

**I-539 - ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO PROJETO DE
SUBSTITUIÇÃO DE PAINEL DE ACIONAMENTO ELÉTRICO EM UNIDADE
ELEVATÓRIA DE ÁGUA TRATADA COM OBJETIVO DE AUMENTO DE
CONFIABILIDADE**

Karlos Eduardo Arcanjo da Cruz⁽¹⁾

Engenheiro Eletricista pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Doutor em Economia pela (UFPE), Especialista em Gestão da Manutenção (IPOG). Engenheiro Eletricista e Coordenador de Serviços de Manutenção Eletromecânica Sul (CSM-SUL) da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA).

Leonardo Nascimento de Oliveira

Engenheiro Eletricista pela Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF). Especialista em Energia Solar e Eólica pela POLI/UPE. Engenheiro Eletricista da COMPESA.

Luis Henrique Pereira da Silva

Engenheiro Eletricista pela Universidade Federal de Pernambuco - UFPE. Mestre em Tecnologia da Energia pela Escola de Politécnica de Pernambuco - POLI/UPE e Especialista em Gestão Empresarial pela Fundação Getúlio Vargas - FGV. Gerente de Planejamento e Gestão Metropolitana da Companhia Pernambucana de Saneamento - COMPESA..

Endereço⁽¹⁾: Rua Engenheiro Saturnino de Brito, 472 – Cabanga, Recife-PE - CEP: 55.819-020 - Brasil - e-mail: karloseduardo@compesa.com.br

RESUMO

Dois problemas ainda frequentes em empresas de saneamento são equipamentos depreciados e desalinhamento entre crescimento da demanda e estruturação dos sistemas de abastecimento. As consequências disso somam-se e resultam em baixa confiabilidade da unidade operacional e, por conseguinte, redução de sua disponibilidade. Com o objetivo de demonstrar os ganhos obtidos em investimentos que atenuem tais situações, esse trabalho busca demonstrar os ganhos advindos na aquisição e substituição de uma painel de acionamento elétrico depreciado e com dispositivo de controle inadequado para ajustar a vazão recalçada à variação horo sazonal da demanda devido a parte da água recalçada ser injetada direto na rede, por um novo painel de acionamento elétrico com inversor de frequência, o qual é capaz de alternar a rotação do conjunto motor-bomba e, portanto, atenuar os casos sobrepessão e subpressão na rede e seus efeitos adversos. A substituição foi realizada em uma unidade da RMR que recalca uma vazão de 936 m³/h em regime contínuo, conhecida por EEAT Morros, em 12 de fevereiro de 2021. Após a intervenção, foi verificado uma atenuação de mais de 50% dos chamados corretivos, saindo de uma média de 27,7 anual para 11,5, com isso, verificou-se um ganho de R\$ 314.403,09, para um investimento de R\$ 216.508,03. Portanto, *payback* inferior a um ano. Considerando uma TMA de 13,75%, foram construído cenários baseados na vida útil do equipamento, a saber 05, 10 e 15 anos, bem como foi feita análise de sensibilidade para a taxa média praticada e o IPF. Em todas as situações analisadas, é viável economicamente investir no projeto. E, na situação esperada, cenário de 10 anos, IPF de 36,63% e tarifa média de R\$ 4,47, o Valor Presente Líquido do projeto é de R\$ 1.439.581,74.

PALAVRAS-CHAVE: Confiabilidade, Depreciação, Inversor de Frequência, VPL, TIR.

INTRODUÇÃO

O processo padrão de extração da água para abastecimento humano consiste na utilização de um conjunto motor-bomba, que seja capaz de captar a água em mananciais superficiais ou subterrâneos e aduzi-la para uma Estação de Tratamento de Água (ETA), após tratada, a água segue por gravidade e/ou recalque à reservatórios para a distribuição à população. No qual, por meio da energia potencial, ela é realizada de acordo com a demanda.

O consumo de água, por sua vez, não é constante ao longo do dia. Em determinados momentos, ocorre uma demanda máxima de água, normalmente, no período conhecido por horário de pico. Em outros momentos, mínima, como, por exemplo, entre 3h e 5h (FALKENGERG, 2005).

Ao utilizar um reservatório para controlar essa variação horária da demanda, evitam-se transtornos que surgem da adução direta da água aos consumidores.

Em determinados casos, por questões financeiras, de locação, ou mesmo de topologia, não é possível o uso de reservatórios, o que elimina o elemento de ajuste da demanda. Nesse caso, o conjunto motor-bomba (CMB) deve operar de uma forma que seja capaz de atender a uma amplitude de demanda, o que faz que ele esteja subdimensionado em alguns momentos e sobredimensionado em outros.

