



**CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

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

**ANÍBAL PARENTE FONTOURA**

**ANÁLISE COMPARATIVA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO  
SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA ETA-06  
PALMAS/TO**

PALMAS/TO  
2015

**ANÍBAL PARENTE FONTOURA**

**ANÁLISE COMPARATIVA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO  
SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA ETA-06  
PALMAS/TO**

Projeto apresentado como requisito Parcial da disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) do Curso de Engenharia Civil, do CEULP/ULBRA orientado pelo Professor Msc. Carlos Spartacus da Silva Oliveira.

PALMAS/TO  
2015

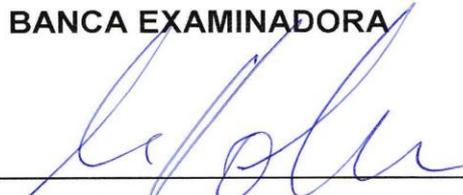
**ANÍBAL PARENTE FONTOURA**

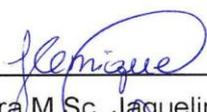
**ANÁLISE COMPARATIVA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO  
SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA ETA-06 DE  
PALMAS/TO**

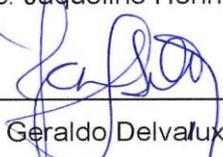
Projeto apresentado como requisito Parcial da disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) do Curso de Engenharia Civil, do CEULP/ULBRA orientado pelo Professor Msc. Carlos Spartacus da Silva Oliveira.

Aprovado em 06 de outubro de 2015

**BANCA EXAMINADORA**

  
\_\_\_\_\_  
Professor M.Sc. Carlos Spartacus da Silva Oliveira

  
\_\_\_\_\_  
Professora M.Sc. Jacqueline Henrique

  
\_\_\_\_\_  
Professor M.Sc José Geraldo Delvalux da Silva

PALMAS/TO  
2015

## DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho à minha família que sempre me apoiou e a todos que contribuíram para a realização de mais essa conquista.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse. Agradeço à minha esposa Marisa, meus filhos Danielly (que tanto me ajudou com os trabalhos), Juliano e Lorena pela compreensão nos momentos de ausência para os estudos, aos meus pais Sebastião e Louraci, aos meus colegas de estudo que muito contribuíram para meu aprendizado, a família da minha madrinha Anaí, em especial ao Aloísio e Wesley que foram os precursores para me tornar Engenheiro Civil.

Meu agradecimento especial ao meu grande amigo e companheiro de longas datas o Professor Msc. Carlos Spartacus da Silva Oliveira pela orientação, múltipla paciência e apoio, e a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, muito obrigado.

"A competitividade de um país não começa nas indústrias ou nos laboratórios de engenharia. Ela começa na sala de aula."

**Lee Iacocca**

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> SABESP/CEPEL.....	16
<b>Tabela 2:</b> Dados so Sistema atual .....	33
<b>Tabela 3:</b> Coeficiente de Hazen William .....	34
<b>Tabela 4:</b> Perdas de Cargas equivalentes .....	35
<b>Tabela 5:</b> Cálculo do Coeficiente C .....	39
<b>Tabela 6:</b> Cálculo da potência das bombas .....	40
<b>Tabela 7:</b> Planilha do Consumo de Energia .....	41
<b>Tabela 8:</b> Planilha de Valores de Energia.....	41

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Barragem Ribeirão Taquarussu .....	48
<b>Figura 2:</b> Canal de Chegada .....	48
<b>Figura 3:</b> Grades Automáticas.....	49
<b>Figura 4:</b> Caixa de Areia.....	49
<b>Figura 5:</b> Caixa de Areia.....	50
<b>Figura 6:</b> Tubulação de Sucção.....	50
<b>Figura 7:</b> Tubulação de Sucção.....	51
<b>Figura 8:</b> Bomba de Sucção .....	51
<b>Figura 9:</b> Válvula de Gaveta.....	52
<b>Figura 10:</b> Conexões de Recalque – Tê de Fofo.....	52
<b>Figura 11:</b> Conjunto Motor-bomba.....	53
<b>Figura 12:</b> Grupo Gerador .....	53
<b>Figura 13:</b> Canal de Calha Parshall.....	54
<b>Figura 14:</b> Canal de Calha Parshall.....	54
<b>Figura 15:</b> Floculadores e Decantadores .....	55

## RESUMO

FONTOURA, Aníbal Parente. Trabalho de Conclusão de Curso. 2015/02. Eficiência Energética da Estação de Tratamento de Água – ETA 06, em Palmas-TO. Curso de Engenharia Civil. Centro Universitário Luterano de Palmas. Palmas – TO.

A busca de alternativas para economia de energia elétrica, principalmente nas estações de tratamento de água, assume, portanto, um papel de importância fundamental na redução dos custos. O presente estudo tem como foco principal diminuir as perdas de cargas da ETA 06, visando reduzir o consumo de energia elétrica, buscando eficiência energética para o sistema. O Sistema atual da ETA 06 é composto por três bombas não afogadas, com potência de 90 CV e vazão de 900m<sup>3</sup>/h cada. Metodologicamente, este trabalho adotou o tipo de pesquisa bibliográfica, enriquecida com visita em loco e algumas entrevistas. O trabalho consiste em dimensionar um novo sistema com 03 bombas afogadas, com potência e vazão a ser definida conforme a demanda e melhor eficiência energética. O estudo mostrará que possível recalcar a mesma vazão com bombas de menores potências, e conseqüentemente menor consumo de energia.

**Palavras-Chave:** Abastecimento de água, hidráulica, perdas de carga, eficiência energética, estação de elevatória.

## ABSTRACT

FONTOURA Anibal Parente. Term paper. 2015/02. Energy Efficiency Water Treatment Plant - ETA 06 in Palmas-TO. Civil engineering course. Lutheran University Center of Palmas. Palmas - TO.

The search for alternatives to saving electricity, especially in water treatment plants, thus assumes a fundamental role in reducing costs. This study focuses primarily on reducing losses loads of ETA 06, to reduce consumption of electricity, seeking energy efficiency for the system. The current system in ETA 06 is composed of three bombs not drowned, with power 90CV and flow of 900m<sup>3</sup> / h each. The job is to scale a new system with 03 drowned pumps with power and a be set according to demand and improved energy efficiency. The study shows repress the same flow pumps with smaller powers, and consequently lower energy consumption. Methodologically, this paper adopted the type of literature, enriched with visit in loco and some interviews.

**Keywords:** Water supply, power, pressure drop, energy efficiency, pumping station.

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	12
1.1 OBJETIVOS .....	13
1.1.1 Objetivo Geral .....	13
1.1.2 Objetivos Específicos .....	13
1.2 JUSTIFICATIVA E IMPORTÂNCIA DO TRABALHO .....	14
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	15
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	16
2.1 Abastecimento de Água e Perdas .....	19
2.2 Sistema de Abastecimento de Água .....	20
2.2.1 Captação .....	21
2.2.2 Adutora.....	22
2.2.3 Estação de Tratamento .....	23
2.2.4 Reservatório .....	24
2.2.5 Estação Elevatória .....	25
2.2.6 Rede de Distribuição .....	27
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	29
<b>4 RESULTADOS, ANÁLISE E DISCUSSÃO</b> .....	32
4.1 Dados do Sistema Atual .....	33
4.2 Novo Sistema .....	37
4.3 Conclusão dos Cálculos .....	40
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES</b> .....	43
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	45
<b>ANEXOS</b> .....	47

## 1. INTRODUÇÃO

Com a atual crise de água que assola o planeta, no Brasil não é diferente temos que economizar água, e conseqüentemente energia, as ETAS – estação de tratamento de água são altamente consumidoras de energia elétrica, por isso a otimização energética de um sistema de abastecimento de água tem como objetivo principal o atendimento das demandas de consumo com um custo operacional e energético mediante a operação estável das bombas, buscando a melhor eficiência energética do sistema.

