
ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE UMA PROPOSTA DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO DO NÍVEL DE PRODUTOS QUÍMICOS EM RESERVATÓRIOS INDUSTRIAIS.

Brehmer P. Mendes¹ Dr. André Pedro Fernandes Neto²

Resumo

O consumo consciente da energia elétrica como insumo do processo produtivo fabril é uma prioridade cada vez mais evidente, pois o desperdício de energia pode ocasionar gargalos financeiros nas organizações. Nesse contexto, a automação proporcionada pela internet das coisas tem-se mostrado uma ótima saída para minimizar e gerenciar os gastos desnecessários. Assim, o presente trabalho propõe um estudo de viabilidade econômico na implementação de um Sistema de monitoramento de nível de produtos químicos, facilitando no uso da energia de forma responsável. Foi realizada pesquisas bibliográficas sobre a tecnologia, consultado preços praticados no mercado e calculado o desbaratamento do consume energético por períodos de tempos hipotéticos. Por fim, foram aplicados os dados nas ferramentas de análise econômica, tais como valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e o *payback*, mostrando que o investimento apresenta viabilidade econômica.

Palavras-chave: automação; internet das coisas, viabilidade econômica.

1. INTRODUÇÃO

A aplicação da automação vem crescendo continuamente ao passo em que a tecnologia vai se desenvolvendo. Seu emprego vai desde o setor da agropecuária, comércio, até a indústria, dentre estes está o seu proveito no tratamento de efluentes oriundos dos processos industriais, como no uso de bombas dosadoras para a injeção automática de produtos químicos. Os gases e os líquidos resultantes de processos industriais (esgotos, indústrias, etc.) são chamados de efluentes e estes são liberados para a natureza ao fim de seu uso, entretanto, se descartados de forma inadequada como dispõe ao fim de suas aplicações podem causar grandes problemas ambientais como poluição de corpos hídricos e dor ar.

O tratamento de uma estação de efluentes (ETE) se faz necessário tanto por questões legais, quanto por questões ambientais. Segundo a resolução do CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, é determinado que “Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis”. Portanto é obrigatório um sistema de tratamento destes resíduos de forma a reduzir a carga de contaminantes nas águas e gases usados em processos químicos, sendo então atribuindo um custo e responsabilidade maior as empresas. Nesse aspecto, é importante que as substâncias para o procedimento de adequação dos resíduos líquidos sejam aplicadas em quantidade certas no decorrer de intervalos de tempo fixo para uma maior eficiência em sua diluição e efeitos.

A bomba dosadora é um equipamento que tem a função de transferir os produtos, deslocando de forma controlada e precisa. Entretanto, por não existir uma forma constante de observar o nível de substâncias para os tratamentos químicos é possível a ocorrência de danos no equipamento de bombeamento além da interrupção do tratamento do efluente. Portanto este trabalho pretende propor uma análise de viabilidade econômica da implementação de um sistema de monitoramento do nível de produtos químicos em reservatórios, de maneira a garantir o bombeamento automático e seguro dos produtos aos efluentes, de forma efetiva e contínua do tratamento.

2. REFERENCIAL

Neste segmento, serão tratados assuntos que respaldam a pesquisa em questão. Neste tópico serão descritos temas relacionados a internet das coisas, microcontroladores, sensores, estação de tratamento de efluentes e indicadores de análise econômica.

2.1 Internet das coisas (IOT)

A internet of things ou internet das coisas é uma inovação tecnológica com aplicação abrangente e que vem crescendo constantemente nos últimos anos, permitindo a coleta de dados quase que em tempo real e possibilitando a automatização de processos. Segundo Santos (2016) a IOT é, de forma simples, uma extensão da internet atual que possibilita aos objetos do nosso cotidiano que possuam capacidade computacional e comunicativo de se interligarem à internet, e através da rede mundial de computadores controlar remotamente estes objetos permitindo o acesso as suas funções por meio de provedores de serviços. Neste sentido a IOT torna-se um aliado para o conceito de indústria 4.0, pois esta visa a interconexão de dados e sistemas para o controle mais assertivo dos processos produtivos. De acordo Martins (2022), o uso da tecnologia aumenta, em média, 22% a capacidade produtiva de micro, pequenas e médias empresas de alguns segmentos da indústria, pois esta proporciona processos mais ágeis e, com a ajuda da informação, também mais certos. A tendência é que isso facilite cada vez mais as diversas etapas do processo produtivo, fazendo com que as empresas consigam aumentar a produtividade e o faturamento.

O emprego da IOT é encontrado em várias atividades para diversos objetivos, de acordo com Filho (2016), é muito comum falar do uso de telemetria para a coleta de dados nos mais variados tipos de ambientes, a possibilidade de atuação direta em objetos de todos os tipos, interação entre objetos e de objetos com pessoas. Já na perspectiva de Itu (2005, apud GALEALE et al, 2016) “é possível encontrar também alguma direção sobre Internet das Coisas. O relatório descreve como dispositivos e objetos do dia a dia com sensores, transmissores e receptores, que possibilitam novas formas de comunicação entre pessoas e objetos e entre objetos e objetos, em qualquer lugar e tempo”. Portanto fica explícito o quanto é abrangente as possibilidades de mudanças que esse conceito pode trazer para as mais variadas áreas da economia.

2.2 Microcontroladores

Microcontroladores são circuitos integrados que possuem em seu interior todos os componentes necessários ao seu funcionamento dependendo unicamente da fonte de alimentação externa. Pode-se dizer que os microcontroladores são computadores de um único chip (KERSCHBAUMER, 2018). Existem muitos modelos de microcontroladores no mercado, porém ambos possuem componentes em comum, conforme SILVA et al (2019, P.17), os microcontroladores possuem uma quantidade de memória RAM e ROM limitadas, além disso Kerschbaumer (2018) diz que sua composição se dá por uma unidade central de processamento (CPU e um conjunto de periféricos necessários ao seu funcionamento, tendo como destaque a memória de dados, a memória de programa e o circuito de clock2.

Figura 1 – Módulo ESP32.



