

ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO AUTÔNOMA APLICADA EM UM CENTRO DE TORNEAMENTO UTILIZANDO INDICADORES DE DESEMPENHO

Érica Rayana Portela de Oliveira Niendicker¹, Talis Piovesan (orientador)²
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha, Panambi– RS, Brasil
e-mail: erica.rayana.o@gmail.com, talis.piovesan@iffarroupilha.edu.br

Resumo – A competitividade industrial exige elevados níveis de eficiência e confiabilidade dos ativos produtivos. Nesse contexto, a Manutenção Produtiva Total (TPM) destaca-se como uma estratégia para maximizar a eficiência global, tendo a Manutenção Autônoma (MA) como um de seus pilares fundamentais. Este trabalho apresenta a elaboração e a implementação de um plano estruturado de Manutenção Autônoma em um Centro de Torneamento CNC, utilizando o Diagrama de Pareto para a priorização das falhas históricas. A metodologia baseou-se no acompanhamento sistemático dos indicadores de desempenho antes e após a aplicação das rotinas operacionais. Os resultados evidenciam o aumento da confiabilidade do equipamento, com a elevação do Tempo Médio Entre Falhas (MTBF) e a redução do Tempo Médio de Reparo (MTTR), além de uma melhoria na estabilidade operacional do equipamento.

Conclui-se que a Manutenção Autônoma é uma ferramenta de gestão eficaz para a mitigação de quebras em ambientes de usinagem.

Palavras-chave: Manutenção Autônoma, TPM, Usinagem CNC, MTBF, MTTR, Disponibilidade, Diagrama de Pareto.

DEVELOPMENT OF AN AUTONOMOUS MAINTENANCE PLAN APPLIED IN A TURNING CENTER USING PERFORMANCE INDICATORS

Abstract – Industrial competitiveness demands high levels of efficiency and reliability from productive assets. In this context, Total Productive Maintenance (TPM) stands out as a strategy to maximize overall efficiency, with Autonomous Maintenance (AM) as one of its fundamental pillars. This work presents the development and implementation of a structured Autonomous Maintenance plan in a CNC Turning Center, using the Pareto Diagram to prioritize historical failures. The methodology was based on the systematic monitoring of performance indicators before and after the application of operational routines. The results show an increase in equipment reliability, with an increase in Mean Time Between Failures (MTBF) and a reduction in Mean Time To Repair (MTTR), as well as an improvement in the operational stability of the equipment.

It is concluded that Autonomous Maintenance is an effective management tool for mitigating breakdowns in machining environments.

NOMENCLATURA

<i>CNC</i>	Controle Numérico Computadorizado
<i>TPM</i>	Manutenção Produtiva Total (<i>Total Productive Maintenance</i>)
<i>MA</i>	Manutenção Autônoma
<i>FMEA</i>	Análise de Modos e Efeitos de Falhas (<i>Failure Mode and Effects Analysis</i>)
<i>FTA</i>	Análise por Árvore de Falhas (<i>Fault Tree Analysis</i>)
<i>RCA</i>	Análise de Causa Raiz (<i>Root Cause Analysis</i>)
<i>SAP PM</i>	<i>Plant Maintenance</i> (Módulo de Manutenção de Planta do software SAP)
<i>MTBF</i>	Tempo Médio Entre Falhas (<i>Mean Time Between Failures</i>)
<i>MTTR</i>	Tempo Médio de Reparo (<i>Mean Time To Repair</i>)

I. INTRODUÇÃO

A crescente competitividade industrial exige processos produtivos cada vez mais eficientes, confiáveis e automatizados. Nesse cenário, a usinagem destaca-se como uma das principais tecnologias de fabricação, sendo amplamente utilizada na produção de componentes mecânicos de diferentes níveis de complexidade. Entre os diversos processos de usinagem, o torneamento possui grande relevância industrial devido à sua versatilidade, precisão e elevada capacidade produtiva.

Com a evolução das máquinas operatrizes, o Comando Numérico Computadorizado (CNC) promoveu uma transformação significativa nos processos de manufatura. Essa tecnologia permite a automação das operações por meio de comandos programados, proporcionando maior precisão dimensional, repetibilidade, redução do tempo de setup e aumento da produtividade. Além disso, os centros de torneamento CNC possibilitam a fabricação de peças complexas com elevado padrão de qualidade, tornando-se essenciais para a competitividade das indústrias modernas. [1]

Entretanto, a elevada complexidade tecnológica desses equipamentos torna a manutenção um fator estratégico para garantir sua disponibilidade e confiabilidade operacional. Falhas não planejadas podem gerar perdas produtivas, aumento de custos, atrasos na produção e redução da eficiência do processo. A melhoria contínua dos processos

produtivos está diretamente relacionada à eficiência das práticas de manutenção, especialmente quando estas são planejadas de forma estruturada e orientadas por indicadores de desempenho. A indisponibilidade de equipamentos impacta diretamente a capacidade produtiva das organizações, reforçando a necessidade da adoção de estratégias eficazes de manutenção [2].

Nesse contexto, destaca-se a Manutenção Produtiva Total (TPM – *Total Productive Maintenance*), metodologia que busca maximizar a eficiência global dos equipamentos por meio da integração entre os setores de operação e manutenção. Entre os pilares da TPM, a manutenção autônoma assume papel fundamental, pois promove o envolvimento direto dos operadores nas atividades básicas de conservação dos equipamentos, como limpeza, inspeção, lubrificação e identificação precoce de anomalias. Essa abordagem contribui significativamente para a redução de falhas, aumento da confiabilidade e melhoria da disponibilidade operacional dos ativos industriais. [3]

Além disso, a utilização de ferramentas de análise de falhas e indicadores de desempenho, como MTBF (*Mean Time Between Failures*), MTTR (*Mean Time To Repair*) e disponibilidade operacional, permite avaliar quantitativamente o desempenho dos equipamentos e direcionar ações de melhoria contínua na gestão da manutenção. [4]

Embora os centros de torneamento CNC apresentem elevado grau de automação e produtividade, a ocorrência de falhas relacionadas à limpeza, inspeção e conservação básica dos equipamentos ainda pode comprometer sua disponibilidade e confiabilidade operacional. Nesse sentido, questiona-se se a implantação de um plano estruturado de manutenção autônoma, baseado nos princípios da TPM, pode contribuir para a redução de falhas e para a melhoria dos indicadores de desempenho da manutenção em um centro de torneamento CNC.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo elaborar e implementar um plano de manutenção autônoma aplicado a um Centro de Torneamento CNC Mazak QT-350-MY, utilizando o histórico de manutenção, o manual do fabricante, a experiência técnica e a análise das falhas ocorridas como base para a construção das rotinas de inspeção. Além disso, busca-se avaliar a efetividade da implantação por meio do acompanhamento de indicadores de desempenho da manutenção.

II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A) MANUTENÇÃO, PRINCIPAIS CONCEITOS E TIPOS:

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBR 5462, 1994), a manutenção é o “conjunto de ações técnicas e administrativas que tange como um todo o ramo e área industrial como um sistema único que destina manter ou recolocar um equipamento, instalação ou maquinário de um determinado setor”, ou seja, a principal função é manter o funcionamento dos equipamentos através de intervenções oportunas e assertivas. Sendo assim, a partir de uma visão mais atual sobre o tema, é possível definir manutenção como

o conjunto de ações, planejadas ou não, aplicadas aos equipamentos e instalações, que visam garantir sua confiabilidade e disponibilidade de modo a atender um processo de produção ou de serviço, com segurança, qualidade, preservação do meio ambiente e custos adequados. [5]

O tipo de manutenção aplicada depende de vários fatores: tipo de processo, tipo de equipamento, valor econômico da parada produtiva, disponibilidade e qualidade da mão de obra, entre outros. Sendo assim, é necessária uma análise abrangente para determinação do tipo de manutenção a ser aplicado em cada equipamento/processo.

Nesse contexto, aborda-se a seguir os tipos de manutenção, suas características e suas importâncias, que estão divididos em manutenção corretiva, preditiva, preventiva e detectiva.

