



IMPLANTAÇÃO DE MANUTENÇÃO PREDITIVA EM UMA MANDRILHADORA CUTMAX 3TT

IMPLEMENTATION OF PREDICTIVE MAINTENANCE ON A CUTMAX 3TT BORING MILL

Luciano de Souza Teixeira^I
 Luis Carlos Pereira Marreca^{II}
 Maria Aparecida Bovério^{III}
 Dejaime Pereira da Silva^{IV}
 André de Souza Teixeira^V

Área: A3. Gestão da Manutenção e Processos Industriais (GEMAPI)

Subárea: S15: Outros temas de interesse em Manutenção Industrial

RESUMO

A presente pesquisa teve o propósito de implantação de manutenção preditiva na mandriladora modelo Cutmax 3TT, da fabricante Taurus Wotan, pois até o momento só tem sido realizada a manutenção corretiva, na presença de quebra ou falhas, e a preventiva tem como foco evitar o surgimento do problema, antecipando falhas por meio de monitoramento. Diante disso, o objetivo desse estudo foi acompanhar a implementação da manutenção preditiva nesse equipamento, a partir do tema-problema que foi o de saber como pode ser feita essa implementação. A metodologia escolhida foi a revisão bibliográfica, pesquisa documental e um estudo de caso, em que se realizou uma pesquisa aplicada. Os resultados obtidos indicaram falhas que podem interferir nos testes realizados e, por isso, pode-se concluir que a manutenção preditiva é realmente necessária e possível de ser implementada.

Palavras-chave: Mandrilhadora. Manutenção. Preditiva. Temperatura. Vibração.

ABSTRACT

The present paper aimed to implement predictive maintenance on the Cutmax 3TT boring mill, manufactured by Taurus Wotan, as so far only corrective maintenance has been performed in the event of breakage or failures, and preventive maintenance focuses on avoiding the emergence of the problem by anticipating failures through monitoring.

^I Estudante do curso superior de Tecnologia em Manutenção Industrial da Faculdade de Tecnologia Deputado Waldyr Alceu Trigo de Sertãozinho (Fatec-Stz) – São Paulo – Brasil. E-mail: luciano.teixeiracta@gmail.com

^{II} Estudante do curso superior de Tecnologia em Manutenção Industrial da Faculdade de Tecnologia Deputado Waldyr Alceu Trigo de Sertãozinho (Fatec-Stz) – São Paulo – Brasil. E-mail: luis.marreca@fatec.sp.gov.br

^{III} Profa. Dra. do curso superior de Tecnologia em Manutenção Industrial da Faculdade de Tecnologia Deputado Waldyr Alceu Trigo de Sertãozinho (Fatec-Stz) – São Paulo – Brasil. E-mail: maria.boverio@fatec.sp.gov.br

^{IV} Engenheiro Eletricista pela Universidade de Araraquara (UNIARA), Master in Business Administration (MBA) - Gestão Empresarial pela Faculdade de Monte Alto-SP, Engenheiro de Manutenção - Maintenance Engineer na HUTCHINSON Brasil Automotive Ltda (HBA), Departamento Manutenção - Industry II - Maintenance Department. E-mail: dejaimesilva@gmail.com

^V Professor de Educação Básica no Ensino Fundamental das redes públicas municipais de Sertãozinho e Ribeirão Preto – São Paulo – Brasil. E-mail: andreteixeira@educacao.pmrp.sp.gov.br



Therefore, the objective of this study was to monitor the implementation of predictive maintenance on this equipment, based on the research question of how this implementation can be done. The methodology chosen consisted of literature review, documentary research, and a case study, in which an applied research was conducted. The results indicated failures that can interfere with the conducted tests, and thus it can be concluded that predictive maintenance is truly necessary and feasible to be implemented.

Keywords: Boring mill. Maintenance. Predictive. Temperature. Vibration.

Data de submissão do artigo: 07/06/2023.

Data de aprovação do artigo: 21/06/2023

DOI: 10.33635/sitefa.v1i1.247

1 INTRODUÇÃO

Esse trabalho pesquisou sobre a manutenção preditiva na empresa aqui denominada como “X”, situada na região de Ribeirão Preto-SP, em uma máquina mandrilhadora Cutmax 3TT, que foi usada como estudo piloto, para posterior aplicação em máquinas semelhantes a essa no parque fabril.

