

## XI-083 - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA UTILIZANDO MÉTODOS ADMINISTRATIVOS, OPERACIONAIS E AUTOMAÇÃO: CASO ITAGUARI - GO

**Augusto Antônio Ribeiro Silva<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Eletricista pela Universidade Federal de Goiás (UFG). Atualmente funcionário da empresa Saneamento de Goiás.

**Alberto Adriano Sjobom Junior**

Engenheiro Eletricista pela Universidade Federal de Goiás. Mestre pela Universidade Federal de Goiás (UFG). Atualmente funcionário da empresa Saneamento de Goiás.

**Osmar Qualhato Junior**

Engenheiro Eletricista pelo Instituto Federal de Goiás (IFG). Atualmente funcionário da empresa Saneamento de Goiás.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Madri 020 Quadra 16 Lote 11 – Jardins Madri - Goiânia - GO - CEP: 74369-068 - Brasil - Tel: (62) 3269-9899 - e-mail: [augustosilva@saneago.com.br](mailto:augustosilva@saneago.com.br)

### RESUMO

No intuito de reduzir custos com o insumo de energia elétrica e tornar o sistema da cidade de Itaguari-GO mais eficiente energeticamente, foi realizado um trabalho utilizando métodos administrativos, operacionais e uso de automação para conseguir tal objetivo.

Nos métodos administrativos foram revistos todos os contratos de fornecimento de energia elétrica para a contratação ótima da demanda e modalidade tarifária ideal afim de redução dos custos. Nos métodos operacionais foi instalado inversor de frequência na estação elevatória de água principal da cidade, para melhor controle de vazão de água com a abertura em 100% do registro de recalque. Instalação de válvula automática em um dos Centros de Reservação da cidade com a melhoria da operação do sistema e tornar o bombeamento mais eficiente possível. Todo o sistema de abastecimento de água da cidade de Itaguari já era automatizado e com a instalação dos novos equipamentos a automação que realiza o controle operacional desses novos equipamentos.

Com as ações executadas já se apresentou resultados satisfatórios em relação aos custos e economia de energia elétrica, os resultados serão detalhados no decorrer do trabalho.

**PALAVRAS-CHAVE:** Energia Elétrica, Eficiência Energética, Inversor de Frequência, Válvula Automática, Automação.

### INTRODUÇÃO

Devido ao crescente aumento dos preços de energia elétrica, a preocupação com eficiência energética torna-se atualmente cada vez mais relevante em todo país. Na gestão dos sistemas de abastecimento de água essa preocupação é ainda mais considerável, pois o custo com energia elétrica nos bombeamentos de água representa um dos principais ônus as empresas ou autarquias responsáveis pela gestão. Portanto, a realização de eficiência energética em sistemas de abastecimento de água vem recebendo um interesse significativo nos últimos anos.

Em busca de aplicar os conhecimentos e ter uma maior experiência na aplicabilidade dos recursos disponíveis para eficiência energética. Foi escolhida a cidade de Itaguari-GO que situa-se distante 90km da capital Goiânia. A escolha de Itaguari-GO se deu principalmente devido ao comprometimento da equipe operacional da cidade, que visa alcançar a maior eficiência possível. O objetivo é tornar a cidade referência no Estado de Goiás e nacionalmente no quesito eficiência energética e replicar os conhecimentos e experiências adquiridas em outras cidades do Estado.

Outro objetivo desse trabalho é estudar várias alternativas de economia de energia elétrica, utilizando recursos tecnológicos e automação para melhorar a operação do sistema com a finalidade de economia de energia. Com isso

podemos definir prioridades de aplicação dos recursos de eficiência energética em outras cidades, aumentando assim a velocidade nos resultados dos trabalhos.

Um grande vilão da eficiência energética nos sistemas de abastecimento são as manutenções corretivas. Para minimizar essas manutenções é necessário ter um estudo adequado de todo o sistema hidráulico para realizar as correções preventivas e tomar as decisões corretivas de maneira sensata e correta. No propósito de minimizar as manutenções corretivas em Itaguari-GO, foi realizada uma análise hidráulica do sistema para o sistema operar na melhor maneira possível.

Todas as ações executadas nesse trabalho contaram com o apoio da empresa Saneamento de Goiás e auxílio dos funcionários da cidade de Itaguari.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

As ações de eficiência energética aplicadas em Itaguari-GO podem ser divididas em duas partes, primeiramente foram realizadas ações administrativas, posteriormente ações operacionais com melhorias na operação diária do sistema de abastecimento de água e instalações de equipamentos (inversor e melhorias da automação) na elevatória de água tratada do sistema de abastecimento de água.