Fonte: Curvello (2018)

Um exemplo de microcontrolador é o módulo ESP32, que traz consigo a junção da tecnologia Wi-Fi e Bluetooth. Segundo Henrique (2021, p.16): “Este microcontrolador é amplamente utilizado em projetos envolvendo Internet das coisas, pois é capaz interagir com as mais variadas bibliotecas e módulos (sensores), em uma infinidade de linguagens de programação, sendo a mais comum a linguagem C++.

Para Santos (2019) o módulo ESP32 se não for o único é um dos poucos controladores que possuem essas propriedades de transmissão de dados, proporcionando uma maneira econômica de se ter uma plataforma embarcada de alta empregabilidade, sendo um enorme avanço para a automatização, elevando os conceitos da Internet das Coisas e automação, tópicos muito abordados com a atual revolução da Tecnologia 4.0.

2.3 Sensores

Para qualquer tipo de automação os sensores são componentes essenciais, pois é através deles que são captados estímulos no meio físico permitindo a aferição da variável que se quer medir. De acordo com Henrique (2021, p.18): “Após a captação os dados são convertidos em sinais elétricos. Normalmente, a resposta desses sensores quando interagem com o meio pode ser um nível de tensão, corrente ou até mesmo uma variação na resistência elétrica do mesmo, geralmente esses dados são transmitidos para microcontroladores para que esse faça o processamento dos dados”. De acordo com Silveira (2016) os sensores podem ser classificados de acordo com os tipos de estímulos que recebam e sinais que podem ser gerados por eles, abaixo o autor expõe esta classificação e seus respectivos sinais.

Figura 2 – Tabela com os tipos de sensores classificados por estímulos.

Figura	Estímulo	Sinal
	Acústico	Onda (Amplitude, fase, polarização), espectro, velocidade de onda.
	Elétrico	Carregamento, corrente, tensão, permissividade e condutividade
	Térmico	Temperatura, fluxo, calor específico, condutividade térmica
	Mecânico	Posição (linear, angular), aceleração, força, massa, densidade, momento, torque, orientação
	Magnético	Campo magnético, fluxo magnético e permeabilidade
	Óptico	Onda (Amplitude, fase, polarização), velocidade de onda, índice de refração, emissividade, absorção, refletividade

Fonte: Silveira (2016)

Com o sensoriamento aplicados em diversas áreas da economia, principalmente na indústria, o conceito de indústria 4.0 tem se fortalecido, incentivando o investimento em equipamentos mais modernos, a adaptação de processos e de toda as interações ao longo da cadeia de suprimentos. Conforme Henriques (2021) a ideia da indústria 4.0 pode relacionar o conceito de internet das coisas neste segmento da economia, inovando no processo de manufatura de bens de consumo, e transformando as fábricas convencionais em fábricas inteligentes. Não obstante, Kagermann (et al. 2013) endossa que uma das bases da indústria 4.0 é o IoT que é capaz de conectar tanto o produto, quanto o processo, por meio de sensores inteligentes. Ainda conforme Kagermann (et al. 2013) após a filosofia da indústria 4.0, as tecnologias de IOT, *Big Data* e *analytics* possibilitaram a predizer e antecipar quebras no maquinário, motivo que causam boa parte das perdas na produção das fábricas atualmente.

2.4 Estação de tratamento de efluentes

A água é um recurso bastante aplicado nos diversos segmentos da economia, principalmente na indústria. De acordo com Pena (2022) “a atividade industrial é responsável por 22% do consumo de água no mundo”, pois é usada desde tarefas simples como a limpeza de ambientes e equipamentos, até na produção, como solvente universal ou como fluido para movimentação de partículas de contaminantes e impurezas.

Porém, após o seu uso nos processos industriais, a água passa a ser um resíduo denominado de efluente e precisa de um tratamento adequado para o seu correto descarte na natureza para de forma a não agredir o meio ambiente. As estações de tratamentos de efluentes (ETE) são os locais adequados para os procedimentos de readequação dos resíduos, estes são definidos de acordo com Davignon et al (2002) como uma estrutura projetada para tratar esgotos domésticos ou industriais, no qual o homem, através dos processos, simula ou intensifica as condições de autodepuração que ocorrem na natureza, mas dentro de uma área delimitada, onde supervisiona e exerce algum controle sobre os processos de depuração, antes de devolver o efluente tratado ao meio ambiente.

Figura 3 – Um exemplo de estação de tratamento de efluentes



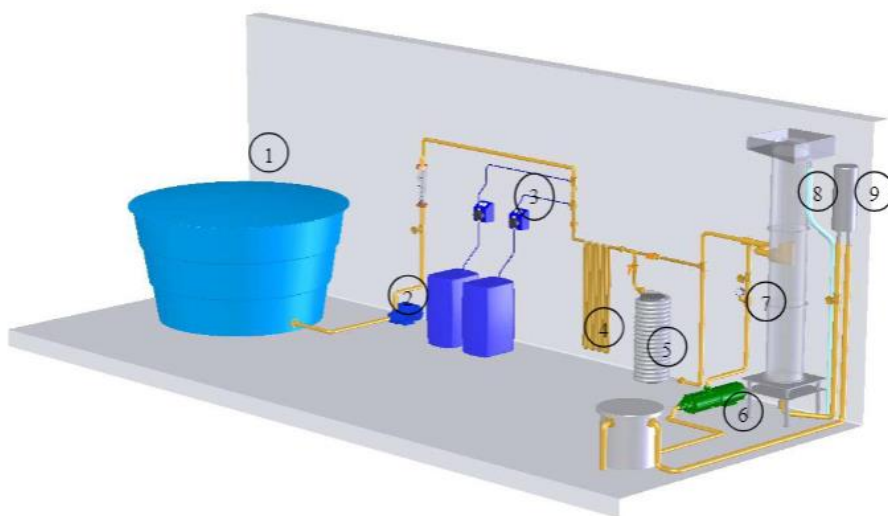
Fonte: Acervo pessoal (2022)

O objetivo do processo de readequação dos efluentes é fazer com que os resíduos atinjam os valores especificados na resolução do Conama nº 430, que trata sobre as condições e parâmetros para o lançamento de efluentes em corpos de água receptores. Os critérios fixados pela legislação ambiental segundo Brasil (2011a) de forma a permitir o descarte de efluentes, é que estes devem possuir pH entre 5 e 9, temperatura inferior a 40 °C, materiais sedimentáveis até 1 mL/L, óleos minerais até 20 mg/L, óleos vegetais e gorduras animais até 50 mg/L, ausência de materiais flutuantes e DBO com remoção mínima de 60%. Para esse processo são utilizados produtos químicos, tais como: agentes de coagulação, floculação, neutralização de pH, oxidação, redução e desinfecção em diferentes etapas dos sistemas de tratamento. (STELET et al, 2018)

