TURBINA REDUTORA DE PRESSÃO: MAXIMIZANDO EFICÊNCIA HÍDRICA E ENERGÉTICA PARA REDUÇÃO DE PERDAS DE ÁGUA – FRANCA – SÃO PAULO

Maria de Fátima Brito Ferreira [(1)]
Engenheira Civil pela Universidade de Guarulhos – UNG – SP (2001); Especialização em Gestão Ambiental USP – SP (2005); MBA em Gestão Empresarial – FGV – Ribeirão Preto – SP (2012); Gestora de Redução de Perdas de Água Sabesp Franca – SP.
Endereço(1): Av. Dr. Flávio Rocha, 4.951 – Franca – São Paulo – SP – CEP: 14405-600 – Brasil – Tel: +55 (16) 3712-2072 – Fax: +55 (16) 99333-0505 – e-mail: mfbferreira@sabesp.com.br

Áureo Sidney da Silva [(2)]
Técnico Mecânico e Desenhista pela ETEC Dr. Júlio Cardoso Centro Paula Souza – Franca – SP (1994); Agente de Saneamento Ambiental Sabesp – Franca – SP.

José Carlos Francisco [(3)]
Curso de Hidráulica e Pneumática Industrial pelo SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – Franca - SP (1991); Agente de Saneamento Ambiental Sabesp – Franca – SP.

Endereço [(1)]**:** Av. Dr. Flávio Rocha, 4.951 – Franca – São Paulo – SP – CEP: 14405-600 – Brasil – Tel: +55 (16) 3712-2072 – Fax: +55 (16) 99333-0505 – e-mail: mfbferreira@sabesp.com.br

RESUMO

Na Unidade de Negócio Pardo e Grande – Operação Franca, uma solução inovadora foi implementada para reduzir perdas: a Turbina Redutora de Pressão no distrito de medição e controle Jardim Esmeralda. Essa Turbina Hidráulica, projetada para operar em circuitos pressurizados, comanda, monitora e controla a pressão e vazão em redes de distribuição de água. Além de otimizar a eficiência hídrica, a turbina gera energia elétrica a partir da diferença de pressão e vazão, sendo aplicável em redes elétricas públicas ou sistemas isolados. Essa abordagem não apenas aprimora a eficiência no uso de recursos hídricos, mas também reduz as emissões de gases de efeito estufa, promove maior eficiência energética e contribui para práticas sustentáveis. A instalação da turbina representa uma contribuição significativa para a agenda ESG, ao integrar aspectos ambientais, sociais e de governança na gestão da distribuição de água.

PALAVRAS-CHAVE: Turbina, pressão, vazão.

INTRODUÇÃO

Sabe-se que o controle de pressão em redes de abastecimento de água é fundamental para evitar ruptura em tubulações e minimizar perdas. Portanto, os dispositivos mais comumente utilizados para suprir estas questões são as válvulas redutoras de pressão e bombas centrífugas funcionando como turbina. As principais desvantagens das válvulas redutoras de pressão consistem em não aproveitar a energia de pressão disponível, dissipando-a em calor. Ainda assim, sua operação não é estável, pois, mesmo com pressões constantes oscila seu curso continuamente, gerando transientes hidráulicos no circuito, o que resulta em pulsos de pressão na linha da tubulação, que pode gerar vazamentos e até mesmo a ruptura da tubulação. Ainda assim, as válvulas redutoras apresentam limitações quanto a sua faixa de trabalho, pois apresentam cavitações nas médias e pequenas aberturas. Já as válvulas redutoras mais modernas utilizam comando elétrico, por meio de baterias como fonte de energia, o que gera frequentes manutenções e até interrupção de operação devido ao colapso da bateria. Ademais, as bombas centrífugas, que funcionam como turbina, aproveitam a energia de pressão disponível, porém, não possuem controle de vazão eficiente e como consequência não controlam a pressão do circuito a jusante de sua instalação. Outra desvantagem da bomba centrífuga trabalhando como turbina, é operar a maior parte do tempo fora de seu ponto de projeto, devido às oscilações de vazão, isso implica ao equipamento trabalhar com um baixo rendimento quando submetida a pressões e vazões que estão fora do seu range de trabalho, chegando a interromper a geração de energia elétrica.

