

APLICAÇÃO DE *KAIZEN* EM UM PROCESSO DE DETECÇÃO DE FALHAS DE FABRICAÇÃO, POR MEIO DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

APPLICATION OF *KAIZEN* IN THE PROCESS OF FAILURE DETECTION USING NON-DESTRUCTIVE TESTING

Paulo Vinicius Tobias de Barros¹

Gilson Eduardo Tarrento²

RESUMO

Este trabalho se refere a um *Kaizen* implantado em uma Empresa de Botucatu-SP, demonstrando a eficácia da ferramenta *Kaizen* utilizada com foco em melhorias contínuas e em busca na redução dos custos dos seus processos. No processo de Inspeção por líquido penetrante o tempo mínimo de penetração é 30 minutos, conforme norma e especificação da empresa. Mas o intuito deste *Kaizen* foi a melhoria contínua e reduzir custo. Em uma pesquisa entre os técnicos de Ensaio Não Destrutivo (END), processo e os fornecedores do produto entraram em comum acordo que esse tempo poderia ser reduzido, para obter ganho no tempo de processo. O resultado foi a redução o tempo de penetração para 15 minutos, com redução em 50% no tempo de penetração de Líquido Penetrante, reduzindo o *set up* do ensaio. Conclui-se então que a redução de tempo da aplicação do líquido penetrante proporcionou mais tempo para produção de outras peças.

Palavras-chave: Ensaio não destrutivos, Líquido penetrante

ABSTRACT

This study aims to present a *Kaizen* project implemented in a company in Botucatu, São Paulo, Brazil, demonstrating the effectiveness of the *Kaizen* methodology with a focus on continuous improvement and cost reduction in industrial processes. In the inspection process using liquid penetrant testing, the minimum penetration time is 30 minutes, according to the company's standards and specifications. However, the objective of this *Kaizen* initiative was to promote continuous improvement and reduce operational costs. A survey conducted among the Non-Destructive Testing (NDT) technicians, process specialists, and product suppliers led to a consensus that the penetration time could be reduced in order to achieve gains in process efficiency. The proposal was to reduce the penetration time without compromising the quality of the inspection process, thereby improving efficiency. The implemented improvement reduced the penetration time to 15 minutes, representing a 50% reduction in liquid penetrant dwell time and decreasing test setup time. This change increased process efficiency and generated additional time for the production of other parts.

Key words: Non-destructive testing, Liquid penetrant testing, *Kaizen* process improvement.

¹Graduado no Curso de Produção Industrial na Faculdade de Tecnologia de Botucatu

²Docente na Faculdade de Tecnologia de Botucatu, Av. José Ítalo Bacchi, s/nº; e-mail gilson.tarrento@fatec.sp.gov.br

1 INTRODUÇÃO

O *Kaizen* é uma filosofia ou prática voltada para a melhoria contínua, que pode ser aplicada tanto em grande quanto em pequena escala. Embora seja comumente associada às operações de manufatura, como no caso da Toyota, o conceito de *Kaizen* é amplamente utilizado em áreas como engenharia, gestão de negócios e saúde (Goodrich; Tamassia, 2013).

No contexto empresarial, o *Kaizen* envolve a realização de atividades que visam aprimorar continuamente todas áreas da organização, abrangendo todos os níveis hierárquicos — desde os CEOs até os trabalhadores da linha de produção. Além disso, pode ser aplicado a processos como compras, logística e outros setores (Imai, 1986).

O objetivo central do *Kaizen* é eliminar desperdícios e otimizar processos padronizados, com foco na eficiência. Inicialmente implementado em diversas empresas japonesas após a Segunda Guerra Mundial, o conceito de *Kaizen* se espalhou para o resto do mundo, sendo adotado em diversas indústrias e setores (Colenso, 2000).

A filosofia *Kaizen* enfatiza a melhoria contínua em todas as áreas da vida, promovendo inovação e eficiência nos processos, com a contribuição dos operadores no dia a dia das organizações (Massaki, 1996).

