

REVISÃO DO PANORAMA MUNDIAL DE EMPILHADEIRAS INDUSTRIAIS: PROSPECÇÃO E MODELAGEM

Maria Julia Novaes Cerqueira¹; Luiggi Cavalcanti Pessoa²; Pedro Becker Pozzi³

¹ Graduando em Engenharia Elétrica; maria.cerqueira@fbter.org.br

² Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador - BA; luiggi.pessoa@fieb.org.br

³ Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador - BA; pedropozzi@fieb.org.br

RESUMO

Este estudo investiga a questão dos acidentes de trabalho no Brasil relacionados às empilhadeiras industriais e explora como as tecnologias emergentes podem ser empregadas para aprimorar a segurança ocupacional nesse segmento de máquinas. Foram analisadas 282 patentes tecnológicas usando as plataformas Espacenet, Excel 365 e OriginPro 8.1, identificando seis tendências tecnológicas e uma modelagem matemática a partir da função BiDoseResp. Além disso, o ciclo de vida tecnológico das inovações foi robustamente modelado e previsto através da aplicação da função sigmoideal Bidoseresp. Esse modelo revelou um crescimento significativo em direção à maturidade tecnológica. Esses resultados têm implicações importantes para empresas emergentes e investidores, indicando não só novas oportunidades para o desenvolvimento de tecnologias de segurança no trabalho e prevenção de acidentes, como também indicadores da transição digital nas cadeias produtivas globais.

PALAVRAS-CHAVE: empilhadeiras; curva S de inovação; modelagem; saúde ocupacional.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é signatário da agenda 2030 das Nações Unidas o qual preconiza, para o Objetivo de Trabalho Decente, a promoção de ambientes laborais seguros para todos os trabalhadores. Entretanto, considerando o G-20, o Brasil possui o segundo maior número de acidentes de trabalho, sendo um dado ainda alarmante. Segundo o Observatório Digital de Saúde e Segurança do Trabalho, entre 2012 e 2021, 15% dos acidentes registrados foram em decorrência de máquinas e equipamentos.¹ Neste contexto, destacam-se os operadores de empilhadeiras, com uma média de 200 ocorrências mensais, e armazenistas, com uma média de 270 ocorrências mensais:

Em função da lacuna literária acerca das especificidades técnicas de empilhadeiras, junto a sua relevância na segurança do trabalho industrial e em diversos segmentos empresariais, o objetivo desta pesquisa foi mapear, mundialmente, tendências tecnológicas, analisando os principais mecanismos tecnológicos existentes (i.e., *safety wearables*). A prospecção realizada neste trabalho, com a caracterização do ciclo de vida tecnológico, almeja auxiliar as empresas nascentes nessas tecnologias, além de reduzir os riscos de investimento nessa nova área paradigmática.

2. METODOLOGIA

Para obtenção dos dados de pesquisa, foram utilizadas três principais plataformas: Espacenet, Excel 365 e OriginPro 8.1. Na primeira plataforma, foram extraídos os 282 resultados das patentes tecnológicas referentes à tabela de escopo do estudo (códigos escolhidos: SENSOR, B66F9/06 e SAFETY); já a segunda foi responsável por armazenar os dados retirados das patentes (e.g., sensor e classificação). A variável sensores foi obtida pela leitura dos resumos disponíveis no Espacenet, já a variável classificação é de autoria própria. Esta última é resultado da análise individual do objetivo principal de cada patente (mineração de texto) e originou seis tendências tecnológicas.

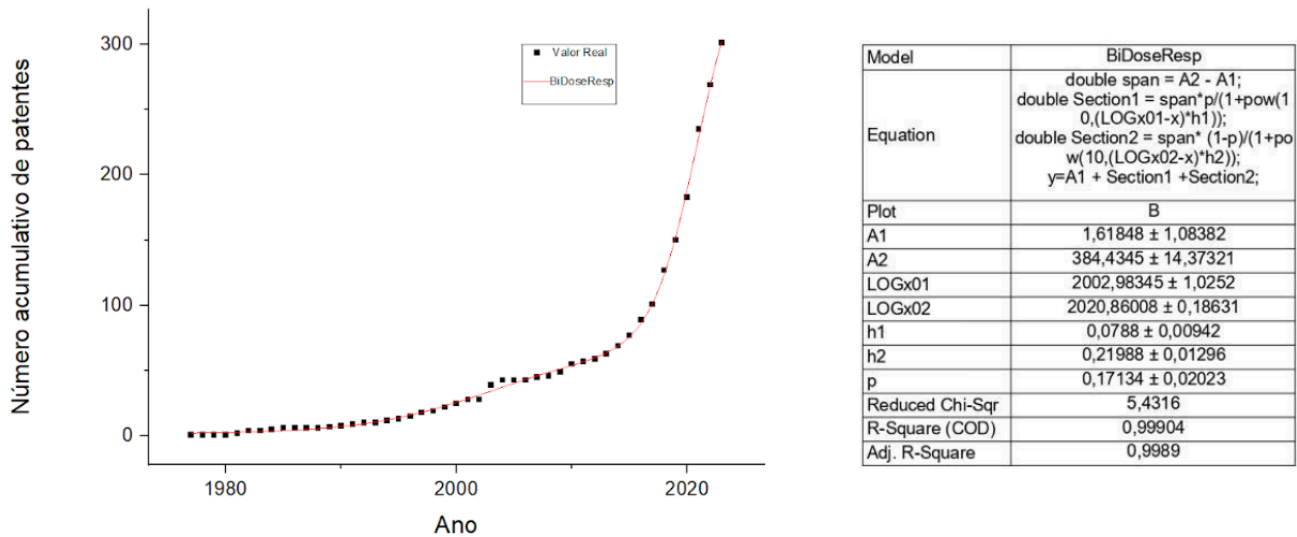
Por fim, a terceira plataforma foi utilizada para modelar o ciclo de vida tecnológico das inovações por meio de dados acumulativos no período de 1977 a 2023. Essa análise matemática da curva S de inovação das patentes é um dos fatores mais importantes para compreender o estado de maturidade da tecnologia no cenário mundial.²

