

TEROTECNOLOGIA E TERMOGRAFIA PARA MONITORAR CONDIÇÕES OPERACIONAIS E A VIDA ÚTIL DE EMPILHADEIRAS EM TEMPO REAL

Alexandre José Rodrigues (UNITAU)

alexandre.rodrigues@unitau.br

Roque Antônio De Moura (FATEC SJC)

roque.moura@fatec.sp.gov.br

Valter João De Sousa (FATEC SJC)

valter.sousa@fatec.sp.gov.br

Marco Rogério Silva Richetto (UNESP)

marco.richetto@unesp.br

Messias Borges Silva (USP EEL)

messias.silva@usp.br

Resumo

A era digital tem catalisado os processos e protocolos que visam reduzir custos operacionais e logísticos por viabilizar o controle em tempo real de máquinas e veículos. Nesse sentido, a manutenção de veículos industriais como das empilhadeiras, busca-se extrair ao máximo a vida útil aumentando o tempo entre falhas. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é divulgar o uso da terotecnologia no acompanhamento em tempo real das condições operacionais e vida útil de veículos industriais, as empilhadeiras. A terotecnologia tem suas premissas na manutenções preditiva e preventiva, afastando a ideia de correrias e interrupções durante operações, minimizando o emprego da manutenção corretiva não programada. A metodologia adotada conta com pesquisa bibliográfica na base Scopus e relato da aplicação da terotecnologia utilizando-se uma câmera termográfica da marca Fluke que é capaz de demonstrar um mapa de distribuição de cores, selecionando diferentes escalas de cores e as correlacionando com temperatura de trabalho.

O resultado foi uma redução no tempo de verificação da empilhadeira e determinar um padrão de temperatura de trabalho, ou seja de 80 a 90 °C, após quatro horas de operação ininterruptas, a probabilidade entre ocorrências alta, baixa, inesperada e programada de manutenção corretiva. Conclui-se que é possível programar intervenções de manutenção e reduzir os riscos de uma manutenção corretiva não programada, o que é extremamente nociva para todo o sistema produtivo e atendimento aos prazos dos clientes.

PALAVRAS-CHAVE: Empilhadeira. Termografia. Terotecnologia.

Abstract

The digital age has catalyzed processes and protocols aimed at reducing operational and logistical costs by enabling real-time control of machines and vehicles. In this sense, the maintenance of industrial vehicles such as forklifts, seeks to extract the maximum useful life by increasing the time between failures. In this sense, the objective of this work is to publicize the use of terotechnology in real-time monitoring of the operational conditions and useful life of industrial vehicles, the forklifts. Therotechnology has its premises in predictive and preventive maintenance, removing the idea of rush and interruptions during operations, minimizing the use of unscheduled corrective maintenance. The methodology adopted relies on a bibliographic research in the Scopus database and a report on the application of terotechnology using a Fluke thermographic camera that is capable of demonstrating a color distribution map, selecting different color scales and correlating them with working temperature. The result was a reduction in the time for checking the forklift and determining a working temperature standard, i.e. 80 to 90 °C, after four hours of uninterrupted operation, the probability between high, low, unexpected and scheduled corrective maintenance occurrences. . It is concluded that it is possible to schedule maintenance interventions and reduce the risks of non-programmed corrective maintenance, which is extremely harmful to the entire production system and meeting customer deadlines.

Keywords: Predictive maintenance. Thermography. Therotechnology.

Introdução

Rohrbeck e Schwarz (2013) enfatizam que o reconhecimento precoce e a antecipação visionária de uma gestão tecnológica desempenham um papel central em um ambiente de negócios, pela melhoria da competitividade e na excelência da qualidade de produtos e serviços, portanto, ignorar mudanças em um mundo globalizado resulta em perda de oportunidades ou falhas na resposta às ameaças do mercado e sucesso.

Nesse sentido, a terotecnologia, técnica inglesa que determina a participação de um especialista em manutenção desde a concepção do equipamento até sua instalação e primeiras horas de produção, alia-se a alta tecnologia para manter máquinas, equipamentos e veículos com ação de intervenção dos mantenedores na hora programada. Seus benefícios são mundialmente conhecidos como controle em tempo real do ciclo de vida, do custeio e a médio e longo prazo, minimiza a manutenção corretiva não programada.