Através deste estudo analisaremos a eficiência energética da ETA 06 de Palmas e apresentaremos técnicas, análises, e cálculos para a elaboração de planos de operação das bombas afim de minimizar os custos energéticos a confiabilidade hidráulica, levando em conta as restrições operacionais próprias do sistema.

Este trabalho será dividido em três fases, onde a primeira consiste em buscar informações e dados do sistema junto à concessionária de abastecimento, a segunda fase, identificar um conjunto de soluções ótimas através de cálculos, comparações, análises e pesquisas e qual seriam a melhores soluções possíveis para que o sistema se tornasse mais eficiente energeticamente.

E por fim a terceira fase que tem como objetivo apresentar, dentre as soluções analisadas na etapa de avaliação dos planos alternativos de operações de bombas com a maior eficiência energética.

Metodologicamente, este trabalho adotou o tipo de pesquisa bibliográfica, enriquecida com visita em loco e algumas entrevistas.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Estudar e dimensionar um novo sistema de abastecimento de água da ETA – 006, procurando melhor eficiência energética.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Avaliar o sistema de abastecimento de água atual;
- Apresentar cálculos, mostrando que é possível reduzir o consumo de energia elétrica através de um novo sistema;
- Sugerir novas tecnologias para melhor eficiência energética
- Dimensionar o atual sistema de abastecimento da ETA-06;
- Identificar as maiores deficiências energéticas do sistema;
- Redimensionar um novo sistema;
- Comparar os dois sistemas quanto aos seus desenvolvimentos energéticos;
- Apresentar a avaliação final dos dois sistemas.

## 1.2 JUSTIFICATIVA E IMPORTÂNCIA DO TRABALHO

Para a redução de custos com energia elétrica é muito importante buscar eficiência nas operações, entretanto, algumas medidas administrativas também podem proporcionar economia significativa nas contas. A metodologia utilizada para a análise da redução de custo de energia elétrica baseia-se em ações administrativas e operacionais.

As medidas administrativas aqui não são objetos de estudo, mas citaremos a título de conhecimento, são elas: correção da classe de faturamento; regularização da demanda contratada; alteração da estrutura tarifária; desativação de instalações sem utilização; conferência de leitura da conta de energia elétrica; entendimentos com as companhias energéticas para redução de tarifas.

As medidas operacionais são: ajuste dos equipamentos; diminuição da potência dos equipamentos; controle operacional; automação do sistema de abastecimento de água; troca de tubulação, tais como substituição de joelhos por curvas e etc. O objeto deste trabalho, é mostrar para o companhia de saneamento, que dentre as medidas sugeridas, decorrentes desta análise, ficará destacado o controle de perdas, que tem importância fundamental no gerenciamento do sistema de abastecimento de água e com reflexo significativo nas contas de energia elétrica.

A busca de alternativas para economia de energia elétrica, principalmente nas estações de tratamento de água, assume, portanto, um papel de importância fundamental na redução dos custos. Principalmente na conjuntura nacional com a escassez de água. Para se ter uma ideia, de acordo com dados de 2008 do Programa Nacional de Conservação de Energia para o setor de Saneamento – PROCEL SANEAR –, entre 2 e 3% do consumo total de energia elétrica no nosso país, o equivalente a cerca de 10 bilhões de kWh/ano, são consumidos por prestadoras de serviços de água e esgotamento sanitário.

Este consumo refere-se aos diversos usos nos processos de abastecimento de água e de esgotamento. Os sistemas de bombeamento, necessários para impulsionar a água para as redes de abastecimento, em virtude do alto consumo de energia, leva as empresas de abastecimento a desenvolver ações de redução de perda de carga, gerando assim uma melhor eficiência energética.

### 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está organizado em cinco tópicos: 1. Introdução, 2. Referencial Teórico, 3. Metodologia, 4. Resultados, Análise e Discussão e 5. Considerações Finais e Recomendações. Sendo seguidos dos referenciais bibliográficos utilizados no estudo.

Na Introdução está alocada a visão geral do trabalho, contendo os objetivos do estudo, justificativa e importância do trabalho, e estrutura do trabalho, vislumbrando a visão integral do estudo.

No Referencial Teórico encontra-se a revisão de bibliografia referente ao estudo, apresentando o conhecimento técnico dos especialistas e estudiosos referentes ao estudo, conceituando os métodos utilizados para o desenvolvimento da pesquisa.

Na Metodologia, está alocada o caminho para o desenvolvimento do trabalho, apresentando os critérios seguidos para a concretização dos cálculos, dentro das normas técnicas recomendadas.

Nos Resultados, Análise e Discussão, apresenta os resultados obtidos nos estudos, de modo a vislumbrar possíveis métodos para proposição de adequação do tema, de acordo com o estudo realizado.

Nas Considerações Finais são apresentadas as concepções conclusivas do estudo, de maneira a arrematar o tema, também contempla sugestões para trabalhos futuros, no sentido de agregar conhecimentos para a aplicação na área da Engenharia Civil seguida dos referenciais bibliográficos do estudo.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

O problema de eficiência do setor de fornecimento de água no Brasil, segundo José Pereira Instituto de Tecnologia (ITEC) da Universidade Federal do Pará (UFPA) e um dos autores do livro Abastecimento de Água – Informação para Eficiência Hidroenergética, precisa ser modificada o mais rápido possível, devido a crise de abastecimento de água em algumas regiões do país, dentre eles bem elevada é o caso dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, com séria ameaça de “apagão” energético, afetando toda a poluição brasileira.

Esta situação se dá basicamente pelo alto índice de desperdício de água, que chega a ser de 50% do volume retirada dos reservatórios, ou seja metade da água captada no Brasil não chega nas torneiras na população, conseqüentemente, o consumo de energia elétrica pelas empresas pelo setor de saneamento chega a 3% do de toda energia gerada pela matriz a energética brasileira.

- O uso de Energia Elétrica no Setor de Saneamento no Brasil tem um consumo de energia elétrica de 10.340 GWh (1) (aproximadamente 3% do consumo do Brasil);
- Cerca de R\$ 2,7 bilhões é a Despesa Anual dos prestadores de serviços de saneamento com energia elétrica no Brasil (1);
- 90% do consumo de energia elétrica em estações de Tratamento de Água se dá em motor bombas (2);

A Tabela 01 abaixo mostra o consumo de Energia Elétrica na Sabesp entre os anos de 2001 e 2008.

**Tabela 01** - (1) Fonte: Sabesp – Acompluri - 2008 (2) Sabesp – Acompluri - 2008 Incluso impostos e encargos.

Ano	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
<b>Consumo (GWh) (1)</b>	1.869	1.972	2.045	2.042	2.087	2.086	2.144	2.142
<b>Gasto (R\$ milhões) (1)</b>	197,8	264,7	322,8	366,3	402,0	440,5	482,6	460,2
<b>Custo Específico (R\$/MWh) (2)</b>	105,81	134,22	157,85	179,40	192,62	211,18	225,16	214,82

**Fonte:** (1) Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento – SNIS - 2007  
(2) CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica

No estudo de Marco Antônio Saidel, Sabesp – (1) Sistema CEL 2008 – (2) Sabesp – Acompluri 2008, verificou-se o seguinte consumo de Energia Elétrica na Sabesp – 2008:

- Consumo – 2.142,3 GWh (1)
  - O,55% da energia consumida no Brasil;
  - 1,84% do consumo no Estado de São Paulo;
  - O suficiente para abastecer 4,2 milhões de habitantes.
- Custo – R\$ 460,2 milhões (2), terceira maior despesa do Brasil.

