



## **EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SEGURANÇA HÍDRICA: VIABILIDADE ECONÔMICA DO CONSUMO ENERGÉTICO COM A INSTALAÇÃO DE UM INVERSOR DE FREQUÊNCIA**

### **Alexsandro dos Santos Bezerra<sup>(1)</sup>**

Estudante do Curso de Engenharia Civil pela UNINASSAU e Técnico em Operação e Manutenção da Companhia de Água e Esgoto do Ceará.

### **Francisco Edirlan de Sousa Freitas<sup>(2)</sup>**

Químico pela Universidade Federal do Ceará – UFC. Especialista em Engenharia Ambiental e em Gestão de Projetos em Recursos Hídricos pelo Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE. Supervisor Técnico de Combate às Perdas e Medição da Companhia de Água e Esgoto do Ceará – Cagece.

### **Messias Rômulo Rodrigues Marques<sup>(3)</sup>**

Engenheiro Sanitarista e Tecnólogo em Saneamento Ambiental – pelo Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE. Coordenador de Serviços e Expansão da Companhia de Água e Esgoto do Ceará – Cagece.

### **Emerson Santos da Conceição<sup>(4)</sup>**

Estudante do Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental pelo Centro Universitário – UNINTA. Desenhista Técnico da Companhia de Água e Esgoto do Ceará – Cagece.

## **RESUMO**

No sistema de saneamento é necessário um trabalho recíproco entre eficiência energética e segurança hídrica, a fim de que ofereça a sustentabilidade econômica e ambiental dos Sistemas de Abastecimento de Água. Nesse estudo ficou evidenciado que um trabalho adequado de investigação de alguns parâmetros energéticos impacta no consumo de energia. O Sistema de Abastecimento de Água (SAA) escolhido para tal estudo tem abastecimento direto por Estação de Tratamento de Água (ETA), pertencente ao Sistema Integrado nos Municípios de Chaval e Barroquinha, por meio de bombeamento, refletindo resultados diretamente no consumo energético, após a instalação de um inversor de frequência. Com a execução e operação do equipamento, o sistema ganhou em eficiência energética e conseguiu ajudar a equilibrar o abastecimento de forma contínua das referidas cidades, controlando a rotação ideal do conjunto motobomba de acordo com a demanda solicitada. Logo, o referido estudo busca através da comparação feita entre os anos 2018 e 2019, mostrar uma redução de até 44% no consumo energético médio, nos intervalos analisados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Conjunto Motobomba, Eficiência Energética, Inversor de Frequência.

## **INTRODUÇÃO**

A gestão com planejamento e organização garante a eficiência e a sustentabilidade no sistema de abastecimento de água – SAA, desde captação, produção e distribuição. São muitas variáveis envolvidas neste processo, equipamentos compatíveis com a necessidade, como recursos humanos especializados, como também a parte que compete aos investimentos financeiros que são um dos pontos mais intrigantes do processo, conservação e renovação de infraestrutura, entre outros.

Fazendo referência ao consumo energético, pode-se dizer que estas são um dos fatores que causam maiores custos de implantação e retornos para uma empresa de saneamento. Para essas empresas cada vez mais se torna real conciliar a redução de gastos e a gestão das perdas até atingir o limite econômico, ou seja, chegar ao ponto de equilíbrio de perdas e gastos relacionados com a energia.

O acompanhamento e monitoramento constante faz-se necessário, para mensuração dos impactos causados na redução de energia elétrica, o que deve complementar essas atividades ao conhecimento dos conjuntos motobombas, suas manutenções, rendimentos dos motores, horários de operação (na ponta e fora de ponta), ou seja, só podemos gerenciar com capacidade aquilo que se conhece.

As atividades que envolvem o controle energético dos Municípios de Barroquinha e Chaval, no Complexo Integrado, denominado Itaúna, seguem padronização tanto no cálculo e acompanhamento de indicadores, utilizando ferramenta do Sistema de Gestão da Manutenção, quanto nas ações, como por exemplo, as ocorrências operacionais no Sistema de Abastecimento de Água e as aberturas de ORDENS DE SERVIÇO, para realização das manutenções, sejam elas preditivas, preventivas ou corretivas.