A terotecnologia na gestão econômica de bens pode ser aplicada para medir os valores operacionais de ativos fixos ou físicos, imóveis e móveis. Nesse sentido, empilhadeiras e veículos autonomamente guiados (AGV) podem ser equipados com sistemas que os monitorem em tempo real, coletando dados, eventos inesperados e gerenciando a sua vida útil, de forma personalizada de monitoramento, detecção, diagnóstico e prognóstico dos vários ativos e veículos industriais (TU et al., 2001).

Nas últimas décadas, muitos estudos foram publicados sobre o tema reconhecimento de atividades, mas pouco foi abordado sobre a terotecnologia, como por exemplo, os dados de aceleração de entrada de um garfo de empilhadeira e movimentação de carga para determinar o estado operacional atual da empilhadeira, ou seja, um sistema que detecte de forma confiável a condição operacional do conjunto dos elementos de máquinas para a segurança dos envolvidos ou sistema de gerenciamento da frota com base na manutenção preditiva dos conjuntos dos elementos de máquina como por exemplo, na região do garfo. Assim, o desgaste de itens, como do garfo, pode ser reduzido e a segurança aumentada (FEINER, CHAMOULIAS e FOTTNER, 2021).

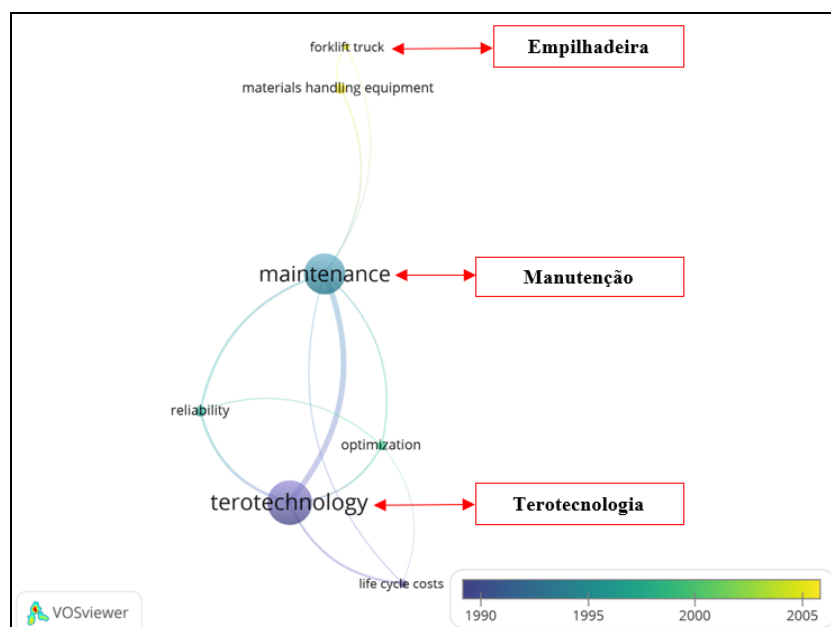
Ainda segundo Feiner, Chamoulias e Fottner (2021), para reconhecimento das condições na atividade executada pela máquina, modelos matemático aliados a uma inteligência artificial com base em imagens e algoritmos, podem prevenir acidentes e

minimizar os riscos operacionais de falhas. Um exemplo de método preditivo e não invasivo, são a termografia e a análise vibracional a partir de acelerômetros e sensores de entrada que captam o sinal em tempo real com alta precisão.

Conhecer o *lead time* assim com o *takt time* de cada atividade e seus desvios, é importante para estimar com precisão a produtividade e a oportunidade de intervenção, pois, reconhecer as atividades realizadas com empilhadeiras a partir do fluxo de dados, demonstra o desempenho e permite em tempo real, ajustes ou correções para realizar o planejamento previsto. Além disso, visualiza-se a operação da empilhadeira e comportamento eletromecânico ao longo do tempo. Qualquer alterações ou mudanças de comportamentos podem ser monitorados também nas diferentes atividades (GAMA et al., 2020).