Segundo Marco Antônio Saidel - Grupo de Energia do Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas da USP, no estudo da Eficiência Energética deve-se atentar para os aspectos e as necessidades, que são:

- Os aspectos são:
  - Tecnológicos – Recursos para ampliar a eficiência no uso da energia (produzir mais com menos energia).
  - Gerenciais – Avaliar (medir, ter indicadores), regulamentar (edificações), contratar, incentivar (assimetrias de mercado) etc.
  - Comportamental – Vetor da mudança capacitação (ensinar para a gestão sustentável dos recursos)
  
- As necessidades são:
  - Tecnológicas – Ampliar a pesquisa sobre o uso eficiente de energia para toda a cadeia de produção de produtos e serviços.
    - Gerenciais – ampliar a adoção de Certificação, incentivar o uso de indicadores, ampliar o alcance das regulamentações de mercado, incentivar o mercado de Eficiência Energética, buscar padrões de eficiência e observar a eficiência global de processos.
  - Comportamental– Incentivar a mudança de hábitos visando o consumo sustentável, formar recursos com conteúdos da eficiência energética, atualizar e capacitar os corpos técnicos envolvidos no processo de

produção e uso da energia, valorizar o descarte, priorizar soluções energeticamente eficientes e ambientalmente amigáveis.

Ainda, segundo Marco Antônio Saidel, a relação entre energia, saneamento e sustentabilidade para cada litro de água e/ou esgoto recalcado ou tratado tem um custo de energia associado. As perdas de água de um sistema de abastecimento são diretamente proporcional ao aumento no consumo de energia, que é necessária para fazer a água chegar ao consumidor, além do mau dimensionamento do sistema, escolha incorreta do equipamento, equipamentos antigos e ultrapassados e falta de manutenção acarreta ao aumento de energia elétrica.

Os fatores que mais afetam os Sistemas Abastecimento de Água são: O aumento da população e da demanda, levando a diminuição das fontes de água e energia, a piorando a qualidade da água, aumentando o custo de energia, que conseqüentemente aumento as perdas de água com: vazamento, furto, desperdício do consumidor e distribuição ineficiente associado a tudo isso o a deterioração dos equipamentos, tubulações e estruturas.

Os efeitos desses fatores são: Aumento do bombeamento de água e esgoto, aumento do consumo e desperdício de energia elétrica, aumento dos custos operacionais e impactos ambientais conseqüentemente diminuindo a eficiência energética.

De acordo com a NBR 12211, (1992). As definições para os estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água constam nesta norma nos itens abaixo:

- Estudo de concepção Estudo de arranjos, sob os pontos de vista qualitativos e quantitativos, das diferentes partes de um sistema, organizados de modo a formarem um todo integrado, para a escolha da concepção básica.
- Concepção básica Melhor solução sob os pontos de vista técnico, econômico, financeiro e social.
- População abastecida é aquela atendida pelo sistema de distribuição existente.
- População abastecível Parcela da população total, em uma área da comunidade, a ser abastecida pelo sistema de distribuição.

- Consumidor singular Aquele que, ocupando parte de uma área específica, apresenta um consumo específico significativamente maior que o produto da vazão específica da área, pela área por ele ocupada.
- Consumidor especial Aquele que deve ser atendido, independentemente de aspectos econômicos relacionados ao seu atendimento.
- Alcance do plano Data prevista para o sistema planejado passar a operar com utilização plena de sua capacidade.
- Data de início do plano Data de início das obras constituintes do sistema, previamente fixada pelo contratante.
- Data de início de operação Data previamente fixada pelo contratante para início da operação do sistema, tendo em vista o tempo necessário para a sua implantação.

## **2.1. Abastecimento de Água e Perdas de Cargas**

Segundo (TSUTIYA, 2005), umas das principais necessidades dos habitantes das cidades o atendimento por sistema de abastecimento de água em quantidade e qualidade adequadas, para o atendimento às suas necessidades relacionadas à saúde e ao desenvolvimento industrial.

De fato, pela grande importância do sistema de abastecimento de água, alguns esforços vêm sendo feitos, não o suficiente, mas, particularmente nas últimas décadas do século XX, investimentos bastante elevados em relação ao século IXX, de modo a se levar água de boa qualidade ao maior número possível de usuários, especialmente dos países em desenvolvimento, onde a situação de abastecimento de água é menos favorável (TSUTIYA, 2005).

Nos anos 70 o uso da energia não era problema no Brasil para projetistas e consumidores, com a crise do petróleo buscou alternativas energéticas diminuídos os desperdícios e o aumento da eficiência dos equipamentos e operações. Com a energia elétrica aconteceu o mesmo.

No Brasil, com uma vasta fonte de recursos hídricos, imaginava-se que seria uma fonte inesgotável de água e energia elétrica. O tempo mostrou que isto não era verdade. A exploração predatória e descontrolada dos recursos naturais teve como resposta a incapacidade da natureza de repor o que se consome.

Hoje no Brasil e mundo, tem-se consciência que os recursos naturais são esgotáveis e deve-se ter a preocupação para a conservação, a economia e o consumo moderado, tendo em vista, que, a energia é de vital importância para o desenvolvimento de qualquer país.

De tal modo, deve-se ter a preocupação com o controle da produção energética, e buscar formas alternativas de energia e economia são preocupações constantes. De fato, com a conseqüente redução das perdas de cargas nos sistemas de abastecimento e o melhoramento nas redes de distribuição de água, através de estudos e pesquisas, a economia do setor de saneamento, terá uma enorme contribuição para o abastecimento humano, tanto de água quanto de energia, isso fará com que as empresas tenham uma melhor eficiência energética, que terão melhores preços e maior produtividade, melhorando assim a vida da população.

## **2.2. Sistema de Abastecimento de Água**

O Sistema de Abastecimento de Água de Palmas, está em sua maior parte integrado à ETA 006, que é responsável pelo abastecimento de parte da região central (Plano Diretor) e da região Sul (Aureny, Taquaralto, Taquary). 99% da população urbana do município de Palmas é atendida pelo sistema de abastecimento, que geram uma vazão de 1.013 l/s, para o abastecimento das regiões central e sul.

Neste estudo é de suma importância analisar as perdas de cargas no sistema de abastecimento, segundo o banco de dados da Saneatins/Odebrecht, segundo o ano de 2012, os índices de perdas de cargas no sistema de distribuição (IPD) nas regiões central e sul, que são abastecidas pela ETA 06 foi de 33,04% (IPD médio), levando a concessionária a fazer um planejamento de redução futuro, como meta ,30% em até 5 anos, 25 % em até 10 anos e para 20 % em até 20 anos.

Define-se por sistema de abastecimento de água todo o conjunto de obras, equipamentos e serviços destinados ao abastecimento de água potável a uma população, para fins de consumo doméstico, serviços públicos, consumo industrial e outros. A água fornecida pelo sistema deverá ser de melhor qualidade possível do de vista, físico, químico e bacteriológico (NETTO et al.,1998)

Segundo Netto et al. (1998), as partes de um sistema de abastecimento de água, compreende diversas unidades, tais, como, na ordem que segue:

- Captação;
- Adução (de água bruta, de água tratada);
- Estação de tratamento de água;
- Reservatórios
- Estações elevatórias ou de recalque
- Rede de distribuição.

Para a implantação de um sistema de abastecimento de água, é necessária a elaboração de projetos e estudos, de: tom vistas à definição de topografia, solo, viabilidade, recursos hídricos, bacias hidrográficas, dentre outros. Essas obras deverão projetadas não somente para o momento atual, mas projetadas que variam entre 10 e 30 anos, são projetos chamados de alcance de plano. (NETTO et al., 1998).

Manancial É o recurso hídrico superficial ou subterrâneo, de onde é captada a água para o abastecimento. Deve ter uma vazão suficiente para atender a demanda de água no período determinado pelo projeto. (TSUTIYA, 2001).

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

Manancial subterrâneo: é todo aquele cuja água provenha do subsolo, podendo aflorar à superfície (fontes, bicas d'água, etc.) ou ser recalcada artificialmente através de conjuntos motor-bomba (poços rasos e profundos)

Manancial superficial: é formado pelos córregos, rios, lagos, represas, etc. que, como o próprio nome indica, tem o espelho de água na superfície terrestre.

