



REVISTA BRASILEIRA DE MECATRÔNICA
FACULDADE SENAI DE TECNOLOGIA MECATRÔNICA

MONITORAMENTO REMOTO DE POSICIONAMENTO DE GUINDASTE DESCARREGADOR DE NAVIO NO PORTO DE SANTOS

REMOTE MONITORING OF SHIP UNLOADER CRANE POSITIONING IN THE PORT OF SANTOS

Jonatas Souza Silva ^{1,i}
Fábio Alves de Paula ^{2,ii}
Valdivan Ferreira de Souza ^{3,iii}
Osmar Correia da Costa Neto ^{4,iv}
Fábio Lobue dos Santos ^{5,v}
Sérgio Luiz da Conceição Matos ^{6,vi}
Alessandro de Lima Marreiro ^{7,vii}

Data de submissão: (14/03/2024) Data de aprovação: (16/12/2024)

RESUMO

Este estudo aborda a automação, a partir de um projeto piloto, do processo de posicionamento de guindastes descarregadores de trigo em um terminal portuário, localizado no Porto de Santos-SP, por meio da implementação de sensores fotoelétricos. O objetivo principal é avaliar a viabilidade de sua implementação e seus impactos ao processo, objetivando otimizar a eficiência operacional de carregamento e descarregamento de navios graneleiros. A pesquisa identifica como o uso de guindastes manualmente operados gera desafios, como a necessidade de um segundo operador e o aumento dos riscos de acidentes. A solução proposta envolve a instalação de um sensor fotoelétrico na calha de carregamento do guindaste, permitindo o alinhamento preciso com as gavetas de recepção de grãos. Os resultados prévios, demonstraram uma melhora significativa na eficiência do processo, eliminando a necessidade de um segundo operador. Desta forma, este estudo destaca a importância da automação na melhoria da eficiência portuária, com potencial de aplicação em outras áreas do setor industrial.

¹ Tecnólogo em Automação Industrial pela Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica - Unidade Vinculada de Santos, e-mail: jonatas.souza90@gmail.com

² Tecnólogo em Automação Industrial pela Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica - Unidade Vinculada de Santos, e-mail: fabio_alves_05@hotmail.com

³ Tecnólogo em Automação Industrial pela Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica - Unidade Vinculada de Santos, e-mail: valdivansouzaf@gmail.com

⁴ Tecnólogo em Automação Industrial pela Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica - Unidade Vinculada de Santos, e-mail: osmarneto1302@gmail.com

⁵ Consultor em Tecnologia da Escola SENAI de Santos, e-mail: fabio.lobue@sp.senai.br

⁶ Professor de Educação Superior da Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica - Unidade Vinculada de Santos, e-mail: sergio.lmatos@sp.senai.br

⁷ Professor de Educação Superior da Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica - Unidade Vinculada de Santos, e-mail: alessandro.marreiro@sp.senai.br

Palavras-chave: automação portuária; guindastes descarregadores; sensores fotoelétricos; Porto de Santos; eficiência operacional.

ABSTRACT

This study addresses the automation, based on a pilot project, of the process of positioning wheat unloading cranes in a port terminal located in the Port of Santos-SP, through the implementation of photoelectric sensors. The main objective is to evaluate the feasibility of its implementation and its impacts on the process, aiming to optimize the operational efficiency of loading and unloading bulk carriers. The research identifies how the use of manually operated cranes generates challenges, such as the need for a second operator and the increased risk of accidents. The proposed solution involves the installation of a photoelectric sensor on the crane's loading chute, allowing precise alignment with the grain receiving drawers. Preliminary results have demonstrated a significant improvement in process efficiency, eliminating the need for a second operator. Thus, this study highlights the importance of automation in improving port efficiency, with potential for application in other areas of the industrial sector.

Keywords: Port automation; unloading cranes; photoelectric sensors, Port of Santos, operational efficiency.

1 INTRODUÇÃO

As operações de descarga de navios nos portos brasileiros, particularmente aquelas envolvendo graneis sólidos tais como o trigo, soja e milho, são comumente caracterizadas por diversos desafios operacionais. Somente no Porto de Santos – o qual é considerado o maior porto da América Latina (Galetti *et al.*, 2022) – no mês de outubro de 2024, a movimentação de soja atingiu 27,8 milhões de toneladas impulsionando uma movimentação histórica recorde para o mês (Brasil, 2024).