A análise de falhas é outra ferramenta importante na manutenção. De acordo com Silva et al. (2017) [6], a análise de modo e efeito de falhas (FMEA) é uma metodologia útil para identificar as causas raízes de falhas em equipamentos e sistemas. Além disso, outras metodologias, como a análise de árvore de falhas (FTA) e a análise de causa raiz (RCA), também podem ser úteis em diferentes situações. [7]

1.1) Manutenção corretiva: Trata-se do mais antigo tipo de manutenção, que ocorre apenas quando ocorre uma quebra, ou mau funcionamento. Assim, é uma intervenção que entra em cena para que os equipamentos voltem às suas funções habituais. Nem sempre elas são conduzidas em momentos de emergência porque elas podem ser feitas também para elevar o desempenho do equipamento, momento em que um estado de falha é detectado, mesmo que ele ainda esteja disponível. Por isso, ela pode ser dividida em dois tipos, conforme apresentado a seguir.

1.1.1 Manutenção Planejada: É feita quando os profissionais percebem quedas no desempenho, de modo que é possível programar uma parada para a correção;

1.1.2 Manutenção Não Planejada: Normalmente ocorrem em decorrência de falhas que deixam a máquina sem funcionar, sem a possibilidade de previsão.

1.2) Manutenção preditiva: Segundo Kardec e Nascif (2019, p.80) [8], Manutenção Preditiva é a atuação realizada com base na modificação de parâmetros de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática. Através de Técnicas Preditivas é feito o monitoramento da condição e a ação de correção, quando necessária, é realizada através de uma Manutenção Corretiva Planejada. [9]

1.3) Manutenção preventiva: A manutenção preventiva procura evitar as ocorrências de falhas, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempos. A manutenção preventiva, feita periodicamente, deve ser a atividade principal de manutenção em qualquer empresa, sendo o centro das atividades de manutenção.

A manutenção preventiva busca sempre a melhoria contínua, reduzindo a indisponibilidade e melhorando o desempenho das máquinas e equipamentos, aumentando a produtividade. Além desses itens citados, um plano de manutenção

preventiva tem o objetivo de manter o equipamento em seu melhor estado operacional, diminuindo o risco de falhas do equipamento, aumentando a ausência de quebras, aumentando a confiabilidade e regularidade de operação do sistema produtivo. [9]

1.4) Manutenção Autônoma: A "Manutenção Autônoma", um dos pilares da "Manutenção Produtiva Total - TPM", surge como alternativa para garantir uma maior confiabilidade de seus equipamentos e, por consequência, maior disponibilidade de máquina para o processo produtivo, a partir da capacitação e desenvolvimento de habilidades nos colaboradores para realização de análise de falhas e execução de pequenas manutenções. A implementação dos seus conceitos deve ser gerida de forma estratégica para que as atividades planejadas possam ser eficazes no processo produtivo, levando a uma transformação da "Gestão da Manutenção" e um grande envolvimento por parte do time operacional. A TPM objetiva a eficácia da organização através de uma maior qualificação das pessoas e melhorias realizadas nos equipamentos, além de preparar e desenvolver times aptos a conduzirem as fábricas do futuro, dotadas de automação e outras práticas da indústria 4.0. O pilar da "Manutenção Autônoma" refere-se à prática de manutenção realizada pelos próprios operadores que devem conservar seus instrumentos de trabalho em boas condições de uso executando atividades simples tais como limpeza, inspeção e lubrificação. [5]

A palavra autônoma quer dizer "independente". Manutenção Autônoma se refere às atividades que envolvem os operadores em manter seus equipamentos de forma independente do departamento de manutenção. As atividades típicas incluem: inspeção diária, lubrificação, reposição de peças, identificação de anormalidades, e ajustes (JIPM, 1996, p. 63) [10].

Ribeiro (2008) [11] destaca que as atividades relativas a Manutenção Autônoma, em um primeiro momento, visa a impedir a degeneração do equipamento através das atividades de limpeza, lubrificação e aperto das porcas e parafusos. Posteriormente, torna-se também importante o domínio técnico dos operadores para:

- Operação de forma correta;
- Mudança da linha com maior agilidade e qualidade;
- Regulagens adequadas;
- Inspeção periódica de maior dimensão;
- Execução de pequenos reparos,
- Incorporação de pequenas melhorias;

Estas atividades implantadas no posto de trabalho do operador, não apenas irão possibilitar o desenvolvimento de seu trabalho de uma forma mais precisa e eficaz, como também realizar o acompanhamento do equipamento através do registro dos dados, bem como detectar e identificar, de uma forma mais rápida, as anomalias que possam vir a ocorrer. [12]

Segundo (Palmeira e Tenório, 2002) o plano de manutenção autônoma tem como objetivos: [13]

- Motivar as equipes de operação e manutenção para, de forma compartilhada, atingirem a meta comum de

restaurar e manter as condições básicas dos equipamentos, parando o processo de deterioração destes;

- Ajudar os operadores a aprenderem mais sobre as funções dos equipamentos, os problemas comuns que podem ocorrer nos equipamentos e como evitar esses problemas;
- Preparar os operadores para que sejam parceiros ativos do pessoal de engenharia e manutenção na busca da melhoria do rendimento global e do aumento de confiabilidade da planta e dos equipamentos;

Os estudos apresentados demonstram que a manutenção autônoma transcende a simples execução de atividades básicas de conservação, constituindo-se como uma ferramenta de desenvolvimento da cultura organizacional voltada à confiabilidade dos ativos. Dessa forma, sua implementação requer não apenas procedimentos técnicos, mas também treinamento contínuo, padronização e acompanhamento sistemático dos resultados.

1.5) Diagrama de Pareto:

Para o levantamento, tratamento dos dados e melhora da forma de visualização das manutenções ocorridas nos equipamentos, se utiliza o Diagrama de Pareto para identificar as causas mais comuns e recorrentes que causaram a falha do equipamento. O Diagrama de Pareto é um recurso gráfico utilizado que ordena a frequência das causas de perdas que devem ser sanadas. É uma ferramenta prática para ser utilizada quando os problemas, erros e defeitos puderem ser classificados para posteriores estudos e ações de melhoria, com a finalidade de orientar e ordenar de forma decrescente as frequências das ocorrências, permitindo priorização dos problemas. O principal objetivo é identificar os problemas de maior importância, segregando-os daqueles de menor relevância, possibilitando uma rápida visualização e maior aprofundamento para que o esforço de melhoria seja direcionado para aqueles que possuem prioridade conforme exemplo na figura 1. [2]

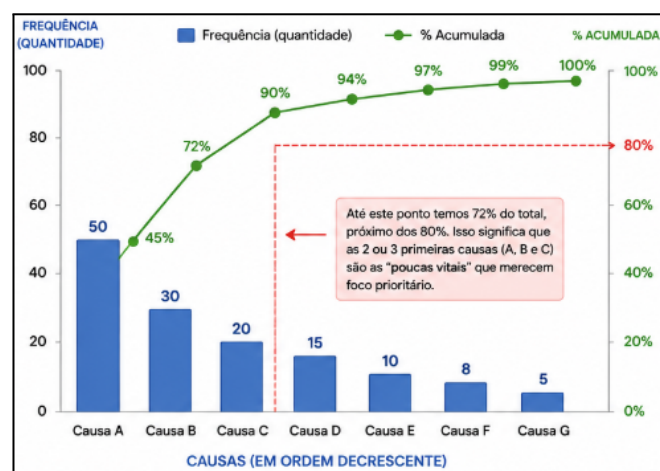


Figura 1 - Exemplo de um diagrama de pareto.

1.6) Indicadores de Desempenho da Manutenção:

A utilização de indicadores de desempenho é essencial para avaliar a eficiência das estratégias de manutenção adotadas, permitindo a tomada de decisões baseada em dados.

Segundo Monteiro (2013) [14], é fundamental que uma estratégia de gestão da manutenção inclua de forma eficaz um conjunto de indicadores que forneçam informações sobre os aspectos mais cruciais e pertinentes da manutenção.

A implementação dos indicadores de desempenho, na manutenção, está relacionado de forma direta às análises estatísticas e ao estudo de listagens que traduzem em números, os quais possibilitam interpretar e atuar sobre as falhas. Alguns indicadores que tornam esse estudo possível e sua aplicabilidade na manutenção mecânica, estão ligados diretamente à confiabilidade e disponibilidade.