OBJETIVO

Com o intuito de aproveitar o potencial hidro energético existente, a Turbina Reguladora de Pressão, conhecida como TRP foi instalada um protótipo na área da DMC Jardim Esmeralda com aproximadamente 1000 ligações. O equipamento foi doado por uma empresa sediada em Franca, São Paulo, em 2019, e desde então foram realizados vários ajustes. Atualmente, a TRP está sendo monitorada pelo Centro de Controle Operacional (CCO). O princípio de funcionamento da TRP é simples: utiliza a diferença de pressão como força motriz para a geração de energia elétrica. Como resultado, o equipamento se torna autossuficiente em energia, permitindo um controle de pressão de alta qualidade. Além disso, a TRP é capaz de exportar a energia elétrica excedente para a rede elétrica pública ou local. O principal objetivo da TRP é controlar, manter e monitorar a pressão no circuito hidráulico, reduzindo as perdas na distribuição. Além disso, o equipamento gera energia para seu próprio funcionamento. Essa tecnologia representa um avanço significativo na eficiência energética e na sustentabilidade do sistema de distribuição de água.

METODOLOGIA UTILIZADA

CONCEPÇÃO DA SOLUÇÃO

A Turbina Redutora de Pressão tem como proposta:
Controle da pressão a jusante do circuito: Possibilita um controle eficiente da pressão a jusante do circuito e por consequência a diminuição das perdas na distribuição. Independente da exportação de energia para rede elétrica, o fato da ser autossuficiente posiciona a TRP (figura1, 2) para utilização apenas para controle de pressão, já trazendo grandes benefícios para o circuito.
Nicho: A Sabesp montou nicho externo devido ao fácil acesso pela equipe eletromecânica (figura 3, 4 e 5).
Controlar e monitorar remotamente: Possibilita o monitoramento e controle da pressão por envio de dados através de redes de celulares e no CCO (Centro de Controle Operacional Sabesp), diminuindo a necessidade de deslocamento de equipes de campo gerando economia e rapidez em operações no sistema de distribuição (figura 6,7,8,9,10 e 11).
Vários níveis de Pressão: Pode-se programar vários pontos de pressão em seu CLP (controlador lógico programável), com isto obtemos diferentes parâmetros de pressão ao longo do período. Por exemplo, trabalhar com uma pressão mais baixa no período noturno onde o consumo de água é menor e aumentar a pressão durante o dia onde geralmente se tem um consumo maior de água, fazendo de forma automática a mudança destes parâmetros. A DMC Jardim Esmeralda está programada para redução de pressão entre 0:00h às 5:00h.
Baixa incidência de manutenção: A TRP é isenta de cavitação, isto aumenta a sua vida útil em relação a válvulas redutoras de pressão diminuindo deslocamentos de equipes de campo.
Baixo custo de manutenção: A manutenção preventiva se resume a engraxar rolamento a cada 6 meses com as nossas equipes de mão de obra própria.

Figura 1 – Piloto implantado em situação real de trabalho 2019



Figura 2 – Turbina Redutora de Pressão 2024



Figura 3 – Nicho com bateria e CLP



Figura 4 – Vista lateral nicho e caixa da TRP



Figura 5 – CLP

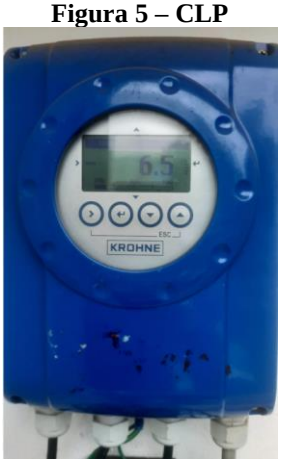


Figura 6 – Tela Centro de Controle Operacional CCO Sabesp (05/06/2023)



Figura 7 – Tela Centro de Controle Operacional CCO Sabesp (29/05/2024)

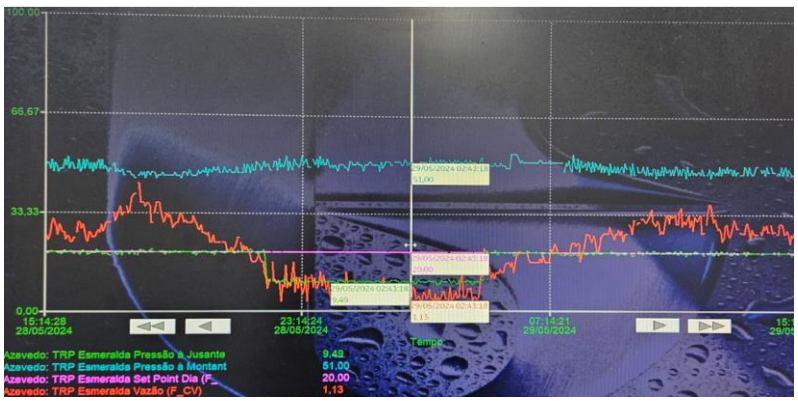


Figura 8 – Gráficos de monitoramento semanal via internet (2024)