Tal volume de movimentação de cargas, tende a aumentar a complexidade de suas operações logísticas, sendo que, neste contexto, soluções inovadoras tais como sensores inteligentes (Triska *et al.*, 2024) e sistemas de automação (Li, 2024) apresentam um grande potencial de otimização das atividades logísticas portuárias, podendo vir a trazer ganhos tanto em eficiência como sustentabilidade, haja vista a crescente demanda por operações mais ágeis e seguras.

Desta forma, a utilização de soluções tecnológicas as quais objetivem melhorar a eficiência operacional em zonas portuárias têm sido amplamente discutida, sendo que, neste contexto, o processo de automação surge para mitigar, entre outros, desafios relacionados à produtividade e à segurança, especialmente em relação às atividades ainda realizadas manualmente (Bruzzone *et al.*, 2024).

Neste contexto, é de notório saber que grande parte do volume de cargas movimentadas nas regiões portuárias, são realizadas por guindastes, sendo estes equipamentos de elevação e movimentação de cargas, os quais desempenham um papel crucial não somente na zona portuária, como também em vários setores industriais (Klodawski *et al.*, 2024).

Não obstante o avanço tecnológico obtido, tais equipamentos ainda são operados de forma manual onde, devido à visibilidade limitada do operador na cabine do guindaste, para

o seu correto posicionamento sobre as gavetas da esteira de descarga exige-se a intervenção de um segundo operador, sendo que tal dependência de intervenção humana, geralmente ocasiona atrasos nas operações de carga e descarga, aumentando o tempo de inatividade operacional e, conseqüentemente, os custos logísticos.

Neste sentido, este trabalho objetiva apresentar uma otimização automatizada para o problema de posicionamento de guindastes em áreas portuárias, a partir da integração de sensores fotoelétricos ao sistema de operações. Assim, acredita-se que com a implementação de tal sistema, haja um aumento na eficiência e segurança do processo de descarga de navios de graneis sólidos.

1.1 Problema de pesquisa

Verifica-se uma lacuna de pesquisas científicas relacionadas àquelas as quais objetivem o aumento da eficiência e segurança do processo de carregamento e descarregamento de navios graneleiros nos portos brasileiros, em especial o Porto de Santos, visando reduzir a dependência de recursos humanos nas operações logísticas manuais.

Em se tratando de operações de posicionamento de guindastes para a movimentação de cargas, sendo este atualmente um processo manual, a exigência da presença de um segundo operador, o qual oriente o seu correto posicionamento, introduz riscos adicionais de erro humano advindos, por exemplo, de ruídos no processo de comunicação entre os operadores.

Além disso, a ausência de um sistema automatizado pode resultar em um desperdício de tempo operacional bem como o de produtos, especialmente em operações de alta demanda produtiva. Em um cenário de grande movimentação, como ocorre no Porto de Santos, tal problemática é amplificada pela demanda por maior agilidade nas operações e pelo menor espaço de tempo possível de permanência dos navios atracados. Assim, a investigação de soluções tecnológicas as quais minimizem tais impactos, torna-se essencial para o aumento da competitividade e sustentabilidade financeira das operações portuárias brasileiras.

1.2 Objetivos

Este estudo tem como objetivo, avaliar a viabilidade da implementação de um sistema automatizado de sensores fotoelétricos com detecção refletiva, para o posicionamento de guindastes no processo de carga e descarga de navios graneleiros em um terminal do Porto de Santos, bem como identificar os possíveis impactos operacionais advindos a partir da implementação da solução proposta.

1.3 Justificativa

A ausência de novas tecnologias e de processos automatizados, pode vir a se tornar um problema operacional crítico, afetando diretamente a eficiência e a competitividade das operações portuárias brasileiras, especialmente no Porto de Santos, o qual desempenha um importante papel no cenário econômico nacional e internacional, sendo responsável por uma parcela significativa das exportações de grãos do país (Correia *et al.*, 2024). Nesse contexto, gargalos operacionais, tal como o posicionamento manual de guindastes, exigem a introdução imediata de recursos tecnológicos inovadores, ou mesmo adaptações em processos consolidados em outros setores.