A padronização após a instalação do inversor de frequência possibilita a comparação dos parâmetros de eficiência energética, dos municípios onde foram executados os estudos, seguindo a seguinte ordem: “antes e depois da instalação”, bem como qualquer outro local que utilize as mesmas ferramentas. Vale ressaltar a importância de manter os cadastros técnicos de todos os (equipamentos) atualizados de acordo com a realidade para que assim tenha maior confiabilidade nos dados obtidos, ou seja, com as interferências que foram realizadas em obras e instalações cadastradas no sistema.

Com objetivos, critérios e indicadores claros que podem ser alcançados a curto médio e longo prazo e que possam ser analisados continuamente, para isso há necessidade de se ter um plano de Gestão eficiente e coerente. Nesse estudo, objetivou-se trazer de forma conjunta o ganho hídrico e energético do Complexo Itaúna, nos municípios de Chaval e Barroquinha, com as intervenções e ações, através da rotação do conjunto motobomba instalando um inversor de frequência.

O investimento para instalações do inversor de frequência, quadro de comando e cabeamento, levando em conta o custo benefício será restituído em médio prazo, já que os gastos estão sendo reduzidos, com apenas um equipamento instalado na Estação Elevatória de Água Tratada, da Estação de Tratamento de Água do Complexo Integrado Itaúna, cujo motor é de 50CV (cavalo-vapor).

## **OBJETIVOS**

O objetivo do trabalho foi avaliar e quantificar ações para reduções reais do consumo de energia elétrica e o impacto que tais atividades causaram nos indicadores de eficiência energética, bem como nas manutenções corretivas no conjunto motobomba.

## **METODOLOGIA**

Nesse estudo, levou-se em consideração o período entre Março de 2018, um ano antes da instalação do inversor de frequência, e em seguida após a instalação, onde o inversor passou a controlar um conjunto motobomba de 50CV, até Abril de 2020, sendo analisado o período antes (Março/2018 a Março/19) e após (Abril/19 a Abril/20) o gerenciamento de acompanhamento do controle energético foi feito de forma contínua através do Sistema e Gerenciamento de Energia – SGE, cujo sistema de recalque da Estação Elevatória de Água, é responsável pelo abastecimento das cidades de Barroquinha e Chaval com aproximadamente 15.069 e 13.112 habitantes respectivamente, a adução de água tratada é transportada através de uma adutora de diâmetro de 300 mm, material defofo, que abastece a cidade de Chaval e uma adutora de diâmetro de 200 mm que abastece a cidade de Barroquinha.