1.6.1 MTBF / MTBR (Tempo Médio Entre Falhas):

O MTBF (*Mean Time Between Failures*), também denominado MTBR (*Mean Time Between Repairs*), é um indicador de confiabilidade que representa o tempo médio de operação do equipamento entre falhas, visto na equação (1).

$$MTBF = \frac{\text{Tempo Total de Funcionamento}}{\text{Número de Falhas}} \quad (1)$$

Quanto maior o MTBF, maior a confiabilidade do equipamento, indicando menor frequência de falhas.

1.6.2 MTTR (Tempo Médio de Reparo): O MTTR (*Mean Time To Repair*) mede o tempo médio necessário para restaurar o funcionamento do equipamento após uma falha, visto na equação (2).

$$MTTR = \frac{\text{Tempo Total de Reparo}}{\text{Número de Falhas}} \quad (2)$$

Esse indicador está diretamente relacionado à eficiência da equipe de manutenção. Quanto menor o MTTR, mais ágil é o processo de reparo.

1.6.3 Disponibilidade Operacional: A disponibilidade operacional indica o percentual de tempo em que o equipamento está apto a operar, visto na equação (3).

$$\text{Disponibilidade} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100 \quad (3)$$

Esse indicador integra confiabilidade e manutenibilidade, sendo fundamental para avaliar o desempenho global dos equipamentos.

B) CENTROS DE TORNEAMENTO CNC:

A usinagem, conforme definido por (Ferraresi, 1977) [15], compreende um conjunto de operações destinadas a dar forma, dimensões e acabamento às peças, envolvendo a remoção de material na forma de cavaco. Trata-se de um dos processos mais utilizados mundialmente, com grande relevância econômica, impulsionado pela busca por maior precisão, qualidade e produtividade.

Nesse contexto, a incorporação de tecnologias como o torno CNC representa um avanço significativo, proporcionando maior precisão, eficiência e redução de custos na fabricação de peças (SILVA, 2017) [16]. Entre suas principais vantagens estão a automação, a segurança operacional, a otimização do uso de matéria-prima e a redução de desperdícios.

Além disso, a diminuição dos tempos de setup e o aumento da produtividade são fatores estratégicos para a competitividade industrial, permitindo menores custos de produção e maior qualidade dos produtos (OLIVEIRA, 2012) [17]. Dessa forma, o torno CNC se destaca como uma ferramenta essencial para a modernização e eficiência dos processos de usinagem.

1) Centro de Torneamento Mazak QT-350-MY:

O Mazak QT-350-MY é uma máquina industrial utilizada para fabricar peças metálicas com alta precisão. Esse equipamento funciona de forma automatizada por meio de comando CNC (Controle Numérico Computadorizado), permitindo realizar diferentes tipos de usinagem com rapidez e segurança.

A máquina é capaz de executar operações como:

- Torneamento;
- Furação;
- Rosqueamento;
- Fresamento.

Uma das principais vantagens do equipamento é a possibilidade de realizar várias operações na mesma peça sem a necessidade de removê-la da máquina, reduzindo tempo de produção e aumentando a precisão.

O equipamento possui grande capacidade de usinagem, podendo trabalhar com peças de grande porte e elevado peso, sendo muito utilizado na fabricação de:

- Eixos;
- Flanges;
- Componentes Mecânicos Industriais.

O Spindle, que é o eixo principal responsável pela rotação da peça, trabalha em altas velocidades e fornece força suficiente para operações leves e pesadas.

A máquina também possui:

- Eixo X e eixo Z, responsáveis pela movimentação das ferramentas;
- Eixo Y, que permite usinagens laterais e fora do centro da peça;
- Eixo C, utilizado para posicionamento angular preciso.

A torre de ferramentas possui diversas posições para ferramentas de corte, permitindo trocas automáticas durante o processo de usinagem. Além disso, algumas ferramentas

podem ser motorizadas, possibilitando operações mais complexas.

O sistema de comando da máquina utiliza o controle Mazatrol, que facilita a programação e operação do equipamento por meio de uma interface moderna e automatizada.

Sua estrutura robusta garante estabilidade durante a usinagem, reduzindo vibrações e melhorando a qualidade final das peças produzidas.

Devido à sua precisão, produtividade e versatilidade, o Mazak QT-350-MY é amplamente utilizado em indústrias metal mecânicas e automotivas, ilustrado na Figura 2.



Figura 2. Centro de Torneamento Mazak QT-350-MY.

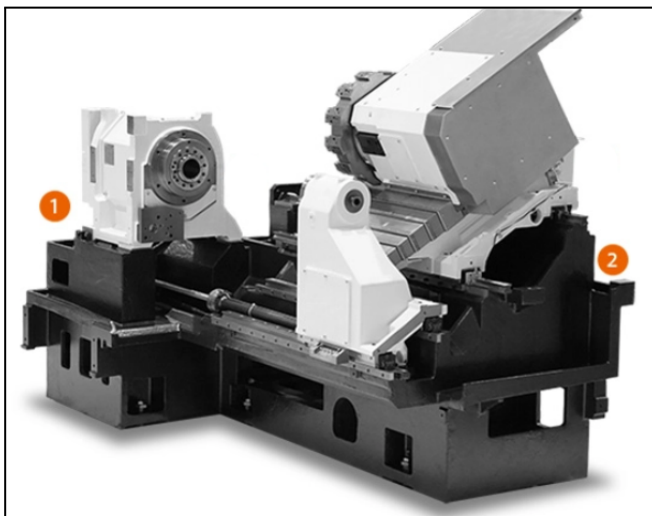


Figura 3. Estrutura do Centro de Torneamento

1.1 Spindle de motor embutido:

É o componente responsável pela rotação da peça durante o processo de usinagem. Ele funciona como o “eixo principal” da máquina, garantindo movimento preciso e controlado para operações de torneamento.

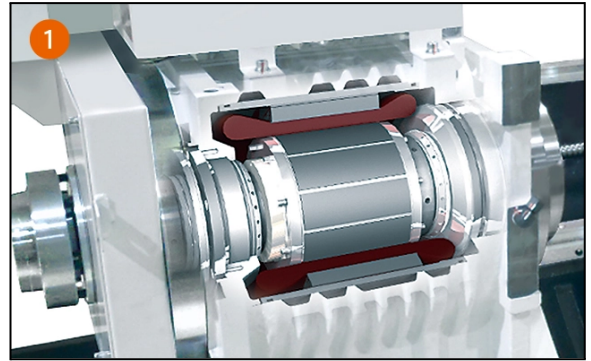


Figura 4. Spindle de motor embutido.

1.2 Guias lineares de rolos utilizados em todos os eixos:

Os guias lineares de rolos utilizados nos eixos têm a função de garantir o deslocamento preciso, suave e rígido dos eixos da máquina durante o processo de torneamento.

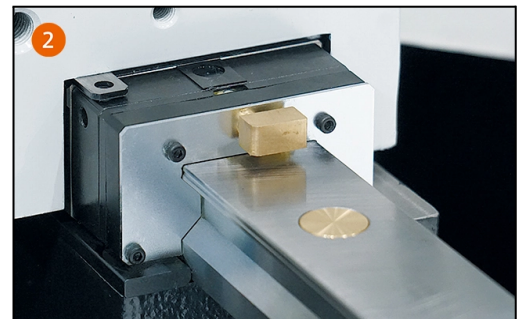


Figura 5. Guias lineares de rolos.

1.3 Torre de ferramentas:

A torre de ferramentas é responsável por armazenar e trocar automaticamente as ferramentas utilizadas na usinagem.

Sua função principal é posicionar rapidamente a ferramenta correta conforme o programa CNC, permitindo operações como:

- Torneamento;
- Furação;
- Rosqueamento;
- Fresamento.

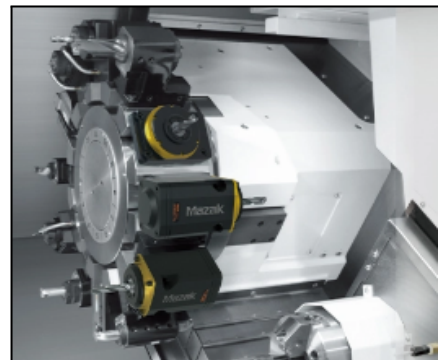


Figura 6. Torre de ferramentas.