Ademais, a crescente automatização do Porto de Santos, posiciona-o junto às tendências globais de digitalização e automação de processos logísticos, contribuindo para o fortalecimento de sua posição como hub estratégico no comércio internacional.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Guindastes

Guindastes são equipamentos essenciais para a elevação e movimentação de cargas, desempenhando um papel estratégico em diversos setores industriais, sendo fundamentais para operações as quais demandem o manuseio eficiente de materiais pesados, contribuindo diretamente para o aumento da produtividade (Silva, 2015). Em operações portuárias por exemplo, tal equipamento é amplamente utilizado para a movimentação de grãos, devido à sua capacidade de manusear grandes volumes de carga (Delovic, 2024).

São considerados equipamentos móveis os quais podem ser montados sobre diferentes tipos de suportes, como esteiras, pneus de borracha ou estruturas hidráulicas. Dentre os tipos mais comuns, destacam-se o guindaste hidráulico (Hydraulic Truck Cranes), o guindaste terrestre (All Terrain Cranes), o guindaste para terrenos irregulares (Rough Terrain Cranes) e o guindaste sobre esteiras (Crawler Cranes) (Franco, 2015).

Em relação à sua constituição, os guindastes são geralmente compostos por uma sala de máquinas a qual abriga os componentes mecânicos responsáveis por sua operação tal como o motor, o qual permite o levantamento e o transporte de cargas, e a sala de máquinas, a qual é considerada o núcleo funcional do guindaste (Sitompul, 2022). Outro componente essencial do guindaste é a sua lança, geralmente construída em treliça tubular. Essa estrutura, além de proporcionar resistência e durabilidade, possibilita ao equipamento alcançar grandes alturas e distâncias, sendo ideal para condições operacionais robustas (Yanbin *et al.*, 2023).

Apesar de sua popularidade no setor portuário, os guindastes possuem ampla aplicabilidade também em outros segmentos, tal como na construção civil, onde são utilizados no levantamento e deslocamento de materiais pesados (Zhu *et al.*, 2023). Além disso, os guindastes podem ser adaptados com diferentes ferramentas e acessórios, tornando-os altamente versáteis e aptos a atender a uma variedade de demandas (Shringiet *et al.*, 2023). Desta forma, sejam em operações portuárias ou em outros segmentos, os guindastes consolidam-se como instrumentos indispensáveis em inúmeras atividades industriais.

2.2 Sensores fotoelétricos

Sensores fotoelétricos são dispositivos amplamente versáteis, utilizados na detecção de objetos em seu campo de atuação por meio da interação com a luz (Zhao *et al.*, 2024). São dispositivos geralmente compostos por dois componentes fundamentais: um transmissor o qual é responsável pela emissão de um feixe luminoso e um receptor, sendo este projetado para captar a luz incidente (Wu *et al.*, 2024).

O transmissor, geralmente constituído por um LED, emite um feixe contínuo de luz que pode ser interrompido ou refletido por objetos no ambiente de detecção. Já o receptor, sensível à luz, detecta variações na intensidade luminosa causadas pela presença de objetos que bloqueiam ou redirecionam o feixe. Essa alteração na luz recebida é convertida em um sinal elétrico, possibilitando assim a identificação precisa de mudanças no ambiente monitorado (Liu, 2024).

No contexto portuário, os sensores fotoelétricos são aplicados, por exemplo, no controle de movimentação de contêineres, garantindo que estes estejam corretamente

alinhados antes de serem levantados ou movidos, ao detectar a posição exata dos contêineres. Além disso, esses sensores podem monitorar o posicionamento de guindastes para evitar colisões, contribuindo para operações mais seguras e eficientes (Briguglio *et al.*, 2024).

Além de aplicações em zonas portuárias, tais sensores são amplamente utilizados em outras áreas, como, por exemplo, na segurança industrial, monitorando a presença de pessoas ou veículos em zonas de risco, a fim de prevenir acidentes (Minardo *et al.*, 2023). Além disso, registros de aplicações no controle de qualidade inspecionando produtos a fim de assegurar o atendimento à padrões pré-estabelecidos, bem como em sua classificação, contribuindo para a separação com base em características ópticas, como cor ou dimensões, podem ser observadas na literatura especializada (Butt *et al.*, 2024).