A literatura disponibiliza alguns trabalhos que apresentam resultados favoráveis com a implantação do *Kaizen*, como exemplo:

Pierre e Roveres (2016) relatam que a aplicação do *Kaizen* trouxe melhorias na produção, incluindo a exclusão de um suporte no painel do ônibus, resultando em economia de R\$10.158,40. Além disso, os resultados foram alcançados progressivamente com a adaptação dos operadores.

Pierre e Martins (2016) demonstraram que a implementação do *Kaizen* trouxe benefícios para a empresa, melhorando processos, produtividade e cultura organizacional. A metodologia permitiu eliminar desperdícios, otimizar recursos e fortalecer a qualidade, sem substituir o Sistema de Gestão da Qualidade, mas complementando-o. Além disso, incentivou a participação ativa dos colaboradores na busca por soluções e melhorias contínuas. A experiência evidencia que, apesar das diferenças culturais, o *Kaizen* pode ser aplicado com sucesso nas empresas brasileiras, gerando resultados positivos tanto para a organização quantitativa.

A implantação do *Kaizen* em encarroçadoras de ônibus impactou positivamente os processos e custos, destacando a importância do Sistema Toyota de Produção. A melhoria na retirada de óleo diesel resultou em uma economia anual estimada de R\$ 99.470,29,

comprovando o sucesso da metodologia ao focar na qualidade e melhoria contínua. Alves, (2016)

Os ensaios destrutivos (ED) e os ensaios não destrutivos (END) são métodos utilizados para avaliar as propriedades de materiais, peças ou estruturas. Os ED consistem em testar o material até a sua falha, sendo geralmente aplicados quando se pode descartar a peça após a análise. Já os END permitem verificar a integridade do componente sem danificá-lo, sendo ideais para inspeções em processos de produção e manutenção. Segundo Silva e Lima (2020), os ensaios não destrutivos são técnicas fundamentais para a detecção de falhas internas ou superficiais, sem comprometer o uso do componente inspecionado.

O ensaio por líquido penetrante (LP) é uma técnica bastante usada na indústria para encontrar trincas e outros defeitos abertos na superfície de materiais sólidos, principalmente metais. É um método simples, rápido e eficiente, que não danifica a peça e pode ser feito tanto em ambiente industrial quanto em campo. Ele é muito utilizado em áreas como soldagem, fundição, manutenção de equipamentos e até no setor aeronáutico.

O processo basicamente consiste em aplicar o líquido penetrante na superfície da peça. Esse líquido entra nas discontinuidades por capilaridade. Depois, o excesso do líquido é removido e, por fim, é aplicado um revelador, que ajuda a “puxar” o líquido de dentro das falhas, tornando-as visíveis. A inspeção final é feita visualmente, podendo ser com luz branca no caso dos penetrantes coloridos ou com luz ultravioleta quando se usa penetrantes fluorescentes.

O objetivo deste trabalho foi verificar a diminuição de tempo de penetração, em um setor de líquido penetrante em uma indústria do interior do Estado de São Paulo, por meio da aplicação de *Kaizen*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O intuito desse trabalho científico foi apresentar a melhoria na área Ensaio Não Destrutivo (END) de uma empresa no mês de abril de 2024 localizada no interior do Estado de São Paulo, o foco deste setor é detecção de falhas aberta a superfície. Neste trabalho foi utilizado o penetrante do Tipo 1, ou seja, fluorescente, que exige o uso de luz negra para a visualização das indicações. Esse tipo é mais sensível e permite detectar defeitos muito pequenos (ASTM E1417/E1417M-21).

Foram aplicados três métodos de remoção do excesso de penetrante:

O método A, que remove o excesso com água, é o mais comum e fácil de usar, especialmente em ambientes controlados.

O método C, que usa solvente para retirar o excesso, é indicado quando não se pode usar água, como em inspeções de campo.

