em 23 jun. 2018.

_____. Ministério das Cidades. SNIS – Sistema Nacional de Informações de Água e Esgoto – 12. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos** – 2006. Brasília, 2007. 232p. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/> >. Acesso em 23 jun. 2018.

_____. Ministério de Minas e Energia, **Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL)**: promover o uso eficiente da energia elétrica e combater o seu desperdício. Brasília, DF, 30 de dezembro de 1985. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Energ_Elet_Conceitos_Qualid_Tarif_Eletr_Procel-04.pdf >. Acesso em: 04 jul. 2018

_____. Ministério do Meio Ambiente, Agência Nacional de Águas (ANA). Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. **Gestão da Água**. 2018. Disponível em: <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/gestao-da-agua>>. Acesso em 01 jun. 2018.

_____. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Estadual de Política Ambiental. Deliberação Normativa Copam N° 217, 06 de dezembro de 2017. Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluídos, bem como os critérios locacionais a serem utilizados para definição das modalidades de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividade utilizadoras de recurso ambientais no Estado de Minas Gerais e dá outras providências. **Diário do Executivo**, Minas Gerais, n° 177, 22 de agosto de 2012, Decreto Estadual N° 46.953, 23 de fevereiro de 2016. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=45558> >. Acesso em 16 jun. 2018.

_____. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, N° 053, 18 de março de 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459> >. Acesso em: 16 jun. 2018.

_____. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução 237, 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, N° 247, 22 de dezembro de 1997, seção 1, p. 30841-30843. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html> >. Acesso em 16 jun. 2018.

_____. Secretaria do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Decreto 47.042, 06 de setembro de 2016. Dispõe sobre a organização da Secretaria do Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Legislação Mineira**. Belo Horizonte, MG. Disponível em: < <https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa-nova-min.html?tipo=DEC&num=47042&ano=2016> >. Acesso em: 16 jun. 2018.

_____. Secretaria do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Decreto 46.636, 28 de outubro de 2014. Contém o Regulamento do Instituto Mineiro de Gestão de Águas – IGAM – e altera o Decreto N° 41.578, de 8 de março de 2001. **Legislação Mineira**. Belo Horizonte, MG. Disponível em: < <http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/DECRETO/decreto-46636-2014.pdf> >. Acesso em: 16 jun. 2018.

COELHO, V. M. T.; DUARTE, U. **Perímetros de Proteção para Fontes Naturais de Águas Minerais**. 2002. 18f. p. 2, 6, 7. São Paulo-SP, 2002. Disponível em: < <http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22853> >. Acesso em 25 mai. 2018.

DINIZ, H. N.; MICHALUATE, W. J. 2002. **Interpretação de testes de vazão e dimensionamento de bombas submersas**. Boletim do Instituto Geológico, 78f. p. 16.

FALKENBERG, A. V. **Previsão de Consumo Urbano de Água em Curto Prazo**. 2005. 105p. p. 22. Dissertação (Mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba - PR, 2005. 105f. Disponível em: < <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/33954/R%20-%20D%20-%20ALEX%20VIEIRA%20FALKENBERG.pdf?sequence=1&isAllowed=y> >. Acesso em: 05 mai. 2018.

FERREIRA, S. S.; FERREIRA, S. S. **Contexto da Captação de Águas Superficiais Utilizadas para Abastecimento nas Pequenas Propriedades Rurais**. 2016. 5p. Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade. Disponível em: < <http://eventos.ecogestaobrasil.net/congestas2016/trabalhos/pdf/congestas2016-et-05-001.pdf> >. Acesso em: 04 jun. 2018.

FISCHER, E. M. **Relatório de Estágio: Paragem do Tripui**. Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Ouro Preto, MG. 2016.

GEODRIL. **Regularização de Poços Artesianos**. 2018. Disponível em: < <https://www.geodrilpocos.com.br/regularizao>>. Acesso em 05 mai. 2018.

GOMES, H. **Sistemas de abastecimento de água**: dimensionamento econômico. 2 ed. João Pessoa: Editora Universitária / UFPB, 2004, 242.

GUEDES JR, A. **Áreas de Proteção Ambiental para Poços de Abastecimento Público em Aquíferos Costeiros**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC, 2005. 185 f. p. 45,55. Disponível em: < <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/102621> >. Acesso em 25 mai. 2018.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de Água para Consumo Humano**. Belo Horizonte: ed. da UFMG, 2006. 859 f. p.574.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para o consumo humano**. 2 ed. Belo Horizonte: UFMG, 2010. 861 f.