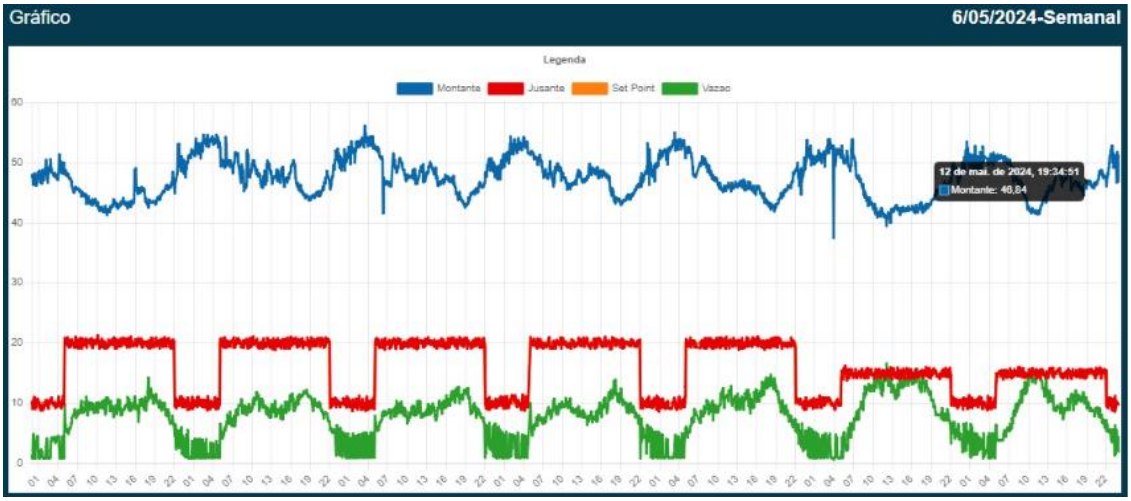


Figura 9 – Gráficos de monitoramento diário via internet (2024)

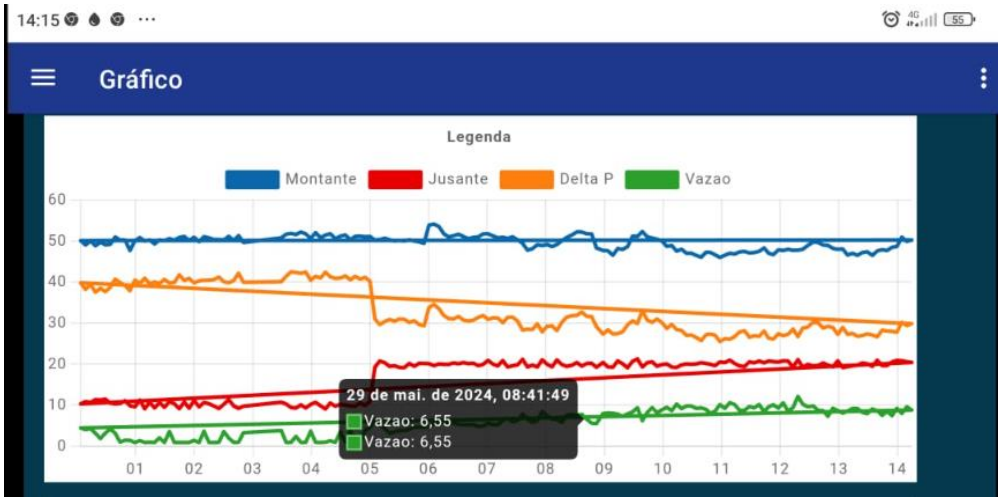
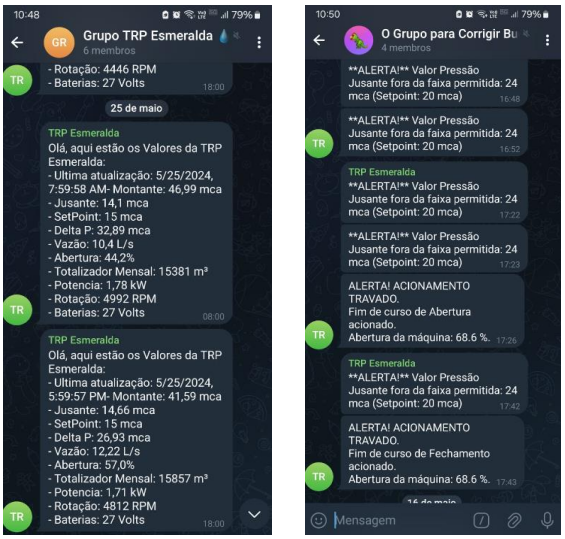