1.4 Spindle integral/motor para fresamento:

Um Spindle integrado é utilizado no fuso de fresamento da torre, com o objetivo de minimizar vibrações e garantir

elevada precisão. Essa construção proporciona cortes estáveis e operações de fresamento de alta exatidão, mesmo em aplicações exigentes. Para assegurar a estabilidade térmica, um sistema de refrigeração por óleo com temperatura controlada circula continuamente ao redor dos rolamentos e do alojamento do Spindle, reduzindo variações térmicas e contribuindo para a manutenção da precisão dimensional ao longo do tempo.

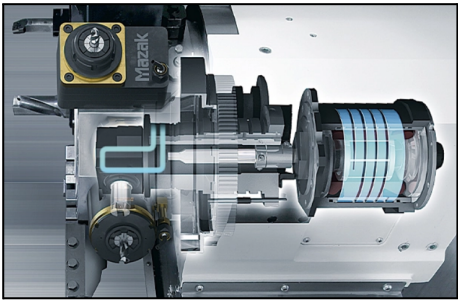


Figura 7. Spindle integral/motor para fresamento.

III. METODOLOGIA

Esta pesquisa é de natureza aplicada, pois busca solucionar um problema real relacionado à confiabilidade de um Centro de Torneamento CNC por meio da implantação da manutenção autônoma. Quanto aos objetivos, caracteriza-se como exploratória e descritiva, uma vez que investiga as principais causas de falhas do equipamento e avalia os resultados obtidos após a implementação do plano de manutenção. O trabalho foi desenvolvido por meio de um estudo de caso em um Centro de Torneamento CNC Mazak QT-350-MY, utilizando dados do histórico de manutenção, auditorias e indicadores de desempenho. A abordagem é predominantemente quantitativa, baseada na análise dos indicadores de Disponibilidade, MTBF e MTTR, complementada por observações qualitativas das condições operacionais e das práticas de manutenção autônoma.

A) Pareto de Falhas:

Com o objetivo de identificar as principais causas que impactam o desempenho e a disponibilidade do Centro de Torneamento Mazak, foi elaborada uma análise das falhas com base nos registros de intervenções realizadas no ano de 2025 e de janeiro de 2026 até maio de 2026 através do software SAP PM, módulo de *Plant Maintenance* (Manutenção de Planta) do sistema SAP, usado para gerenciar as atividades de manutenção de ativos físicos como máquinas e equipamentos, descritos em detalhes na figura 8.

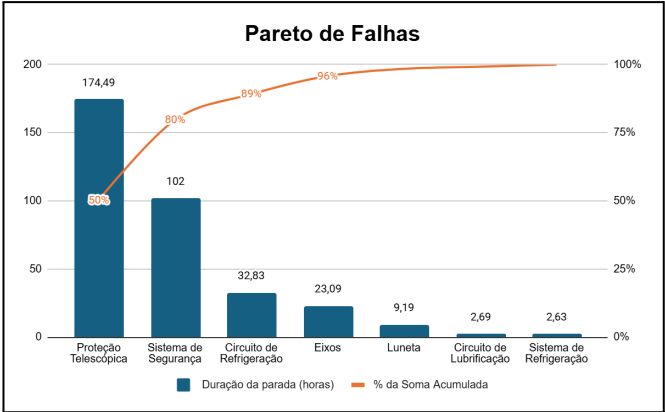


Figura 8 - Pareto de falhas do Centro de Torneamento Mazak QT-350-MY.

Além do mais, essa ferramenta possibilita priorizar as falhas mais críticas, direcionando ações estratégicas voltadas à melhoria do plano de manutenção autônoma e ao aperfeiçoamento do treinamento dos operadores. Dessa forma, busca-se fortalecer as práticas de Manutenção Autônoma, tornando o processo de inspeção mais robusto, padronizado e eficaz, contribuindo para a redução de falhas recorrentes e o aumento da confiabilidade operacional dos equipamentos. A análise de falhas evidencia que a maior parte das falhas no Centro de Torneamento está concentrada em atividades operacionais de limpeza e inspeção, justamente aquelas que podem ser significativamente reduzidas por meio da aplicação estruturada da Manutenção Autônoma como pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1 - Análise das falhas.

Componente	Problema	Ação	Nº de Falhas
Eixos	Proteção Telescópica desacoplada	Fixação	2
	Z - Parâmetro de Limite alterado (prot. Telesc.)	Conserto/Acomp. Em M1	1
Sistema de Segurança	Sensor da porta Fora de Posição	Posicionamento	1
Luneta	Cobertura Travada	Desmontagem e Limpeza	1
	Proteção Telescópica Travada	Conserto	1
Circuito de Refrigeração	Vazamento de Fluido	Vedação com Silicone	1
	Obstrução do Circuito	Limpeza	1
Total Geral			8

Os problemas identificados nos eixos, sistema de segurança, luneta e circuito de refrigeração demonstram indícios de ausência de inspeções periódicas, limpeza inadequada, falta de monitoramento visual e deficiência na identificação precoce de anomalias. No sistema dos eixos, por exemplo, a ocorrência de proteção telescópica desacoplada e proteção telescópica travada indica possíveis falhas de limpeza, acúmulo de cavacos e ausência de verificação das condições mecânicas dos componentes

móveis. O operador poderia atuar preventivamente por meio de inspeções visuais frequentes, reaperto e limpeza das proteções.

Da mesma forma, o problema relacionado ao parâmetro de limite alterado da proteção telescópica sugere a inexistência de acompanhamento operacional adequado ou falha na identificação antecipada de comportamentos anormais do equipamento.

No sistema de segurança, o desalinhamento do sensor da porta evidencia deficiência na inspeção funcional dos dispositivos de proteção. O operador poderia efetuar verificações simples antes do início da operação, permitindo identificar sensores fora de posição e evitar falhas operacionais ou riscos de segurança.

As falhas observadas na luneta, como cobertura travada e proteção telescópica travada, estão fortemente relacionadas ao acúmulo de sujeira, cavacos e deficiência nas rotinas de limpeza e lubrificação. Essas atividades fazem parte das ações básicas da manutenção autônoma e são fundamentais para preservar a integridade mecânica dos componentes móveis.

Já no circuito de refrigeração, os problemas de vazamento de fluido e obstrução do circuito indicam ausência de inspeções periódicas, limpeza inadequada e falhas no acompanhamento das condições do sistema de refrigeração. A manutenção autônoma atua diretamente nesse tipo de ocorrência através da verificação de vazamentos, limpeza de filtros e monitoramento do fluxo do fluido refrigerante.

B) Elaboração do Plano de Manutenção Autônoma

A elaboração do Plano de Manutenção Autônoma teve como objetivo padronizar as atividades de inspeção, limpeza e lubrificação realizadas pelos operadores, contribuindo para a prevenção de falhas, aumento da confiabilidade dos equipamentos e redução das paradas não programadas.

Uma breve descrição de cada etapa do processo é apresentada a seguir:

1) Elaboração dos padrões de Inspeção de Manutenção Autônoma

A elaboração dos padrões de inspeção foi realizada com base em diferentes fontes de informação, como:

- Manual do fabricante da máquina;
- Histórico de manutenção obtido no software SAP PM (*Plant Maintenance*);
- Conhecimento técnico da equipe de manutenção.

A partir dessas informações, foi desenvolvido um plano estruturado contendo atividades de:

- Inspeção;
- Limpeza;
- Lubrificação;
- Verificação das condições operacionais da máquina.

O plano foi organizado em forma de *checklist*, descrevendo detalhadamente:

- Os pontos a serem inspecionados;
- O método de verificação;
- A frequência das atividades;
- A identificação da máquina e sua localização.

Cada item do *checklist* recebeu uma numeração específica, correspondente aos pontos identificados no croqui de localização da máquina.

O croqui apresenta imagens ilustrativas do equipamento, indicando visualmente os pontos de inspeção, limpeza e lubrificação, facilitando o entendimento e a execução das atividades pelos operadores.

Durante as inspeções, os operadores utilizam os próprios sentidos humanos como apoio na identificação de anormalidades:

- Audição: identificação de ruídos anormais;
- Olfato: detecção de cheiro de componentes queimados ou superaquecidos;
- Tato: percepção de vibrações e temperaturas fora do padrão;
- Visão: observação de vazamentos, sujeiras, corrosão, folgas, parafusos soltos e irregularidades na estrutura da máquina.

2) Treinamento e inspeção geral

Após a elaboração do plano, os operadores devem receber treinamento adequado para executar corretamente as atividades propostas.