Na cidade de Itaguari-GO existem quatro unidades consumidoras de energia elétrica pertencente ao sistema de abastecimento de água da cidade. São elas:

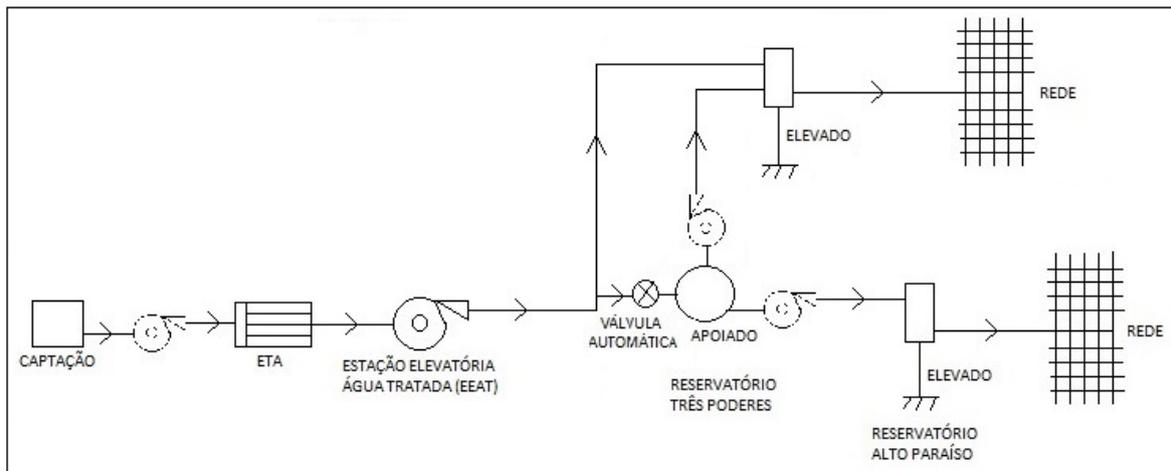
- Escritório;
- Elevatória de água tratada e Bruta (E.E.A.T.-E.E.A.B.) e Estação de tratamento de água (E.T.A.);
- Reservação Três Poderes;
- Reservação Alto Paraíso;

Sendo o Escritório, Reservação Três Poderes e Reservação Alto Paraíso enquadradas no grupo B e a Elevatória de água tratada e Bruta (E.E.A.T.-E.E.A.B.) e Estação de tratamento de água (E.T.A.) no grupo A.

Nas ações administrativas consistiu em estudos realizados via planilhas desenvolvidas para contratação de demanda ótima, contratação da estrutura tarifária mais econômica, correção da classe de faturamento, análise das contas físicas com a verificação de leituras, cobranças indevidas e multas de ultrapassagem de demanda e fator de potência.

A demanda contratada ótima atual é de 34 kW e a modalidade tarifária mais econômica é a convencional. Esses valores foram obtidos através de estudos com o histórico de 12 meses anteriores e se espera que o perfil de consumo e demanda seja semelhante para os próximos 12 meses.

Nas ações operacionais, primeiramente foi alterado a operação do sistema na válvula automática da Reservação Três Poderes, para um melhor entendimento a Figura 1 representa o esquema do sistema de abastecimento de água de Itaguari-GO. A unidade consumidora da Elevatória de água tratada e Bruta (E.A.T.-E.A.B.) e Estação de tratamento de água (E.T.A.) representa 80% do consumo de energia de todo o sistema de abastecimento de água da cidade e a Reservação Três Poderes representa 17%, logo o foco de eficiência foi nessas duas unidades consumidoras.



**Figura 1: Esquema do sistema de abastecimento de água da cidade de Itaguari-GO.**

A maior parte da rede distribuição da cidade é abastecida pelo reservatório elevado da Reservação Três Poderes. Existem duas maneiras para que a água tratada chegue nesse reservatório elevado. A primeira maneira é o bombeamento direto da E.E.A.T. para o reservatório elevado. A segunda é o bombeamento da E.E.A.T. para o reservatório apoiado e posteriormente um bombeamento do reservatório apoiado para o reservatório elevado, como pode ser observado na Figura 1.