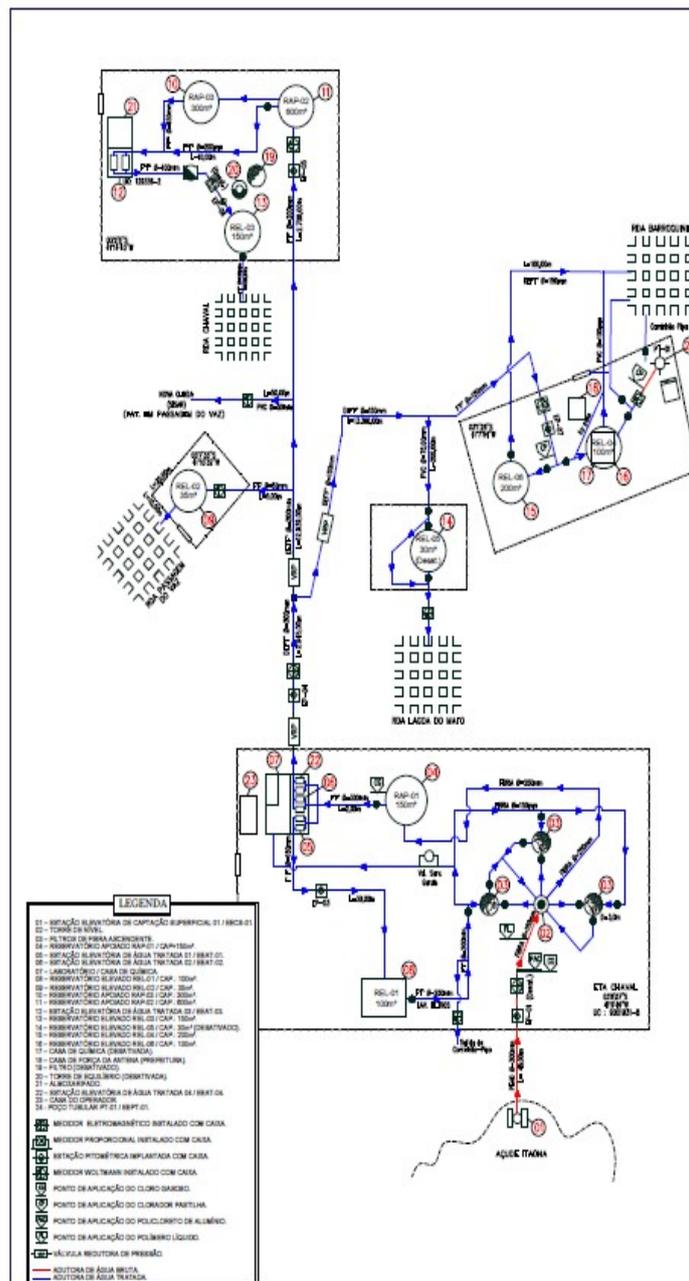
Este inversor de frequência danfoss, modelo: vlt aqua drive fc-202, potência: 50cv, voltagem: 380-480vac, ilustrado suas características técnicas na Figura 1, foi escolhido por fatores importantes: elevado índice de eficiência energética bem como controlar a vazão através do controle de frequência e um controle de vazão de acordo com as demandas. Oscilação de fornecimento de energia por parte da distribuidora de energia local e controle na rede de abastecimento derivada diretamente de elevatória com bombeamento; para as duas cidades citadas. Todas as intervenções realizadas de manutenção no quadro de comando são atualizadas no software de manutenção SGE, para mantê-lo atualizado, pois, através dele é que são realizados os estudos iniciais para as os controles de economia de energia. As características eletromecânicas dos conjuntos motobombas foram estudadas, para conhecimento de rendimento dos motores e o custo-benefício em relação à manutenção ou troca dos equipamentos. Através de software técnico (SGE) e cadastro/histórico de ordens de serviço, houve o acompanhamento dos resultados relacionados à quantidade de KWh consumidos, comparando-se o período compreendido entre Março de 2018 a Abril de 2020, trabalhando os resultados de acordo com as tabelas e gráficos com as seguintes características: “Na Ponta e Fora de Ponta”, antes e depois da instalação do inversor de frequência, considerando que o conceito “Na Ponta” é um período de três horas consecutivas, com exceção



para os sábados, domingos e feriados, definido pela concessionária local, que se baseia nas características de seu sistema elétrico. Geralmente, esse período acontece entre as 18 h e às 21 h, horário com maior consumo de energia durante o dia e ao mesmo tempo o que se dia ao conceito “Fora da Ponta”, corresponde ao período em que o consumo de energia elétrica é mais baixo, e, por consequência, a capacidade máxima das linhas de transmissão está longe de ser atingida. Acontece, geralmente, em dois intervalos: da 00 h às 17h59 e das 21 h às 23h59.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Sistema de Abastecimento de Água – SAA – Sistema Integrado de Itaúna (Chaval e Barroquinha) escolhido para estudo, é abastecimento diretamente por bombeamento da Estação de Tratamento de Água localizada nas proximidades do Açude Itaúna, por rede com diâmetro nominal de 300 mm, e ao Município de Chaval e diâmetro nominal 200 mm ao Município de Barroquinha, extensão de aproximadamente 35 km, da Estação de Tratamento de Água até os municípios supracitados. Conforme representação gráfica do Sistema de Abastecimento de Água. Figura 01.