A compreensão e a análise do comportamento da empilhadeira permite a identificação e a localização da fonte da anomalia entre os elementos de máquinas, bem como quantificar e qualificar o defeito, desgaste e intermitência dos componentes em relação ao conjunto. Portanto a vida útil, varia conforme tempo, frequência e velocidade de rotação. Um estudo bibliométrico, através da pesquisa na plataforma *Scopus*, com as palavras terotecnologia, manutenção e empilhadeira foi ilustrado na Figura 1 com as redes de correlação de palavras-chaves em torno da terotecnologia e sua aplicação em empilhadeiras.

Figura 1. Rede de co-ocorrência com palavras terotecnologia, manutenção e empilhadeira



Fonte: Adaptado de Eck e Waltman (2021).

As cores nas marcações das palavras-chave simbolizam o agrupamento e afinidade nas publicações. Observa-se que terotecnologia na manutenção, ainda possui poucas publicações e uso no acompanhamento em tempo real das condições operacionais e vida útil de empilhadeiras industriais. Há portanto, uma oportunidade de melhor explorar o tema e suas vantagens na manutenção de empilhadeiras (ECK e WALTMAN, 2021).

EMBASAMENTO TEÓRICO

A terotecnologia é derivada da palavra raiz grega “*tero*” ou “eu me importo”, que é combinada e usada com o termo “tecnologia”. Seu objetivo é multidisciplinar visando reduzir diferentes custos nas várias fases da vida de um ativo, buscando prolongar sua vida útil. Assim, terotecnologia pode ser definida como uma combinação de gestão, engenharia financeira e manutenção aplicadas aos ativos físicos de uma organização. É uma prática que aproveita o gerenciamento, a engenharia e o conhecimento financeiro para otimizar a instalação, as operações e a manutenção de equipamentos, máquinas e veículos. Muitos mantenedores a conhecem com o nome de custo do ciclo de vida (IBRAHIM e BRACK, 2004).

Terotecnologia e o histórico de funcionamento das empilhadeiras

A funcionalidade de qualquer equipamento ou componente pode ser monitorada e identificada para identificar qualquer anomalia, como por exemplo, averiguação dos níveis de vibração e temperatura, haja vista que, um mal funcionamento ou falhas de componentes elevam a temperatura. A termografia é uma ferramenta para quantificar a temperatura de qualquer equipamento de forma não invasiva e com monitoramento em tempo real (PEARSON e PANDYA, 2007).

Causas adversas como a presença de ferrugem pode causar acidentes que têm terríveis consequências técnico-econômicas, uma vez que as estruturas metálicas estão sujeitas a fortes

tensões mecânicas ou térmicas. A termografia infravermelha possibilita a visualização e, portanto, a realização de manutenção preventiva para eliminar ou expor a probabilidade de falha (PEARSON e PANDYA, 2007).

Um motor de empilhadeira à combustão (diesel) é reconhecido por sua potência e por transportarem mais cargas e serem mais velozes do que as elétricas. Contudo, a manutenção do motor requer monitoramento e frequentes avaliações de falhas em *prol* do bom funcionamento da empilhadeira. Nesse sentido, a aplicação da terotecnologia é uma essencial ferramenta de detecção, pois, além de detectar problemas como desalinhamentos de eixo, o uso da termografia infravermelha analisa o efeito de possíveis falhas do motor ao longo da cadeia cinemática (LEE, WIEDENBRUG e YOUNSI, 2013).

O uso da tecnologia e seus métodos preditivos possibilitam aumentar os intervalos entre falhas dos veículos de carga, ou seja, o ativo quebra menos, sendo este um dos fatores primordiais para manter a produtividade, qualidade e a confiabilidade (D'ANNIBALE *et al.*, 2015).

Terotecnologia e os tipos de manutenção

Segundo a filosofia do *Project Management Knowledge Base* - PMBK (2017), com o conhecimento e experiência em gerenciamento, a manutenção tem como papel principal zelar pela sustentabilidade, disponibilidade, conserto ou reparo de máquinas, equipamentos e dispositivos, com ações para garantir a operabilidade, funcionalidade e confiabilidade. O ato de reparo ou substituição está relacionado com o diagnóstico e a opção da metodologia de corrigir, prevenir ou monitorar o funcionamento com ajuda de máquinas e equipamentos especializados conforme o tipo de manutenção e suas peculiaridades previstas no Quadro 1.