O estudo para melhoria da operação foi realizado em escolher qual o caminho mais eficiente para que a mesma quantidade de água chegue ao reservatório elevado da Reservação Três Poderes.

As medições em campo que foram realizadas para o estudo do caminho mais eficiente consistiu na medição de vazão da E.E.A.T. para o reservatório apoiado, da E.E.A.T. para o reservatório elevado e do reservatório apoiado para o reservatório elevado. Também foi realizada medições das potências dos motores bombas para bombeamento da E.E.A.T. para o reservatório apoiado, da E.E.A.T. para o reservatório elevado e do reservatório apoiado para o reservatório elevado. Esses dados podem ser observados na Tabela 1.

**Tabela 1: Dados de medições em campo para escolha do caminho mais eficiente.**

<b>Potência ETA para Elevado (kW)</b>	19,620
<b>Potência ETA para Apoiado (kW)</b>	21,825
<b>Potência Apoiado para Elevado (kW)</b>	4,935
<b>Vazão ETA para Elevado (L/s)</b>	13,4
<b>Vazão ETA para Apoiado (L/s)</b>	17,1
<b>Vazão Apoiado para Elevado (L/s)</b>	13,1

Com os dados da Tabela 1 os cálculos foram realizados para obter a quantidade de kWh e valores monetários que seria gasto para elevar 10m<sup>3</sup> de água pelos dois caminhos possíveis. A Tabela 2 demonstra esses resultados.

**Tabela 2: Resultados para escolha do caminho mais eficiente.**

	<b>ETA para Elevado</b>	<b>ETA para Apoiado</b>	<b>Apoiado para Elevado</b>	<b>ETA-Apoiado-Elevado</b>	<b>Porcentagem</b>
<b>Tempo para o apoiado (s)</b>	746,27	584,8	763,36		
<b>Consumo (kWh)</b>	4,067	3,545	1,046	4,59	11,42%
<b>Valor atual (R\$)</b>	R\$ 1,32	R\$ 1,15	R\$ 0,49	R\$ 1,64	19,48%

Através de medições em campo e cálculos concluiu-se que o caminho mais eficiente e econômico é o bombeamento direto da E.E.A.T. para o reservatório elevado da Reservação Três Poderes, pois como podemos observar, o caminho ETA-Apoiado-Elevado consome 11,42% kWh a mais que o caminho ETA-Elevado e o custo para elevar essa mesma quantidade de água (10m<sup>3</sup>) é de 19,48% maior no caminho ETA-Apoiado-Elevado.

A válvula automática da Reservação Três Poderes funcionava da seguinte maneira, quando o reservatório apoiado atingia 100% da sua capacidade a válvula fechava e o bombeamento da E.E.A.T. passava para o reservatório Elevado, logo a maior parte do tempo o bombeamento era feito da E.E.A.T. para o reservatório apoiado, o que não é eficiente. Para priorizarmos o bombeamento da E.E.A.T. para o reservatório elevado, a válvula foi automatizada para que ela feche com 40% e abra com 20% da capacidade do reservatório apoiado. Dessa maneira a maior parte do tempo o bombeamento da E.E.A.T. passou a ser para o reservatório elevado.

Ainda nas ações operacionais, foi instalado um inversor de frequência no bombeamento da E.E.A.T. O inversor de frequência era necessário, pois sistema trabalhava com válvula “estrangulada” na saída da EEAT, o estrangulamento era feito para controle do nível do poço de sucção, pois a vazão alterava de acordo com o bombeamento da E.E.A.T., uma vazão maior no bombeamento para o reservatório apoiado e menor no bombeamento para o reservatório elevado. Para evitar essa perda de energia na válvula e variar a vazão de acordo com o bombeamento instalou-se o inversor de frequência.

Após instalação do inversor de frequência a operação dele foi realizada por comunicação com a automação da seguinte maneira, quando o bombeamento é realizado para o reservatório apoiado a frequência de bombeamento é de 55Hz e para o elevado a frequência de bombeamento passa para 60Hz.

## **RESULTADOS OBTIDOS E ESPERADOS**

Com as ações administrativas foi detectado cobranças de multa por baixo de fator de potência, no qual foi corrigida com a instalação de banco de capacitores, também uma possível redução da demanda contratada da unidade consumidora em que funciona a Elevatória de água tratada e Bruta (E.E.A.T.-E.E.A.B.) e Estação de tratamento de água (E.T.A.). E através das ações administrativas melhorou o acompanhamento das faturas de energia elétrica para constatação de possíveis erros de cobranças ou leituras indevidas das unidades consumidoras do sistema de abastecimento de água de Itaguari-GO.