2.5 Bombas dosadoras

No processo de tratamento dos resíduos industriais os produtos químicos supracitados são aplicados de forma uniforme e constante com auxílio de equipamentos como a bomba dosadora. De acordo com a definição de Sturaro (2009) as bombas dosadoras são bombas de deslocamento positivo, que pôr meio do movimento de um órgão propulsor transmite pressão ao líquido, provocando o seu deslocamento, proporcionando as condições para que se realize o escoamento na tubulação de aspiração até a bomba e na tubulação de recalque até o ponto de utilização.

Figura 4 – um esquema ilustrativo de um sistema floculação-flotação fazendo uso de uma bomba dosadora representado pelo item 3, bombeando os produtos químicos para o sistema.



Fonte: Rubio et al (2007)

Esse equipamento pode ser encontrado em vários modelos sendo empregado de acordo com a necessidade do empreendimento. "As bombas dosadoras mais utilizadas com produtos químicos são do tipo alternativa (o fluxo é pulsante), podendo ainda ser utilizadas as peristálticas e as helicoidais. As bombas alternativas trabalham com a sucção e descarga do líquido dosado por meio de válvulas a uma câmara (cabecote), através da ação de um êmbolo que avança e retrai para gerar o vácuo (sucção) e a pressão (descarga)". (Basile ([1969?], apud Legner, 2016)

2.6 Análise de viabilidade econômica

Um investimento é um emprego de recursos, seja de dinheiro, tempo, dedicação ou outros, que produza um retorno futuro. A análise de viabilidade é um processo que antecede o investimento, pois antes de fazer aplicações em um projeto é preciso saber se ele é executável.

De acordo com Hastenreiter (2013) a análise de viabilidade econômica tem por objetivo verificar se os benefícios gerados com investimento compensam os gastos realizados. Para que seja possível verificar se uma proposta é executável, é necessário fazer uso de indicadores financeiros, pois nas palavras de Bordeaux-rêgo et al (2006) estes permitem expor o grau de sustentabilidade e rentabilidade das atividades ao longo do tempo, pois devem estimar os resultados possíveis de serem alcançados, bem como os riscos inerentes ao processo.

2.6.1 Taxa interna de retorno (TIR)

Um dos indicadores econômicos da análise de viabilidade é a taxa interna de retorno (TIR), de acordo com Fleischer (1988), o TIR de uma aplicação é a taxa de juros para a qual o valor presente dos retornos financeiros do projeto é igual ao valor presente dos custos, em outras palavras, é a aquisição de uma taxa de juros que anule o valor presente do fluxo de caixa. Reforçando, Zago et al (2009), diz

que a taxa de retorno que se adquiri em um empreendimento, é feita por meio da análise projetiva de um fluxo de caixa, anulando a diferença entre as receitas e as despesas, sendo, portanto, que quando a Taxa Interna de Retorno for maior que o custo de oportunidade do capital obtido no referido projeto poderá esse indicador ser usado como referência nos processos decisórios. Samanez (2009) expressa matematicamente a condição para que o empreendimento seja viável, sendo que i^* deve ser maior que a taxa de custo de capital.

$$TIR = \{i^* \mid VPL(i^*) = 0\}$$

TIR = Taxa interna de retorno;
VPL = Valor presente líquido.

2.6.2 Payback

Todo negócio tem o seu risco, e por isso o payback, é um dos indicadores usados na análise de viabilidade econômica. De acordo com Batista (2019) esse indicador estima o tempo que leva para que os rendimentos acumulados se igualem ao investimento inicial, de forma a mostrar o tempo que o investidor levará para recuperação de sua aplicação inicial, sendo um fluxo de caixa organizado para que o cálculo seja preciso. Para Reis (2022), “quanto maior for o tempo de recuperação do investimento feito, maior é o risco e a possibilidade de prejuízo envolvida. Logo, por outro lado, quanto menor for o payback, menor é o risco e maior é a atratividade do investimento”.

O método tem como objetivo determinar o valor de t de acordo com o exposto na equação abaixo:

$$\text{Payback} = \min(t) \mid VPL(t) \geq 0$$

Caso o payback encontrado seja um período de tempo aceitável pela empresa, o projeto poderá ser aceito (GROPPELLI; NIKBAKHT, 2010).

2.6.3 Valor Presente Líquido (VPL)

O primeiro deles é o valor presente líquido (VPL), que segundo Assaf Neto e Guasti (2014) é alcançado pela subtração do valor presente das entradas de caixa e o valor presente do valor investido, ou seja, este indicador visa trazer para o presente os valores de pagamentos futuros do fluxo de caixa sendo descontado uma taxa de juros pelo capital empregado, esse encargo se chama taxa mínima de atratividade (TMA) que nas palavras de Camargo (2017) seria o valor equivalente ao mínimo que um investidor espera ganhar como retorno financeiro ou o máximo que se é proposto a pagar sobre um financiamento. O VPL é calculado pela equação abaixo:

$$VPL = \sum_{n=0}^N \frac{FCn}{(1 + TMA)^n}$$

Onde FCn representa o fluxo de caixa de cada período e TMA é a taxa mínima de atratividade, que o no caso representado é a taxa de desconto do projeto.

3. METODOLOGIA

Para uma maior familiaridade com a proposta este estudo foi baseado em uma pesquisa exploratória, iniciando-se por meio de uma pesquisa bibliográfica e verificação prévia sobre o assunto, pois busca esmiuçar a viabilidade técnica e financeira desta aplicação. Segundo Martelli et al (2020), a definição desta pesquisa se dá da seguinte forma:

A pesquisa exploratória é uma metodologia que permite ao pesquisador, encontrar a solução de problemas sobre temas que ainda são pouco conhecidos ou pouco explorados, podendo ainda utilizar-se da união de outros tipos de metodologias como, pesquisa bibliográfica, estudo de caso e entrevista, fornecendo dados qualitativos ou quantitativos para a conclusão final e permitirá um melhor conhecimento sobre o tema.