Quadro 1. Principais tipos de manutenção e suas peculiaridades

Manutenção	Peculiaridade
Corretiva	• Indesejável pelas empresas e a mais comum;
	• Reativa quando as máquinas param de funcionar ou falham;
	• Intervenção imediata e não programada;
	• Interfere diretamente no volume de produção;
	• Pessoal parado ao lado de suas máquinas paradas.

Preventiva	• Preventiva e sem parar a produção;
	• Inspeções realizadas regularmente, previnem falhas;
	• Antecipa custos envolvidos no reparo, substituição e ajustes;
	• Ocorre conforme orientação do fabricante / histórico da máquina;
	• Adota um cronograma com intervenções, componentes e prazos.
Preditiva	• Sempre um passo à frente da preventiva;
	• Avaliação de parâmetros quanto necessidade de intervenção;
	• Utiliza dispositivos e equipamentos: pressão, temperatura, vibração, tensão, ruído e corrente elétrica;
	• Variáveis analisadas são armazenadas e controladas;
	• Não interfere no volume de produção (OEE).

Fonte: PMBK (2017)

Segundo Villani (2018), a era digital tem como objetivo a redução de custos que nas definições dos higienistas e engenheiros de segurança requer a necessidade do trabalho remoto para manter a produtividade através de uma mudança comportamental e forma de trabalhar (MOURA *et al.*, 2021).

Terotecnologia e equipamentos preditivos: a termografia

A termografia é um método diagnóstico não invasivo, baseado na detecção da temperatura da superfície. A radiação infravermelha emitida da superfície é registrada e visualizada na forma de um mapa de distribuição de cores. Cada cor associada ao grau de aquecimento, permite a visualização das temperaturas superficiais de um corpo com alta resolução e de forma não invasiva (LEE, WIEDENBRUG e YOUNSI, 2013; SARAWADE e CHARNIYA, 2018).

Ainda Fluke (2017) no ensina que a câmera termográfica possui termovisores que são sistemas de termografia com uma medição precisa, rápida, não invasiva e sem contato com a superfície dos elementos de máquinas. A Figura 2 ilustra a coleta digital de dados termográficos (imagem) em tempo real.

Figura 1. Visor do aparelho Fluke modelo VT04A



Fonte: Fluke (2017)

Terotecnologia na manutenção de empilhadeiras

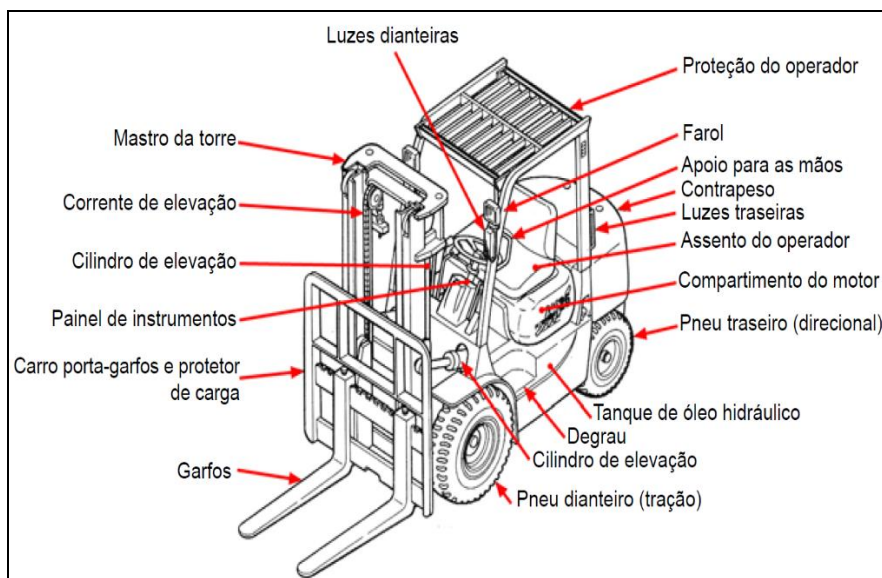
As empilhadeiras operam em faixas térmicas desde a ambiente até próximo a 50°C. As operações em altas temperaturas devem obedecer às recomendações do construtor. Manutenções periódicas, preventivas e preditivas asseguram o correto e disponibilidade do veículo industrial desde que as normas e procedimentos de manutenção estabelecidos sejam seguidos pela empresa onde opera. Somente profissionais de manutenção treinados, capacitados e habilitados devem revisar o funcionamento e abrir seus componentes, conforme ilustra a Figura 4 (BRAZILTRUCKS, 2015).