E o método D usa um emulsificante. Primeiro aplica-se o penetrante, remoção do excesso de penetrante com água depois o emulsificante, e só então se faz a aplicação do revelador. Esse método exige mais cuidado com o tempo de emulsificação para não tirar o líquido de dentro das falhas.

Primeiramente, o líquido penetrante foi utilizado para detectar descontinuidades em superfícies de materiais, como fissuras e poros, que podem comprometer a integridade estrutural de componentes críticos.

Ensaio por Líquido Penetrante – Tipo 1, Métodos A, C e D.

Neste trabalho foi utilizado o ensaio por líquido penetrante do Tipo 1, que usa um penetrante fluorescente. Esse tipo de líquido permite a visualização das falhas por meio de luz ultravioleta (luz negra), sendo indicado para situações que exigem maior sensibilidade, como inspeções em peças com função estrutural ou crítica. Foram aplicados três métodos diferentes de remoção do excesso de penetrante, conforme a norma ASTM E1417.

Método A – Remoção com Água: O excesso de penetrante foi retirado com água corrente, em temperatura ambiente. Esse é um método simples e muito usado quando o líquido penetrante é formulado para sair com água diretamente.

Método C – Remoção com Solvente: Nesse caso, a remoção do excesso foi feita usando um pano limpo umedecido com solvente apropriado. Esse método é indicado quando não se pode usar água, como em inspeções feitas em campo ou em locais com restrição de uso de líquidos.

Método D – Emulsificável Pós-Tempo: O penetrante aplicado na peça foi removido com água somente depois da aplicação de um emulsificante, que ajuda a quebrar a camada oleosa do penetrante. Esse processo exige controle de tempo para evitar a remoção do líquido que penetrou nas falhas.

O revelador usado variou de acordo com o método, podendo ser seco ou à base de solvente. Após a revelação, a peça foi inspecionada sob luz ultravioleta, e as possíveis falhas apareceram como manchas fluorescentes, indicando a presença de trincas, poros ou outras descontinuidades na superfície.

Foi realizado um levantamento de dados referente a essa redução de tempo, com base nas informações coletadas foi aplicado *Kaizen* para que não houvesse nenhuma falha no

processo, ou perda de qualidade, assim que fizeram as pesquisas necessárias este projeto foi implantado para melhoria do processo em todas as áreas que faziam o mesmo procedimento.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.1 Oportunidade de melhoria no processo

Durante o processo de aplicação do líquido penetrante foi identificado a possibilidade de minimizar o tempo de penetração e ganho em performance, qualidade e tempo.

2.2 Mapeamento de processo (Método C)

- Inspeção visual 10 min;
- Aplicação do líquido penetrante 5 min;
- Tempo de penetração 30 min;
- Remoção do penetrante 3 min;
- Aplicação do revelador 3 min;
- Inspeção da peça 15 min;

2.3 Proposta de melhoria

- Diminuição do tempo de penetração do líquido penetrante em 50% sem perda de qualidade

2.4 Implementação da Melhoria

- A Engenharia de manufatura implementou alteração no roteiro produtivo inserindo novo tempo proposto e executado in loco.

2.5 Análise de resultados

- Após implementação da melhoria proposta foi realizado inspeção em lotes pilotos, e concluído que a diminuição do tempo de penetração não altera o resultado do processo demonstrando eficácia na melhoria.

2.6 Padronização

- Alteração do procedimento padrão e disseminação das melhorias para conhecimento de todos os técnicos.

A Semana *Kaizen* foi um marco fundamental no processo de identificação da oportunidade de melhoria abordada neste trabalho. Com o envolvimento de técnicos da área produtiva e apoio do fornecedor do líquido penetrante, foi possível mapear o processo de aplicação do ensaio não destrutivo e analisar, de forma colaborativa, os principais gargalos. A partir da observação prática e discussão entre os participantes, identificou-se que o tempo de penetração do produto estava acima do necessário, gerando impacto direto na produtividade.