Após explicitado o método utilizado na pesquisa e a obtenção de uma melhor compreensão da necessidade para o desenvolvimento do projeto, foi realizado uma revisão teórica dos conceitos envolvidos, tanto os relativos a automação quanto ao tratamento de efluentes e seus parâmetros em face da legislação ambiental. Posteriormente foi feito uma pesquisa com objetivo de fazer coleta de informações necessárias para modelar um sistema automatizado de monitoramento do nível dos produtos químicos armazenados, com isso, foi feito o levantamento do hardware e software necessários para a implantação da ideia, definindo assim quais equipamentos mínimos são necessários para montagem da automação, e por fim, após o processo de reconhecimento do objeto pesquisado, realizou-se uma tomada de preços em sites de empresas de informática para verificar a média do custo de investimento do material necessário.

3.1 Material a ser utilizado

A pesquisa de caráter exploratório é baseada em revisão bibliográfica e tem como objetivo analisar a proposta de implementação futura do equipamento. A intenção principal é mostrar que é possível ter um controle maior sobre o processo de tratamento de efluentes por meio da automação de forma eficaz e barata, através de uma análise técnica e econômica de sistemas de monitoramento já abordados por outros trabalhos científicos. Durante o estudo bibliográfico a literatura expôs os componentes básicos para o sistema de monitoramento de nível de líquidos, percebeu-se que muitos autores usavam componentes semelhantes variando apenas em tipos de sensores, pois estes mudavam com suas aplicações. Para facilitar na tomada de preços foi escolhido a tecnologia aplicada no trabalho de Gadelha (2020), o funcionamento do sistema de monitoramento se dá com o sensor de nível de água submerso pelo líquido, após atingir o limite especificado na programação um sinal (bit) é enviado para o microcontrolador que por sua vez irá acionar a buzina ficando está ligada por no máximo 10 minutos, após esse período, caso o reservatório não tenha sido reabastecido o microcontrolador faz com que o módulo de comunicação envie um SMS (*Short Message Service*) a cada 1 hora para ao celular configurado, repetindo esse processo até o reabastecimento do reservatório.



Os componentes usados pelo o autor está citado abaixo.

Figura 5 - ESP32 WiFi / Bluetooth ESP-WROOM-32.



Fonte: Gadelha (2020)

Este componente é a peça principal do sistema de monitoramento (figura 5), pois é responsável pela a obtenção dos dados vindos do sensor de nível e de transmitir aos dispositivos sonoros ou luminosos ação programada nas situações previstas, como o tanque de produtos químicos cheio ou vazio. Como a sua plataforma eletrônica comporta a tecnologia WiFi + Bluetooth BLE + Microprocessador ESP32, ele tem muita flexibilidade para as mais diversas aplicações.

Figura 6 - Sensor de Nível de Água Lateral em Boia.



Fonte: Gadelha (2020)

O sensor de nível em boia é um componente que detecta o nível de líquido dentro do recipiente de armazenamento de líquidos, ele pode conectar uma porta digital de um microcontrolador, uma lâmpada, um alarme ou outro dispositivo. Este sensor deve ser instalado na lateral e o mais próximo do fundo do recipiente para o seu correto uso. Logo abaixo na figura 7 está a buzina de modelo buzzer simples usada como sinal sonoro.

Figura 7 - Buzzer passivo.



Fonte: Gadelha (2020)

Para a comunicação via SMS (*Short Message Service*) foi usado pelo o autor o módulo GSM SIM800L que através dos comandos programados no microcontrolador aciona este componente, enviando a notificação para o smartphone do responsável pela ETE através de um chip de telefonia móvel cadastrado.

Figura 8 – Módulo Gprs GSM SIM800L com antena.



Fonte: Gadelha (2020)

O módulo não é ligado a mesma fonte de energia do microcontrolador, o autor usa uma bateria recarregável, de 4,2 V e capacidade de 16800 mAh.

Figura 9 – Bateria recarregável (4,2 V) .



Fonte: Gadelha (2020)

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No decorrer do trabalho foi demonstrado as características de um sistema de monitoramento de nível de água com a proposta de aplicação para reservatórios de produtos químicos usados no tratamento de efluentes industriais. Na tabela abaixo, é mostrado um conjunto de preços com os valores médios encontrados no mercado entre abril e maio de 2022. Para iniciar a confecção do sistema é necessário ter o mínimo de dispositivos, como: o módulo ESP Wroom 32, para que os sensores sejam parametrizados através de software, o Sensor de Nível de Água Lateral em Boia, para acompanhar a quantidade de produtos químicos no tanque de armazenamento, o Módulo GSM SIM800L e sua Bateria recarregável para o envio de SMS, e a buzina de modelo buzzer para o alerta sonoro.

Figura 8 – Módulo Gprs GSM SIM800L com antena.

Orçamento				
Dispositivo	quantidade	Preço unitário	valor total	
Sensor de Nível de Água Lateral em Boia	1,00	R\$ 23,59	R\$	23,59
Módulo ESP32 WiFi / Bluetooth ESP-WROOM-32	1,00	R\$ 54,97	R\$	54,97
Módulo GSM SIM800L	1,00	R\$ 44,93	R\$	44,93
Bateria recarregável (4,2 V) c/ capacidade 18650 mAh	1,00	R\$ 11,27	R\$	11,27
Buzzer passivo	1,00	R\$ 12,96	R\$	12,96
TOTAL				R\$ 147,72

Fonte: Autoria própria.

4.1 Análise de viabilidade econômica

O consumo de energia elétrica tem bastante influência nos custos variáveis das empresas, principalmente no segmento da indústria. Segundo Arruda (2021) o setor industrial é o maior consumidor de energia elétrica no país, chegando a absorver quase 40% da produção energética. Neste sentido, é de suma importância o gerenciamento deste insumo no intuito de evitar gargalos financeiros para as organizações. As empresas em que atuam. O abastecimento energético das empresas e demais estabelecimentos é de responsabilidade das concessionárias, que por sua vez impõe tarifas diferenciadas para determinados perfis de consumidores de acordo com as legislações da agência nacional de energia elétrica (Aneel), sendo nas empresas atuantes na indústria imposta a tarifa branca, classificada na tabela da figura 11 como B3 demais classes. De acordo com as concessionárias, esta forma de cobrança varia de acordo com a hora do consumo. Na imagem abaixo fica ilustrada os indicadores da tarifa, sendo a tarifa ponta o valor cobrado no momento em que o consumo alcança o seu pico, o fora de ponta o período com menor demanda e o horário intermediário Sempre uma hora antes e uma hora depois do horário de ponta.