### **2.2.1. Captação**

De acordo com Dacach, Captação é o conjunto de obras usado para retirar a água do manancial, nos mananciais superficiais, a água é captada segundo as suas características, dependendo do seu volume, da estrutura do leito, associadas à topografia e geologia, bem como pela velocidade, qualidade e variação do nível de água, dependendo do caso a captação pode ser: direta, de uma barragem de nível,

de um canal de regularização ou de derivação, pode também ser poço de derivação e reservatório de regularização

Pelo ponto de vista de Tsutiya, Para a retirada de água subterrânea podem ser utilizados diversos tipos captação, tais com: drenos, galerias filtrantes, poços escavados (rasos) e poços perfurados (profundos), eficiência este último é o mais utilizado para o sistema de abastecimento de água (TSUTIYA, 2001).

Nos estudos Tsutiya, discorre que as obras de captação devem ser projetadas, executadas planejadas de forma que, para época do ano, sejam mantidas as condições mínimas de captação de água com qualidade e quantidade ofertada pelo manancial. O projeto deve ser desenvolvido de modo que sua operação e manutenção seja de fácil manutenção ao longo de sua vida útil. (TSUTIYA, 2001).

### **2.2.2. Adutora**

É uma estrutura de uma rede de abastecimento, que tem com finalidade transportar água seja de um reservatório até a estação de tratamento ou entre dois reservatórios.

Adutora ou adução, segundo Barros, é a tubulação usada para transportar água do ponto de captação até a Estação de Tratamento de Água – ETA, sem a existência de derivações para alimentar as tubulações de ruas e ramais prediais (BARROS et al., 1995), já Netto, define adutoras da seguinte maneira, são canalizações principias destinada a transportar água entre as unidades do sistema público de abastecimento que antecedem a rede de distribuição e interligam a captação e a estação de tratamento de água, e esta aos reservatórios de um mesmo sistema (NETTO et al. 1998).

Neto aprofunda um pouco mais falando no caso de existirem derivações de adutora destinada a transportar água até outros pontos de um mesmo sistema, gerando canalizações secundárias, que podem ser chamadas de sub adutoras, más também as canalizações responsáveis por transportar água de um reservatório de distribuição para outro, pode ser chamado de sub adutora (NETTO et al. 1998).

Quanto a Barros, as adutoras podem ser classificadas das seguintes formas:

- Quanto à natureza da água transportada, que pode ser:
  - Adutora de água bruta é a tubulação que transporta a água da captação até a Estação de Tratamento;
  - Adutora de água tratada é a tubulação que transporta a água da ETA até aos reservatórios de distribuição.
  
- Quanto a energia utilizada para a movimentação e da água (escoamento por gravidade, bombeamento, recalque):
  - Adutora por gravidade em conduto livre, neste caso, a água escoar sempre em declive, mantendo uma sua superfície livre sob o efeito da pressão atmosférica, sejam eles abertos ou fechados, desde que sua seção na seja plena, ou seja totalmente cheio.
  
- Adutora por gravidade em conduto forçado:
  - A pressão interna deve ser sempre maior que a pressão atmosférica para que a carga hidráulica faça com que a água escoar no sentido de descendente;
  
- Adutora por recalque:
  - Sempre que o local da captação estiver numa cota inferior à cota do reservatório e não possibilite a adução por gravidade, e necessário o uso de equipamentos de recalque, ou seja bombeamento através conjunto mota- bomba e acessórios, esse sistema é chamado de adução por condutos forçados, mas também pode-se ter adutoras mistas, parte dela recalçada e parte por gravidade.(BARROS et al., 1995)

### **2.2.3. Estação de Tratamento**

Um sistema de abastecimento de água deverá fornecer água potável à população, ou seja, água própria para o consumo, de boa qualidade para alimentação humana e para os demais usos, também deve ter características físicas, químicas, biológicas e bacteriológicas de consumo, em função dessas

características qualitativas da água fornecidas pelos mananciais, passam-se pelo processo de tratamento da água em instalações que são chamadas de estações de tratamento.

Essa água captada do manancial deve ser submetida frequentemente a análise química e a exames físicos e bacteriológicos, de modo que a mesma possa garantir a qualidade e segurança higiênica para a população. (NETTO *et al.*, 1998).

As tecnologias disponíveis para o tratamento da água, podem ser divididas em as que usam a coagulação química e as que prescindem desse processo, também a classificação das tecnologias de tratamento poderia ser feita em função da filtração, rápida ou lenta (TSUTIYA, 2001).

#### **2.2.4. Reservatório**

Os Reservatórios São unidades de armazenamento responsável pelo controle de vazão de entrada e de saída, ou seja, compensar as variações de vazão. É importante ressaltar que os reservatórios não são os produtores de água, para que no ato do seu projeto e construção não gerar falsas expectativas e desperdício de recursos no momento errado (NETTO *et al.*, 1998). De acordo com Tsutiya (2001), os reservatórios de distribuição de água são projetados e dimensionados para atender às seguintes condições:

- Funcionar como volantes de distribuição, atendendo à variação horária do consumo;
- Além de atender as necessidades domésticas, deve também, garantir reserva de água para combate a incêndios;
- Manter uma reserva para atender a condições de emergência (acidentes, reparo nas instalações, interrupções da adução e outras);
- Manutenção mínima de pressão na rede de distribuição, que depende das condições de cada região. Segundo (TSUTIYA, 2001), as redes de distribuição, são classificadas em: Enterradas, semi-enterradas, apoiadas ou elevadas;
- De montante ou de jusante.

Os reservatórios apoiados ou elevados, são os que comportam maior armazenamento de volume necessário, mas também são os de custos mais elevados. (TSUTIYA, 2001).

### **2.2.5. Estação Elevatória**

Estação elevatória é um conjunto de obras e equipamentos utilizados a recalcar água para a unidade seguinte. Devido a diferença de cotas entre unidades do sistema de abastecimento, há necessidade de estações elevatórias para superar esta diferença, para isso é necessário que a água seja bombeada de uma unidade de cota inferior para uma estação em cota superior, podendo haver, tantas quantas necessárias dentro de um mesmo sistema, este processo de elevar a água é chamado de recalque, aqui onde se dá o maior consumo de energia de sistema de abastecimento de água, pois para recalcar utiliza-se bombas de recalque, movidas a energia elétrica.

As estações elevatórias são utilizadas tanto para água bruta, como para a água tratada. Segundo TSUTIYA, também é comum a estação elevatória tipo “booster”, que se destina a aumentar a pressão e/ou vazão em adutoras ou redes de distribuição de água (TSUTIYA, 2005).

O objetivo do sistema de bombeamento é coletar a água do reservatório inferior, ou reservatório de sucção, e transportá-la até o reservatório superior, ou reservatório de recalque. Utilizando uma bomba para fornecer a energia ao líquido, superando as resistências do encanamento, seus acessórios e o desnível entre os reservatórios. Para um projeto de bombeamento deve-se levar em conta, a vazão pretendida e a altura manométrica total do sistema  $H$ , o conjunto de bombas deverá ter potência necessária para superar o desnível e as resistências da tubulação, alcançando a vazão de projeto.

Na maioria das vezes a operação de bombeamento, em sistemas de abastecimento de água, ocorre sem interrupção, desta forma ocorre redução das perdas, e conseqüentemente o aumento do rendimento, proporcionando vantagem econômica, com redução de energia elétrica, que é cobrada, não somente, pela potência elétrica mas também pelo número de horas de operação do sistema.

Porto (2004) diz, que “um sistema de recalque ou elevatório é o conjunto de tubulações, acessórios, bombas e motores necessário para transportar uma certa

vazão de água ou qualquer outro líquido de um reservatório inferior, para outro reservatório superior”.