Com a mudança da operação da válvula automática priorizando o bombeamento da E.E.A.T. para o reservatório Elevado da Reservação Três Poderes houve uma redução de consumo na unidade consumidora da Reservação Três Poderes de 51%. E não houve nenhuma alteração no consumo na unidade consumidora onde está instalada a E.E.A.T. relacionado à mudança de prioridade.

A instalação do inversor de frequência no bombeamento da Estação Elevatória de Água Tratada foi realizada. Com as medições em campo esperamos uma redução no consumo e demanda de energia elétrica da unidade consumidora em que está instalada a E.E.A.T. conforme demonstra a Tabela 3 com os dados medidos em campo com a válvula estrangulada e a Tabela 4 com os dados medidos em campo com o inversor de frequência e válvula toda aberta em operação.

**Tabela 3: Dados medidos na Estação Elevatória de Água Tratada antes da instalação do inversor de frequência e válvula estrangulada.**

<b>Dados medidos em campo – Válvula Estrangulada</b>		
<b>DADOS</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDADE</b>
Pressão Dinâmica Antes	63	MCA
Pressão Dinâmica Depois	54	MCA
Vazão	14,4	l/s
Frequência	60	Hz
Rotação	1765	rpm
Amperagem	37	A
Potência elétrica	24,42	kW
Potência Hidráulica	8,89	kW
Potência Hidráulica Perdida	1,27	kW
Potência elétrica Perdida	3,49	kW
Percentual perdido	14,29%	

**Tabela 4: Dados medidos na Estação Elevatória de Água Tratada com inversor de frequência e válvula toda aberta.**

<b>Dados medidos em campo – Inversor</b>		
<b>DADOS</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDADE</b>
Pressão Dinâmica	55	MCA
Vazão	14,4	l/s
Frequência	55	Hz
Rotação	1618	rpm
Amperagem	32	A
Potência elétrica	21,12	kW
Potência Hidráulica	7,76	kW
Percentual Economizado	13,51%	
Rendimento Total	36,75%	
Demanda Economizada	3,3	kW
Energia Economizada	272,75	kWh/mês

Nas análises de resultados iremos demonstrar os resultados com os dados das faturas de energia elétrica e cálculos de retorno financeiro dos investimentos.

## **ANÁLISE DOS RESULTADOS**

As ações administrativas e mudança de operação da válvula automática não houve investimento inicial de equipamentos, logo o *payback* é igual a zero e toda economia é considerada ganho. A mudança de operação da válvula automática houve uma redução de 51% do consumo da unidade da Reservação Três Poderes, isso representa 8,2% do consumo total do sistema e abastecimento de água de Itaguari-GO.

A instalação do inversor de frequência da Estação Elevatória de Água Tratada (E.E.A.T.) houve um investimento inicial, e uma economia na fatura de energia elétrica de 3,5% com essa redução na conta de energia elétrica e considerando o tempo de vida útil do inversor de 10 anos, a taxa de juros de 8% ao ano e taxa de crescimento de energia elétrica de 12% ao ano chegou-se nos índices econômicos representados na Tabela 5. A Figura 1 representa o fluxo de caixa do investimento.

Figura 1: Fluxo de caixa do investimento e benefícios da instalação de inversor de frequência.