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 esboça o gráfico gerado no Origin dos números cumulativos de depósitos de patentes e os seguintes critérios foram utilizados para escolha da função originária da curva: valores de R^2 (<0.999), maior valor para F e convergência do modelo. O gráfico de perfil sigmóide foi produzido por fim a partir da

função BiDoseResp, utilizada para funções com diferentes inclinações, apresentando valor de R² igual a 0,99, valor de F igual a 9224,76 e convergência, sendo a função com melhor desempenho em comparação às demais. A Figura 1 demonstra o gráfico gerado pela modelagem e seus parâmetros, onde os valores A1 e A2 são os limite inferior e superior, respectivamente; LOGx01 e LOGx02 o primeiro e o segundo estágio; h1 e h2 as inclinações da curva e p sua proporção. Os valores de LOGx01 e LOGx02 representam os ápices de desenvolvimento, alcançados em 2003 e em 2020. A Equação 1 descreve o modelo de equação da função BiDoseResp.

Figura 1 - Gráfico da curva S e quadrado de parâmetros



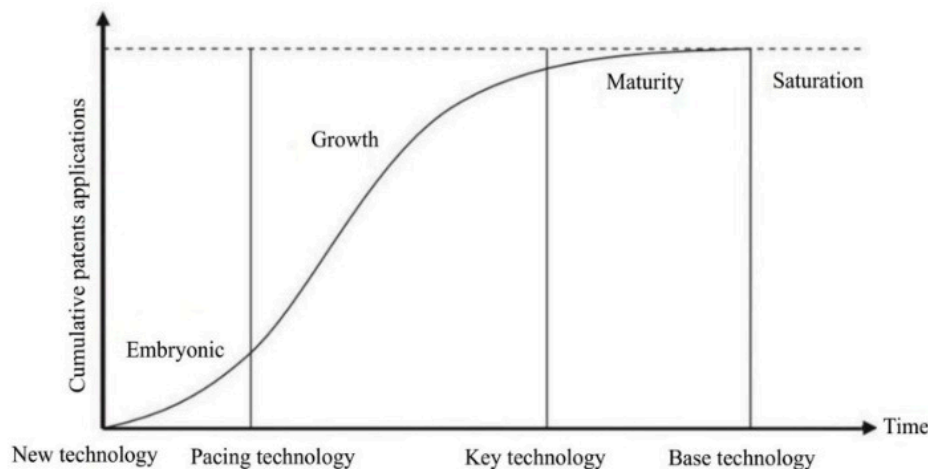
Fonte: Software Orgin (2024).

Equação 1 - Equação da função BiDoseresp

$$y = A1 + (A2 - A1) \left[\frac{p}{1+10^{(LOGx01-x)h1}} + \frac{p}{1+10^{(LOGx02-x)h2}} \right]$$

O estado de desenvolvimento da prospecção tecnológica é diagnosticado a partir da Figura 3, ou seja, nota-se o estado de desenvolvimento em fase de crescimento, partindo para fase inicial do amadurecimento, demonstrando uma tecnologia em ascensão.

Figura 3 – Curva S do ciclo de vida das tecnologias



Ao decorrer da análise dos dados, foram observados padrões de objetivos para as patentes, resultando em seis categorias como representado na Figura 4. É válido destacar o resultado de 27% das patentes pertencendo a empilhadeiras automáticas, englobando empilhadeiras operadas indiretamente por humanos (via joystick e tecnologias similares) e sem nenhuma operação humana (robotizada).

Figura 4 - Gráfico ilustrativo das seis classificações autorais



Fonte: Autoria própria (2024).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em suma, a prospecção tecnológica realizada resultou em uma nova variável para essa pesquisa, as empilhadeiras autônomas. Esse resultado, embora entre em divergência com o sujeito de pesquisa inicial, o uso de *safety wearables*, demonstra uma nova visão referente à segurança de trabalho e a operação de máquinas. A partir da modelagem e o diagnóstico do estado de desenvolvimento da curva S, pode-se afirmar que as grandes empresas tenderão a afastar o manuseio direto de humanos para com essa atividade, buscando uma operação mais segura e efetiva em consonância com a transição digital das cadeias produtivas e com o ODS 8.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao SENAI CIMATEC e em especial ao negócio de Segurança do Trabalho pela bolsa de iniciação científica concedida.

5. REFERÊNCIAS

- SMARTLAB. Observatório Digital de Saúde e Segurança do Trabalho, 2021. Disponível em: <<https://smartlabbr.org/sst>>. Acesso em: 14 de mar. de 2023.
- Ortiz Cantú, Sara; Pedroza Zapata, Álvaro R.. **¿Qué es la Gestión de la Innovación y la Tecnología (GInnT)?**. Santiago, Chile: Journal of Technology Management & Innovation, 2006.