HIDRONOVA. Poços Artesianos e Motobombas. **Outorga de Direito de Uso de Águas Públicas Estaduais**. Ouro Preto - MG. 2014.

HIRATA, R. C. A. **Os Recursos Hídricos Subterrâneos e as Novas Exigências Ambientais**. Instituto Geológico SMA, São Paulo – SP, 1993. 23f. Disponível em: < <file:///C:/Users/ruben/Downloads/8827-10052-1-PB.pdf>>. Acesso em: 05 mai. 2018.

KNAPIK, H. G. **Saneamento Ambiental I**: vazões de dimensionamento e sistema de captação. Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2015. 60f. p. 9 Disponível em: < https://docs.ufpr.br/~heloise.dhs/saneamento%20ambiental%20/Aula03_TH018.pdf>. Acesso em 21 mai. 2018.

LIMA, J. C. A. L.; BARRETO, D. S. P.; CANTARELLI, J. R. R.; CIRILO, J; A. **Reuso da Água de Lavagem dos Filtros da ETA Várzea do Una – São Lourenço da Mata**. 2006. 3f. Disponível em: < http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/uruguay30/BR10560_Lima.pdf >. Acesso em 23 jun. 2018.

MIDÕES, C.; FERNANDES, J. **Água Subterrânea**: Conhecer para Proteger e Preservar. Porto, Portugal, 2001. 24f. p. 1-6.. Disponível em: < <http://repositorio.ineg.pt/bitstream/10400.9/488/1/27629.pdf> <. Acesso em 23 jun. 2018.

NTS – Norma Técnica Sabesp. **NTS 181**. Dimensionamento do ramal predial de água, cavalete e hidrômetro – Primeira ligação. São Paulo, 2012.

PERRONI, J. C. A.; RODRIGUES, J.M. **Otimização de Custos de Bombeamento de Poços Profundos em Araraquara-SP**. São Paulo - SP, 2004. 14f Disponível em: < <https://aquassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23566/15644>. Acesso em; 21 mai. 2018.

REDE REMOTA INTEGRADA (_RRi_). **Projeto aprovado no PII: Programa de Incentivo à Inovação, uma parceria entre a Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Ensino Superior (SEDCTES); Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas de Minas Gerais (SEBRAE–MG) e a Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP)**. Ouro Preto, MG. 2015

RIBEIRO, L. C. L. J.; ANDRADE, J. G. P.; ZAMBON, A. G. Gestão de Sistema de Abastecimento de Água através de Ações para Redução de Perdas. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, Campinas, v. 8, n. 2, out./nov. 2016. Disponível em: < [v. 8 n. 2 \(2017\): Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais - Out, Nov, Dez 2016, Jan 2017](#)>. Acesso em: 12 jun. 2018.

RUBO, R. **Hidrogeologia: Noções Básicas sobre Poços Tubulares**. 1998. Disponível em: <<http://rafaelrubo.esy.es/geologia/hidrogeologia/conceitos.html>>. Acesso em: 05 mai. 2018.

SANTOS, J. F. **Análise Físico-química e Bacteriológica da Água do Poço Valdemiro Francisco Mota, do Município Brejo do Cruz – Paraíba**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande-PB, 2015. 59f, p. 15,22. Disponível em: < <http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/handle/123456789/8633>>. Acesso em 25 mai. 2018.

SILVA, C. S. **Previsão Multivariada da Demanda Horária de Água em Sistemas Urbanos de Abastecimento**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campinas, São Paulo - SP, 2003. 303f. p. 1, 2. Disponível em: < http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/258619/1/Silva_CarlaSilvada_D.pdf>. Acesso em 16 mai. 2018.

SILVA, J. S. **Análise das Diretrizes do Plano Nacional de Recursos Hídricos no Contexto Internacional de Governança da Água**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 2008. 100f. p. 10,20 Disponível em: < <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/172446/tcc-julia-santos-silva.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 05 mai. 2018.

SILVEIRA, A. **Sistemas de Esgoto e Drenagem Urbana: micro drenagem**. Universidade Federal de Alfenas, Alfenas-MG, 2014. 48f. Disponível em: < <http://slideplayer.com.br/slide/4323885/>>. Acesso em 21 mai. 2018.