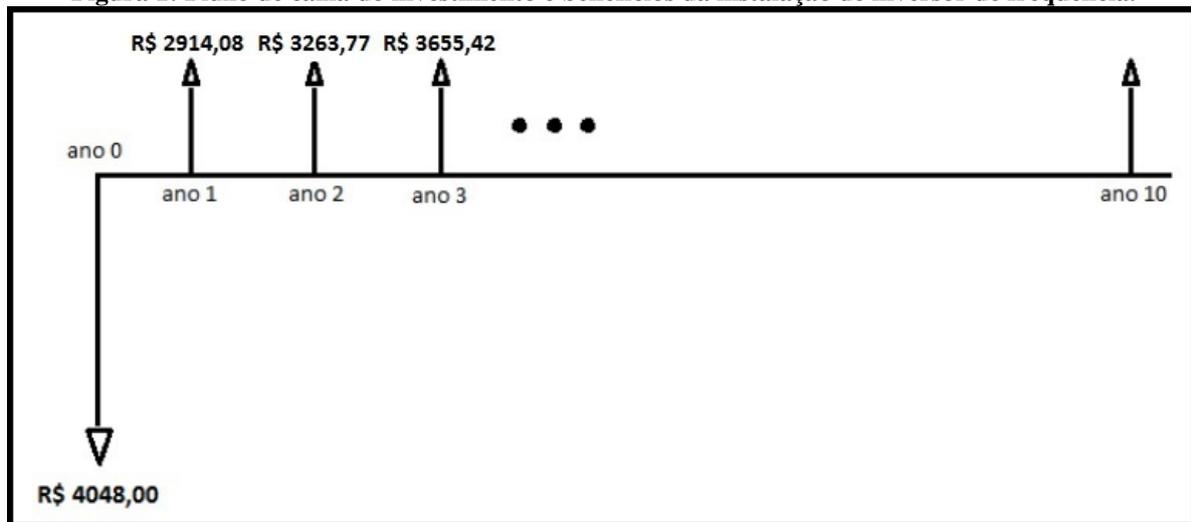


Tabela 5: Índices econômicos do investimento e retorno da instalação de inversor de frequência na Estação Elevatória de Água Tratada (E.E.A.T.) de Itaguari-GO.

Valor Presente Líquido (V.P.L.)	R\$ 27.905,52
Payback (anos)	1,49
Relação Custo Benefício (R.C.B.)	0,13

Nota-se que o V.P.L. é positivo, o tempo de *payback* e o R.C.B. são baixos, logo o investimento é totalmente viável e lucrativo.

Após a instalação do inversor de frequência utilizamos para medir e verificar a energia que deixou de ser gasta com as ações de eficiência energética o Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (P.I.M.V.P.). A ideia do P.I.M.V.P. é conseguir estimar a energia que você iria gastar se não houvesse feito a ação de eficiência energética. Para isso o desafio é desenvolver uma linha de base confiável para ter dados reais.

Segundo o P.I.M.V.P., Medição e Verificação (M&V) é o processo de usar medições para determinar, de forma confiável, a economia real gerada em uma instalação individual por um programa de gestão energética. Para o presente estudo foi escolhida a opção C do P.I.M.V.P., essa opção possibilita usar os dados de medições de energia da concessionária de energia. A equação básica do PIMVP para determinação da economia de energia está expressa na equação (1).

$$\text{Economia} = \text{ELB} - \text{EPD} \pm \text{Ajustes} \quad \text{equação(1)}$$

Onde:

ELB = Energia da Linha de Base

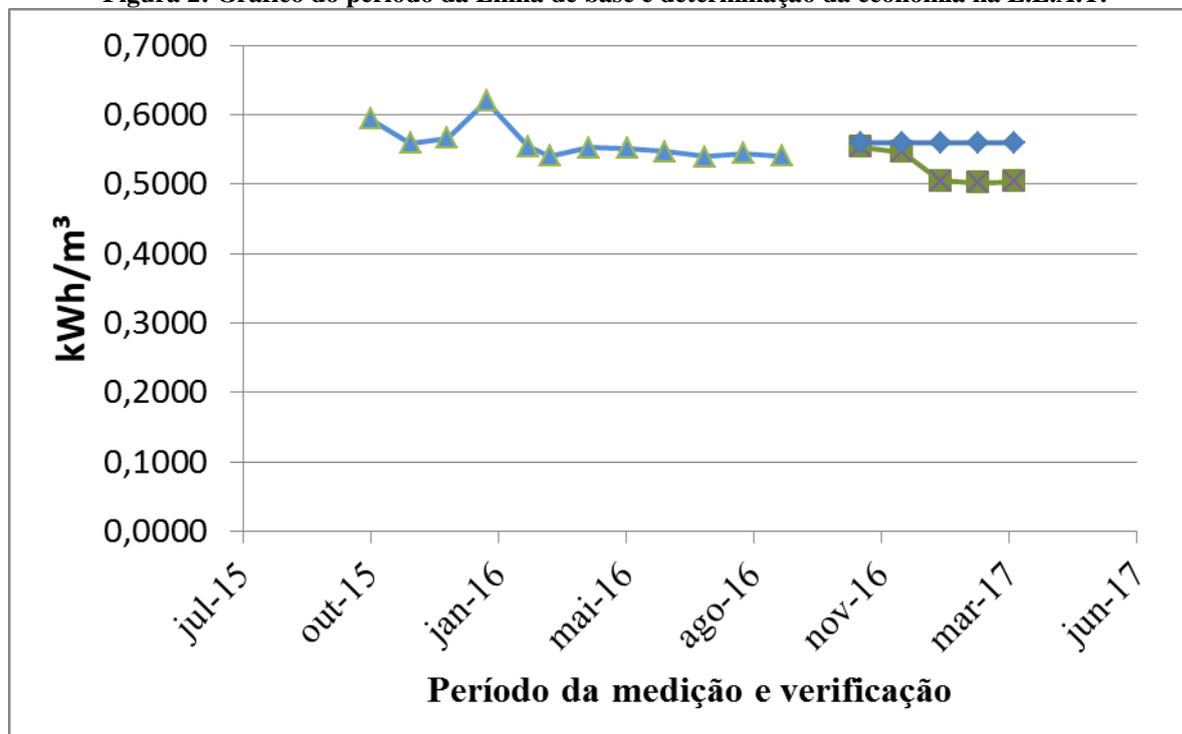
EPD = Energia do período de determinação da economia