O treinamento tem como finalidade:

- Ampliar o conhecimento técnico dos operadores;
- Padronizar a execução das inspeções;
- Facilitar a identificação de anormalidades;
- Garantir maior confiabilidade no processo de manutenção autônoma.

As atividades de inspeção e lubrificação devem ser simples, objetivas e de fácil execução, permitindo que qualquer operador devidamente treinado consiga realizá-las corretamente.

O responsável pela elaboração do plano, juntamente com a equipe de manutenção, deve garantir a realização dos treinamentos e acompanhar a adaptação dos operadores às novas rotinas.

3) Gerenciamento autônomo

O setor de manutenção realiza auditorias periódicas com o objetivo de verificar a correta execução das atividades de manutenção autônoma.

Os dados coletados durante as inspeções são registrados, analisados e acompanhados pelos líderes de manutenção, supervisores e gestores do processo produtivo.

Esse acompanhamento permite:

- Identificar falhas recorrentes;
- Avaliar a eficiência do plano de inspeção;
- Propor melhorias contínuas;
- Aumentar a confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos.

A auditoria é conduzida por meio de uma planilha de avaliação estruturada com critérios objetivos relacionados às atividades de manutenção autônoma conforme a tabela 2.

Tabela 2 - Auditoria da Manutenção autônoma.

Avaliação de Eficácia Manutenção Autônoma			
Setor: Fábrica	Equip.: CTO001		
Descrição	Diagnóstico		
Etapla 1: Limpeza e Inspeção	Sim	Parcial	Não
O equipamento encontra-se com a estrutura limpa? (laterais externas, parte de proteções internas, portas, painel CNC, esteira de sucata, parte superior).			
Os conceitos de 5S estão sendo seguidos?			
A área interna (zona de usinagem) está limpa, sem acúmulo de cavacos?			
O transportador de cavacos está operando corretamente e sem acúmulo?			
As proteções móveis e fixas estão em boas condições (NR-12)?			
As janelas de inspeção estão limpas e sem danos?			
O sistema de refrigeração está limpo e sem contaminação visível?			
Existem peças ou componentes soltos, danificados ou com ausência de fixação?			
Etapla 2 : Fontes de Sujeira e Lugares de Difícil Acesso	Sim	-	Não
Existem vazamentos identificados (óleo, fluido de corte, hidráulico, ar)?		-	
Existem ordens para a correção?		-	
Etapla 3 : Padrões de Limpeza e Inspeção	Sim	-	Não
Existem padrões de limpeza e inspeção do equipamento?		-	
Os padrões estão disponíveis com fácil acesso?		-	
Os registros de execução dos checklists de limpeza estão corretamente preenchidos e executados ?		-	
Etapla 4 : Inspeções Gerais do Equipamento	Sim	Parcial	Não
Os operadores possuem as ferramentas necessárias para realizar as atividades ?			
Os operadores possuem treinamento para realização da inspeção geral?			
O Líder estava presente ou informou um representante para acompanhar a auditoria?		-	
TOTAL			
NOTA FINAL			

Cada item auditado recebe uma pontuação de acordo com os critérios estabelecidos, sendo: 2 pontos para itens que atendem integralmente ao requisito, 1 ponto para itens que atendem parcialmente e 0 ponto para itens que não atendem ao requisito avaliado conforme a tabela 3.

Tabela 3 - Pontuação dos critérios da auditoria da Manutenção autônoma.

Legenda :	2	Atende
	1	Parcial
	0	Não atende

A partir da pontuação obtida, é possível determinar o nível de conformidade das atividades executadas, permitindo o monitoramento contínuo da evolução das práticas de manutenção autônoma e a identificação de oportunidades de melhoria. A utilização da planilha garante a padronização da coleta de dados, facilita a análise dos resultados e contribui para a confiabilidade da auditoria realizada.

Quando a auditoria apresenta resultado inferior a 80% de eficácia, são definidas ações corretivas e de melhoria com base nos requisitos que não atingiram a conformidade esperada. Essas ações podem incluir a realização de treinamentos, revisão e atualização dos planos de manutenção, adequação de procedimentos operacionais, reforço das inspeções e outras medidas necessárias para eliminar as não conformidades identificadas e elevar o desempenho do processo.

B) Indicadores de Desempenho:

Para avaliar a eficácia da implementação do plano de manutenção autônoma no centro de torneamento, serão analisados os indicadores de Disponibilidade, Tempo Médio Entre Falhas (MTBF - *Mean Time Between Failures*) e Tempo Médio para Reparo (MTTR - *Mean Time To Repair*). Esses indicadores permitem mensurar o desempenho operacional do equipamento e comparar seu comportamento antes e após a aplicação das atividades de manutenção autônoma. Os dados utilizados para o cálculo dos indicadores são obtidos por meio do software SAP PM (*Plant Maintenance*), módulo do sistema SAP destinado ao gerenciamento das atividades de manutenção de ativos físicos, como máquinas e equipamentos. Nesse sistema são registradas as ordens de manutenção e armazenadas as informações referentes às intervenções realizadas.

Mensalmente, os relatórios de manutenção são extraídos do SAP PM e tratados no software Power BI, ferramenta utilizada para a consolidação, análise e visualização dos dados necessários ao acompanhamento do desempenho do equipamento.

A partir dos dados coletados e tratados, é possível determinar os indicadores de Disponibilidade, MTBF e MTTR, possibilitando avaliar quantitativamente os efeitos da implantação da manutenção autônoma sobre a confiabilidade, a manutenibilidade e a disponibilidade operacional do centro de torneamento.

IV. RESULTADOS

A) PLANO DE MANUTENÇÃO AUTÔNOMA:

O plano de manutenção autônoma estabelece de forma sistematizada todas as diretrizes necessárias para que o operador execute adequadamente as atividades de verificação, limpeza e lubrificação. Esse documento define a frequência recomendada de inspeção para cada item, orienta

a aplicação de gestão visual e descreve em que condição deve estar a máquina. Além disso, o plano inclui um croqui detalhado de localização, ilustrando claramente todos os componentes a serem inspecionados, de modo a padronizar a execução, facilitar a identificação de anomalias e garantir a completude das verificações conforme o anexo 1.

1) Checklist da Manutenção Autônoma do Centro de Torneamento:

O plano elaborado possui 16 itens para execução ou inspeção, sendo quatro deles, ações que se referem à segurança do operador. Assim, as informações são detalhadas em atividades que devem ser feitas com a máquina operando ou não operando.

Além do mais, o plano proposto também foi dividido em atividades de inspeção de ruídos, vibração, folgas, vazamentos de ar, óleo e líquido refrigerante. Execução de limpeza e lubrificação na máquina conforme a tabela 3.

Tabela 3 - Itens do Checklist Centro de Torneamento Mazak QT-350-MY.

Nº	Ação Principal
1	MANTER FOLHA DE REGISTRO OPERACIONAL DEVIDAMENTE PREENCHIDA, ATUALIZADA E ARQUIVADA EM LOCAL ADEQUADO PRÓXIMO AO EQUIPAMENTO.
2	ANALISAR PRELIMINARMENTE OS RISCOS DO LOCAL DE TRABALHO E DO EQUIPAMENTO.
3	TESTAR TODOS OS BOTÕES DE EMERGÊNCIA, COMANDOS. VERIFICAR SE TODOS OS BOTÕES ESTÃO IDENTIFICADOS DE FORMA LEGÍVEL (FOTOS - 3.1 E 3.2)
4	VERIFICAR PROTEÇÕES FIXAS E MÓVEIS - NR12
5	TESTAR CHAVE GERAL DE SEGURANÇA - LOCK OUT + TAG OUT + TEST OUT (LOTOTO)
6	VERIFICAR FOLGAS ANORMAIS, PEÇAS SOLTAS, TRINCADAS, QUEBRADAS OU FALTANTES.
7	VERIFICAR RUÍDOS E / OU VIBRAÇÃO ANORMAIS NO EQUIPAMENTO.
8	EFETUAR LIMPEZA DO EQUIPAMENTO (EXTERNA E INTERNA) E ORGANIZAR LOCAL DE TRABALHO
9	EFETUAR LIMPEZA E VERIFICAR CONDIÇÕES DO FILTRO DO TANQUE DE ARREFECIMENTO.
10	VERIFICAR CONDIÇÕES E FUNCIONAMENTO DA LUNETAS E CONTRAPONTO (LIMPEZA E LUBRIFICAÇÃO).
11	VERIFICAR CONDIÇÕES, LIMPEZA E LUBRIFICAÇÃO DOS RASPADORES DE PROTEÇÃO TELESCÓPICA.
12	VERIFICAR NÍVEIS E PONTOS DE VAZAMENTO DE ÓLEO (FOTOS - 12.1, 12.2, 12.3 e 12.4).
13	VERIFICAR A PRESSÃO DE TRABALHO (5,5 A 7 BAR).
14	VERIFICAR A MONTAGEM E LIMPEZA DAS FERRAMENTAS DE CORTE (DE TRABALHO).
15	EFETUAR O TESTE FUNCIONAL DA PLACA E CASTANHA (APERTO E MOVIMENTO).
16	LUBRIFICAR PLACA DE FIXAÇÃO. CÓDIGO SAP: 2600004607 GRAXA PLACA HIDRA.TIPO ST01 900 GRAMAS.