Segundo Amaral (2016), a empilhadeira é um veículo auto propélido ou manual, com pelo menos três rodas, projetado para realizar movimentação de cargas de maneira ágil e eficaz, para levantar, transportar e posicionar cargas paletizadas. São utilizadas para transporte interno.

A empilhadeiras podem ser elétricas, com energia proveniente de baterias, o que as torna mais silenciosas e menos poluentes, ideal para serviços em ambiente fechado, movidas por motor de combustão que normalmente tem maior capacidade de carga, porém são mais barulhentas e emitirem gases tóxicos (AMARAL, 2016).

Conforme ilustra a Figura 4, neste trabalho serão analisadas empilhadeiras com motorização a combustão, movidas a diesel.

Figura 4. Vista de uma empilhadeira e seus componentes principais.



Fonte: Brazil Trucks (2015)

As empilhadeiras, são considerados veículos industriais para transporte, movimentação, armazenamento e empilhamento de cargas em contêineres ou não. Como veículo possuem sistema de lubrificação, transmissão, motorização, frenagem e arrefecimento e requerem manutenção periódica e assistida (BRAZILTRUCKS, 2015).

DESENVOLVIMENTO DA TEMÁTICA

Para este trabalho foi utilizada uma câmera termográfica da marca Fluke que é capaz de demonstrar um mapa de distribuição de cores, selecionando diferentes escalas de cores e as correlacionando com temperatura de trabalho. As cores com tonalidade leve (pasteis) indicam temperaturas mais altas e quanto mais escuro indicam menor propagação de calor, ou seja, temperatura próximas a de repouso (FLUKE, 2017).

3.1 Termógrafo para averiguação da temperatura de trabalho da empilhadeira

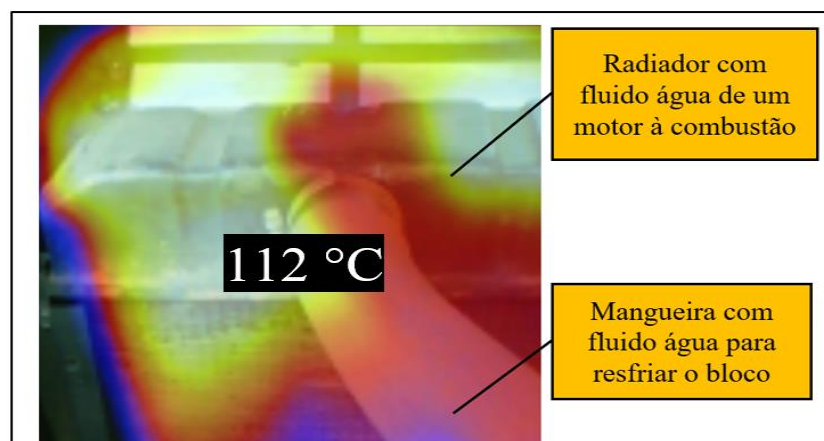
As especificações do termógrafo:

- Faixa de medição e temperatura: -10°C até 250°C.
- Erro de leitura: $\pm 2\%$.
- Frequência de captura de imagem: 8Hz
- Tipo de detector: Cerâmica piroelétrica não resfriada
- Sensibilidade térmica (NETD): ≤ 250 mK
- Banda espectral infravermelha: 6,5 μm até 14 μm
- Câmera visual: 11025 pixels

3.2 Leitura do Termógrafo: sistema de arrefecimento do motor da empilhadeira

Foi adotado um fator de emissividade 0,95, para uma melhor precisão, pois a medição ocorreu na região de arrefecimento do motor onde as peças são metais pintados ou opacos, conforme ilustra a Figura 5 sobre a temperatura de trabalho de um radiador, seus periféricos e temperatura de trabalho coletada. O radiador está com temperatura de trabalho superior a 100°C, demonstrando que há necessidade de intervenção imediata. Na intervenção foi identificado que a colmeia do radiador estava entupida. Causa raiz encontrada ferrugem.