Essa análise deu origem à proposta de redução do tempo de penetração, sem comprometer a eficácia na detecção de falhas. A busca por ganhos passou então pela realização de testes, acompanhamentos técnicos e validação da nova condição de aplicação, garantindo que os resultados permanecessem dentro dos padrões de qualidade. Essa melhoria foi implementada e monitorada, resultando em uma redução significativa de tempo no processo, aproximadamente 50% na aplicação do líquido penetrante.

Durante a realização dos testes, foi possível observar uma redução significativa no tempo de penetração do líquido penetrante, o que representa uma melhoria importante no processo de inspeção. O tempo necessário para que o líquido penetrasse nas discontinuidades da peça foi otimizado sem comprometer a eficácia do método.

No procedimento tradicional, o tempo médio de penetração utilizado era de aproximadamente 30 minutos, conforme recomendações padrão. No entanto, após os ajustes propostos que incluíram a análise do tipo de material da peça, temperatura ambiente, esse tempo pode ser reduzido para cerca de 15 minutos, mantendo a detecção de defeitos de forma eficiente.

Essa redução representa uma economia de até 50% no tempo de espera entre a aplicação e a remoção do excesso de penetrante, o que pode ser bastante relevante em linhas de produção com alto volume.

Com a diminuição desse tempo de 30 minutos para 15 minutos, a empresa consegue aumentar a eficiência dos seus processos de inspeção. O ciclo de produção é otimizado, pois reduz o tempo de espera entre as etapas de aplicação do penetrante e a sua interpretação, resultando em uma análise mais rápida.

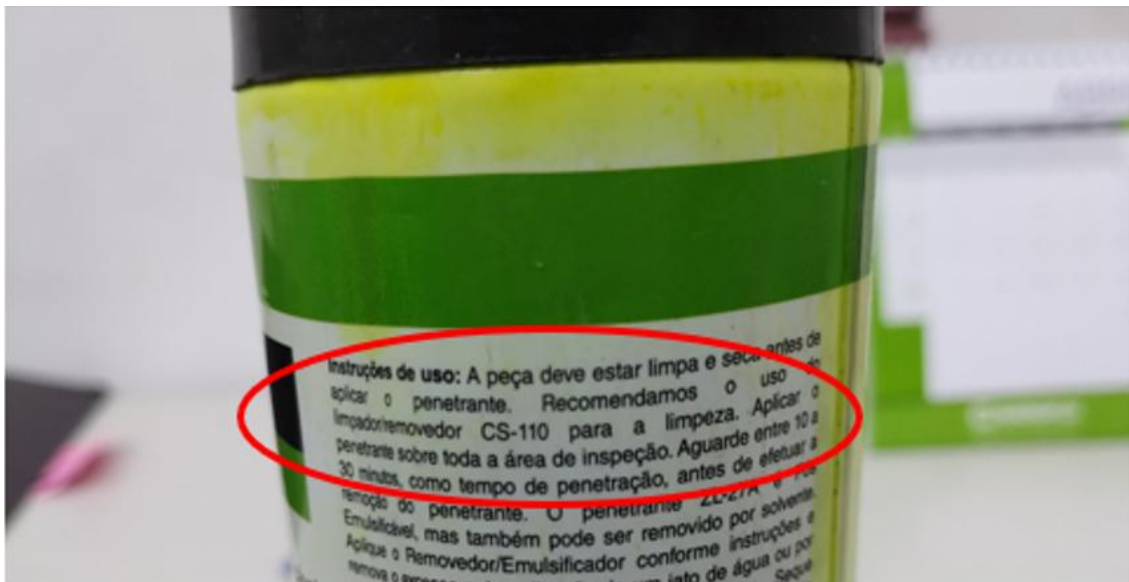
Esse aumento na eficiência não apenas acelera os processos operacionais, mas também reduz custos operacionais e agrega valor ao negócio.