Nessa situação, surgem problemas diversos, tais quais pressão elevada na rede, que, segundo Silva e Mikowski (2005), pode ocasionar perdas por vazamento. Além disso, pode incorrer em danos ao CMB e consumo em excesso de energia elétrica.

Uma solução para esse problema é a utilização do dispositivo inversor de frequência, pois, por meio dele, é possível controlar a velocidade e o torque do motor simultaneamente dentro de uma faixa de valores. Com isso, é possível variar a pressão e a vazão ofertada, de acordo com a lei da afinidade, e, conseqüentemente, reduzir as perdas, bem como elevar a vida útil do motor e da bomba.

Adicionalmente, os sistemas de abastecimentos de água, por muitas vezes, possuem equipamentos deveras depreciado, que possui uma taxa de falhas muito além do esperado para uma estação elevatória de água.

Nesse sentido, a comprovação da importância de sua substituição *ex ante* não é simplista, visto a necessidade de utilização de conceitos como confiabilidade e outros termos estatísticas, em que os valores adequados por muitas vezes são estimados.

Nesse contexto, se insere trabalho que busca identificar os ganhos obtidos pela substituição de um painel de acionamento elétrico antigo e composto por soft-starters por outro novo, com cálculos de ventilação e padronizações adequados, atendimento às normas técnicas e com dispositivo de controle do tipo inversor de frequência.

O estudo de caso é numa unidade elevatória de água tratada (EEAT), conhecida por EEAT Morros, pertencente à Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa) na Região Metropolitana do Recife (RMR), que opera com dois conjuntos motor-bomba de 250 CV em regime 24 horas, com vazão de 936 m³/h, os quais enviam água para reservatórios, todavia no percurso da adutora há derivações em suas redes que alimentam diretamente à população.

OBJETIVO DO TRABALHO

O objetivo desse estudo é analisar a viabilidade econômica do projeto de investimento em se substituir um painel de acionamento elétrico depreciado e acionado por dispositivos de controle soft-starters por um novo com dispositivo de controle do tipo inversor de frequência em uma EEAT que tem parte da vazão recalçada injetando direto na rede de distribuição. Destaque-se que o estudo será desenvolvido a partir dos resultados obtidos com extrapolação de dados e construção de cenários.

METODOLOGIA

Com o objetivo de comparar o ganho obtido, será utilizado as informações antes e após a substituição do ativo considerando as atenuações advindas na redução das despesas operacionais e de manutenção, bem como o acréscimo do lucro devido à elevação no faturamento.

Para se considerar as despesas ocorridas com atividades corretivas, foi calculado o Custo Médio por Manutenção corretiva (CMM). As informações foram obtidas mediante dados do módulo de manutenção utilizado pela empresa e dos contratos de terceirização aplicados nos serviços, em que se considerou o custo médio dos trabalhadores (incluindo ferramentas e equipamentos).

Para o cálculo do Lucro Cessante (LC) em uma empresa de saneamento, há de se considerar as perdas existentes no sistema. Por isso, uma informação pertinente é o Índice de Perdas de Faturamento (IPF), equação 01., que indica o percentual da água produzida que foi faturada.

$$IPF = \frac{Vol.de\ água\ produzido - Vol.de\ água\ faturado - Vol.de\ água\ de\ serviço}{Vol.de\ água\ produzido - Vol.de\ serviço} \quad (01)$$

Outrossim, após identificado o volume efetivamente faturado, deve-se saber o Valor do Metro cúbico (m³) Faturado (VMF). Para essa informação, será utilizado o indicador Tarifa Média de Água, que é calculada da relação entre a receita operacional de água e o volume de água faturado.

Na análise do ganho operacional pós-intervenção, foi considerado dois indicadores de tempo: o Tempo Médio para a Realização do Serviço (TMRS) e o Tempo Médio de Atendimento (TMA) (Figura 01)

O TMRS foi obtido da relação do somatório da diferença entre a data-hora de finalização do serviço e a data-hora de inicialização da execução do serviço pelo número de ordens de serviços.

Enquanto, O TMA foi calculado na relação do somatório da diferença entre a data-hora de finalização do serviço e a data-hora de abertura do chamado da execução do serviço pelo número de ordens de serviços.