Figura 5. Vista de um radiador e seus periféricos durante o arrefecimento do motor



Fonte: Fluke (2017)

Faixa de trabalho do sistema de arrefecimento com água em graus Celsius.

- Arrefecimento normal: de $\leq 80^\circ\text{C}$ a 90°C ;
- Arrefecimento aceitável porém inspirando cuidados de 90°C a 100°C ;

- Arrefecimento insuficiente. Intervenção imediata: $T \geq 100^{\circ}\text{C}$.

3.3 Protocolo de teste com termógrafo: tomadas de temperatura em tempo real

Após treinamento e calibração, uma das nove empilhadeiras com motor a combustão, foi selecionada e acompanhada por 10 dias, sendo as medições verificadas após quatro horas de operação ininterruptas. A operação consistia em descarregar e movimentar cargas de até duas toneladas por uma distância de 800 a 900 metros e armazenar em ponto de uso conforme ilustra a Figura 6.

Figura 6. Levantamento, movimentação e armazenamento de cargas

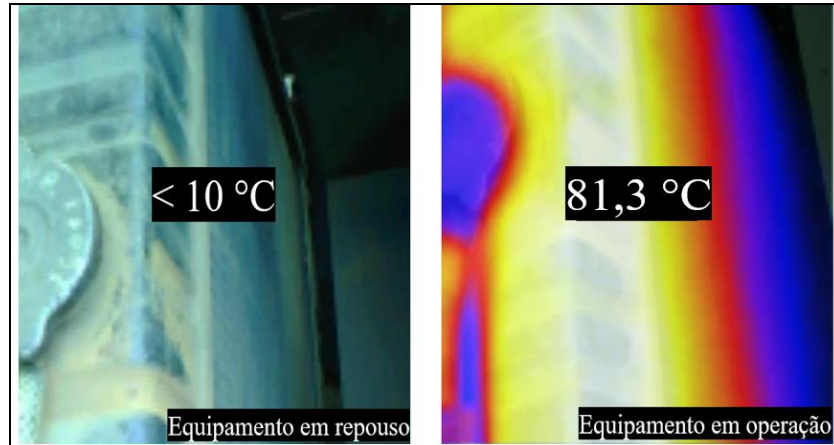


Fonte: Elaborado pelo Autores (2022)

3.4 Acompanhamento das temperaturas de trabalho

Durante 10 dias com auxílio do termógrafo após quatro horas de operação ininterruptas, foi identificado uma temperatura média de trabalho de $81,3^{\circ}\text{C}$, conforme Figura 7.

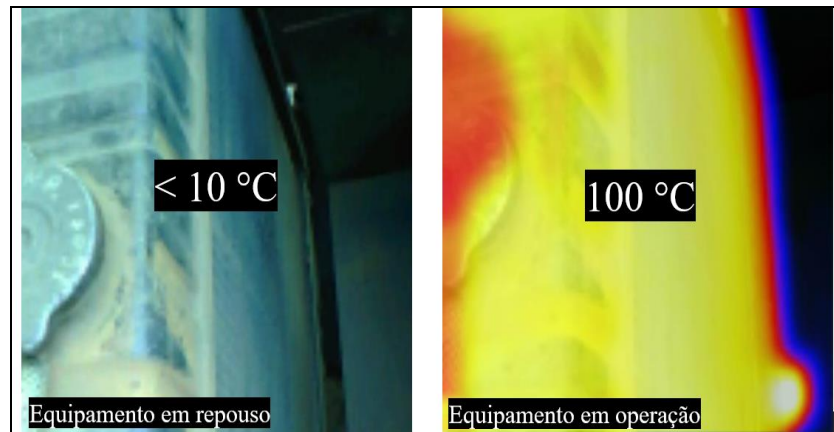
Figura 7. Temperatura média de trabalho após quatro horas de operação ininterruptas



Fonte: Elaborado pelo Autores (2022)

Com auxílio do termógrafo após quatro horas de operação ininterrupta, foi identificado a maior temperatura de trabalho: $100\text{ }^\circ\text{C}$, conforme Figura 8.