Energia da Linha de Base é a energia que seria gasta se não houvesse a ação de eficiência energética e a Energia do período de determinação é a energia realmente consumida após a ação de eficiência energética. Os Ajustes só serão necessários se ocorrer algum fator que comprometa a ELB ou a EPD, em situações normais não são necessários os ajustes.

A Figura 2 no gráfico representa o período para determinar a linha de base entre outubro de 2015 á setembro de 2016 e a outra parte do gráfico representa o período de determinação da economia de outubro de 2016 até março de 2017. A linha verde representa a EPD (Energia do período de determinação da economia) e a linha

azul escuro representa ELB (Energia da Linha de Base). Com isso conseguimos definir a economia neste período. O período está até março de 2017, pois os dados atualizados até o momento é até essa data.

**Figura 2: Gráfico do período da Linha de base e determinação da economia na E.E.A.T.**



Com os dados concretizados podemos definir a economia já obtida desde o início do período da determinação da economia, esses dados estão representados na Tabela 6.

**Tabela 6: Dados da Medição e Verificação**

Mês/ano	Linha de base (kWh)	Consumo EPD (kWh)	Percentual de Redução	Energia Evitada (kWh)	Custo Evitado
nov/17	13.757	13.610	1,07%	148	R\$ 63,49
dez/17	14.030	13.694	2,40%	336	R\$ 144,55
jan/17	14.362	12.963	9,74%	1.399	R\$ 601,78
fev/17	13.569	12.165	10,35%	1.404	R\$ 603,83
mar/17	12.435	11.197	9,96%	1.238	R\$ 532,42

Como podemos observar houve uma economia significativa tanto no consumo de energia quanto no valor monetário a partir do mês de janeiro, pois foi o mês subsequente da instalação do inversor de frequência.

## CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

O trabalho com eficiência energética é um campo amplo e possui várias alternativas para que possa obter a maior eficiência possível com uma viabilidade econômica adequada. Em Itaguari-GO é um sistema simples e pequeno, nele foi executado um trabalho de eficiência energética onde aplicou-se várias maneiras de eficiência do

uso de energia elétrica. Apesar dos serviços executados serem recentes já apresentou resultados positivos em relação à diminuição dos custos com energia elétrica.

Com os resultados obtidos e esperados nos motiva para a continuação do trabalho de eficiência energética não só em Itaguari-GO mas para que a “filosofia” do serviço possa ser replicado em outras cidades.

Os próximos passos para Itaguari-GO é realizar um *by-pass* no reservatório elevado da Reserva Alto Paraíso e instalação de um inversor de frequência para bombeamento direto na rede conectada a esse reservatório elevado.

Com as ações executadas e as que serão executadas espera-se uma redução em média de 15% dos custos com energia elétrica e 10% do consumo de energia elétrica para a mesma produção de água. As reduções irá ajudar o sistema de abastecimento de água de Itaguari-GO a tornar um sistema lucrativo, o que não é atualmente.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. TSUTIYA, M. T. Redução do Custo de Energia Elétrica em Sistemas de Abastecimento de Água. ABES, 2006.
2. TSUTIYA, M. T. Abastecimento de Água. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004.
3. GOMES, H. P. Avaliação Econômica Eficiência Energética, Universidade Federal da Paraíba, 2014.
4. Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (P.I.M.V.P.) preparado pela Efficiency Valuation Organization (EVO).