Desta forma, por sua alta precisão, confiabilidade e versatilidade, os sensores fotoelétricos são indispensáveis em diversos setores da cadeia produtiva. Seja na automação de processos, na segurança, no controle de qualidade ou no monitoramento de níveis, esses dispositivos contribuem para operações mais eficientes, seguras e alinhadas às demandas tecnológicas contemporâneas.

2.3 Sistema de automação

É de notório saber que a automação industrial desempenha um papel cada vez mais indispensável em diversos setores, incluindo as operações portuárias.

De acordo com Dui *et al* (2023), os sistemas automatizados são essenciais para otimizar processos industriais, aumentando a eficiência e a precisão das operações. Esses sistemas são projetados a fim de realizar tarefas repetitivas e complexas, de forma consistente e com um grau de precisão o qual supera as operações realizadas manualmente.

No ambiente portuário, onde a movimentação de grandes volumes de carga exige rapidez e exatidão, o investimento em automação de um processo, se destaca como uma solução estratégica para melhorar a produtividade e reduzir custos.

Além de otimizar a precisão operacional, os sistemas automatizados também tendem a aumentar segurança no local de trabalho (Arana-landín *et al.*, 2023). Neste sentido, quando, por exemplo, o posicionamento do guindaste é feito manualmente, há uma maior exposição ao risco de acidentes advindos de falha humana, dado a necessidade de comunicação constante entre os operadores. A automação não apenas reduz esta necessidade de coordenação humana direta, como também a probabilidade de falhas de comunicação e movimentos incorretos, propiciando assim, um ambiente de trabalho com uma menor margem de erros operacionais.

Outro benefício a ser mencionado em um processo automatizado, diz respeito à redução dos custos operacionais, na medida em que sistemas automatizados podem operar continuamente e com alta precisão, é possível observar a diminuição do tempo de inatividade de máquinas, bem como a necessidade de horas extras de trabalho operacional, os quais geralmente são comuns em operações portuárias (Arana-landín *et al.*, 2023).

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa foi desenvolvida tendo como base, características intrínsecas a um projeto-piloto, em um terminal portuário localizado no Porto de Santos, Litoral de São Paulo.

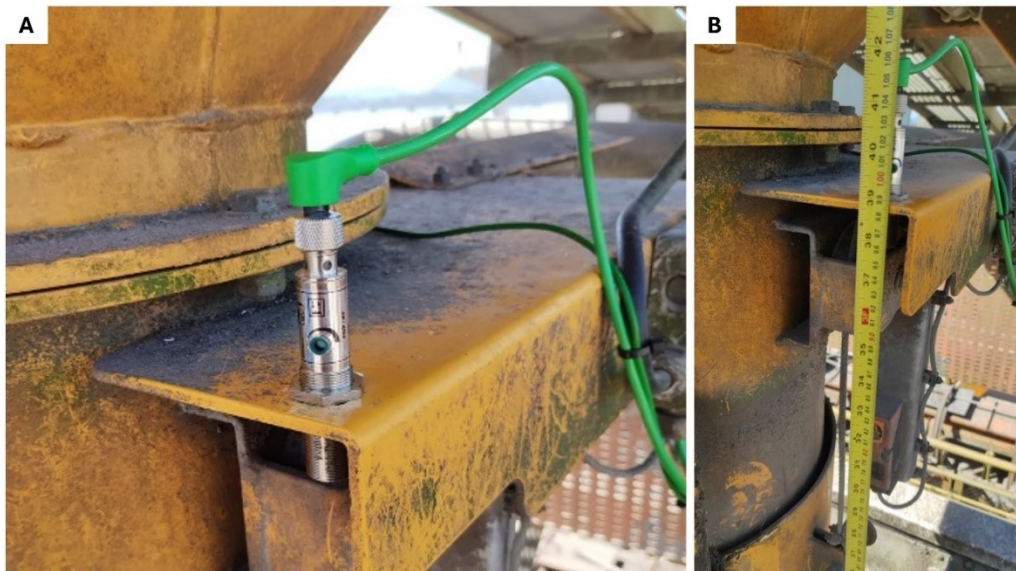
O guindaste utilizado neste estudo, foi fabricado pela VIGAN®, modelo NIV 300, o qual possui um sistema de sucção composto por uma sala de máquinas que abriga os

componentes mecânicos, além de uma lança tubular a qual suporta os tubos de sucção.