TAVARES, E. C. **Eficiência Energética Aplicada em Sistema de Abastecimento Público de Água com Reservatórios Elevados: estudo de caso para a cidade de**

Uruguaiana – RS. Monografia (Especialista em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santana do Livramento-RS, 2017. 102f. p. 47-49 Disponível em: < http://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/12206/TCCE_EEAPP_EaD_2017_TA_VARES_ERICKE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 16 mai. 2018.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. 3 ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. 643 p.

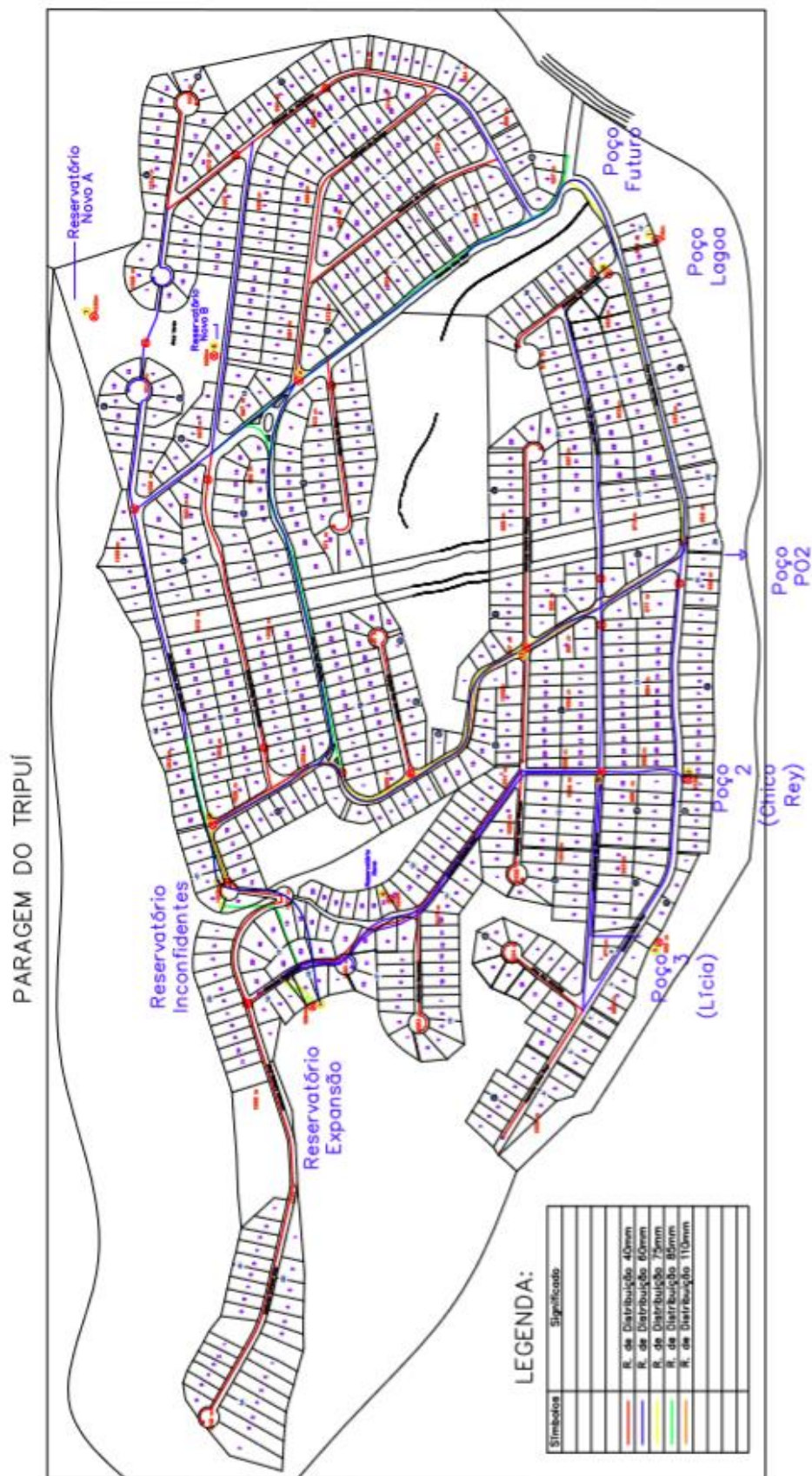
_____. **Redução do custo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água**. 2 ed. São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005. 185 p.