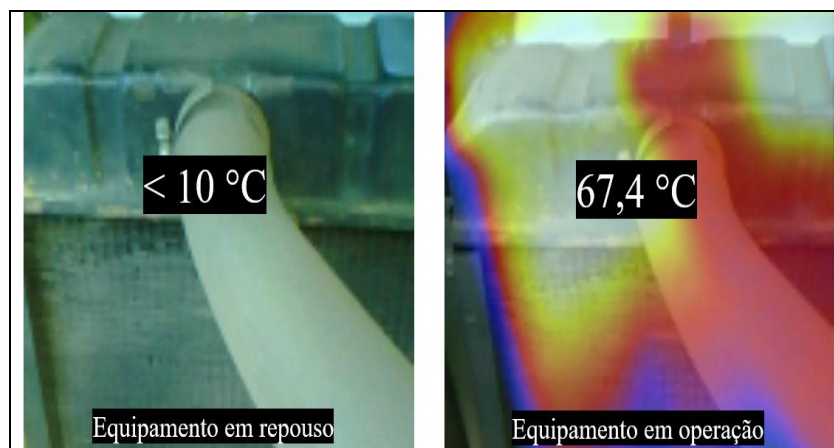
Figura 8. Maior temperatura de trabalho após quatro horas de operação ininterruptas



Fonte: Elaborado pelo Autores (2022)

Com auxílio do termógrafo após quatro horas de operação ininterrupta, foi identificado a menor temperatura de trabalho: $67,4\text{ }^\circ\text{C}$, conforme Figura 9.

Figura 9. Menor temperatura de trabalho após quatro horas de operação ininterruptas



Fonte: Elaborado pelo Autores (2022)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme medições tomadas com auxílio do termógrafo, foi possível reduzir o tempo de verificação do equipamento e determinar um padrão de temperatura de trabalho, ou seja de 80 a 90 °C, após quatro horas de operação ininterrupta. A Tabela 1 demonstra as probabilidades entre ocorrência alta, baixa, inesperada e programada.

Tabela 1. Comparativo de intercorrências de manutenção e indisponibilidade da empilhadeira

Atividade com e sem uso da terotecnologia e termografia	Método de intervenção		Frequência da intervenção	
	Tradicional	Termografia	Tradicional	Termografia
Intervenção por manutenção corretiva não programada	Alta	Baixa	Inesperada	Prevista
Intervenção por manutenção corretiva programada	Baixa	Alta	Baixa	Alta
Condições de alerta em (HHM) Horas/Homem/Manutenção	2	0,2	Alta	Baixa

Fonte: Elaborado pelo Autores (2022)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A terotecnologia divulgada neste trabalho, através do método preditivo por termografia, permitiu detectar com maior exatidão e agilidade problemas nos sistemas de arrefecimento de uma empilhadeira após horas ininterruptas de operação.

A prática da manutenção com recurso de termografia contribuiu para uma maior confiabilidade e monitoramento da vida útil das empilhadeiras, além de reduzir drasticamente o tempo com diagnósticos de problemas relacionados ao sistema de arrefecimento.

Conclui-se que é possível programar intervenções de manutenção e reduzir os riscos de uma manutenção corretiva não programada, o que é extremamente nociva para todo o sistema produtivo e atendimento aos prazos dos clientes.

REFERÊNCIAS

AMARAL, R. M. D. Dimensionamento mecânico de uma empilhadeira com mecanismo de nivelamento. Projeto de graduação em engenharia mecânica. UFRJ. Rio de Janeiro, p. 87. 2016.

BRAZILTRUCKS. Manual Empilhadeiras (2015). Disponível em: [HYPERLINK "http://www.braziltrucks.com.br/arquivos_download/Manual%20de%20Manuten%C3%A7%C3%A3o%20Preventiva%20para%20Empilhadeiras.pdf"](http://www.braziltrucks.com.br/arquivos_download/Manual%20de%20Manuten%C3%A7%C3%A3o%20Preventiva%20para%20Empilhadeiras.pdf)
http://www.braziltrucks.com.br/arquivos_download/Manual%20de%20Manuten%C3%A7%C3%A3o%20Preventiva%20para%20Empilhadeiras.pdf Acesso em 12.mar.2021

D'ANNIBALE, A.; ILIO, A.; TROZZI, M.; BONAVENTURA, L. The use of infrared thermography for maintenance purposes in the Production Process of Components for Automotive Alternators, *Procedia CIRP*, Volume 38, 2015, Pages 143-146, ISSN 2212-8271. DOI: [HYPERLINK "https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.08.087"](https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.08.087)
10.1016/j.procir.2015.08.087 .