O processo de descarregamento de trigo no terminal portuário, inicia-se com a aspiração do grão por uma turbina, a qual direciona o material para um reservatório. Após, o trigo é dosado por uma válvula rotativa sendo então transportado até o guindaste, através de uma esteira aérea por meio de uma calha de carregamento conectada. A esteira é equipada com gavetas as quais se abrem remotamente, permitindo assim a transferência dos grãos para os silos de recepção.

Para o monitoramento do posicionamento automatizado do guindaste, foi utilizado um sensor fotoelétrico do fabricante SENSE®, modelo OR2K-18GL70-A2-V1-J. Na Figura 1 é possível observar o aspecto do sensor, bem como do seu local de instalação. Sua instalação deu-se na estrutura da calha de carregamento do guindaste, a uma distância aproximada de um metro das gavetas da esteira. De acordo com os dados do fabricante, o alcance da leitura do sensor é de até dois metros, sendo que fitas refletivas foram instaladas nas gavetas, a fim de otimizar seu alcance de leitura (Figura 2).

Figura 1 – Aspecto do local da instalação do sensor fotoelétrico na calha do carregamento do guindaste (A). Perspectiva da distância entre a calha e a gaveta (B).



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 2 – Fitas refletivas instaladas nas gavetas da esteira.



Fonte: Elaborado pelos autores

A operação do sistema automatizado do guindaste inicia-se no momento em que o guindaste, em movimento, estiver alinhado com a fita refletiva. A fim de que haja a máxima precisão no alinhamento de seu posicionamento, torna-se necessário que o sensor fotoelétrico apresente um tempo de resposta próximo ao instantâneo, possibilitando ao operador visualizar o sinalizador luminoso, o qual indicará o alinhamento correto da posição do guindaste.

O tempo de resposta do modelo de sensor utilizado nesta pesquisa, conforme o datasheet do fabricante, é inferior a 20 ms, o que garante uma atuação rápida e dentro das tolerâncias operacionais. Durante os testes realizados, verificou-se que o tempo entre a ativação do sensor e a ação do operador foram satisfatórios.

Geralmente, um sensor fotoelétrico possui dois contatos de ligação: um normalmente aberto (NA) e outro normalmente fechado (NF). Neste estudo, optou-se pela utilização do contato NF para indicar o correto posicionamento do guindaste. A esteira utilizada neste trabalho, possui 20 gavetas, sendo que sua operação só é possível com, no máximo, duas gavetas abertas, sendo estas controladas remotamente pela sala de controle operacional. As fitas refletivas foram posicionadas abaixo da tampa das gavetas permitindo assim, que o sensor apenas atue quando a gaveta correta estiver aberta (Figura 3).

Figura 3 – Fita refletida coberta pela tampa da gaveta da esteira.