Figura 10 – Parâmetros da Turbina Redutora de Pressão (28/05/2024)



Figura 11 – Dados diários da TRP e Alerta de Alarme (2024)



RESULTADOS

Redução de perdas de água: **IPDT 146 l/ramal.dia (ref. junho/23)** anualizado para **IPDT 142 l/ramal.dia (ref. maio/24)** anualizado, a TRP auxilia na diminuição das perdas de água ao controlar e regular a pressão na rede de distribuição. Isso evita vazamentos, rupturas de tubulações e desperdício de água, contribuindo para a conservação desse recurso vital.

Eficiência energética: Autoconsumo da TRP + Macromedidor 40 kWh/mês, a TRP aproveita a diferença de pressão como uma fonte de energia para a geração elétrica, tornando-se autossuficiente em termos energéticos. Ao utilizar essa energia excedente, a turbina também contribui para a redução do consumo de energia elétrica na operação da rede de distribuição.

Excedente de energia elétrica: Média do excedente de energia elétrica **565 kWh/mês**, essa energia poderia suprir em **80% do consumo da unidade do poço Vila Primavera de vazão 2.042 m3/mês**, economizando cerca de **R$ 5.996,00/ano**, fornecer iluminação para **21 lâmpadas de LED de 50 watts em praças públicas**, operando durante **10 horas por dia**. Na cidade de Franca, cerca de **30** locais semelhantes a este projeto indicam uma perspectiva de economia de energia estimada em aproximadamente **R$ 180mil/ano**.

Monitoramento e diagnóstico avançados, redução de perdas de água, eficiência energética, estabilidade do sistema, monitoramento avançado e sustentabilidade ambiental.