Ainda, o plano de manutenção autônoma do Centro de Torneamento Mazak possui atividades que devem ser

executadas diariamente, semanalmente e mensalmente ilustrados na Tabela 4.

Tabela 4 - Frequência das atividades do Checklist Centro de Torneamento Mazak. As letras D, S e M representam respectivamente as frequências diárias, semanais e mensais. A letra X representa a opção escolhida.

Nº	Método	Status do Equipamento		Freq.
		Operando	Não Operando	
1	PREENCHIMENTO E ARQUIVAMENTO MANUAL	N/A	N/A	D
2	INSPEÇÃO VISUAL		X	D
3	INSPEÇÃO VISUAL E TESTE FUNCIONAL	X		D
4	INSPEÇÃO VISUAL		X	D
5	TESTE FUNCIONAL		X	S
6	INSPEÇÃO VISUAL		X	D
7	INSPEÇÃO SENSITIVA	X		D
8	MANUAL (PANOS)		X	S
9	MANUAL (ÁGUA)		X	S
10	INSPEÇÃO VISUAL		X	S
11	INSPEÇÃO VISUAL E MANUAL (AR COMPRIMIDO)		X	D
12	INSPEÇÃO VISUAL		X	D
13	INSPEÇÃO VISUAL		X	M
14	INSPEÇÃO VISUAL E MANUAL (AR COMPRIMIDO)		X	D
15	TESTE FUNCIONAL		X	D
16	MANUAL (ALMOTOLIA)		X	M

As ações estabelecidas no *checklist* para o operador envolvem a inspeção, a limpeza e lubrificação, definidas conforme análise de manutenção. Todas as atividades devem ser descritas de forma clara e objetiva, garantindo fácil entendimento por parte do operador.

2) Croqui de Localização da Manutenção Autônoma do Centro de Torneamento Mazak:

O Croqui de Localização contém fotos da máquina, ilustrando todos os itens para os quais o *checklist* solicita alguma ação. Cada item do *checklist* é numerado, e esses números são sinalizados nas imagens para que o operador identifique facilmente, na máquina, o que deve ser inspecionado, limpo ou lubrificado.

2.1 Os itens 3.1 e 3.2 referem-se aos botões de emergência e aos comandos da máquina, componentes fundamentais para a segurança do operador e do equipamento. Em situações de falha, erro operacional ou qualquer condição de risco, o acionamento da botoeira de emergência interrompe imediatamente o funcionamento da máquina, evitando acidentes e possíveis danos ao sistema ilustrados na figura 9.

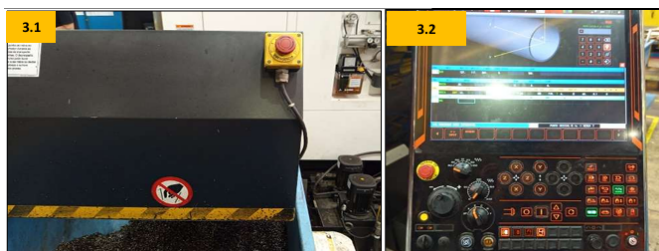


Figura 9 - Botões de emergência e comandos da máquina.

2.2 O item 10 está relacionado às falhas ocorridas no componente Luneta, relacionados ao acúmulo de cavacos, deficiência de lubrificação e desgaste mecânico.

A luneta é um dispositivo utilizado para apoio e estabilização de peças longas durante a usinagem. Seu funcionamento inadequado pode provocar:

- Vibrações excessivas;
- Perda de precisão dimensional;
- Desgaste prematuro das ferramentas;
- Sobrecarga mecânica;
- Risco de colisões e danos ao equipamento.

Já o contraponto auxilia na sustentação axial da peça, sendo essencial para manter alinhamento e estabilidade durante operações de torneamento, ilustrados na figura 10.



Figura 10 - Luneta e contraponto.

2.3 O item 11 está relacionado aos raspadores das proteções telescópicas, que possuem a função de remover cavacos, resíduos metálicos e excesso de fluido de corte durante a movimentação dos eixos. Esse sistema evita que contaminantes atinjam componentes críticos da máquina, como guias lineares, fusos de esferas, sensores, servomotores, sistemas de vedação.

Quando os raspadores apresentam desgaste, sujeira excessiva ou falta de lubrificação, podem ocorrer:

- Travamento das proteções telescópicas;
- Desalinhamento mecânico;
- Aumento do atrito nos eixos;
- Sobrecarga dos servomotores;
- Falhas de posicionamento;
- Alteração de parâmetros de limite;
- Infiltração de fluido e cavacos em componentes internos.

Além disso, o acúmulo de resíduos pode contribuir para obstruções no circuito de refrigeração e vazamentos de fluido, reduzindo a eficiência do sistema de refrigeração da máquina.

A Proteção telescópica é ilustrada na figura 11.



Figura 11 - Proteção telescópica.

2.4 Os itens 12.1, 12.2, 12.3 e 12.4 se referem a verificação dos níveis de óleo, o que é fundamental para garantir o correto funcionamento e a confiabilidade do Centro de Torneamento. O óleo atua diretamente na lubrificação, refrigeração e proteção dos componentes mecânicos, reduzindo atrito, desgaste e superaquecimento, os pontos de verificação estão ilustrados na figura 12.

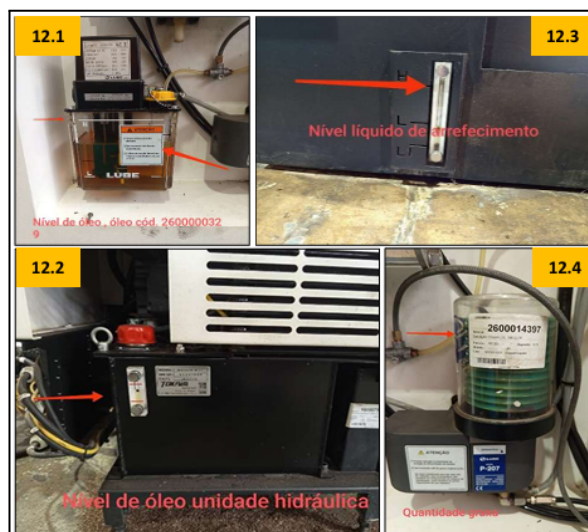


Figura 12 - Pontos de verificação de nível de óleo e líquido refrigerante.

2.5 Os itens 14 e 15 estão relacionados a correta fixação das ferramentas e da peça, quando não cuidado, pode gerar vibrações, desalinhamentos e esforços excessivos nos eixos da máquina.

A presença de cavacos e sujeira nas ferramentas, placa e castanhas também pode comprometer o aperto da peça, afetando a estabilidade do torneamento e aumentando o desgaste mecânico dos componentes móveis.

O teste funcional da placa e castanhas permite verificar:

- Força de aperto;

- Movimentação uniforme;
- Desgaste;
- Folgas mecânicas;
- Acúmulo de resíduos.

Essas inspeções reduzem riscos de falhas mecânicas, melhoram a estabilidade operacional e aumentam a confiabilidade do equipamento durante o processo de torneamento, os pontos de verificação estão ilustrados na figura 13.