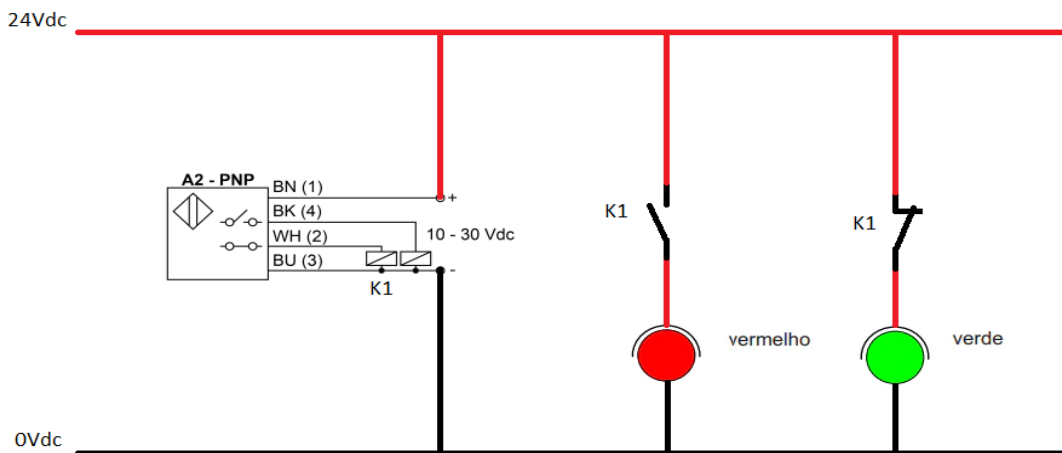


Fonte: Elaborado pelos autores

O sistema de controle foi configurado de modo a acionar um relé auxiliar, o qual comuta seus contatos NA e NF, ativando um sinalizador luminoso. Este sinalizador segue o padrão, comumente utilizado composto por duas cores: vermelho para indicar que o guindaste não está posicionado corretamente e verde para indicar o correto posicionamento. O semáforo foi instalado na parte frontal do equipamento, visando uma melhor visualização pelo operador. Na Figura 4 é possível ver o diagrama elétrico desenvolvido para o sistema de controle automatizado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Figura 4 – Diagrama elétrico para ligação do sensor, relé e semafórico.



Fonte: Elaborado pelos autores

A precisão no posicionamento do guindaste é fundamental para evitar o derramamento de trigo fora da esteira, o que frequentemente resulta em grandes perdas de produto, bem como em uma problemática ambiental para o terminal portuário. O sensor fotoelétrico selecionado para esta aplicação demonstrou-se adequado, considerando a sua fácil instalação, manutenção e possibilidade de ajustes.

Após a implementação do sistema automatizado, observou-se uma otimização significativa na logística operacional, uma vez que o sistema automatizado eliminou a necessidade de um colaborador adicional, bem como o monitoramento manual.

A Tabela 1 apresenta os dados coletados durante os testes amostrais, realizados após a implementação do sistema automatizado, destacando as margens de erro observadas no posicionamento do guindaste. Esses resultados demonstram que o sistema implementado atende às expectativas de precisão e eficiência, mantendo os erros de posicionamento dentro dos limites toleráveis para o processo.

Tabela 1 – Testes realizados por amostragem.

GAVETAS	04	07	10	13
ESQ. – DIR.	12mm	0,5mm	15mm	0,9mm
DIR. – ESQ.	0,9mm	0,7mm	11mm	1x5mm
ESQ. – DIR.	14mm	0,9mm	13mm	13mm
DIR. – ESQ.	15mm	1,0mm	08mm	17mm
ESQ. – DIR.	0,8mm	0,6mm	18mm	12mm
DIR. – ESQ.	0,7mm	11mm	10mm	14mm

Fonte: Elaborado pelos autores

5 CONCLUSÃO

Este estudo buscou apresentar, de forma pioneira, uma solução simples para um problema operacional enfrentado há décadas, durante a descarga de navios graneleiros no porto de Santos-SP. A implementação de um sensor fotoelétrico na estrutura da calha de carregamento do guindaste permitiu um posicionamento preciso do guindaste, eliminando a necessidade de um segundo operador e melhorando significativamente a eficiência do processo.

A solução proposta não só resolveu um problema operacional, como também trouxe benefícios adicionais significativos observados, tais como a redução do tempo de parada no processo logístico, o que pode vir a resultar em uma economia substancial ao terminal portuário em estudo.

Embora a solução atual tenha se mostrado eficaz, há ainda lacunas para melhorias e inovações futuras. A instalação de um segundo sensor fotoelétrico para redundância, a substituição das fitas reflexivas por espelhos prismáticos e a redução da calha de carregamento do guindaste são algumas das melhorias potenciais que podem ser exploradas

futuramente. Essas melhorias contínuas são essenciais para manter a eficiência operacional e a competitividade no dinâmico setor portuário.