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

- Casa de Bombas: edificação própria destinada a abrigar os conjuntos moto-bomba. Deve ter iluminação e ventilação adequadas e ser suficientemente espaçosa para a instalação e movimentação dos conjuntos elevatórios, incluindo espaço para a parte elétrica (quadro de comando, chaves etc);

- Bomba: equipamento encarregado de seccionar a água do reservatório de sucção e através de pressurização impulsiona a água com seu rotor para o reservatório de elevação ou ponto de recalque. As bombas podem ser classificadas de uma maneira geral em: Turbo-bombas ou bombas hidrodinâmicas (bombas radiais ou centrífugas, as mais usadas para abastecimento público de água; bombas axiais; bombas diagonais ou de fluxo misto); e Bombas volumétricas, de uso comum na extração de água de cisterna (bombas de êmbolo ou bombas de cilindro de pistão);

- Motor de acionamento: equipamento responsável pelo acionamento da bomba. Em geral os acionamentos das bombas são feitos por motores elétricos de indução trifásicos. O uso deste tipo de motor se dá pela sua característica, sendo indicados para uso de sistemas de acionamentos contínuo.

- Linha de sucção: conjunto de canalizações e peças que vão do poço de sucção até a entrada da bomba;

- Linha de recalque: conjunto de canalizações e peças que vão da saída da bomba até o reservatório ou ponto de recalque;

- Poço de sucção: reservatório de onde a água será recalçada. Sua capacidade ou volume deve ser estabelecido de maneira a assegurar a regularidade no trabalho de bombeamento.

Os fatores que mais contribuem para o custo elevado de energia elétrica, em sistemas de bombeamento, podem destacar:

- Ultrapassagem da demanda contratada;
- Baixo fator de potência, este fator de potência leva a cobrança de energia reativa excedente que é cobrado quando o Fator de Potência for menor que 0,92, o baixo fator de potência é ocasionado por

equipamentos da unidade consumidora, como por exemplo, lâmpadas, motores e outros.

- Equipamentos antigos, nos quais ocorre a dificuldade de manutenção e adaptação às normas tecnológicas atuais;
- Baixo rendimento das instalações de bombeamento, ocasionando maior consumo de energia elétrica.

#### **2.2.6. Rede de Distribuição**

De acordo com Barros, Rede de distribuição é a estrutura do sistema mais integrada à realidade urbana, e a mais dispendiosa e a de maior manutenção. É constituída de um conjunto de tubulações interligadas instaladas ao longo das vias públicas ou nos passeios, junto aos edifícios, transportando água aos hidrômetros, pontos de consumo (moradias, escolas, hospitais, escolas, etc.) (BARROS et al., 1995).

Segundo Porto (2004), “um sistema de distribuição de água é o conjunto de tubulações, acessórios, reservatórios, bombas etc., que tem a finalidade de atender, dentro de condições sanitárias, de vazão e pressão convenientes, a cada um dos diversos pontos de consumo de uma cidade ou setor de fornecimento”. Evidentemente, em função do porte do problema, o sistema de abastecimento torna-se bastante complexo, não só quanto ao dimensionamento, mas também quanto à operação e manutenção.

É em geral, a parte do sistema de abastecimento de abastecimento de água, com maior necessidade de manutenção com mais onerosa, do ponto de vista do projeto global de abastecimento, exigindo ao projetista maior atenção, no que concerne aos parâmetros do sistema, hipóteses de cálculo assumidas e metodologias, de modo a obter um projeto eficiente (PORTO, 2004). Também deve se preocupar com a qualidade da água na rede de distribuição, e para isso são necessários alguns cuidados, de acordo com Barros et al. (1995), como:

- o sistema deve ser projetado, construído e operado de forma a manter pressão mínima em qualquer ponto da rede;

- os registros e dispositivos de descarga devem ser projetados e convenientemente posicionados para permitir manutenção e descarga sem prejudicar o abastecimento;

- o sistema deve estar protegido contra poluição externa; durante a execução da rede e durante os reparos, substituições, remanejamentos e prolongamentos, devem ser tomados os cuidados necessários para impedir a ocorrência de contaminação;

- a desinfecção das tubulações, por ocasião do assentamento e dos reparos, deve ser feita com uma solução concentrada de cloro (50 mg de cloro por litro) durante 24 horas. Após esse período, essa solução é descarregada, enchendo-se a canalização com água limpa. Toda a operação deve ser controlada por exames bacteriológicos;

- as tubulações de água potável devem ser assentadas em valas situadas a uma distância mínima de 3,0 m da tubulação de esgoto, para evitar contaminação;

- em alguns casos, como por exemplo, arruamentos pavimentados com grande largura, pode ser mais vantajoso e econômico situar a rede de água nas calçadas;

- em geral as juntas das tubulações não resistem a pressões de fora para dentro (supressões). Em sistemas em que o fornecimento de água não é contínuo, nas horas em que não houver abastecimento haverá pouca ou nenhuma pressão na rede, podendo até ser negativa. Nessas ocasiões, há perigo de penetração ou sucção de água contaminada para dentro da rede. Assim, as boas condições de operação do sistema, evitando interrupções, diminuem a possibilidade de contaminação da rede.

### 3. METODOLOGIA

Os passos seguintes consistiram em coletar dados do processo convencional, do projeto proposto e do projeto efetivamente instalado. Os dados coletados foram analisados e tabulados em planilhas e gráficos, destacando os pontos divergentes.

Para a análise do projeto executado foi necessária a observação de importantes itens do sistema de abastecimento como: comportamento de um sistema de tratamento de água durante a captação pela estação de água bruta (EAB), o tratamento da água na estação (ETA) e o bombeamento desta água para o reservatório já existente pela elevatória de água tratada (ETA).

Assim, foram realizados os seguintes procedimentos metodológicos:

1. Foram avaliadas todas as estruturas hidromecânicas do sistema, através de seus dimensionamentos hidráulicos, tais como: Diâmetro da tubulação, altura de sucção, altura de recalque, comprimento de recalque, potencia das bombas, potencias dos motores, conexões, cotas demandas e vazões.

2. Verificação in loco do sistema atual;

3. Coleta de dados junto a concessionária referentes a Estação, tais como:

- Potência instalada em kW;
- Demanda;
- Período de funcionamento das bombas;
- Consumo de energia elétrica em kW/h horário sazonal.

4. Verificação da potência elétrica ativa nominal e da potência elétrica líquida, através de cálculo de desempenho, utilizando a seguinte expressão:

$$Pot = \frac{\gamma * Q * Hman}{75 * \eta}$$

5. Cálculo do rendimento das bombas atuais. Para calcular o rendimento das

bombas utiliza-se a mesma expressão do item 4, porém agora entramos com a potência e descobrimos o rendimento;

6. Cálculo da perda de carga do sistema, a perda de carga gerada por esse deslocamento, será calculada através da fórmula Hazen-Williams, que usaremos em nosso estudo;

$$hf = \frac{10,646}{D^{4,87}} * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852} * Leq$$

7. Dimensionamento de um novo sistema: O fator preponderante para adotarmos no novo sistema bombas de sucção negativa (afogadas) foi o alto consumo de energia elétrica do atual sistema, que utiliza bombas não afogadas;

8. Comparação dos dois sistemas, através de dados coletados in loco e calculados;

9. Indicação de tipos de bombas, no caso sucção negativa (afogada), pois como dito anteriormente, tem melhor eficiência energética;

10. Indicação de potência das bombas e diâmetro das tubulações, onde acharemos o diâmetro ideal para o sistema, mantendo a mesma vazão com bombas de menor potencia e com diâmetro 33% menor que o sistema atual;

11. Demonstração de que o novo sistema tem maior eficiência energética, através da redução do consumo de energia elétrica;

12. Através de valores tarifários fornecidos pela Companhia de Energia Energisa, calcular o consumo de energia em reais. Deste modo é importante ressaltar que o novo sistema além de não utilizar energia em horários sazonais irá economizar um percentual maior em Reais, pois a tarifação depende dos horários.