É sabido que se deve fazer a manutenção corretiva da máquina mandrilhadora somente quando há quebra do rolamento por desgaste do uso, o que gera ônus excessivos à indústria e parada do funcionamento do equipamento. Nesse sentido, a implantação da manutenção preditiva se faz importante, pois além de evitar a aplicação somente da manutenção corretiva, pode evitar a parada do equipamento.

O fator que motivou essa pesquisa foi o fato de um dos pesquisadores que está desenvolvendo esse estudo já trabalhar em uma indústria que utiliza mandrilhadoras do modelo Cutmax 3TT, da fabricante Taurus Wotan. Após 12 (doze) anos de utilização, o jogo de rolamentos de uma das máquinas quebrou, gerando um alto custo de manutenção corretiva do maquinário para a indústria objeto desse estudo de caso, cujo valor não foi disponibilizado pela empresa.

Diante disso, o objetivo dessa pesquisa foi o de realizar um estudo de caso sobre a implementação da manutenção preditiva em uma máquina mandrilhadora Cutmax 3TT. Para tanto, utilizou-se, como procedimento, a revisão bibliográfica sobre o tema manutenção preditiva, com pesquisa documental no manual da Mandrilhadoras do modelo Cutmax 3TT, e o estudo de caso com pesquisa aplicada.

Nessa perspectiva, o problema estabelecido para essa pesquisa é: como pode ser feita essa implementação? A hipótese desse estudo é a de que, apesar de o equipamento em estudo ter sido usado por 12 anos, é possível realizar a manutenção preditiva, a fim de evitar a parada do equipamento e minimizar a manutenção corretiva, por meio da troca do jogo de rolamentos no tempo certo, ou seja, quando atingir seu limite de vida útil, em margem segura e financeiramente viável, que deve ocorrer antes da quebra da peça.

2 MANUTENÇÃO PREDITIVA

A manutenção dos equipamentos, em uma indústria, constitui uma importante ação no contexto geral do processo produtivo, já que os prejuízos causados pela paralisação de máquinas em função de problemas técnicos são, em geral, significativos. Por isso, ao longo do



tempo, surgiram estratégias diversas de manutenção, a fim de atender às necessidades específicas de cada realidade produtiva (MARQUES; BRITO, 2019).

Nesse sentido, existe na atualidade três tipos principais de manutenção: a corretiva, a preventiva e a preditiva. A manutenção corretiva corresponde ao modelo mais simples: uma vez surgido o problema, ela cuida de corrigi-lo; já a manutenção preventiva procura evitar o surgimento do problema. No caso da manutenção preditiva, consiste no acompanhamento dos equipamentos durante o seu funcionamento: caso sejam identificadas alterações, o responsável pela manutenção realiza as intervenções necessárias (MARQUES; BRITO, 2019).

Pacheco e Righetto (2020, p. 31) definiram a manutenção preditiva como “a manutenção que realiza acompanhamento de variáveis e parâmetros de desempenho de máquinas e equipamentos, com o objetivo de definir o melhor instante para a intervenção, com o máximo aproveitamento do ativo”. Desse modo, a importância da manutenção preditiva, segundo Nepomuceno (2018), consiste no fato de que ela pode antecipar as falhas, possibilitando o planejamento adequado das intervenções de manutenção, otimizando recursos humanos e financeiros, racionalizando o consumo de materiais sobressalentes e reduzindo os impactos ambientais.

Com a manutenção preditiva, rompe-se com a ideia de um setor de Manutenção, nas indústrias, a serviço apenas de consertar aquilo que se quebra, indo além, ao realizar o acompanhamento de cada máquina, visando identificar futuras falhas e realizando ações para que elas não ocorram. Sua diferença em relação à manutenção preventiva é justamente o seu foco na observação do funcionamento dos equipamentos (PACHECO; RIGHETTO, 2020).