TUNDISI, J. G. **Recursos Hídricos no Futuro: problemas e soluções**. 2008. Instituto Internacional de Ecologia, São Carlos - SP, 2008. 10f. p. 1. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a02>>. Acesso em: 05 mai. 2018.

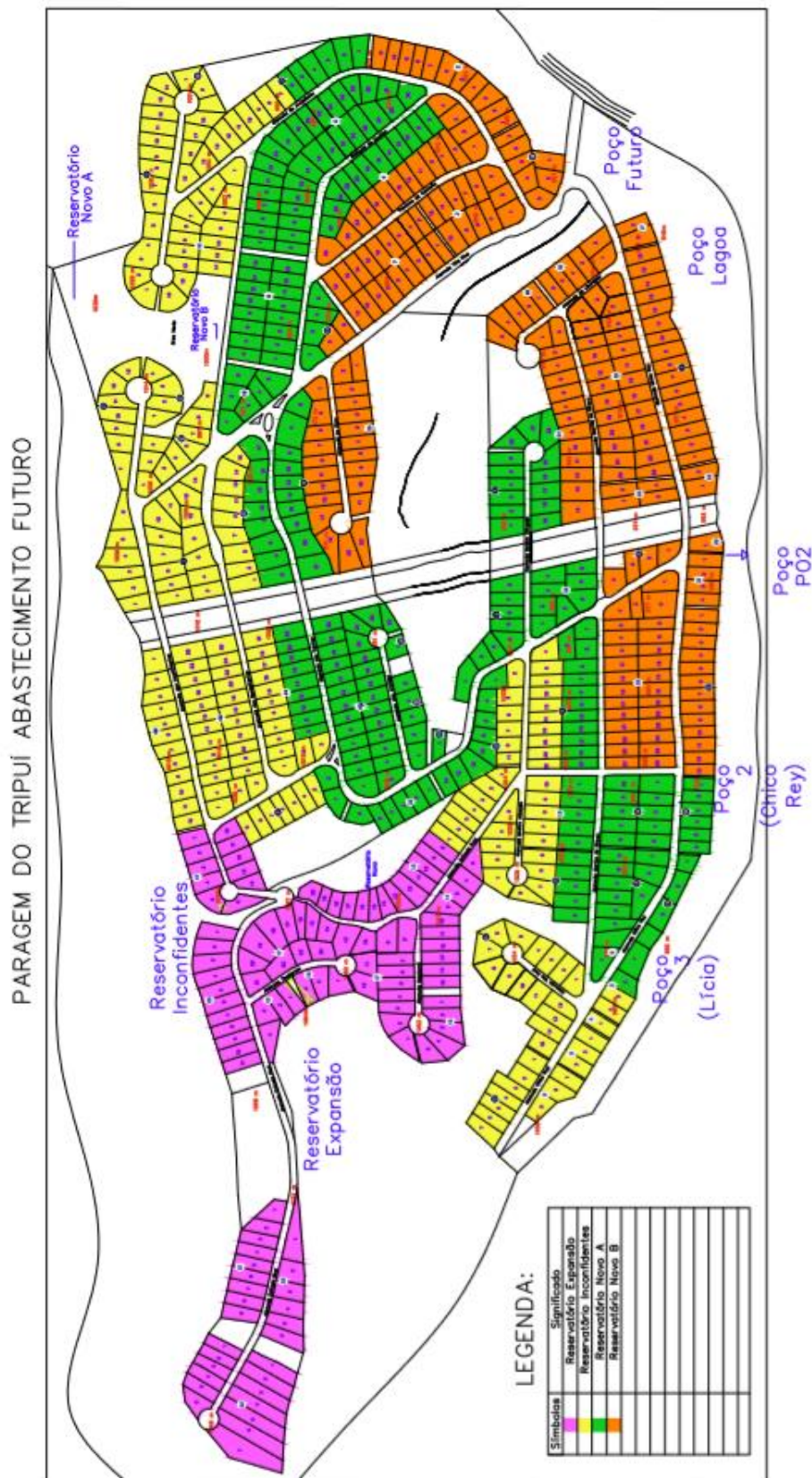
Apêndice 1 – Paragem do Tripui: Abastecimento Atual