Portanto, como o custo de energia elétrica em determinados horários é muito elevado, a empresa de Saneamento não compra energia em horário sazonal (de ponta), a mesma adquiriu três grupos geradores, após ser notificada pela

Celtins/Energisa, pelo consumo no horário de ponta, para o funcionamento das bombas nesses horários. Assim, são 03 bombas, trabalhando alternadamente ou as três ao mesmo tempo, de modo que sempre trabalhem em no mínimo duas bombas por vez. O novo sistema terá 03 bombas de sucção negativa, trabalhando 16 horas por dia alternadamente, e parando nos horários sazonais.

## 4. RESULTADOS, ANÁLISE E DISCUSSÃO

Após a avaliação e dimensionamento de um novo Sistema, chegou-se a conclusão que o atual Sistema não é eficiente. Com o novo sistema teve-se uma economia de energia elétrica de 50%, provando que é possível reduzir o consumo.

De acordo com a NBR 12203 (1992). O local para implantação das obras de captação deve ser o resultante da análise conjunta de todos os elementos disponíveis sobre a área reservada para esta finalidade. [...] observando-se [...] às características hidráulicas do manancial, a geologia da região, as áreas eventualmente inundáveis e aos focos de poluição existentes e potenciais.

Para tanto foi coletado informações, utilizando material fornecido pela empresa de Saneamento Saneatins/Odebrecht Ambiental. Também foi feito um levantamento planialtimétrico, estudo realizado no local, também visita in loco e imagens obtidas pelo Google Earth.

Este estudo baseou-se nas normas da ABNT no segmento de abastecimento de água, tais como:

- NBR 12211, (1992) - Estudo de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água;
- NBR 12213, (1992) - Projeto de Captação de Água de Superfície para Abastecimento público;
- NBR 12214, (1992) - Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público;
- NBR 12215, (1991) - Projeto de adutora de água para abastecimento público – Procedimento;
- NBR 12216, (1992) - Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público.

Para dimensionar o novo sistema é preciso levar em consideração a demanda do consumo de água para a ETA 06. Para tal, precisa-se determinar a demanda para fim de projeto, utilizado equação 1.

#### 4.1. Dados do Sistema Atual

Tabela 02: Dados do sistema atual.

População	Consumo l/hab/dia	Comprimento de recalque	Altura de Recalque	Altura de sucção	Comprimento de sucção	Potencia das bombas	Vazão das bombas	Vazão de demanda
240.000	200	235	10,4	1,2	2	90cv	750 l/s	896 l/s

Fonte: O Autor, 2015.

#### I. Perda de Carga

Quando um líquido é transportado em tubo, ocorre uma perda de energia, denominada perda de pressão, para sistemas de ventilação ou exaustão, ou perda de carga, para sistemas de bombeamento de líquidos. Esta perda de energia se dá principalmente pelo atrito formado entre o fluido e as paredes internas da tubulação.

Em tese, as canalizações são formadas por tubos de diâmetro diferentes e com curvas. Geralmente, usam-se acessórios e conexões para se ter a forma e o tamanho desejado, aumentando o atrito do líquido como a canalização, provocando a perda de carga localizada.

Segundo Azevedo Neto (1998), deve ser considerada as perdas de carga apresentadas a seguir:

a) Perda por resistência ao longo do conduto: ocasionada pelo atrito da água na própria tubulação, também chamada de perda de carga continua.

b) Perdas localizadas ou acidentais: provocadas pelas conexões.

Para determinar perda de carga gerada por esse deslocamento, segundo Gomes (1999), são usadas fórmulas empíricas, em especial as de Darcy-Weisbac, Hazen-Willians e Flamant. Para tubulações de grandes diâmetros a mais utilizada é a fórmula Hazen-Willians, que usaremos em nosso estudo.

$$hf = \frac{10,646}{D^{4,87}} * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852} * Leq$$

$$hf = \frac{10,643}{0,8^{4,87}} * \left(\frac{0,3}{90}\right)^{1,852} * 264,33$$

$$h_f = 0,25m$$

$$H_{man} = h_f + H_r - H_s$$

$$H_{man} = 0,25 + 10,40 - 1,2$$

$$H_{mam} = 9,45 \text{ m.c.a}$$

**Onde:**

$h_f$  – perda de carga, m;

$L_{eq}$  – Comprimento equivalente;

$D$  – diâmetro da tubulação, m;

$Q$  – Vazão, ;

$H_{mm}$  – Altura Manométrica;

$H_r$  – Altura de Recalque;

$H_s$  – Altura de Sucção;

m.c.a. – Metro por coluna de água

$C$  – coeficiente de Hazen-Williams (adimensional).

O coeficiente de Hazen-Williams depende da natureza das paredes do tubo e possui valores tabelados (Gomes, 1999).

**Quadro 03:** Coeficiente de Hazen-Williams.

TUBO	C
Aço corrugado (chapa ondulada)	60
Aço com juntas lock-bar (novas)	130
Aço galvanizado (novos e em uso)	125
Aço rebitado (novos)	110
Aço rebitado (em uso)	85
Aço soldado (novos)	120
Aço soldado (em uso)	90
Aço soldado com revestimento especial (novos e em uso)	130
Cimento-Amianto	140
Cobre	130
Concreto (bom acabamento)	130
Concreto (acabamento comum)	120
Ferro fundido (novos)	130
Ferro fundido (em uso)	90
Plástico	140

Fonte: (Gomes, 1999).

Para cada bomba as perdas de cargas equivalentes foram calculadas utilizando as seguintes conexões.

**Tabela 04:** Perdas de cargas equivalentes.

ACESSÓRIO	QUANTIDADE	DIÂMETRO (mm)	EQUAÇÃO	COMPRIMENTO EQUIVAMENTE (Leq)(m)
<b>SUCÇÃO</b>				
Cotovelo 90° RM	1	800	$Le = 0,114 + 26,56D$	21,36
<b>RECALQUE</b>				
Válvula de Retenção	1	800	$Le = 0,247 + 79,43D$	79,687
Válvula de Gaveta	1	800	$Le = 0,010 + 6,89D$	16,57
Tê de Passagem Direta	1	800	$Le = 0,054 + 20,90D$	50,32
Cotovelo 90° RM	1	800	$Le = 0,114 + 26,56D$	85,45
			<b>TOTAL</b>	<b>152,34</b>

Fonte: O Autor, 2015.

## II. Velocidade

Velocidade máxima admissível, por meio da equação da continuidade, pode-se determinar vazão (Q) que passa por uma tubulação, lembrando que quanto menor o seu diâmetro, maior será a velocidade do fluxo,

Entretanto, ao aumentar a velocidade de circulação da água, pode ocorrer maior perda de carga e as tubulações poderão ser danificadas pelos golpes de aríete, haverá maiores desgastes nos tubos e nas peças, entre outras coisas, assim:

- $V < 1,5$  m/s, velocidade atual é de 1,38m/s.

A alta velocidade pode gerar o fenômeno golpe de Aríete. Segundo Silva (2008), esse o golpe de Aríete se dá ao fechar bruscamente uma válvula (registro), com uma determinada velocidade.

A energia cinética que transporta a água se transforma em energia de compressão. Pela lei pendular, o ciclo compressão-descompressão se repete com perda energética a cada ciclo, originando no conduto variações de pressão que constituem o golpe de Aríete.

### III. Vazão para demanda de Água

Segundo Silva (2008), o consumo per capita ou quota per capita, a quantidade de água que é destinada para cada pessoa em projeto. É dado geralmente em litros por habitante por dia, que tem como objetivo, calcular as demandas de água. Esse consumo pode variar de região para região e por poder socioeconômico.