Figura 10 – horários e tarifas cobradas pela concessionária de energia



Disponível em: https://www.enel.com.br/pt-ceara/Tarifa_Branca.html. Acessado em: 19/05/2022

Quando em condições favoráveis para a produção de energia, a concessionária não acrescenta valores a mais sobre a tarifa branca, neste cenário os valores para as tarifas são cobrados de acordo com a tabela abaixo, nota-se que a tarifa ponta chega a ser mais que o dobro da tarifa fora ponta, sendo este um incentivo para que as empresas reduzam o consumo no horário de pico e diminuindo a chance de sobrecarga na rede de distribuição.

Figura 11 – preços praticados na tarifa branca pelo consumo de energia elétrica.

TARIFA DE FORNECIMENTO - TARIFA BRANCA

Tarifas Grupo B homologadas pela ANEEL

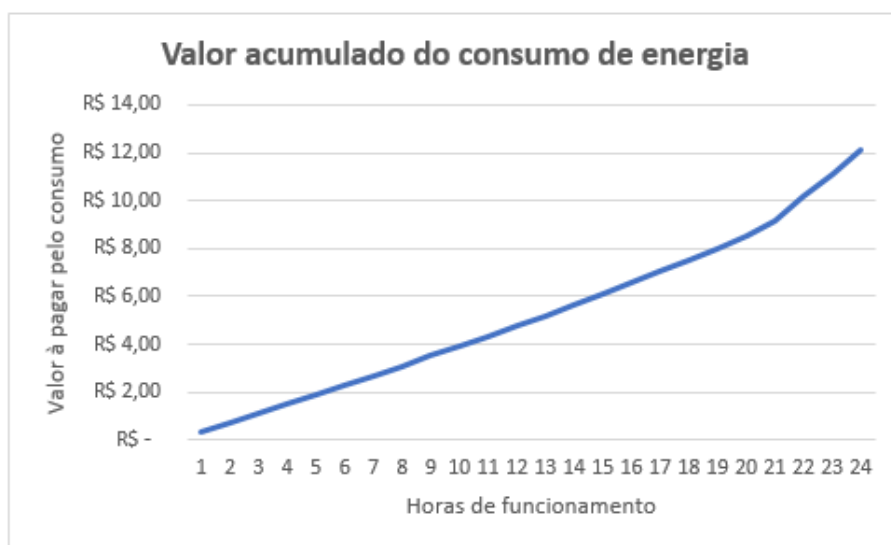
B1 - RESIDENCIAL TARIFA BRANCA	VERDE								
	kWh PT			kWh INT			kWh FP		
	TUSD	TE	TUSD+TE	TUSD	TE	TUSD+TE	TUSD	TE	TUSD+TE
TUSD + TE	1,11453	0,46727	1,5818	0,71432	0,29002	1,00434	0,3141	0,29002	0,60412

SUB-GRUPOS - B2 E B3 _OUTROS BRANCA	TARIFA	kWh PT			kWh INT			kWh FP		
		TUSD	TE	TUSD+TE	TUSD	TE	TUSD+TE	TUSD	TE	TUSD+TE
B2 - R U R A L		1,01827	0,43923	1,4575	0,65382	0,27262	0,92644	0,28938	0,27262	0,562
B2 - RURAL IRRIGANTE 8,5 horas								0,07813	0,07361	0,15174
B2 - SERV PUBLICOS IRRIGACAO		0,99660	0,42988	1,42648	0,63991	0,26682	0,90673	0,28322	0,26682	0,55004
B3 - AGUA, ESG. E SANEAMENTO		1,09626	0,45325	1,54952	0,70199	0,28132	0,98331	0,30771	0,28132	0,58903
B3 - DEMAIS CLASSES (Com, Ind e Poder Público)		1,13017	0,46727	1,59744	0,72370	0,29002	1,01372	0,31723	0,29002	0,60725

Disponível em: https://www.enel.com.br/pt-ceara/Tarifa_Branca.html. Acessado em: 19/05/2022

Nesta perspectiva é preciso avaliar o desperdício de energia causado pelo desabastecimento dos tanques de armazenamento dos produtos químicos por falta de monitoramento automatizado, pois nesta situação o equipamento, como as bombas dosadoras, fica sujeitas ao trabalho mecânico contínuo, porém sem o correto uso de sua função, que é a transferência dos químicos para a estação de tratamento de efluentes. Por não ter uma média mensurável de desperdício, o gráfico da figura 13 expõe o custo variável acumulado do consumo de energia de uma bomba dosadora por hora com base na tarifa branca.

Figura 13 – Valor acumulado do consumo de energia elétrica de uma bomba dosadora



Fonte – autoria própria

Por meio de buscas via internet foi possível observar que a maioria dos modelos de bombas dosadoras disponíveis no mercado possuem potência de 58W como característica em comum, porém, para ter uma base fixa nos custos com manutenção foi escolhido o modelo ex05/07 da fabricante exatta ilustrado na imagem abaixo.

Figura 14 – Bomba dosadora usada como referência no trabalho.



Disponível em: https://www.magazineluiza.com.br/bomba-dosadora-ex05-07-exatta/p/jheh5c7233/cj/bopi/?&seller_id=acquacontrolcomercioeservicos Acessado em: 29/05/2022

Com base no consumo de energia de uma bomba dosadora de 58W de potência, os custos acumulados diários do consumo de energia resultaram no valor de R\$ 12,11. Primeiramente foi calculado o consumo de KWh por meio da fórmula abaixo.

$$EEL = \frac{P \cdot \Delta t}{1000}$$

Na qual:

- P = potência (KW)
- Δt = intervalo de tempo de uso (horas)

Posteriormente foi feito o produto do consumo pela tarifa especificada para os determinados horários, e numa etapa seguinte foram somados todos os valores explicitados na tabela abaixo.