**Figura 1: Croqui do Sistema de Abastecimento de Água.**

Abaixo, na Tabela 1, segue característica dos conjuntos motobombas:

**Tabela 1: Características conjunto motobomba (placa da bomba).**

Nome	Bombas em trabalho simultâneo	Tipo de motor	Potência de cada motor [cv]	Vazão [m³/h]	Erro relativo ao volume [±%]	Altura manométrica média [m]
Estação elevatória ETA Itauna – Bomba 1	1	Externo	50	20,7	10	41

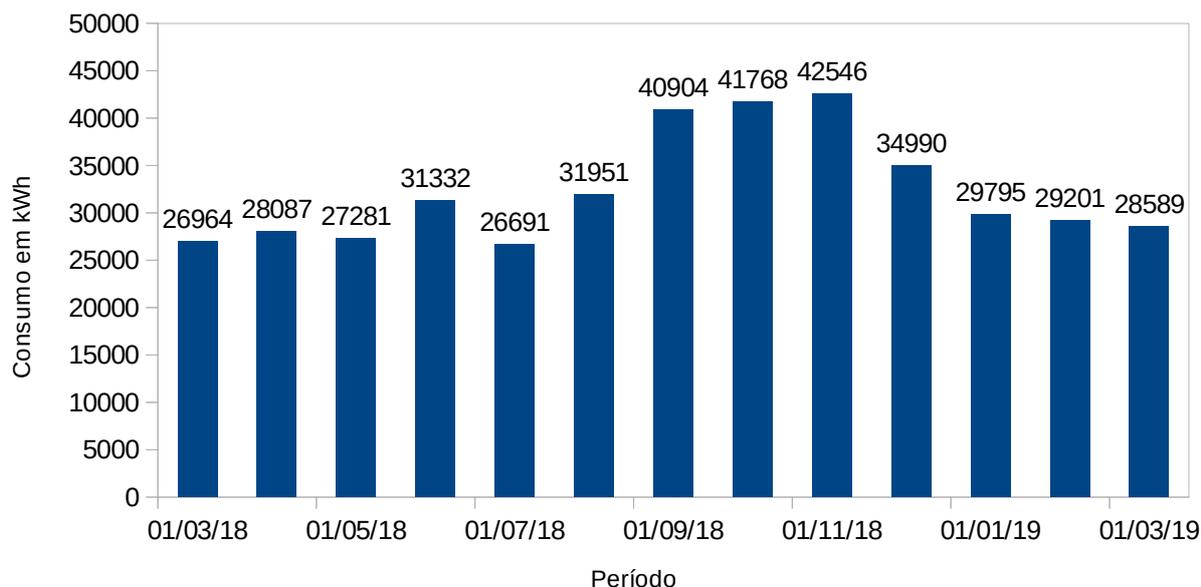
O monitoramento das correntes foi realizado durante 2 anos, com dados e acompanhamentos simultâneos. Para manipulação dos dados e gráficos, foi considerada estudo diário durante dois anos seguidos considerando um ano antes e um ano depois, mantendo a qualidade do serviço prestado e isso é o que estabelece valor ideal de abastecimento dentro da delimitação da área da atuação da ETA, devido apresentar o menor valor de maior economia.

Abaixo, na Tabela 2, segue característica dos dados coletados do consumo energético “fora de ponta antes” do inversor.