Os dados coletados antes e depois da melhoria indicam que o tempo médio de execução por peça passou de 42 minutos para 27 minutos, no que representa uma redução ciclo total da operação de 40,48%, um avanço importante considerando o volume de peças inspecionadas semanalmente.

A Figura 1 apresenta a embalagem do produto, onde se especifica que o tempo recomendado de aplicação na peça varia entre 10 e 30 minutos, conforme indicado no rótulo.

Portanto, percebeu-se que a solução já estava descrita na própria embalagem do produto, indicando a possibilidade de redução do tempo de penetração conforme orientação do fabricante mantendo a qualidade do processo.

Figura 1. Rótulo do líquido penetrante utilizado



Fonte: Próprio autor (2024)

A Tabela 1 apresenta a comparação entre o tempo médio de execução do ensaio por líquido penetrante antes e depois da implementação das melhorias.

Tabela 1. Comparação do tempo médio de execução do ensaio por líquido penetrante

Etapa do Processo	Tempo Médio Anterior (min)	Tempo Médio Atual (min)
Aplicação do Penetrante	4	4
Tempo de Penetração	30	15
Remoção do Excesso	3	3
Aplicação do Revelador	2	2
Inspeção Visual	3	3
Total	42	27

Fonte: Próprio autor (2024)

A redução de tempo foi alcançada sem comprometer a eficiência do ensaio, conforme verificado por meio de amostras padronizadas com descontinuidades, seguindo os critérios estabelecidos pela norma ASTM E1417/E1417M – *Standard Practice for Liquid Penetrant Testing*.

Após a aplicação das melhorias referente ao *Kaizen*, o ajuste no tempo de aplicação, houve uma redução média de 50% no tempo de aplicação do líquido penetrante, mantendo-se os níveis de confiabilidade e detecção de descontinuidades exigidas pelas normas aplicáveis (como a ASTM E1417 e a NAS 410).

Essa redução não apenas impactou positivamente a produtividade da linha de inspeção, como também contribuiu para a liberação mais ágil de componentes críticos, promovendo ganhos indiretos na produção.

Com a redução do tempo de inspeção, as empresas podem realizar mais testes em um período menor, possibilitando uma maior capacidade produtiva. Essa agilidade pode ser um diferencial competitivo em mercados onde o tempo de resposta e a entrega rápida são cruciais.

Além disso, a redução do tempo de penetração implica também em menos consumo de produtos químicos, o que pode resultar em uma diminuição dos custos operacionais.

A empresa, ao otimizar o uso de materiais e recursos, consegue, assim, melhorar sua sustentabilidade e contribuir para práticas ambientais mais responsáveis. Assim, um trabalho mais ágil e eficiente reflete em satisfação tanto para os colaboradores, que veem seu tempo sendo mais bem aproveitado, quanto para os clientes, que recebem produtos e serviços de qualidade em um menor espaço de tempo.

Dentro da metodologia *Kaizen*, a ferramenta A3 teve um papel importante no processo de análise e tomada de decisão (Quadro 1). Trata-se de um modelo padronizado de relatório que utiliza uma folha no formato A3 para organizar as informações de forma clara e objetiva, seguindo a lógica do ciclo PDCA (Planejar, Executar, Verificar e Agir).

Essa ferramenta permite registrar o problema, suas causas, as ações corretivas e os resultados obtidos, facilitando a comunicação entre os envolvidos no processo. Segundo Sobek e Smalley (2008), o A3 é mais do que um formato de relatório, é uma ferramenta de pensamento estruturado e comunicação eficaz para promover melhorias contínuas.