### IV. Cálculo da demanda

Para o cálculo das demandas de água devem ser levados em conta alguns fatores, tais como: categorias de consumo, alcance do projeto e etapas de construção. O cálculo da demanda tem por objetivo encontrar os diâmetros das canalizações e pode ser obtida multiplicando-se a demanda média diária pelos coeficientes  $k_1$  e  $k_2$ , ou seja:

Equação 1 - Determinação da vazão de demanda Fonte: Manual de Hidráulica, Azevedo Netto et al (1998).

$$Q = \frac{p * q * k_1 * k_2}{3600 * h} + c$$

$$Q = \frac{240000 * 200 * 1,2 * 1,3}{3600 * 24} + 26,1$$

$$Q \cong 896,0l/s$$

#### Em que:

Q – demanda de água ou vazão, L/dia;

P – população total abastecida, hab;

q – consumo médio per capita, L/hab.dia;

$k_1$  – coeficiente de consumo máximo diário, adimensional;

$k_2$  – coeficiente de consumo máximo horário, adimensional.

h – Tempo de bombeamento em horas

C – Consumo de interno da ETA 3%

## V. Rendimento das Bombas

Para o cálculo do rendimento da bomba, tem-se a seguinte expressão:

$$P_{ot} = \frac{\gamma * Q * H_{man}}{75 * \eta}$$

$$P_{ot} = \frac{1000 * 0,25 * 9,65}{75 * \eta}$$

$$\eta \cong 35\%$$

### Em que:

P – potência do conjunto motor-bomba (W);

$\gamma$  – peso específico da água (1000 N/m<sup>3</sup>);

Q – vazão (m<sup>3</sup>/s);

$\eta$  – rendimento global do conjunto motor-bomba;

H<sub>man</sub> – altura manométrica (m). A altura manométrica é dada pela equação seguinte.

$$H_{mam} = H_g + H_f$$

### Em que:

H<sub>g</sub> – altura geométrica;

h<sub>f</sub> – perda de carga da instalação.

## 4.2. Novo Sistema

O sistema de bombas adotadas será de bombas de sucção negativa (afogadas). Nesse sistema de bomba, o eixo da bomba se encontra na mesma cota do nível de água, dispensando a válvula de pé crivo, e não tem altura de sucção, obviamente diminuindo a altura manométrica.

As instalações de sucção e recalque ou estações elevatórias são sistemas, segundo Gomes (1999), é formado por bombas e tubulações, utilizadas para

pressurizar um determinado líquido, a fim de transportá-lo de um ponto a outro, superando perdas de cargas e desníveis topográficos.

### I. Diâmetro da Tubulação

Para o dimensionamento, começaremos pelo cálculo do diâmetro ideal, para a vazão de demanda de 896 l/s e velocidade de 1,38 m/s. Para o diâmetro de cada bomba teremos uma vazão de 300l/s.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,3}{3,14 \cdot 1,38}}$$

$$D = 0,52\text{m} \rightarrow D_c = 600\text{mm}$$

#### Em que:

D – o diâmetro, m;

Q – é a vazão, m<sup>3</sup>/s.

V – Velocidade m/s

D<sub>c</sub> – Diâmetro comercial

### II. Perda de Carga

Para determinar perda de carga gerada por esse deslocamento, segundo Gomes (1999), são usadas fórmulas empíricas, em especial as de Darcy-Weisbac, Hazen-Willians e Flamant. Para tubulações de grandes diâmetros a mais utilizada é a fórmula Hazen-Willians, que usaremos em nosso estudo.

$$hf = \frac{10,646}{D^{4,87}} * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852} * Leq$$

**Em que:**

$hf$  – perda de carga, m;

$Leq$  – Comprimento equivalente;

$L$  – comprimento da tubulação, m;

$D$  – diâmetro da tubulação, m;

$Q$  – Vazão;

$H_{mam}$  – Altura Manométrica;

$H_r$  – Altura de Recalque;

$H_s$  – Altura de Sucção;

$g$  – constante gravitacional,  $m/s^2$ ;

m.c.a. – Metro por coluna de água

$C$  – coeficiente (adimensional) de Hazen-Williams, material e estado das paredes dos tubos 130. Para extrair o coeficiente  $C$  utiliza-se a seguinte tabela:

**Tabela 05:** Cálculo do Coeficiente  $C$ , de Hazen-Williams.

Diâmetro - $D$ (m)	Rugosidade - $C$	Vazão - $Q$ ( $m^3/s$ )	Comprimento equivalente - $Leq$ (m)	Perda de carga - $hf$ (m)	Altura Manométrica- $H_{mam}$ (m.c.a)
0,8	130	0,3	242,97	0,10	10,50
0,6	130	0,3	242,97	0,41	10,81
0,5	130	0,3	242,97	0,99	11,39

**Fonte:** O Autor, 2015.

A tabela onde foram extraídos os comprimentos equivalente está no anexo. Para a tubulação de sucção e recalque  $\varnothing 600\text{mm}$ . Adotando-se o valor do coeficiente  $C$  para a fórmula de Hazen-Williams, tubulação de sucção e recalque, tubo de ferro fundido, (novo)  $C = 130$ .

### III. Potência das Bombas

Cálculo da Potência dos Conjuntos Elevatório do manual de hidráulica no esquema abaixo:

Para encontrar a potência do conjunto elevatório, utiliza-se a fórmula extraída.

Equação - 4 Para Determinar a Potência dos Conjuntos Elevatórios Fonte: Manual de Hidráulica, Azevedo Netto et al (1998).

**Onde:**

Para o cálculo da potência consumida pelo conjunto motor-bomba, tem-se a seguinte expressão:

$$Pot = \frac{\gamma * Q * Hman}{75 * \eta}$$

**Em que:**

P – potência do conjunto bomba (cv);

$\gamma$  – peso específico da água (1000 N/m<sup>3</sup>);

Q – vazão (m<sup>3</sup>/s);

$\eta$  – rendimento global do conjunto motor-bomba;

Hman – altura manométrica (m). A altura manométrica é dada pela equação:

$$Hmam = Hg + Hf$$

**Em que:**

Hg – altura geométrica;

hf – perda de carga da instalação.

**Tabela 06:** Cálculo da Potência das bombas.

Diâmetro - D (m)	Vazão - Q (m <sup>3</sup> /s)	Altura Manométrica- Hman (m.c.a)	Rendimento $\eta$ (%)	Potência
0,8	0,3	10,5	75	56,0
0,6	0,3	10,81	75	57,7
0,5	0,3	11,39	75	60,7

**Fonte:** O Autor, 2015.

#### 4.3. Conclusão dos Cálculos:

Baseado nos cálculos realizados, conclui-se que o novo sistema, mesmo com diâmetros menores e bombas de menores potências é possível recalcar o mesmo

volume de água. O diâmetro ideal para o sistema seria de 600mm com uma bomba de 60cv.

Equação - 4 Para Determinar a Potência dos Conjuntos Elevatórios Fonte: Manual de Hidráulica, Azevedo Netto et al (1998).

**Em que:**

$$Pot = \frac{\gamma * Q * Hman}{75 * \eta}$$

$$60 = \frac{1000 * 0,3 * 10,81}{75 * \eta}$$

$$\eta = 72 \%$$

O valor global de  $\eta = 72\%$  de acordo com fabricante de motores Weg. A evolução do rendimento do motor e da bomba está nos anexos.

## I. Planilha do Consumo de Energia:

**Tabela 07:** Planilha do Consumo de Energia

<b>SISTEMA ATUAL</b>					
Potência das Bombas em CV	Consumo das Bombas em kWh	Horas Trabalhadas	Dias Trabalhados	C = P*T*D	Consumo Mensal em kWh
90	66,6	24	30	47952	143856
<b>NOVO SISTEMA</b>					
60	44,4	18	30	23976	71928
<b>ECONOMIA</b>					<b>50%</b>

Fonte: O Autor, 2015.

## II. Planilha de Valores de Energia :

**Tabela 08:** Planilha de Valores de Energia

Consumo Mensal em kWh	Consumo de Horas em Ponta por mês	Consumo de Horas Fora de Ponta por mês	Valor em Ponta em R\$/Mês	Valor Fora de Ponta em R\$/Mês	Valor Total Mês em R\$	Valor total Ano em R\$
<b>SISTEMA ATUAL</b>						
143.856	540	180	R\$ 35.793,17	R\$ 7.768,22	R\$ 43.561,40	R\$ 522.736,74
<b>NOVO SISTEMA</b>						
71.928	540	0	R\$ 17.896,59	R\$ 0,00	R\$ 17.896,59	R\$ 214.759,03

Fonte: O Autor, 2015.