Figura 15 – Tabela de valores envolvendo os preços de tarifas, consumo e tempo de funcionamento.

Potência do equipamento (W)	Horas funcionando	Dias funcionando	consumo médio de energia (kWh)	Fora - ponta	Intermediária	Tarifa - ponta	Valor FP (R\$)	Valor IT (R\$)	Valor TP (R\$)
58	1	1	0,6	0,60725	1,01372	1,59744	R\$ 0,36	R\$ 0,61	R\$ 0,96
58	2	1	0,61	0,60725	1,01372	1,59744	R\$ 0,37	R\$ 0,62	R\$ 0,97
58	3	1	0,62	0,60725	1,01372	1,59744	R\$ 0,38		R\$ 0,99
58	4	1	0,63	0,60725	1,01372	1,59744	R\$ 0,38		
58	5	1	0,64	0,60725	1,01372	1,59744	R\$ 0,39		
58	6	1	0,65	0,60725	1,01372	1,59744	R\$ 0,39		
58	7	1	0,66	0,60725	1,01372	1,59744	R\$ 0,40		
58	8	1	0,67	0,60725	1,01372	1,59744	R\$ 0,41		
58	9	1	0,68	0,60725	1,01372	1,59744	R\$ 0,41		
58	10	1	0,69	0,60725	1,01372	1,59744	R\$ 0,42		
58	11	1	0,7	0,60725	1,01372	1,59744	R\$ 0,43		
58	12	1	0,71	0,60725	1,01372	1,59744	R\$ 0,43		
58	13	1	0,72	0,60725	1,01372	1,59744	R\$ 0,44		
58	14	1	0,73	0,60725	1,01372	1,59744	R\$ 0,44		
58	15	1	0,74	0,60725	1,01372	1,59744	R\$ 0,45		
58	16	1	0,75	0,60725	1,01372	1,59744	R\$ 0,46		
58	17	1	0,76	0,60725	1,01372	1,59744	R\$ 0,46		
58	18	1	0,77	0,60725	1,01372	1,59744	R\$ 0,47		
58	19	1	0,78	0,60725	1,01372	1,59744	R\$ 0,47		
TOTAL							R\$ 7,96	R\$ 1,23	R\$ 2,92
SOMA TOTAL							R\$		12,11

Fonte – Autoria própria

Portanto, majorando o cenário para o uso contínuo de uma unidade deste equipamento, mensalmente temos o valor de R\$ 368,38, podendo o número de unidades deste equipamento necessário ao tratamento de efluentes ser variável, é preciso ter controle do desperdício de energia causando pelo mau uso destes. Considerando o cenário hipotético de operação da bomba dosadora, no qual 80% do período de funcionamento se daria em horário Fora Ponta, 12% em horário de Ponta e 8% em horário intermediário, optou-se por um valor médio ponderado das tarifas no cálculo de uma estimativo mais realista ao desperdício de energia pelo uso inadequado do equipamento, pois por ser algo imprevisto e não possuir dados para embasamento, ainda assim é preciso por situações adequadas ao cotidiano no ambiente laboral.

$$T_{med} = \frac{(0,80 \cdot T_{fora\ pontas}) + (0,08 \cdot T_{intermediária}) + (0,12 \cdot T_{ponta})}{1,0}$$

Na qual:

- Tmed: valor médio da tarifa de energia (R\$/kWh);
- TFora Ponta: valor da tarifa de energia para o horário Fora Ponta, igual a R\$0,60725/kWh;
- Tintermediária: valor da tarifa de energia para o horário intermediária, igual a R\$1,01372/kWh.
- TPonta: valor da tarifa de energia para o horário Fora Ponta, igual a R\$1,59744/kWh.

4.1.1 Cenário 1

Pressupondo em que a bomba dosadora funcione sem transferir os produtos químicos 3 vezes por semana por um período de 5 horas, o valor do desperdício de energia elétrica mensal ficaria em torno de R\$ 346,11, sendo esse valor calculado através do produto entre o Tmed que ficou em 0,7585904 por 5 horas no período de 3 dias por semana e posteriormente multiplicado pelo resultado da divisão 365 dias do ano por 12 meses, para se estimar o

número de dias exatos em um mês. Obtendo as despesas com aquisição da solução e dos recursos poupados pela interrupção do desperdício elétrico, é realizada uma estimativa de fluxo de Caixa, Baseada nos seguintes pressupostos:

- Sistema de monitoramento tem o seu funcionamento constante e por consequência o seu consumo de energia é ininterrupto, sendo a economia gerada de forma concomitante;
- A taxa de juros considerada no TMA (taxa mínima de atratividade) foi a taxa de empréstimo do banco andbank S/A de 13,27% a.a, Segundo dados do banco central do período de 16/05/2022 a 20/05/2022.

figura 16 resume o fluxo de caixa considerado para o cálculo dos indicadores de viabilidade do investimento.

Figura 16 – Fluxo de caixa estimado para a solução.

Investimento inicial	R\$	147,72					Depreciação	0,80%	
TMA		1,04%							
TIR		233%							
FLUXO DE CAIXA									
MÊS	Investimento	Receita	Despesa	FCD	VALOR PRESENTE	VP ACUMULADO			
0	-R\$	147,72		-R\$	147,72	-R\$ 147,72	-R\$	147,72	
1		R\$	346,11	R\$	1,18	R\$	344,93	R\$ 341,38	R\$ 193,66
2		R\$	346,11	R\$	1,18	R\$	344,93	R\$ 337,87	R\$ 531,53
3		R\$	346,11	R\$	1,18	R\$	344,93	R\$ 334,39	R\$ 865,92
4		R\$	346,11	R\$	1,18	R\$	344,93	R\$ 330,95	R\$ 1.196,87
5		R\$	346,11	R\$	1,18	R\$	344,93	R\$ 327,54	R\$ 1.524,41
6		R\$	346,11	R\$	1,18	R\$	344,93	R\$ 324,17	R\$ 1.848,58
⏏ +									
SOMA VP'S (1 à 6)	R\$	1.996,30							
VPL	R\$	1.848,58							
PAYBACK		0,6							