ECK, N. J. V.; WALTMAN, L. (2021). Vosviewer. VOSviewer: Visualizing a scientific landscapes. Disponível em: <https://www.vosviewer.com/>. Acesso em 14.fev.2022

FLUKE. (2017). Manual do usuário. Download. Disponível em www.fluke.com.br
Acesso em 12.mar.2021

FEINER, L.; CHAMOULIAS, F.; FOTTNER, J. Real-time detection of safety-relevant forklift operating states using acceleration Data with a Windowing Approach. 2021. International Conference on Electrical, Computer, Communications and Mechatronics Engineering (ICECCME), 2021, pp. 1-6, DOI: 10.1109/ICECCME52200.2021.9590983.

GAMA, J., PASHAMI, S., BIFET, A., SAYED-MOUCHAWA, M., FRÖNING, H., PERNKOPF, F., BLOTT, M. (2020). IoT Streams for Data-Driven Predictive Maintenance and IoT, Edge, and Mobile for Embedded Machine Learning. Communications in Computer and Information. DOI:10.1007/978-3-030-66770-2

IBRAHIM, M.Y., BRACK, C. New concept and implementation of intercontinental flexible training of terotechnology and life cycle costs. (2004) Proceedings of the IEEE International Conference on Industrial Technology, 1, pp. 224-229. Conference Paper. HYPERLINK "https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-27944479540&partnerID=40&md5=52972b5aa8db0ce42a86ab393c67349b" <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-27944479540&partnerID=40&md5=52972b5aa8db0ce42a86ab393c67349b>

LEE, S. B.; WIEDENBRUG, E.; YOUNSI, K. "ECCE 2013: Tutorial: teste e diagnóstico de máquinas de indução em um ambiente industrial: testing and diagnostics of induction machines in an industrial environment". IEEE Energy Conservation Congress. Denver, CO, USA, 2013.

MOURA, R. A.; MARQUES, D. J. R.; COSTA, J. C. L.; SILVA, M. B. A urbanidade da higiene ocupacional na era digital e o negacionismo social da antecipação e prevenção. 2021. Revista Sodebras [on-line]. vol. 16. nº 184, pp 29-33. Maio/2021. ISSN 1809-3957. HYPERLINK "https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.16.2021.184.29" <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.16.2021.184.29>

PEARSON, J.C.; PANDYA, D. A. "Utilizing infrared and power quality technique to diagnose and re-commission old power, lighting and receptacles panels and distribution transformers at the New Jersey international. in Proc. Elect. Insul Conf. Elect. Manuf. Expo., 2007, pp. 1- 4.

PMBK, Tipos de Manutenção. 2017. Disponível em: HYPERLINK "https://pmkb.com.br/artigos/tipos-de-manutencoes-manutencao-corretiva-programada/" <https://pmkb.com.br/artigos/tipos-de-manutencoes-manutencao-corretiva-programada/> Acesso em 12.mar.2021.

ROHRBECK, R.; SCHWARZ, J. O. The value contribution of strategic foresight: Insights from an empirical study of large European companies. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 80, n. 8, p. 1593-1606, 2013.

SARAWADE, A. A.; CHARNIYA, N. N. Infrared thermography and its applications: A Review. 2018. 3rd International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES), Coimbatore, India, 2018, pp. 280-285. DOI: 10.1109/CESYS.2018.8723875

TU, P. Y. L., YAM, R., TSE, P., SUN, A. O. HYPERLINK
"https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-0034803034&origin=reflist&sort=cp-f&src=s&st1=%28terotechnology%29+and+%28vehicles%29&sid=7d09aa338e970b3030551abbb8ba9524&sot=b&sdt=b&sl=46&s=TITLE-ABS-KEY%28%28terotechnology%29+and+%28vehicles%29%29" \o "Abstract + Refs(opens in a new window)" An integrated maintenance management system for an advanced manufacturing company . (2001) *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 17 (9), pp. 692-703. DOI: 10.1007/s001700170135

VILLANI, F. P. Survey on human-robot collaboration in industrial settings. *Mechatronics*, 2018.

"O conteúdo expresso no trabalho é de inteira responsabilidade dos autores."