Figura 1 – Distribuição do TMA e TMRS ao longo do atendimento

Quando o motor parar de operar por problemas de manutenção, ele vai deixar de consumir energia elétrica. Portanto, o Valor do Consumo de Energia (VCE) que deixará de faturar será obtido conforme equação 02.

$$CE = Pot. Motor (CV) \times Tarifa\ de\ energia \times TMA \quad (02)$$

Logo, para o cálculo do LC, foi considerado o cálculo do Faturamento Cessante (FC), equação 3, considerando a vazão que deixou de produzir (QD) e o tempo que deixou de operar (TMA). O LC, por sua vez, será obtido da diferença entre o FC e o custo da energia elétrica que deixou de consumir no intervalo (CE).

$$FC = QD \times TMA \times (1-IPF) \times VMF \quad (03)$$

$$LC = FC - CE \quad (04)$$

Para análise da viabilidade econômica do investimento, há de se considerar a taxa de juros mínima aceitável pelo investidor, a qual é conhecida como Taxa Mínima de Atratividade (TMA). Nesse caso, optou-se por utilizar como referência para ela a taxa meta do Sistema Especial de Liquidação e Custódia (SELIC).

Como metodologia de avaliação econômica, será utilizado o Valor Presente Líquido (VPL), o qual deverá ser aceito se o seu resultado não for negativo, bem como a Taxa Interna de Retorno, que deverá ser aceito se for superior à TMA (BARBIERI; ÁLVARES, 2007).

Para avaliar a viabilidade do projeto com os resultados calculados foi considerado três cenários baseado na expectativa da vida útil do inversor (principal componente do painel elétrico), a saber: 05, 10 e 15 anos

Dado um fluxo de caixa, conforme Figura 02, em que há um aporte inicial (FC_0) seguidos pelos demais fluxos de caixa (FC_t). O VPL pode ser calculado segundo a equação 3, em que i é a taxa de juros, FC_t representa o fluxo de caixa líquido no instante t .

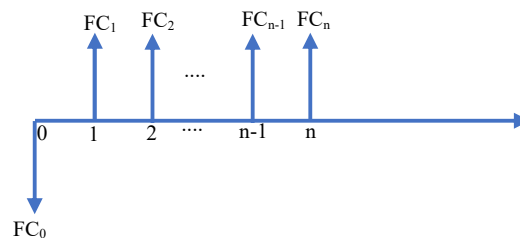


Figura 02 – Diagrama de fluxo de caixa

$$VPL = \sum_{j=0}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} \quad (03)$$

Por outro lado, para identificar a Taxa Interna de Retorno (TIR), basta igualar o VPL a zero, segundo equação 04 e identificar a taxa de juros que atenderá à igualdade, a qual será a própria TIR.

$$VPL = \sum_{j=0}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} = 0 \quad (04)$$

Dados

Segundo dados do Sistema Nacional de Informação (SNIS, 2022), em 2021, o IPF foi 36,63%, enquanto o IPD foi de 45,79. A Tarifa média de água (VMF), por sua vez, foi de R\$ 4,47 por m^3 faturado.

O valor do CMM obtido foi de R\$ 195/h, considerando uma equipe eletromecânica composta por um Eletrotécnico, um electricista e um ajudante de electricista, bem como um Técnico Mecânico, um Mecânico e dois ajudantes de mecânica.

A vazão média da unidade é de 936 m^3/h operando no regime de dois conjuntos, mas, no entanto, normalmente os chamados poderiam ocorrer nos dois conjuntos ou em apenas um deles. Devido ao volume de problemas, dificilmente era possível deixar um reserva, de forma que, em média, deixava-se recalcar cerca de 468 m^3/h .

O TMA da unidade obtido no sistema de gestão da manutenção, em relação ao computo das OSs extraídas e analisadas foi de 14,55, enquanto o TMRS, 6,17.

A taxa meta Selic utilizada, teve como referência março de 2023, cujo valor foi de 13,75%. O valor do painel elétrico foi R\$ 216.508,03, que foi considerado o valor investido.

Por fim, o Custo de Energia (CE) que se deixou de consumir foi obtido da própria conta de energia da unidade, em que o valor foi de 0,39 R\$/kW.

RESULTADOS

Na Figura 03, pode-se observar o painel anterior que era composto por três soft-starters com modelos bastante ultrapassados em termos tecnologia e tempo de utilização. O qual já era proveniente de adaptações anteriores, que substituiu as partidas compensadoras por soft-starters.



Figura 3 – Painel de acionamento anterior

Em 12 de fevereiro de 2021, foi instalado o novo painel de acionamento elétrico com inversores de frequência, atendendo às normas NR-10, NBR-5410, bem como aos critérios de refrigeração e ajustes já projetados para a aplicação e local (Figura 04).