Com o novo sistema a Estação de Tratamento terá uma economia de R\$ 25.664,81 por mês e de R\$ 307.977,71 por ano. Em percentual a economia chega a 60% do valor pago atualmente.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

O presente estudo teve como foco principal a redução de energia elétrica na Estação de Tratamento de Água – ETA06, visando melhor eficiência energética na estação de captação.

Diante disso, verificou-se que o sistema atual é composto por, 03 conjuntos de motor bombas não afogadas de 90 CV e vazão de  $900\text{m}^3/\text{h}$  ( $250\text{ l/s}$ ) cada uma, onde as bombas trabalham alternadas conforme a demanda. Sempre trabalham em conjunto de duas ou três ao mesmo tempo, para economia de energia nunca trabalha uma única bomba por vez.

Para maior eficiência, o novo sistema foi projetado com 03 bombas de sucção positiva (afogadas) 60 cv cada uma e vazão de  $300\text{ l/s}$ . ( $1080\text{ m}^3/\text{h}$ ), identificando as perdas no sistema.

As perdas de cargas no sistema se dão pela ineficiência das bombas. Bombas de sucção negativa (não afogadas) demonstram menores rendimentos para o recalque de fluidos. Na ETA 06, além de ter potências acima do necessitado os diâmetros também poderiam ser menores.

Assim, com as informações apresentadas nesse trabalho, chegou-se a conclusão acerca do dimensionamento da estação elevatória da captação de água da ETA 06 de Palmas – TO, mostrando o funcionamento da estação de captação de água, elencando todos os seus pontos negativos e sugerindo alterações, focando principalmente no estudo de bombas.

Tendo como pontos principais a potência das bombas e seus rendimentos em função da demanda, através dos cálculos, foi determinado o diâmetro ideal da tubulação de 600mm, em Ferro Fundido, 03 bombas de sucção negativa (afogada) com potencia de 60 cv cada, rendimento de 72% e trabalhando alternadamente 16 horas por dia.

Sendo que o estudo verificou que ao trabalhar 16 horas por dia a Concessionária deixará de utilizar energia nos horários sazonais. No sistema atual as bombas trabalham 24 horas por dia, após ser notificada pela companhia de energia (Energisa) a Saneatins/Odebrecht Ambiental passou a utilizar geradores nos horários de pico. Diante disto, conclui-se que o novo sistema terá uma melhor eficiência energética, devido a redução no consumo de energia.

Recomenda-se, portanto, que para a melhor eficiência energética deve ser feita a troca do sistema atual, por um sistema de bombas afogadas, como também a troca da tubulação por uma de menor diâmetro. Sugerindo-se assim, que se faça o mesmo estudo para as estações elevatórias dos reservatórios, no que tange o bombeamento, as adutoras e capacidades dos mesmos.

Sugere-se que faça novos estudos para a implantação do novo sistema e a viabilidade do mesmo, tais como:

a) Análise Financeira:

- Custos;
  - Implantação;
  - Manutenção;
- Taxa de Retorno;
- Tempo de Amortização;
- Avaliação do consumo energético;

Desta forma, o trabalho atingiu os objetivos propostos, sendo recomendada a realização de trabalhos futuros que venham qualificar as verificações do presente estudo, bem como contribuir para a melhoria da qualidade de vida através de sistemas hidráulicos e elétricos que promovam a sustentabilidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

<https://esquadraodoconhecimento.wordpress.com/ciencias-da-natureza/estacaode-tratamento-de-agua-eta-etapas>. Acessado em 10 de fevereiro de 2015.

[http://www.suapesquisa.com/o\\_que\\_e/tratamento\\_agua.html](http://www.suapesquisa.com/o_que_e/tratamento_agua.html). Acessado em 10 de fevereiro de 2015

[http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/desenvolvimento/conteudo\\_241249.shtml](http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/desenvolvimento/conteudo_241249.shtml). Acessado em 15 de fevereiro de 2015.

<http://www.copasa.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=23&tpl=printerviewace>. Acessado em 15 de fevereiro de 2015.

<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=46>. Acessado em 18 de fevereiro de 2015.

[http://site.sabesp.com.br/uploads/file/audiencias\\_inova%C3%A7%C3%A3o/eficiencia\\_energetica\\_etes\\_sabesp.pdf](http://site.sabesp.com.br/uploads/file/audiencias_inova%C3%A7%C3%A3o/eficiencia_energetica_etes_sabesp.pdf). Acessado em 05 de março de 2015.

<http://www.revistatae.com.br/noticialnt.asp?id=9003>. Acessado em 05 de março de 2015.

<https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2014/07/agua-tambem-pode-ser-economizada-com-eficiencia-energetica/24369>. Acessado em 05 de março de 2015.

<http://www.celpe.com.br/Pages/Efici%C3%Aancia%20Energ%C3%A9tica/o-que-e-ef-energetica.aspx>. Acessado em 15 de março de 2015.

<http://www.em.ufop.br/deciv/departamento/~carlooseduardo/1Apresentacao%20Aula%20Trat%20Agua%20Abast.pdf>. Acessado em 21 de março de 2015.

<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAe2egAL/nbr-12216-92-projeto-estacao-tratamento-agua-abastecimento-publico>. Acessado em 10 de abril de 2015

[http://www.catolicato.edu.br/portal/portal/downloads/docs\\_gestaoambiental/projetos2010-2/4\\_periodo/Importancia\\_do\\_tratamento\\_de\\_agua\\_eta\\_006\\_saneatins.pdf](http://www.catolicato.edu.br/portal/portal/downloads/docs_gestaoambiental/projetos2010-2/4_periodo/Importancia_do_tratamento_de_agua_eta_006_saneatins.pdf). Acessado em 10 de abril de 2015.

<http://www.bibliotecadigital.ufrgs.br/da.php?nrb=000793371&loc=2011&l=147bbc4e305daca>. Acessado em 10 de abril de 2015.

Livro Manual de Hidráulica (8ª Edição - 1999) José Martiniano de Azevedo Netto – Editora Edgard Bluche

Livro Abastecimento de Água e Remoção de Resíduos - 3ª Edição – Nazik K. Shamma; Lawrence K. Wang - Editora LTC (Grupo GEN)

Livro Tratamento de Água: Tecnologia Atualizada – Carlos A. Richter e José M. de Azevedo Netto - Editora Edgard Bluche

## **ANEXOS**

**Figura 01:** Barragem Ribeirão Taquarussu - Canal de chegada.



**Fonte:** O Autor, 2015.

**Figura 02:** Canal de chegada.



**Fonte:** O Autor, 2015.

**Figura 03:** Grades automáticas.



**Fonte:** O Autor, 2015.

**Figura 04:** Caixa de areia.



**Fonte:** O Autor, 2015.

**Figura 05:** Caixa de areia.



**Fonte:** O Autor, 2015.

**Figura 06:** Tubulação de sucção.



**Fonte:** O Autor, 2015.

**Figura 07:** Tubulação de recalque.



**Fonte:** O Autor, 2015.

**Figura 08:** Bomba de sucção.



**Fonte:** O Autor, 2015.

**Figura 09:** Válvula de gaveta.



**Fonte:** O Autor, 2015.

**Figura 10:** Conexões de recalque – Tê de FoFo.



**Fonte:** O Autor, 2015.

**Figura 11:** Conjunto motor-bomba.



**Fonte:** O Autor, 2015.

**Figura 12:** Grupo Gerador.



**Fonte:** O Autor, 2015.

**Figura 13:** Canal da calha Parshall.



**Fonte:** O Autor, 2015.

**Figura 14:** Canal da calha Parshall.



**Fonte:** O Autor, 2015.

**Figura 15:** Floculadores e decantadores



**Fonte:** O Autor, 2015.