Tabela 1 – Informações ref. junho 2023

Date	Setpoint atual (Bar)	Pressão Montante (bar)	Pressão Jusante (bar)	Vazão (L/s)	Tensão baterias (V)	Potencia Gerada (kW)
02.06.2023 15:38	2 bar	4.7 bar	1.9 bar	7 L/s	28.46 V	0.9 kW
02.06.2023 17:05	2 bar	4.6 bar	2.1 bar	9.5 L/s	28.46 V	1.1 kW
02.06.2023 18:32	2 bar	4.5 bar	1.9 bar	9.5 L/s	28.46 V	1.1 kW
02.06.2023 19:59	2 bar	4.6 bar	2 bar	6.7 L/s	28.46 V	0.8 kW
02.06.2023 21:25	2 bar	4.7 bar	2.1 bar	5.1 L/s	28.42 V	0.6 kW
02.06.2023 22:50	1.5 bar	4.9 bar	1.7 bar	3.7 L/s	28.37 V	0.5 kW
03.06.2023 00:17	1.5 bar	4.8 bar	1.5 bar	2.7 L/s	26.14 V	0.4 kW
03.06.2023 01:44	1.5 bar	5.1 bar	1.6 bar	1.9 L/s	25.99 V	0.3 kW
03.06.2023 03:11	1.5 bar	5 bar	1.5 bar	1.5 L/s	25.8 V	0.2 kW
03.06.2023 04:36	1.5 bar	5.1 bar	1.4 bar	1.6 L/s	25.55 V	0.3 kW
03.06.2023 06:03	2 bar	5.2 bar	2 bar	2.9 L/s	25.51 V	0.4 kW
03.06.2023 07:30	2 bar	4.9 bar	2.1 bar	5.7 L/s	28.32 V	0.7 kW
03.06.2023 08:57	2 bar	4.6 bar	1.9 bar	10.6 L/s	28.37 V	1.3 kW
03.06.2023 10:21	2 bar	4.4 bar	1.9 bar	12 L/s	28.42 V	1.4 kW
03.06.2023 11:48	2 bar	4.3 bar	2 bar	11.7 L/s	28.42 V	1.2 kW
03.06.2023 13:15	2 bar	4.3 bar	2 bar	10.1 L/s	28.42 V	1 kW
03.06.2023 14:42	2 bar	4.3 bar	2.1 bar	10.9 L/s	28.42 V	1.1 kW
03.06.2023 16:07	2 bar	4.4 bar	2 bar	11.3 L/s	28.42 V	1.2 kW
03.06.2023 17:34	2 bar	4.5 bar	2 bar	8.8 L/s	28.42 V	1 kW
03.06.2023 19:01	2 bar	4.6 bar	2 bar	8.5 L/s	28.37 V	1 kW
03.06.2023 20:28	2 bar	4.8 bar	1.8 bar	5.9 L/s	28.37 V	0.8 kW
03.06.2023 21:53	2 bar	4.8 bar	2.1 bar	3.9 L/s	26.14 V	0.4 kW
03.06.2023 23:20	1.5 bar	5.1 bar	1.5 bar	3.9 L/s	25.99 V	0.6 kW
04.06.2023 00:46	1.5 bar	5.3 bar	1.6 bar	2.4 L/s	25.85 V	0.4 kW
04.06.2023 02:13	1.5 bar	5.2 bar	1.6 bar	1.9 L/s	25.65 V	0.3 kW
04.06.2023 03:38	1.5 bar	5.2 bar	1.6 bar	1.6 L/s	25.41 V	0.2 kW
04.06.2023 05:05	2 bar	5.1 bar	1.9 bar	6.2 L/s	25.36 V	0.9 kW
04.06.2023 06:32	2 bar	5.5 bar	1.9 bar	2.4 L/s	25.36 V	0.4 kW
04.06.2023 07:59	2 bar	5 bar	2 bar	5.1 L/s	25.31 V	0.7 kW
04.06.2023 09:24	2 bar	5 bar	1.9 bar	8.3 L/s	25.31 V	1.2 kW
04.06.2023 10:51	2 bar	4.6 bar	1.8 bar	8.9 L/s	28.04 V	1.1 kW
04.06.2023 12:18	2 bar	4.4 bar	2.1 bar	12.2 L/s	28.35 V	1.3 kW
04.06.2023 13:44	2 bar	4.5 bar	2.1 bar	9.9 L/s	26.33 V	1.1 kW
04.06.2023 15:09	2 bar	4.7 bar	2.2 bar	8.3 L/s	26.09 V	1 kW
04.06.2023 16:36	2 bar	4.7 bar	1.8 bar	8.5 L/s	25.89 V	1.1 kW
04.06.2023 18:03	2 bar	4.5 bar	2.1 bar	9.3 L/s	25.7 V	1 kW
04.06.2023 19:30	2 bar	4.6 bar	2 bar	7.8 L/s	25.51 V	0.9 kW
04.06.2023 20:55	2 bar	4.7 bar	2.1 bar	5.9 L/s	25.36 V	0.7 kW
04.06.2023 22:22	2 bar	5.1 bar	2.1 bar	4.6 L/s	25.26 V	0.6 kW
04.06.2023 23:49	1.5 bar	4.9 bar	1.6 bar	2.2 L/s	25.17 V	0.3 kW
05.06.2023 01:16	1.5 bar	5 bar	1.6 bar	1.8 L/s	25.12 V	0.2 kW
05.06.2023 02:41	1.5 bar	5.1 bar	1.5 bar	1.5 L/s	25.02 V	0.2 kW
05.06.2023 04:07	1.5 bar	5.2 bar	1.5 bar	1.5 L/s	24.88 V	0.2 kW
05.06.2023 05:34	2 bar	5 bar	2.1 bar	4 L/s	24.73 V	0.5 kW
05.06.2023 07:01	2 bar	4.9 bar	2 bar	5.3 L/s	23.95 V	0.7 kW
05.06.2023 08:26	2 bar	5 bar	1.9 bar	5.2 L/s	19.72 V	0.7 kW
05.06.2023 09:23	2 bar	4.4 bar	1.8 bar	7.9 L/s	15.11 V	0.9 kW