Quadro 1 – Folha A3: Informações do projeto

Cenário atual	Ganho
O tempo mínimo de penetração do líquido penetrante é de 30 minutos.	Redução em 50% do tempo de penetração do líquido penetrante
Antes	Depois
Atualmente o tempo mínimo de penetração do líquido penetrante é de 30 minutos, conforme regra da empresa	A norma da empresa foi alterada para aplicação da melhoria
Causa Raiz	Melhoria
Processo de penetração demorado regra da empresa	Conforme orientação do fabricante reduzido o tempo de penetração

Fonte: Próprio autor (2024)

A folha A3 reúne todas as informações essenciais para a implementação do projeto, além de definir claramente o foco do evento direcionado à execução das melhorias propostas.

4 CONCLUSÃO

A aplicação da metodologia *Kaizen* na redução do ciclo no processo de ensaio por líquido penetrante evidenciou resultados expressivos, demonstrando a eficácia dessa abordagem na promoção da melhoria contínua.

Por meio da análise sistemática dos processos, identificação de desperdícios e implementação de ações corretivas, foi possível otimizar significativamente o tempo de aplicação do líquido, resultando em ganhos operacionais, de produção e de satisfação do cliente. A redução de 50% no tempo de aplicação destacou-se como um marco do projeto, impulsionado pelo engajamento dos colaboradores e pela consolidação de uma cultura organizacional voltada à participação ativa e à inovação.

Os aprendizados obtidos neste estudo podem servir de referência para outras organizações que busquem iniciar ou fortalecer suas estratégias de melhoria contínua.

REFERÊNCIAS

ASTM INTERNATIONAL. ASTM E1417/E1417M-21e1: *Standard Practice for Liquid Penetrant Testing*. 2021. Disponível em:

https://img.antpedia.com/standard/files/pdfs_ora/20230705/ASTM%20E1417-21e1.pdf. Acesso em: 18 jun. 2025.

CASTILHO, Fábio (org.). **NAS 410 – Requisitos para qualificação e certificação de pessoal para ensaios não destrutivos**. 2011. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/53452199/NORMA-NAS-410>.

COLENSO, Michael. *Kaizen Strategies for Improving Team Performance: How to Accelerate Team Development and Enhance Team Productivity*. **London: Financial Times Prentice Hall**, 2000.

DIONÍZIO, Fábio Alves. **Aplicação do Kaizen no setor elétrico-mecânico em uma empresa de ônibus**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade de Tecnologia de Botucatu, Botucatu, 2016.

GOODRICH, Michael T.; TAMASSIA, Roberto. *Hospitais Lean – 2ª edição*. São Paulo: Érica, 2013.

IMAI, Masaaki. *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*. 1. ed. New York: McGraw-Hill, 1986.

MASAAKI, I. **Gemba Kaizen: estratégias e técnicas do kaizen no piso de fábrica**.: Editora Instituto iman 1. ed, Brasil 1996. 332p.

PIERRE, F.C.; MARTINS, W. Avaliação das melhorias alcançadas por meio da aplicação da metodologia *kaizen* em uma empresa de usinagem. *Revista Tekhne e Logos*, Botucatu, v. 7, n. 1, p. 1-13, abr. 2016. Disponível em: <http://revista.fatecbt.edu.br/index.php/tl/article/view/364>. Acesso em: 28 mar. 2025.

PIERRE, F.C.; ROVERES, A.R.J. Aplicação da metodologia *Kaizen* para melhoria na fabricação de painéis de instrumentos em uma empresa encarregadora de ônibus. *Revista Tekhne e Logos*, Botucatu, v. 7, n. 1, p. 1-13, abr. 2016. Disponível em: <http://revista.fatecbt.edu.br/index.php/tl/article/view/364>. Acesso em: 28 mar. 2025.

SILVA, J. R.; LIMA, C. A. *Técnicas de Ensaio Não Destrutivos: Fundamentos e Aplicações*. 2. ed. São Paulo: Editora Técnica, 2020.

SOBEK, D. K.; SMALLEY, A. *Understanding A3 Thinking: A Critical Component of Toyota's PDCA Management System*. New York: CRC Press, 2008.