**Tabela 2: Características dos dados de consumo.**

SAA	Logradouro	Município	Classificação	Mês/Ano	Cons. Ativo FP (kWh)
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	mar/18	26.964
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	abr/18	28.087
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	mai/18	27.281
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	jun/18	31.332
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	jul/18	26.691
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	ago/18	31.951
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	set/18	40.904
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	out/18	41.768
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	nov/18	42.546
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	dez/18	34.990
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	jan/19	29.795
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	fev/19	29.201
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	mar/19	28.589

O gráfico da Figura 2 apresenta o consumo energético ativo fora de ponta antes da instalação do inversor de frequência, ao qual após ser instalado de forma incorreta seja superdimensionado ou subdimensionado, podem ocasionar rompimentos na adutora através de golpes de aríete, cavitações e até mesmo a redução na vida útil da adutora, que trabalhará em um perfil não adequado para seu comando, havendo desgaste prematuro. Tais estudos podem ser formulados em softwares de simulação hidráulica, que mostrará a eficácia do inversor tanto no comportamento hidráulico do sistema como na eficiência energética.



**Figura 2: Dados de Consumo Energético Antes de Instalar o Inversor.**

Com base no acompanhamento de relatórios de consumo fora da ponta, houve diminuição no consumo energético, bem como intervalos de parada por sobrecorrente ou subcorrente tendo em vista o ajuste das correntes de acordo com as demandas solicitadas, nem tampouco as pressões elevadas no abastecimento que corroboravam para vazamentos na adutora ou extravasamentos.

Abaixo, na Tabela 3, segue característica dos dados coletados do consumo energético “fora de ponta depois” do inversor.

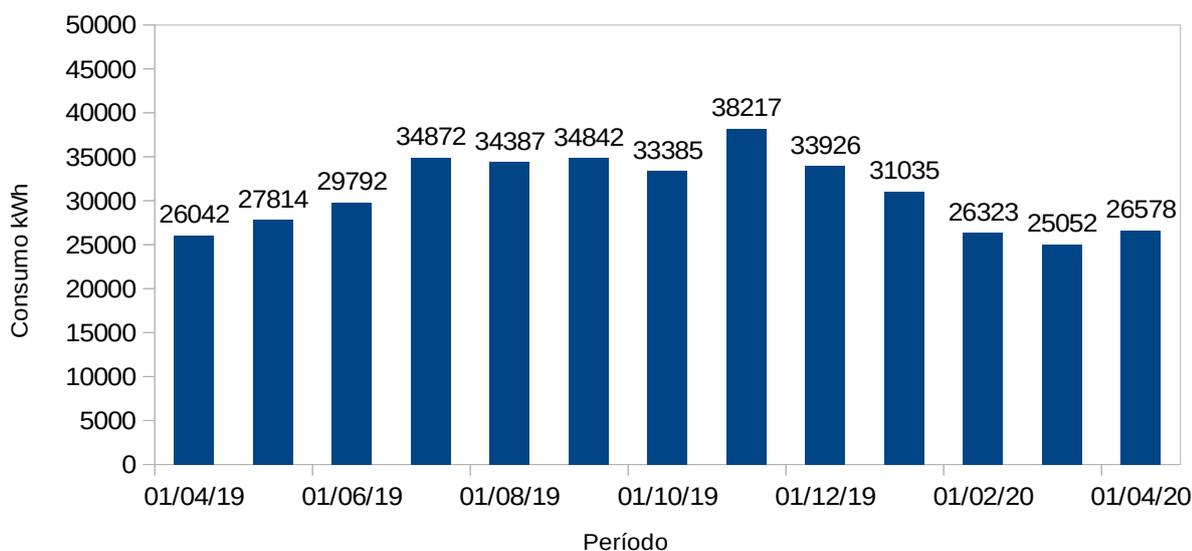
**Tabela 3: Características dos dados de consumo fora de ponta depois do inversor.**

SAA	Logradouro	Município	Classificação	Mês/Ano	Cons. Ativo FP (kWh)
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	abr/19	26.042
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	mai/19	27.814
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	jun/19	29.792
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	jul/19	34.872
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	ago/19	34.387
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	set/19	34.842
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	out/19	33.385
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	nov/19	38.217



SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	dez/19	33.926
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	jan/20	31.035
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	fev/20	26.323
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	mar/20	25.052
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	abr/20	26.578

O gráfico ilustrado na Figura 3 mostra o comparativo do consumo energético fora de ponta depois da instalação do inversor comparando o período antes da instalação.