REFERÊNCIAS

- ARANA-LANDÍN, G. et al. Assessing the influence of Industry 4.0 technologies on occupational health and safety. **Heliyon**, v. 9, n. 3, p. e13720, mar. 2023.
- BRIGUGLIO, G.; CRUPI, V. Review on sensors for sustainable and safe maritime mobility. **Journal of Marine Science and Engineering**, v. 12, n. 2, p. 353, 19 fev. 2024.
- BRUZZONE, A. G. et al. Promoting Safety, security, awareness and productivity in port plants. **Procedia Computer Science**, v. 232, p. 358–367, 2024.
- BUTT, M. A.; MATEOS, X.; PIRAMIDOWICZ, R. Photonics sensors: a perspective on current advancements, emerging challenges, and potential solutions (Invited). **Physics Letters A**, v. 516, p. 129633, ago. 2024.
- CORREIA, P. F. *et al.* Impacts of brazilian green coffee production and its logistical corridors on the international coffee market. **Logistics**, v. 8, n. 2, p. 39, 9 abr. 2024.
- ĐELOVIĆ, D. Criticality analysis of a sea port`s shore cranes using analytic hierarchy process method. **The Open Transportation Journal**, v. 18, n. 1, p. e26671212293095, 29 maio 2024. Disponível em:
<https://opentransportationjournal.com/VOLUME/18/ELOCATOR/e26671212293095/FULLTEXT/>. Acesso em: 10 jun. 2024.
- DUI, H. *et al.* Cost-based preventive maintenance of industrial robot system. **Reliability Engineering & System Safety**, v. 240, p. 109595, dez. 2023.
- FRANCO, A. D. J. **Segurança do trabalho na movimentação de carga em canteiros de obras: Aplicação do método FS/QCA**. 2015. (Dissertação de mestrado) – Universidade Federal da Bahia Escola Politécnica - UFBA, Salvador, 2015. Disponível em:
<https://ppec.ufba.br/files/Dissertação%20Aydil%20de%20Jesus%20Franco%20Copy.pdf>. pdf. Acesso em: 10 jun. 2024.
- GALETTI, M. *et al.* Mammals in São Paulo State: diversity, distribution, ecology, and conservation. **Biota Neotropica**, v. 22, n. spe, p. e20221363, 2022. Disponível em:
<https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2022-1363> . Acesso em: 10 jun. 2024.
- BRASIL. Ministério de Portos e Aeroportos. **Porto de Santos alcança maior movimentação de cargas em outubro de 2024 na história**. 25 novembro 2024. Disponível em:
<https://www.gov.br/portos-e-aeroportos/pt-br/assuntos/noticias/2024/11/porto-de-santos-alcanca-maior-movimentacao-de-cargas-em-outubro-de-2024-na-historia#:~:text=O%20Porto%20de%20Santos%20alcançou,o%20mesmo%20período%20de%202023>. Acesso em: 05 dez. 2024.

KŁODAWSKI, M.; JACHIMOWSKI, R.; CHAMIER-GLISZCZYŃSKI, N. Analysis of the overhead crane energy consumption using different container loading strategies in urban logistics hubs. **Energies**, v. 17, n. 5, p. 985, 20 fev. 2024.

LI, Xiang. Trends and prospects of port digital transformation. **Highlights in Business, Economics and Management**, v. 24, p. 227–233, 2024. DOI: [10.54097/fqpgy243](https://doi.org/10.54097/fqpgy243). Disponível em: <https://drpress.org/ojs/index.php/HBEM/article/view/15998>. Acesso em: 05 dez. 2024.

LIU, N. Photoelectric detection technology utilizing communication remote sensing image data. **Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics**, v. 19, n. 2, p. 136–143, fev. 2024.

MINARDO, A. *et al.* innovative photonic sensors for safety and security, part I: fundamentals, infrastructural and ground transportations. **Sensors**, v. 23, n. 5, p. 2558, 25 fev. 2023.

SHRINGI, A. *et al.* Safety in Off-Site Construction: Simulation of Crane-Lifting Operations Using VR and BIM. **Journal of Architectural Engineering**, v. 29, n. 1, p. 04022035, mar. 2023.

SILVA, M. D. D. **Projeto conceitual de uma grua de bandeira para movimento de carga nas indústrias de cimento**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – UFERSA, Caraúbas, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/items/cb19749b-7395-48b1-8842-fbffa9841084>. pdf. Acesso em: 15 dez. 2024.

SITOMPUL, T. A. The impacts of different work locations and levels of automation on crane operators' experiences: a study in a container terminal in Indonesia. Proceedings of the 34th Australian Conference on Human-Computer Interaction. *In*: OZCHI '22: AUSTRALIAN CONFERENCE ON HUMAN-COMPUTER INTERACTION, 34., Canberra ACT Australia: ACM, 29 nov. 2022. [Proceedins...]. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3572921.3572941>. Acesso em: 15 dez. 2024

TRISKA, Y. *et al.* Smart port terminals: conceptual framework, maturity modeling and research agenda. **Maritime Policy & Management**, v. 51, n. 2, p. 259–282, 17 fev. 2024.