A manutenção preditiva depende, desse modo, de monitoramento. Segundo Pacheco e Righetto (2020), esse acompanhamento pode ser subjetivo, objetivo ou contínuo. No caso do acompanhamento subjetivo, o instrumento principal utilizado é a própria experiência do pessoal de manutenção, que é capaz de detectar futuras falhas pela observação dos equipamentos; o monitoramento objetivo se realiza a partir de instrumentos criados com a finalidade de detectar problemas no funcionamento dos equipamentos.

Já o monitoramento contínuo difere do monitoramento objetivo por apresentar a situação do equipamento em tempo real, enquanto o objetivo é realizado a partir de medições periódicas (PACHECO; RIGHETTO, 2020).

2.1 Exemplos de manutenção preditiva

As ações preditivas caracterizam-se pela previsibilidade da deterioração de equipamentos. Tem a finalidade de otimizar o uso dos recursos de manutenção nas empresas, reduzir os custos operacionais, minimizar os problemas de tempo de inatividade, melhorar a integridade e o desempenho geral dos ativos (tempo de vida útil). O principal objetivo é evitar a manutenção corretiva (reativa não planejada) e reduzir os custos associados à realização de muitas manutenções preventivas. Embora algumas técnicas também sejam preventivas, somente a manutenção preditiva e a manutenção prescritiva permitem analisar com antecedência as condições das máquinas (ABECOM, 2021). Os exemplos de manutenção preditiva são:

- análise de vibrações;
- monitoramento de temperatura;
- análise das condições dos lubrificantes;
- monitoramento dos ruídos;



- medição de corrente e descargas elétricas; e
- ferrografia.

2.2 Principais técnicas de manutenção preditiva

A manutenção preditiva adota vários métodos de investigação para intervir nas máquinas e equipamentos antes que parem de funcionar. Os técnicos devem entender quais são os modos de falha dos seus equipamentos para, assim, definir qual técnica de manutenção preditiva é melhor para seu equipamento. As principais técnicas preditivas, de acordo com a Abecom (2021) são:

- análise de vibrações;
- ultrassom;
- termografia;
- análise de óleo,
- monitoramento de ruídos;
- alinhamento a laser de eixos;
- monitoramento de condição de máquinas (por medições na planta com visitas programadas e/ou on-line); e
- endoscopia industrial.

As práticas preditivas, segundo a Abecom (2021) trazem benefícios estratégicos, tais como:

- aumenta a vida útil dos equipamentos;
- aumenta a disponibilidade dos equipamentos para a fábrica;
- previne de falhas;
- reduz dos custos de manutenção;
- reduz os custos com estoque de peças de reposição;
- aproveita melhor os recursos da empresa;
- colabora para a segurança no trabalho dos profissionais;
- contribui para economia no consumo de energia (evita que os equipamentos trabalhem sobrecarregados); e
- atende os critérios de qualidade de normas como ISO 9001.

2.3 Mandrilhadoras do modelo Cutmax 3TT

As mandrilhadoras do modelo Cutmax 3TT são máquinas utilizadas na usinagem de peças com alta produção associada a precisões definidas. Apresentam comando Siemens, fuso de 150 mm, dimensões da mesa 2000 por 2000 mm, carga máxima sob a mesa de 15.000 kg, curso transversal da mesa no eixo x de 4.000 mm, curso longitudinal da árvore do eixo w de 900 mm, curso longitudinal da mesa eixo z de 1.500 mm, curso vertical do cabeçote no eixo y de 3.100 mm e curso do ram de 600 mm, cone isso 50, lubrificação interna do spindle e transportador de cavacos (TAURUS WOTAN, 2005). A Fotografia 1 apresenta um exemplo da máquina.



Fotografia 1 – Mandrilhadora modelo Cutmax 3TT



Fonte: os autores (2023) - fotografada na empresa pesquisada

Essa máquina possui quatro diferentes movimentos que podem ser realizados no sentido positivo ou negativo, necessitando de apenas um operador, que controla um painel equipado com monitor (TAURUS WOTAN, 2005).

A coluna do carro e o barramento da mandrilhadora são estruturas contendo peças fundidas fabricadas com rigoroso controle de dimensionamento e alívio de tensões. Em tais estruturas, são fixadas régua de medição, responsáveis pelo posicionamento dos eixos e das chapas responsáveis pelos movimentos (TAURUS WOTAN, 2005).