Fonte – Autoria própria

No mês 0, são aplicados apenas os custos de adquirir a solução. Nos meses posteriores, é adotado a economia produzida pelo uso da automação, além de aplicado como despesa a taxa de depreciação mensal. Para que análise econômica seja possível é preciso calcular três indicadores, sendo estes já conceituados no decorrer deste trabalho, o primeiro seria o valor presente líquido (VPL), que ao ser aplicado os respectivos valores dos componentes da equação, teve como retorno R\$ 1.848,56. Já a taxa interna de retorno (TIR), de acordo com Assaf Neto e Guasti (2014), é a taxa mínima de segurança necessária para o investimento, sendo calculado pela seguinte equação:

$$0 = \sum_{n=0}^N \frac{FC_n}{(1 + TIR)^n}$$

Neste caso, o cálculo do TIR retornou um valor de 233%, sendo dessa forma um projeto atrativo já que este percentual é superior ao TMA. O payback, ou tempo de retorno é calculado pela equação abaixo:

$$PB = \frac{Inicial}{FC_{períodico}}$$

Sendo que o Inicial é o investimento aplicado na compra da solução e o FCperiódico o fluxo de caixa do período em que o investimento foi realizado. Para a situação o valor do investimento é recuperado em menos de 30 dias.

4.1.2 Cenário 2

De forma semelhante ao considerado no Cenário 1, foi estimado o valor de desperdício energético considerando que a bomba dosadora funcione sem transferir os produtos químicos 1 vez por semana por um período de 5 horas, o valor do desperdício de energia elétrica mensal ficaria em torno de R\$ 115,37, ficando o VPL em torno de R\$ 513,17 e o TIR em 75%, sendo o tempo de retorno do investimento alcançado em um mês e 9 dias.

Figura 17 – Fluxo de caixa estimado para a solução.

Investimento inicial	R\$	147,72					Depreciação	0,80%
TMA		1,04%						
TIR		75%						
FLUXO DE CAIXA								
MÊS	Investimento	Receita	Despesa	FCD	VALOR PRESENTE	VP ACUMULADO		
0	-R\$	147,72		-R\$	147,72	-R\$ 147,72	-R\$	147,72
1		R\$	115,37	R\$	1,18	R\$	114,19	R\$ 113,02
2		R\$	115,37	R\$	1,18	R\$	114,19	R\$ 111,85
3		R\$	115,37	R\$	1,18	R\$	114,19	R\$ 110,70
4		R\$	115,37	R\$	1,18	R\$	114,19	R\$ 109,56
5		R\$	115,37	R\$	1,18	R\$	114,19	R\$ 108,43
6		R\$	115,37	R\$	1,18	R\$	114,19	R\$ 107,32
SOMA VP'S (1 à 6)	R\$	660,89						
VPL	R\$	513,17						
PAYBACK		1,3						

Fonte – Autoria própria

4.1.3 Cenário 3

Por fim, no Cenário 3, foi estimado o valor de desperdício energético considerando que a bomba dosadora funcione sem transferir os produtos químicos 7 vezes por semana por um período de 5 horas. Logo, o gasto com o desbaratamento da energia elétrica mensal ficaria em torno de R\$ 807,58, ficando o VPL por volta de R\$ 4.519,36 e o TIR em 546%, tendo o payback em menos de um mês.

Figura 18 – Fluxo de caixa estimado para a solução.

Investimento inicial	R\$	147,72					Depreciação	0,80%	
TMA		1,04%							
TIR		546%							
FLUXO DE CAIXA									
MÊS	Investimento	Receita	Despesa	FCD	VALOR PRESENTE	VP ACUMULADO			
0	-R\$	147,72		-R\$	147,72	-R\$ 147,72	-R\$	147,72	
1		R\$	807,58	R\$	1,18	R\$	806,40	R\$ 798,10	R\$ 650,38
2		R\$	807,58	R\$	1,18	R\$	806,40	R\$ 789,89	R\$ 1.440,27
3		R\$	807,58	R\$	1,18	R\$	806,40	R\$ 781,76	R\$ 2.222,03
4		R\$	807,58	R\$	1,18	R\$	806,40	R\$ 773,71	R\$ 2.995,75
5		R\$	807,58	R\$	1,18	R\$	806,40	R\$ 765,75	R\$ 3.761,50
6		R\$	807,58	R\$	1,18	R\$	806,40	R\$ 757,87	R\$ 4.519,36
SOMA VP'S (1 à 6)	R\$ 4.667,08								
VPL	R\$ 4.519,36								
PAYBACK	0,8								

Fonte – Autoria própria

3. CONCLUSÕES

A gestão do consumo energético tem ganhando mais destaque à medida em que nossa sociedade busca por um modelo de economia sustentável, pois através da busca pela eficiência no uso da energia elétrica é possível amenizar as perdas nos processos de produção e consequentemente reduzir a possibilidade de crises energéticas. Neste sentido, o emprego da automação e o conceito de internet das coisas tem se mostrado uma ótima resolução de problemas ocasionando maior impacto positivo no processo produtivo por meio da comodidade, segurança e eficácia.

Neste trabalho, foi analisada a proposta de implementação de um sistema de monitoramento de nível de produtos químicos para o tratamento de efluentes, com o objetivo de reduzir o desperdício de energia elétrica e auxiliar o acompanhamento do consumo. Diante do que foi exposto no decorrer deste trabalho foi possível ver que para uma análise econômica ser bem sucedida é importante fazer uso e saber interpretar os indicadores como o TIR, VPL e o PAYBACK, sendo possível observar que a proposta mostrou-se ser possível e com retorno rápido em todos cenários. O método utilizado consistiu em comparar uma situação hipotética de desperdício de energia pelo mal uso das bombas dosadoras em função do tempo de desatenção no reabastecimento dos tanques de químicos, com o valor de aquisição da automação.

Destaca-se que houve muitos embaraços como a escassez de informações técnicas sobre a vida útil dos equipamentos e manutenções preventivas, sendo estas informações necessárias para uma análise mais condizente com a realidade. evidencia-se ainda que, a proposta do trabalho, por meio de sua metodologia, possibilitou uma melhor compreensão e dessa forma um maior conhecimento em relação ao tema trabalhado, além de idealizar uma solução a um baixo custo.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CURVELLO, André. ESP32 – Um grande aliado para o Maker IoT. 2018. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/esp32-um-grande-aliado-para-o-maker-iot/>. Acesso em: 12 abr. 2022.