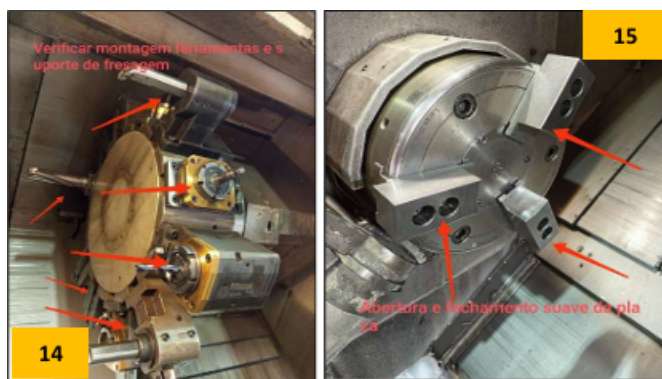


Figura 13 - Ferramentas de corte, placa e castanhas.

3) Auditoria de avaliação da Eficácia da Manutenção Autônoma do Centro de Torneamento Mazak:

A auditoria do equipamento Centro de Torneamento Mazak alcançou 87%, acima da meta de 80%, indicando resultado geral positivo, com a maioria dos requisitos atendidos (operação, segurança, padrões, registros e capacitação). Porém, houve pontos de atenção: fragilidades em limpeza estrutural da máquina e disciplina de 5S, além de itens críticos não atendidos relacionados a vazamentos e falta de ordens de serviço para correção conforme tabela 5.

Tabela 5 - Resultado da auditoria Auditoria de avaliação da Eficácia da Manutenção Autônoma do Centro de Torneamento Mazak:

Item	Pontuação
O equipamento encontra-se com a estrutura limpa? (laterais externas, parte de proteções internas, portas, painel CNC, esteira de sucata, parte superior).	1
Os conceitos de 5S estão sendo seguidos?	1
A área interna (zona de usinagem) está limpa, sem acúmulo de cavacos?	2
O transportador de cavacos está operando corretamente e sem acúmulo?	2
As proteções móveis e fixas estão em boas condições (NR-12)?	2
As janelas de inspeção estão limpas e sem danos?	2
O sistema de refrigeração está limpo e sem contaminação visível?	2
Existem peças ou componentes soltos, danificados ou com ausência de fixação?	2
Existem vazamentos identificados (óleo, fluido de corte, hidráulico, ar)?	0
Existem ordens para a correção?	0

Existem padrões de limpeza e inspeção do equipamento?	2
Os padrões estão disponíveis com fácil acesso?	2
Os registros de execução dos checklists de limpeza estão corretamente preenchidos e executados?	2
Os operadores possuem as ferramentas necessárias para realizar as atividades?	2
Os operadores possuem treinamento para realização da inspeção geral?	2
O Líder estava presente ou informou um representante para acompanhar a auditoria?	2
Total	87%
Meta	80%

Recomendou-se abrir o chamado de manutenção para corrigir um vazamento de óleo, identificar um recipiente de óleo contaminado e reforçar as rotinas de limpeza e 5S para garantir a melhoria contínua e confiabilidade do equipamento.

B) INDICADORES DE DESEMPENHO:

Foi realizada a comparação dos indicadores de manutenção no período de janeiro a maio de 2025 e 2026. É importante destacar que, em março de 2026, foi implementada a Manutenção Autônoma na máquina analisada, o que permite observar possíveis impactos dessa prática nos resultados apresentados.

1) Disponibilidade:

Ao observar a disponibilidade na Figura 14, percebe-se que em 2025 o indicador começou em um patamar mais baixo (91,5% em janeiro), mas rapidamente evoluiu, atingindo 100% já em março e se mantendo elevado nos meses seguintes. Nesse período, foram registradas ocorrências relacionadas à proteção da luneta, sensor do filtro de refrigeração e alarmes do equipamento, que contribuíram para as paradas observadas. Em 2026, o comportamento foi um pouco diferente no início do ano. Embora janeiro tenha apresentado disponibilidade de 95,6%, ocorreu uma falha de maior impacto relacionada a vazamento de óleo e refrigeração, que resultou em uma parada de (30,36 horas). Também foram registradas ocorrências de vazamento de refrigeração, falhas no sensor da porta e abertura da proteção telescópica. Apesar disso, em fevereiro a disponibilidade atingiu 100%.

A partir de março, quando a Manutenção Autônoma passou a ser aplicada, a disponibilidade permaneceu elevada, variando entre 98,3% e 99,8%. As ocorrências registradas após a implantação foram de menor complexidade e menor tempo de parada, como cobertura da luneta trancada (5,86 horas), fim de curso paramétrico em Z (2,67 horas) e placa solta (0,67 horas). Esse comportamento demonstra maior estabilidade operacional do equipamento.

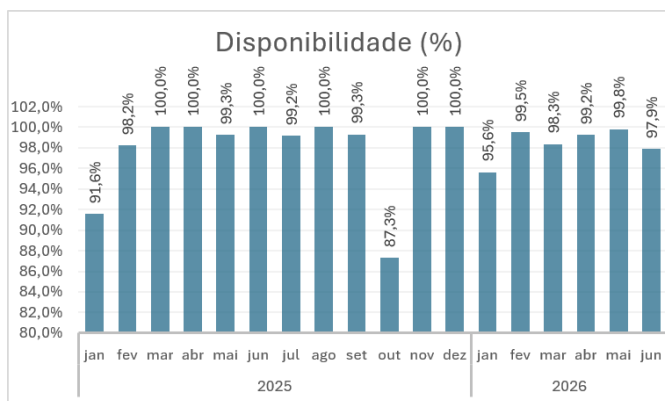


Figura 14 - Indicador de disponibilidade.

2) MTBF (Tempo Médio Entre Falhas):

O MTBF foi o indicador que apresentou a mudança mais evidente, conforme apresentado na Figura 15.

Em 2025, os valores oscilaram significativamente devido à ocorrência de diferentes tipos de falhas ao longo do período, como problemas na proteção do fuso da luneta, falhas em sensores e alarmes operacionais. Essa variabilidade demonstra que o equipamento ainda apresentava interrupções que comprometiam a continuidade da operação.

Em 2026, antes da implantação da Manutenção Autônoma, foram registradas cinco ocorrências apenas entre janeiro e fevereiro, incluindo um vazamento de óleo e refrigeração de grande impacto e falhas recorrentes relacionadas à proteção telescópica. Após março, houve apenas três registros de falha até maio, indicando uma redução na frequência das intervenções corretivas.

Com isso, o MTBF aumentou para valores superiores a 600 horas, evidenciando que o equipamento passou a permanecer mais tempo em operação sem falhas. Esse resultado está alinhado aos objetivos da Manutenção Autônoma, que busca eliminar fontes de deterioração e identificar anomalias antes que evoluam para falhas mais graves.

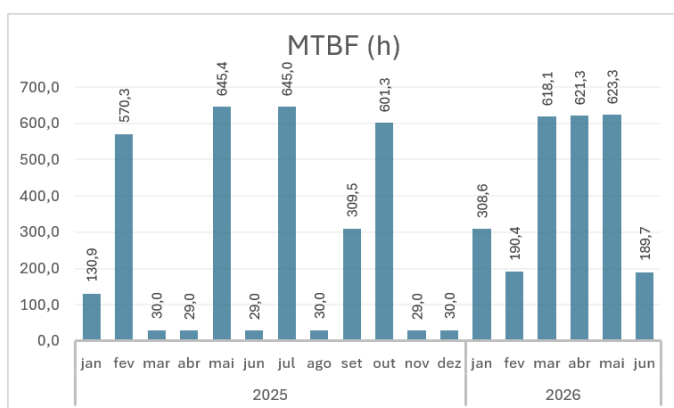


Figura 15 - Indicador de MTBF.

3) MTTR (Tempo Médio de Reparo):

Em relação ao MTTR, ilustrado na Figura 16, o comportamento em 2025 foi bastante irregular, com tempos de reparo influenciados por ocorrências como falhas na

proteção da luneta, problemas em sensores e alarmes do equipamento.

Em janeiro de 2026 ocorreu a intervenção mais longa de todo o período analisado, causada por um vazamento de óleo e refrigeração, que demandou (30,36 horas) de parada. Esse evento impactou significativamente o MTTR do período.

Após a implantação da Manutenção Autônoma, observa-se uma tendência de redução do tempo médio de reparo. As ocorrências registradas entre março e maio envolveram problemas mais simples, como cobertura da luneta trancada, fim de curso paramétrico e placa solta, demandando menor tempo de intervenção. Como consequência, o MTTR reduziu gradativamente, indicando maior agilidade na identificação e solução dos problemas.