VIGAN. **NIV 300**. Porto de descarga de grãos. Disponível em: <https://www.agriexpo.online/pt/prod/vigan/product-176805-136065.html>. Acesso em: 15 dez. 2024.

WU, L. *et al.* Self-powered photoelectric sensors based on hydrogel diodes doped with photoacid. **Chemical Engineering Journal**, v. 489, p. 151215, jun. 2024.

YANBIN, X. *et al.* Research on optimization of crane fault predictive control system based on data mining. **Nonlinear Engineering**, v. 12, n. 1, p. 20220202, 9 jan. 2023.

ZHAO, G. *et al.* Application of photoelectric conversion technology in photoelectric signal sampling system. **Archives of Computational Methods in Engineering**, 30 abr. 2024.

ZHU, A.; ZHANG, Z.; PAN, W. Technologies, levels and directions of crane-lift automation in construction. **Automation in Construction**, v. 153, p. 104960, set. 2023.

Sobre os Autores:

ⁱ Jonatas Souza Silva



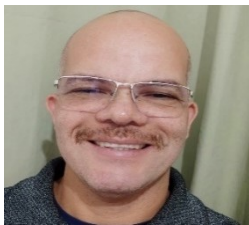
Tecnólogo em Automação Industrial (SENAI / 2023). Técnico em Eletrotécnica (ETEC Aristóteles Ferreira / 2012). Possui experiência como técnico em manutenção elétrica, com ênfase em máquinas do setor portuário. Atualmente ocupa o cargo de Técnico em Automação na empresa Moinho Paulista SA. <https://orcid.org/0009-0000-8043-5888>.

ⁱⁱ Fábio Alves de Paula



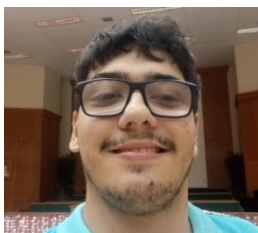
Graduação como Tecnólogo em Automação Industrial pela Faculdade SENAI. Técnico em Automação Industrial pelo CEFET. Tem experiência na área técnica em instrumentação, com ênfase em manutenção, projetos e startup em sistema de automação do setor químico, petroquímico, gás e energia. Atualmente é fiscal técnico de campo. <https://orcid.org/0009-0005-2753-7312>.

ⁱⁱⁱ Valdivan Ferreira de Souza



Graduação em Tecnologia em Automação Industrial pela Faculdade SENAI. Técnico em Operador de Processo Químico e Petroquímico pela Escola Técnica Circuito. Técnico em desenho da Construção Civil pela ETEC-SP. Técnico de Educação pela ETEC-SP. Profissional com experiência em operações com granéis líquidos e químicos, máquinas e caldeiras. <https://orcid.org/0009-0001-3330-5359>.

^{iv} Osmar Correia da Costa Neto



Possui Graduação em Tecnologia em Automação Industrial pela Faculdade SENAI de Tecnologia de Santos. Cursando Engenharia de Controle e Automação, a Pós-Graduação em Automação Industrial pela Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica, e o Técnico de Instrumentação pelo Senai de Santos. <https://orcid.org/0009-0001-4207-7036>.

v Fábio Lobue dos Santos

Possui mestrado em tecnologia nuclear pelo IPEN - USP (2023), pós-graduação em Programa especial formação pedagógica pela Universidade do Sul de Santa Catarina (2007) e graduação em Engenharia eletrônica pela Universidade Santa Cecília (1999). Atualmente trabalha no núcleo de tecnologia Senai de Santos. <https://orcid.org/0000-0003-3841-8296>.

vi Sérgio Luiz da Conceição Matos

Possui mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Santa Cecília (2018), graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade do Vale do Paraíba (2002), Pós-graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Santa Cecília (2010) e Licenciatura em Física pela UNIMES. <https://orcid.org/0000-0002-5595-3947>.

vii Alessandro de Lima Marreiro

Mestre em Engenharia Mecânica, especialista em formação em EAD e em gestão empresarial, possui graduação em Tecnologia em Processamento de Dados. Atualmente é especialista em TI e professor universitário na Faculdade SENAI. Tem sólida experiência na área de Tecnologia de Informação e Docência. <https://orcid.org/0000-0002-3149-1354>.