Figura 4 – Novo painel de acionamento

Ao acompanhar o histórico de ordens de serviços para manutenção corretiva (Tabela 01) a partir de 2018, observa-se que há uma atenuação considerável de paradas emergenciais, saindo de um patamar perto de 27,7 ordens de serviços (OSs) corretivas nos anos de 2018, 2019 e 2020 para uma média de 11,5 OSs nos anos seguintes, o que pode ser visualizado na Figura 05.

Tabela 1 – Evolução dos custos de manutenção corretiva

Ano	OSs corretivas	FC (\$)	CONSUMO ENERGIA (R\$)	LC (R\$)	CUSTO MANUTENÇÃO (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)
2018	28	1.038.615,42	29.235,02	1.009.380,39	33.688,20	1.043.068,59
2019	27	1.001.522,01	28.190,92	973.331,09	32.485,05	1.005.816,14
2020	28	1.038.615,42	29.235,02	1.009.380,39	33.688,20	1.043.068,59
2021	15	556.401,12	15.661,62	540.739,50	18.047,25	558.786,75
2022	8	296.747,26	8.352,86	288.394,40	9.625,20	298.019,60

Essa redução de chamados corretivos também pode ser verificada na Figura 04.



Figura 5 – Involução de número de OSs corretivas

Essa atenuação de chamados corretivos implica em uma maior disponibilidade operacional da unidade, a qual, considerando uma unidade que opera 24 horas por dia, todos os dias, representa numa redução nas perdas de faturamento, que implica, numa atenuação do lucro cessante conforme pode ser visto na Figura 06.

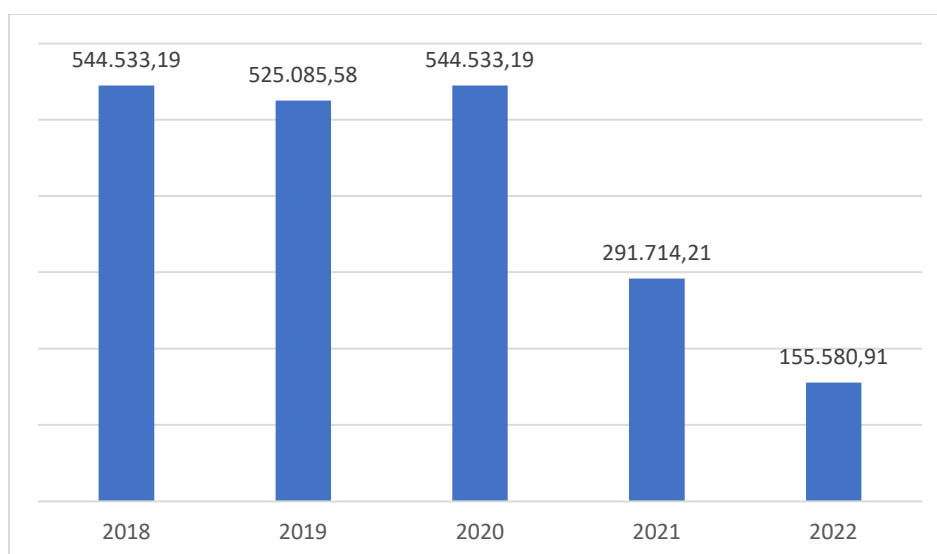


Figura 06 – Evolução do Lucro Cessante

Com base nos resultados apresentados na Tabela 1, foram calculados o Custo Total Médio para o período antes (2018, 2019 e 2020) e após (2021 e 2022) a substituição do painel elétrico, o que pode ser verificado na Tabela 2.

Tabela 2 – Custo médio antes e após instalação do painel

Ano	OSs corretivas	CT	CTM
2018	28	544.533,19	538.050,65
2019	27	525.085,58	
2020	28	544.533,19	
2021	15	291.714,21	223.647,56
2022	8	155.580,91	
Diferença			314.403,09

Sob o ponto de custo total médio, o ganho obtido após a intervenção, foi considerado a atenuação do CTM, a saber R\$ 314.403,09. Considerando que o valor investido foi de R\$ 216.508,03, identifica-se o *payback* é inferior a um ano.

Com base nesses resultados, foi calculada a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o VPL para três cenários baseados na vida útil do equipamento (05, 10 e 15) anos.

Tabela 3 – TIR e VPL do projeto

Cenários	TIR	VPL
Péssimo (05 anos)	144%	R\$ 869.380,45
Bom (10 anos)	145%	R\$ 1.439.581,74
Ótimo (15 anos)	145%	R\$ 1.738.995,10

Os dois indicadores que podem ter uma variação devido às características da região abastecida é o IPF e a tarifa média obtida. Para eles foi considerado uma análise de sensibilidade a fim de verificar como se comporta a TIR e o VPL. Foi considerado na análise um cenário bom (10 anos).