Apêndice 2 - Paragem do Tripui: Abastecimento Futuro



Apêndice 3 – Paragem do Tripui: Rede de Distribuição de Água Atual



ANEXO 1 – Fatura CEMIG: N° da Instalação 3010294178 - Paragem do Tripui



CEMIG Distribuição S.A. CNPJ 06.991.180/0001-16 / Insc. Estadual 062.322136.0097
v. Barbacena, 1.200 - 17º andar - Ala A1 - CEP 30160-131 - Belo Horizonte - MG

Acesse o Cemig Atende
www.cemigatende.com.br
Fale com a Cemig 116 | Cemig Torpedo 29810

Tarifa Social de Energia Elétrica - TSEE foi criada pela
Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002

ASSOC ADQUIRENTES LOTES PARAGEM TRIPUI
RUA CHICO REI 956 CX
TRIPUI
35400-000 OURO PRETO, MG
CNPJ 04.108.034/0001-55

N° DO CLIENTE **7005701039** N° DA INSTALAÇÃO **3010294178**

Referente a	Vencimento	Valor a pagar (R\$)
JUN/2018	22/06/2018	2.303,75

NOTA FISCAL - CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA - SÉRIE U Nº008981601 - PTA Nº16.000114527.70

Classe	Subclasse	Modalidade Tarifária	Datas de Leitura			Data de Emissão
Comercial Trifásico	Outros Serviços e Outras Ativ	Convencional B3	ANTERIOR 02/05	ATUAL 02/06	PRÓXIMA 02/07	03/06/2018

Informações Técnicas						
Tipo de Medição	Medição	Leitura Anterior	Leitura Atual	Constante de Multiplicação	Consumo kWh	
Energia kWh	AHF073005225	54.781	57.931	1	3.150	

Informações Gerais
Tarifa vigente conforme Res Aneel nº 2.248, de 23/05/2017. O pagamento desta conta não quita débitos anteriores. Para estes, estão sujeitas penalidades legais vigentes (multas) e/ou atualização financeira (juros) baseadas no vencimento das mesmas. É dever do consumidor manter os dados cadastrais sempre atualizados e informar alterações da atividade exercida no local. Faça sua adesão para recebimento da conta de energia por e-mail acessando www.cemig.com.br. Leituras realizadas conforme calendário de faturamento

MAI/2018 Band. Amarela - JUN/2018 Band. Vermelha

Valores Faturados			
Descrição	Quantidade	Preço	Valor (R\$)
Energia Elétrica kWh	3.150	0,72327348	2.278,28
Encargos / Cobranças			
Taxa Postal - Demais Regiões			1,24
Contrib Ilum Publica Municipal			24,23
Tarifas aplicadas (sem impostos)			
Energia Elétrica kWh		0,52466258	
Adicional Bandeiras - Já incluído no Valor a Pagar			
Bandeira Amarela			40,61
Bandeira Vermelha			13,99

Histórico do Consumo			
Mês/Ano	Consumo kWh	Média kWh/Dia	Dias
JUN/18	3.150	101,61	31
MAI/18	2.943	98,10	30
ABR/18	2.649	82,78	32
MAR/18	2.449	87,46	28
FEV/18	2.730	91,00	30
JAN/18	3.004	93,87	32
DEZ/17	2.194	73,13	30
NOV/17	2.909	96,96	30
OUT/17	3.412	110,06	31
SET/17	3.518	117,26	30
AGO/17	2.999	99,96	30
JUL/17	2.733	85,40	32
JUN/17	2.789	92,96	30

Reservado ao Fisco
6D97.3B81.21D2.F978.E2E8.678C.5D88.6FF4

	Base de cálculo (R\$)	Alíquota (%)	Valor (R\$)
ICMS	2.278,28	25,00	569,57
PASEP	2.278,28	0,56	12,75
COFINS	2.278,28	1,90	43,28

Ouvidoria CEMIG: 0800 726 3838 - Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL - 167 - Ligação gratuita de telefones fixos e tarifada na origem para telefones celulares.



Código de Débito Automático
000085819092

Instalação
3010294178

Vencimento
22/06/2018

Total a Pagar
R\$ 2.303,75

JUN/2018

8368000023-1 03750138010-1 10623675411-0 00085819092-9