Esse resultado sugere que os operadores passaram a ter melhor conhecimento sobre as condições do equipamento, permitindo identificar anomalias precocemente e facilitar a atuação da equipe de manutenção.

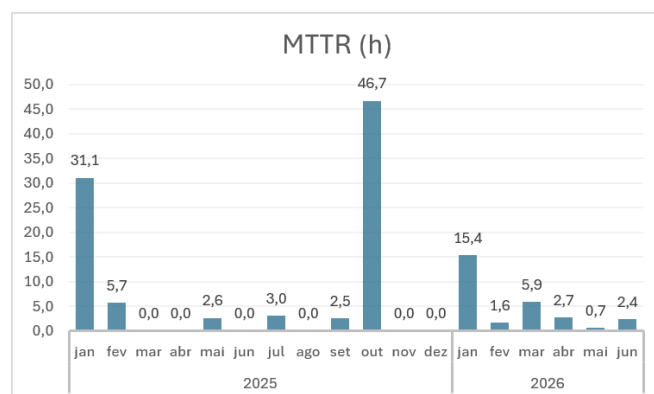


Figura 16 - Indicador de MTTR.

4) Análise Geral dos Resultados:

Quando os três indicadores são analisados em conjunto, observa-se que os registros de manutenção corroboram os resultados obtidos. Antes da implantação da Manutenção Autônoma, ocorreram falhas associadas a sensores, proteções mecânicas e, principalmente, vazamentos, incluindo uma ocorrência que resultou em mais de 30 horas de parada.

Após março de 2026, embora ainda tenham sido registradas algumas ocorrências, estas apresentaram menor frequência e menor impacto operacional. Esse comportamento refletiu diretamente na elevação do MTBF, na redução do MTTR e na manutenção de elevados níveis de disponibilidade.

Dessa forma, os resultados indicam que a implantação da Manutenção Autônoma contribuiu para aumentar a confiabilidade do Centro de Torneamento CNC, reduzindo a incidência de falhas e tornando o processo produtivo mais estável e previsível, em conformidade com os princípios do TPM.

V. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo elaborar e implementar um plano de manutenção autônoma em um Centro de

Torneamento CNC Mazak QT-350-MY, visando aumentar a confiabilidade operacional e reduzir falhas relacionadas às atividades básicas de inspeção, limpeza e lubrificação.

A análise das falhas permitiu identificar oportunidades de melhoria e subsidiou a elaboração de um plano estruturado de manutenção autônoma, composto por *checklist*, croqui de inspeção, treinamento dos operadores e auditorias de acompanhamento. A auditoria realizada apresentou resultado de 87% de conformidade, superando a meta estabelecida de 80%.

A avaliação dos indicadores demonstrou que, após a implantação da manutenção autônoma, houve aumento do MTBF, redução do MTTR e manutenção de elevados níveis de disponibilidade operacional, indicando maior confiabilidade e estabilidade do equipamento.

Dessa forma, conclui-se que o objetivo proposto foi atingido, uma vez que a metodologia aplicada contribuiu para a melhoria das condições operacionais do equipamento, para o fortalecimento da participação dos operadores nas atividades de conservação e para o aumento da eficiência da gestão da manutenção.

REFERÊNCIAS

- [1] OLIVEIRA DA SILVA, Sandro; RAMALHO REIS FILHO, Ramílio. TORNOS CNC: evolução, características e importância para a usinagem. Revista Interface Tecnológica, Taquaritinga, SP, v. 19, n. 1, p. 313–326, 2022. DOI: 10.31510/inf.v19i1.1364. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/1364>.
- [2] ROSA, S.F.Z.; REIS FILHO, R.R. Manutenção Preventiva em Tornos CNC: Estudo de Caso em uma Empresa Prestadora de Serviços. In: III SIMTEC – Simpósio de Tecnologia da FATEC Taquaritinga. Disponível em: <www.fatectq.edu.br> 12 p. Outubro de 2015.
- [3] BIEHL, Norberto Carvalho; SELLITTO, Miguel Afonso. TPM e manutenção autônoma: estudo de caso em uma empresa da indústria metal-mecânica. Revista Produção Online, [S. l.], v. 15, n. 4, p. 1123–1147, 2015. DOI: 10.14488/1676-1901.v15i4.1632. Disponível em: <https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/1632>.
- [4] GOMES, M. C.; ANDRADE, P. C. de R.; COSTA, T. F. Análise de indicadores de desempenho da manutenção de um moinho de bolas. Revista Thema, Pelotas, v. 15, n. 3, p. 1089–1103, 2018. DOI: 10.15536/thema.15.2018.1089-1103.910. Disponível em: <https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/910>.
- [5] Gabriel Ribeiro de Aquino, Gabriel do Carmo Dantas, Geraldo Roberto de Sousa, Lucas Costa Brito, Jorge Nei Brito. “IMPLEMENTAÇÃO DOS CONCEITOS DE MANUTENÇÃO AUTÔNOMA: ESTUDO DE CASO”, Anais do XXII CONEMI - Congresso Internacional de Engenharia Mecânica e Industrial, ISSN: 2764-4294, abril 2023.
- [6] Silva, L. C., Carvalho, M. M., & Marins, F. A. S. (2017). Análise de modo e efeito de falhas: estudo de caso em uma empresa de produção de etanol. Gestão & Produção, 24(2), 258-272.
- [7] Rafael Andrade de Abreu. “EFICÁCIA DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA”, Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação. São Paulo, v.9.n.03, ISSN -2675 –3375, mar.2023.
- [8] Kardec, A.; Nascif, J. (2009) Manutenção: Função estratégica. 3º Ed.. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobras, 440p.
- [9] GARCIA. Fabiano Luiz, NUNES. Fabiano de Lima. “PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM UM CENTRO DE USINAGEM.
- [10] JIPM (1996); TPM for Every Operator. Japan Institute of Plant Maintenance. Oregon: Productivity Press, 226p.
- [11] Ribeiro, H. TPM - Manutenção produtiva total. Revista Banas Qualidade. Disponível em <www.banasqualidade.com.br>. Acesso em 18 setembro 2008.
- [12] CÉSAR, Giocondo; LIMA, Carlos Roberto Camelo; SIMON, Alexandre Tadeu. **Implantação de TPM em sua fase manutenção autônoma: estudo de caso em uma indústria de alimentos**. Revista Espacios, Caracas, v. 35, n. 12, 2014. Disponível em: [Revista Espacios](http://www.revistaespacios.com)
- [13] PALMEIRA, J. N.; TENÓRIO, F. G. Flexibilização organizacional: aplicação de um modelo de produtividade total. Rio de Janeiro: FGV Eletronorte, 2002.
- [14] MONTEIRO, David Miguel Marques. Estudo da Aplicabilidade de um Modelo de Manutenção de uma Empresa Industrial Metalomecânica SODECIA. 2013. 120f. Universidade Da Beira Interior. Covilhã, outubro de 2013.
- [15] FERRARESI, D. Fundamentos da usinagem dos metais. São Paulo, Edgard Blucher, 1977.
- [16] SILVA, M. M. D. Análise da viabilidade de inovação tecnológica do processo de produção de uma empresa metal – mecânica em Maceió – alagoas. Dissertação (Mestre em Engenharia Industrial) - Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador-Bahia, p. 81, 2017.
- [17] OLIVEIRA, J. R. Aplicação da Manufatura Auxiliada por Computador (CAM) no Desenvolvimento de Processos de Usinagem: Um Estudo Multi-Caso. 2012. 75 f. Trabalho de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Centro Universitário Eurípides de Marília, Fundação de Ensino “Eurípides Soares da Rocha”, Marília, 2012.

DADOS BIOGRÁFICOS

Érica Ravana Portela de Oliveira Niendicker, nascida em 01/07/1997 em Palmeira das Missões, é Técnica em Mecatrônica pelo Colégio Evangélico Panambi (2016).

Já atuou como Técnica de Engenharia de Manutenção na empresa Bruning Tecnometal (2016-2022), Analista de Planejamento de Manutenção na empresa Tromink (2022 - 2025) e atualmente atua como Planejador de Manutenção PI na empresa Kepler Weber.