**Figura 3: Dados de Consumo Energético “Fora de Ponta” Depois de Instalar o Inversor.**

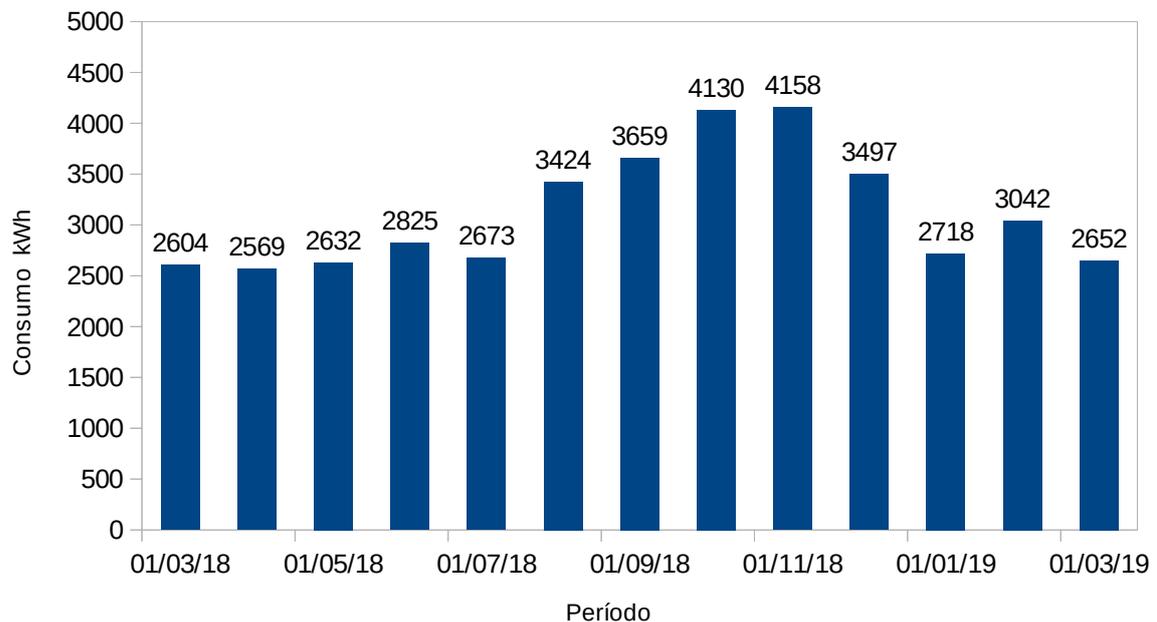
Abaixo, na Tabela 4, segue característica dos dados coletados do consumo energético na ponta antes do inversor.

**Tabela 4: Características dos dados de consumo na ponta antes do inversor.**

SAA	Logradouro	Município	Classificação	Dt. Atu	Cons. Ativo NP (kWh)
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	mar/18	2.604
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	abr/18	2.569
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	mai/18	2.632
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	jun/18	2.825
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	jul/18	2.673
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	ago/18	3.424
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	set/18	3.659
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	out/18	4.130
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	nov/18	4.158

SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	dez/18	3.497
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	jan/19	2.718
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	fev/19	3.042
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	mar/19	2.652

O gráfico ilustrado na Figura 4 mostra o comparativo do consumo energético na ponta antes da instalação do inversor comparando o período antes da instalação.



**Figura 4: Dados de Consumo Energético “Na Ponta” Antes de Instalar o Inversor.**

Abaixo, na Tabela 5, segue característica dos dados coletados do consumo energético na ponta depois de instalar o inversor.