Tabela 2 – Informações ref. março 2024

INTERVALO		VAZÃO l/s	m³/h
31/03/2024 03:30	31/03/2024 04:00	1,87	6,75
31/03/2024 04:00	31/03/2024 04:30	1,38	4,98
31/03/2024 04:30	31/03/2024 05:00	1,23	4,42
31/03/2024 05:00	31/03/2024 05:30	2,51	9,05
31/03/2024 05:30	31/03/2024 06:00	2,50	8,98
31/03/2024 06:00	31/03/2024 06:30	2,65	9,54
31/03/2024 06:30	31/03/2024 07:00	2,81	10,12
31/03/2024 07:00	31/03/2024 07:30	3,84	13,84
31/03/2024 07:30	31/03/2024 08:00	5,21	18,75
31/03/2024 08:00	31/03/2024 08:30	7,29	26,26
31/03/2024 08:30	31/03/2024 09:00	9,38	33,75
31/03/2024 09:00	31/03/2024 09:30	9,73	35,02
31/03/2024 09:30	31/03/2024 10:00	10,49	37,78
31/03/2024 10:00	31/03/2024 10:30	12,41	44,68
31/03/2024 10:30	31/03/2024 11:00	13,08	47,10
31/03/2024 11:00	31/03/2024 11:30	12,53	45,11
31/03/2024 11:30	31/03/2024 12:00	12,08	43,48
31/03/2024 12:00	31/03/2024 12:30	11,46	41,24
31/03/2024 12:30	31/03/2024 13:00	10,44	37,57
31/03/2024 13:00	31/03/2024 13:30	9,05	32,58
31/03/2024 13:30	31/03/2024 14:00	9,21	33,14
31/03/2024 14:00	31/03/2024 14:30	8,34	30,03
31/03/2024 14:30	31/03/2024 15:00	9,14	32,92
31/03/2024 15:00	31/03/2024 15:30	8,49	30,56
31/03/2024 15:30	31/03/2024 16:00	7,76	27,93
31/03/2024 16:00	31/03/2024 16:30	7,27	26,19
31/03/2024 16:30	31/03/2024 17:00	8,11	29,21
31/03/2024 17:00	31/03/2024 17:30	8,61	31,01
31/03/2024 17:30	31/03/2024 18:00	9,73	35,04
31/03/2024 18:00	31/03/2024 18:30	9,72	34,99
31/03/2024 18:30	31/03/2024 19:00	9,44	33,99
31/03/2024 19:00	31/03/2024 19:30	8,13	29,27
31/03/2024 19:30	31/03/2024 20:00	7,21	25,96
31/03/2024 20:00	31/03/2024 20:30	7,79	28,05
31/03/2024 20:30	31/03/2024 21:00	7,59	27,31
31/03/2024 21:00	31/03/2024 21:30	6,83	24,60
31/03/2024 21:30	31/03/2024 22:00	6,03	21,70
31/03/2024 22:00	31/03/2024 22:30	3,72	13,39
31/03/2024 22:30	31/03/2024 23:00	3,98	14,32

CONCLUSÕES

A **Turbina Redutora de Pressão** (TRP) desempenha um papel essencial na busca por redução de perdas nos circuitos de distribuição de água, proporcionando controle preciso e monitoramento remoto da pressão. Seus benefícios intangíveis incluem a melhoria da imagem da Empresa junto aos clientes, evidenciada por feedbacks positivos das equipes de rua. Além disso, a TRP contribui para o aumento da disponibilidade de informações, facilitando a detecção eficiente de vazamentos e otimizando a gestão do sistema. A implementação da TRP apresenta vantagens no âmbito da eficiência energética, destacada pelo autoconsumo da turbina e do Macromedidor. Esse aproveitamento de energia, gerado pela diferença de pressão, não apenas reduz o consumo elétrico na operação da rede, mas também demonstra um compromisso com práticas mais sustentáveis. Além disso, é importante ressaltar que esse trabalho atende e contribui diretamente para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, notadamente os ODS 6 (Água Potável e Saneamento), ODS 7 (Energia Limpa e Acessível), ODS 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura), ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis) e ODS 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima). A TRP demonstra-se, assim, como uma solução alinhada aos princípios globais de sustentabilidade e eficiência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bettarello, E. J. (01 de junho de 2023). Entrevista com o Diretor Eduardo Jorge Bettarello: Fonte: https://www.bettahidroturbinas.com.br/
2. Sabesp. (2023). Prêmio Empreendedor Sabesp - Universidade Empresarial Sabesp 2023. Fonte: https://www.porta-intranet.ti.sabesp.com.br/group/ch-superintendencia-de-gestao-de-pessoas/