SANTOS, Bruno P.. Internet das Coisas: da Teoria à Prática. In: SANTOS, Bruno P.. (Org.). Internet das Coisas: da Teoria à Prática. Bahia: Sociedade Brasileira de Computação, 2016. p. 1-329.

FACCIONI Filho, Mauro Internet das coisas: livro digital / Mauro Faccioni Filho; design instrucional Marina Cabeda Egger Moellwald. – Palhoça: UnisulVirtual, 2016

SILVA, Marcelo Santos; CEZAR, Marcos Cleve; SANTOS, Vicente Rodolfo. Uso de microcontrolador Arduino para a determinação da permeabilidade do solo. Revista Técnica Ciências Ambientais, [S.l.], v. 1, n. 1, p. 1-14, dec. 2019. Disponível em: <<http://agro.unitau.br/repositorio/index.php/rca/article/view/37>>. Acesso em: 13 mar. 2022.

PENA, Rodolfo F. Alves. "Atividades que mais consomem água"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/atividades-que-mais-consoem-agua.htm>. Acesso em 26 de março de 2022.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 430, Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 35, de 17 de março de 2005, de 13 de maio de 2011. Brasília, 2011a. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 27 mar. 2022.

STELET, Fidelis Eugenio. Proposta de automação do processo de tratamento de água em lavanderia industrial. 2018. 20 f. TCC (Graduação) - Curso de Automação e Controle, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2018.

STURARO, André Zelioli. Automação de bombas dosadoras com auxílio de controlador lógico programável. 2009. 58 f. TCC (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade São Francisco, Campinas, 2009.

RUBIO, Jorge; ZANETI, Rafael Newton; ALVARES, Cristian Lísias Albuquerque. Tratamento de águas de lavagem de ônibus via floculação-flotação avançada para reuso. In: WORKSHOP EM GESTÃO E REUSO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA, 3., 2007, Florianópolis. Florianópolis: Workshop em Gestão e Reuso de Água na Indústria, 2007. p. 1-6.

LEGNER, Carla. Bombas Dosadoras Para Produtos Químicos. Revista Tae, Santo André, v. 87, n. 1, p. 1-40, fev. 2016. Bimestral. Disponível em: <https://www.revistatae.com.br/Artigo/87/bombas-dosadoras-para-produtosquimicos>. Acesso em: 28 mar. 2022.

HASTENREITER, tainá alves. Estudo de viabilidade técnica e econômica de implantação de um projeto de reuso de água cinza para fim não potável em edificação empresarial. 2013. 151 f. v. 1, TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental., Universidade Federal do Espírito Santo, VITÓRIA, 2013.

BORDEAUX-REGO, Ricardo; PAULO, Goret Pereira; SPRITZER, Ilda Maria de Paiva; ZOTES, Luis Pérez. Viabilidade econômico-financeira de projetos. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2006. FLEISCHER, G. A. Teoria da aplicação do capital : um estudo das decisões de investimento. São Paulo: Edgard Blucher, 1988.

ZAGO, Camila Avozani; WEISE, Andreas Dittmar; HORNBURG, Ricardo André. A importância do estudo de viabilidade econômica de projetos nas organizações contemporâneas. VI CONVIBRA – Congresso Virtual Brasileiro de Administração, São Paulo, v. 1, p. 1-16, dev. 2009

SANTOS, Izabela de Oliveira. Análise de viabilidade econômica da implantação da tecnologia RFID em um armazém de uma siderúrgica. Orientador: Prof. Dr. Thiago Augusto de Oliveira Silva. 2019. 57 f. v. 1, TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de produção, Universidade Federal de Ouro Preto , João Monlevade, MG, 2019.

SAMANEZ, C. P. Engenharia econômica. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009. BATISTA, Josiane. Entenda o que é Payback e saiba como calcular. In: Flua. .. [S.l.]. 4 out. 2019. Disponível em: <https://www.flua.com.br/blog/entenda-o-que-e-payback-e-saiba-como-calculer/>. Acesso em: 4 abr. 2022. GROPELLI, A. A.; NIKBAKHT, E. Administração financeira. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2010 Kerschbaumer, Ricardo. Microcontroladores. Santa catarina, 2018. (Apostila). 52

SANTOS, jean willian; LARA JUNIOR, Renato capelin de. Sistema de automatização residencial de baixo custo controlado pelo microcontrolador ESP32 e monitorado via smartphone. Orientador: Josmar Ivanqui. 2019. 46 f. v. 1, TCC (Graduação) - Curso de Tecnólogo em Automação Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, PONTA GROSSA, 2019.

GADELHA, Thalys Menezes Cunha. Sistema para monitoramento do nível de água em recipientes de animais domésticos. 2020. 11 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Ciência da Computação, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2020.

ARRUDA, Girlane. Eficiência energética e o papel da indústria 4.0. 2021. Disponível em: <https://www.aberje.com.br/blog/eficiencia-energetica-e-o-papel-da-industria-40>. Acesso em: 19 maio 2022.

HELERBROCK, Rafael. "Cálculo do consumo de energia elétrica"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/energia-eletrica.htm>. Acesso em 24 de maio de 2022.

ASSAF NETO, Alexandre; GUASTI, Fabiano. Fundamentos de administração financeira. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2014.

REIS, Tiago. Payback: entenda como calcular o prazo de retorno de um investimento. 2022. Disponível em: <https://www.suno.com.br/artigos/payback/>. Acesso em: 20 jun. 2022

MARTINS, Estefânia. Indústria 4.0: entenda o que é e quais seus impactos no setor. 2022. Disponível em: <https://blog-pt.checklistfacil.com/industria-4-0/>. Acesso em: 21 jun. 2022.

CAMARGO, Renata Freitas de. Entenda sobre a Taxa Mínima de Atratividade: o que é, quando usar e por que pensar em TMA na hora de investir. 2017. Disponível em: <https://www.treasy.com.br/blog/taxa-minima-de-atratividade-tma/>. Acesso em: 27 jun. 2022.