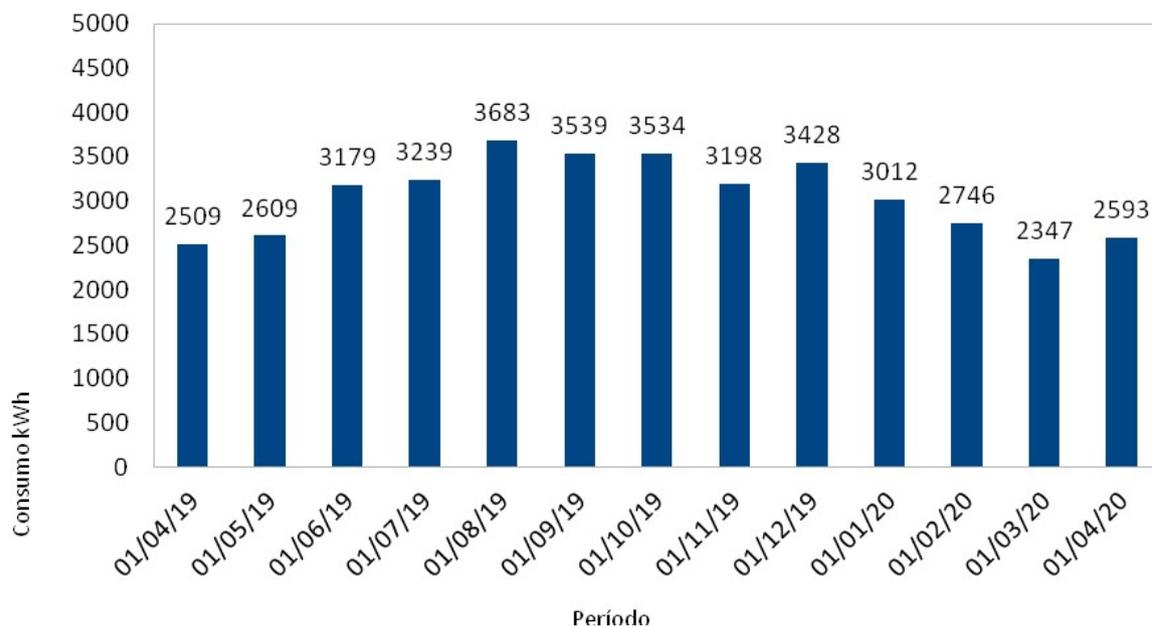
**Tabela 5: Características dos dados de consumo na ponta depois do inversor.**

SAA	Logradouro	Município	Classificação	Dt. Atu	Cons. Ativo NP (kWh)
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	abr/19	2.509
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	mai/19	2.609
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	jun/19	3.179
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	jul/19	3.239
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	ago/19	3.683
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	set/19	3.539
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	out/19	3.534



SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	nov/19	3.198
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	dez/19	3.428
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	jan/20	3.012
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	fev/20	2.746
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	mar/20	2.347
SI CHAVAL	ACUDE ITAUNA	CHAVAL	Captação	abr/20	2.593

O gráfico ilustrado na Figura 5 mostra o comparativo do consumo energético na ponta depois da instalação do inversor comparando o período antes da instalação.



**Figura 5: Dados de Consumo Energético “Na Ponta” Depois de Instalar o Inversor.**

A partir das intensificações de ações conjuntas, pesquisa e acompanhamento mensal dos balanços hídricos, pode-se ver os resultados de forma mais precisa e clara nos índices de economia de energia em KWh, demonstrados no gráfico da Figura 3 na tarifa Fora de Ponta um ganho anual de 4,24% e na Figura 5 na tarifa Na Ponta um ganho de 2,38%, em relação ao período de Abril/2019 a Abril/2020, o índice utilizado no estudo de eficiência energética real foi analisado em KWh.

O período analisado para os dados foram considerados como antes da instalação do inversor e depois da instalação do inversor dentre os meses de Março/2018 a Abril/2020, e foi constatado que após instalação do inversor conseguiu-se reduzir o consumo de energia.