Tabela 04 – Análise de sensibilidade do IPF e da tarifa em relação a TIR

tarifa\ipf	0,3663	0,5	0,6
4,47	145%	115%	92%
3	98%	77%	62%
2	65%	51%	40%
1	23%	23%	17%

Tabela 05 – Análise de sensibilidade do IPF e da tarifa em relação ao VPL

tarifa\ipf	0,3663	0,5	0,6
4,47	R\$ 1.352.890,99	R\$ 1.024.482,16	R\$ 778.851,02
3	R\$ 841.000,65	R\$ 620.592,03	R\$ 455.738,92
2	R\$ 492.775,92	R\$ 345.836,85	R\$ 235.934,77
1	R\$ 144.551,19	R\$ 71.081,66	R\$ 16.130,62

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com base nos resultados obtidos (Figura 5), verifica-se que, após a substituição do painel elétrico, houve uma atenuação considerável dos chamados corretivos, o que pode demonstrar que a confiabilidades de equipamentos novos e a possibilidade controlar a rotação do conjunto motor-bomba por meio do controle de frequência aumentaram a confiabilidade da unidade operacional.

Essa involução de uma média de 27,7 OSs para 11,5 OSs, ou seja, mais de 50%, promove um aumento da disponibilidade operacional, o que leva a uma atenuação do lucro cessante, bem como dos gastos com a manutenção eletromecânica, de formar que o CTM saiu de um patamar médio de R\$ 538.050,65 para R\$ 223.647,56, ou seja, trouxe um ganho em forma de redução de custos e aumento de faturamento de aproximadamente R\$ 314.403,09.

O valor da aquisição do painel elétrico foi de R\$ 216.508,03, ao considerar esse valor de investimento e confrontá-lo com o ganho obtido, verificamos que o projeto tem um *payback* inferior a um ano.

Utilizando-se de uma TMA de 13,75%, o projeto tornou-se atrativo para três cenários considerando a durabilidade do inversor, a saber: 05, 10 e 15 anos. No caso do cenário de 10 anos, o VPL foi de R\$ 1.439.581,74.

Por fim, foi feita análise de sensibilidade sobre as estimativas de tarifa média praticada e o IPF para o cenário de 10 anos. Identificou-se que mesmo na pior situação (IPF de 0,6 e tarifa de R\$ 1,0/m³), recomenda-se ainda por aceitar o projeto.

É importante destacar que há ganhos que não foram contabilizados que poderiam ter sido considerados, tais quais aumento da disponibilidade das equipes de manutenção, redução com custo de manutenção de equipamentos como motores elétricos (que frequentemente queimavam) ou bombas.

CONCLUSÕES

Observou-se que houve viabilidade econômica na substituição de um painel de acionamento elétrico, que buscou trazer equipamentos mais confiáveis e que permitissem um melhor controle da vazão e pressão da rede com o uso de inversores de frequência.

Mesmo no pior cenário considerado, o projeto é viável, o que mostra que um melhor ajuste em investimentos que não necessariamente criem unidades, mas que tragam mais confiabilidade e controle para unidades operacionais antigas podem trazer ganhos à empresa, os quais podem ser utilizados em outros projetos de investimento, ou mesmo para a prática da modicidade tarifária.

Em estudos posteriores, pode-se acrescer a análise do ganho, a atenuação de reparos de equipamentos componentes do sistema como motores, bombas ou mesmo rede hidráulica, da melhoria da imagem da empresa no atendimento à população e de confiabilidade.

BIBLIOGRAFIA

1. BARBIERI, José Carlos; ÁLVARES, Antonio Carlos Teixeira; MACHLINE, Claude. Taxa Interna de Retorno: controvérsias e interpretações. **Gepros: Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 2, n. 4, p. 131, 2007.
2. FALKENBERG, A. V. Previsão de consumo urbano de água em curto prazo. Dissertação de Mestrado (Universidade Federal do Paraná), Curitiba-PR, 2005.
3. Secretária de Infraestrutura e Recursos hídricos de Pernambuco (SEINFRA). Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA). Relatório integrado de administração e sustentabilidade. Recife-PE, 2022.



Disponível em: <https://servicos.compesa.com.br/wp-content/uploads/2022/04/Balanco-Compesa-2022-DP.pdf>.
Acesso em: 01 de dezembro de 2022.

4. SILVA, K. R. G.; MIKOWSKI, P. A. Metodologia para apoio na gestão de perdas e na gestão de energia em sistemas de abastecimento de água. 23o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. In: Anais do 23o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.
5. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. Diagnóstico dos serviços de água e esgotos. Site institucional, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis>. Acesso em: 01 de dezembro de 2022