Comparando as informações trazidas pelos gráficos das Figuras 4 e 5, juntamente aos dados relacionados na Tabela 4 e 5, entende-se o porquê da economia de energia após instalação do inversor de frequência.

Como dito anteriormente, inversor de frequência instalado no S.I. Complexo Itaúna, imediatamente na saída da ETA, por bombeamento através de adutora os Municípios de Chaval e Barroquinha. Essas economias geraram um impacto expressivo no gasto energético. O estudo e instalação possibilitaram que a ETA trabalhasse de forma constante, sem intermitências, dessa forma não necessitando de desligar mais os motores em horário de

ponta, bem como uma produção de água de acordo com as demandas, neste estudo, está exposto o ganho energético.

Outros fatores também observados, como por exemplo, quando submetida a frequente intermitência devido a manutenções, gera golpes e cavitações que corroboram para menor vida útil de equipamentos, redes e ramais. Este estudo, além de trazer já resultados expressivos, trouxe também a oportunidade de estudos mais analíticos para a área analisada e também para outros Sistemas de abastecimento de Água, em relação a eficiência energética. Para a ETA S.I Itaúna (Chaval /Barroquinha), deste estudo, que foi implementado em Março/2019 e está em fase de funcionamento pleno desde então, o que trará, provavelmente, resultados mais expressivos.

## CONCLUSÃO

Os resultados obtidos mostram a economia de energia após instalação do inversor de frequência financeiro de ações para o combate de perdas reais, posto que não será mais necessário o desligamento dos motores em horário de ponta tendo uma produção de água de acordo com as demandas, gerando um ganho energético. Os resultados irão variar de acordo com o setor de estudo, sendo que este apresentado possuía características que corroboraram para o impacto mais rápido nos resultados de economia.

Além de fornecer benefícios financeiros, hídrico e energéticos, há menor reincidência de vazamentos nos locais críticos, evitando corte de asfalto e interrupção no fornecimento que, em uma análise mais crítica, pode-se citar, quando submetida a frequente intermitência devido a manutenções, gera golpes e cavitações que corroboram para menor vida útil de equipamentos, redes e ramais.

Este estudo, além de trazer já resultados gratificantes, trouxe a oportunidade de estudos mais analíticos para a área analisada e também outros Distritos de Medição e Controle energético. Para a ETA S.I Chaval, deste estudo, que foi implementado em Março/2019 e está em fase de funcionamento pleno desde então, o que trará, provavelmente, resultados mais expressivos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FOCUS ENERGIA. Consumo na ponta. Disponível em: <<https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=consumo+na+ponta>>. Acesso em: 22 mai. 2022.
2. FOCUS ENERGIA. Consumo fora da ponta. Disponível em: <<https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=consumo+fora+de+ponta&spell=1&sa=X&ved=2ahUKEwiJyeaulPT3AhV5u5UCHYxYBxIQBSgAegQIARA3&biw=1366&bih=682&dpr=1>>. Acesso em: 22 mai. 2022.
3. GOOGLE MAPS. Rota Açude Itaúna. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/dir/Barroquinha,+CE/A%C3%A7ude+Ita%C3%BAna+-+Zona+Rural,+Granja+-+CE,+62430-000/@-3.0657308,-41.3091402,11z/data=!4m13!4m12!1m5!1m1!1s0x7ebee5719cabe0f:0x803cb9b962807470!2m2!1d-41.1344532!2d-3.0199833!1m5!1m1!1s0x7eb8fd8f3c2fc11:0x144101bdbccf16d7!2m2!1d-41.1574228!2d-3.1505134>>. Acesso em: 22 mai. 2022.
4. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Portal Cidades@: Barroquinha – CE. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ce/barroquinha.html>>. Acesso em: 7 mai. 2022.
5. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades: Chaval – CE. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/chaval/panorama>>. Acesso em: 22 mai. 2022.