Os eixos são acionados por motor AC, acoplado ao fuso e esferas circulantes, através de mancalização. O posicionamento dos eixos (exceto o eixo Z) é realizado por transdutores lineares. O sistema de medição da mesa giratória (360°) é realizado por ROD (TAURUS WOTAN, 2005).

2.3.1 Manutenção preditiva na mandrilhadora do modelo Cutmax 3TT

A proposta de implantar a manutenção preditiva em máquinas desse calibre tem potencial de inovação, pois permitiria a redução de custos (cujo valor não foi disponibilizado pela empresa), uma vez que identifica as falhas do equipamento antes que elas ocorram. Entretanto, essa foi a primeira vez que se realizou essa experiência, já que a mandrilhadora Cutmax 3TT é relativamente nova nas indústrias, não contando com referencial de apoio que estime o tempo de vida útil ou indicadores de que a quebra ocorra sempre próximo ao vivenciado na empresa onde foi realizada essa pesquisa.

O relato sobre a quebra de uma dessas máquinas no parque fabril, após 12 anos de uso (Fotografia 2), estimulou sua investigação, principalmente devido à sua eficiência tanto na produção, quanto na precisão.



Fotografia 2 - Pista de rolamento e rolamento



Fonte: os autores (2023) – fotografada na empresa pesquisada

O rolamento apresentou desgaste, com falhas e queimados, o que ocasionou o principal inconveniente, que é a parada do equipamento. O que se tem nesse momento é a manutenção corretiva. A manutenção preventiva utiliza técnicas conservadoras para prevenir o desgaste e quebra, mas não antecipa a falha, como ocorre na manutenção preditiva.

Os funcionários da manutenção podem detectar sinais importantes durante o funcionamento da máquina e isso deve ser considerado um indicador a ser acompanhado e comparado a fim de se criar modelos de predição para usos futuros, objetivo determinante do sucesso da gestão de manutenção. Além disso, ao prever possíveis quebras e falhas, a manutenção preditiva coopera no desenvolvimento de medidas preventivas/corretivas que podem ser analisadas e utilizadas por empresas de vários segmentos.

Desta forma, deve-se destacar os procedimentos utilizados na pesquisa aplicada na empresa X a fim de se determinar o tempo de vida útil da mandrilhadora do modelo Cutmax 3TT e, com os dados encontrados, reduzir os custos de manutenção corretiva (cujo valor não foi disponibilizado pela empresa) e realizar técnicas de predição.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Essa pesquisa foi realizada por meio de uma revisão bibliográfica sobre o tema manutenção preditiva, com pesquisa documental no manual da Mandrilhadoras do modelo Cutmax 3TT, além de um estudo de caso na empresa X, onde foi realizada uma pesquisa aplicada. Desta forma, foi realizada a análise do rolamento, do óleo lubrificante, da vibração apresentada durante seu funcionamento e teste de temperatura com termômetro manual, utilizando-se os equipamentos descritos na próxima subseção.

3.1 Materiais

O material utilizado para realizar a pesquisa aplicada foi um horímetro, um termômetro manual, um aparelho analisador de vibração e uma câmera termográfica, conforme fotografias 03 a 06 apresentadas a seguir

O horímetro digital utilizado era da marca Autonics, série Le8N – BN (Fotografia 3). Ele apresenta 8 (oito) dígitos com luz de fundo e suporta vários intervalos de ajuste de tempo. Muito acessível, é bastante utilizado no chão das fábricas, pois é facilmente instalável e funciona sem fontes de alimentação externas, já que tem bateria de lítio incorporada. Ele foi instalado para cronometrar o tempo todas as vezes em que o rolamento foi acionado, pois o óleo foi testado em torno de cada 500 (quinhentas) horas de uso.



Já o Termômetro infravermelho Manual Fluk B foi utilizado para as aferições de temperatura e se mostrou mais eficiente que a câmera termográfica para o objetivo definido (fotografia 4).

Fotografia 3 – Horímetro



Fonte: os autores (2023) – fotografada na empresa pesquisada

Fotografia 4 – Termômetro Manual



Fonte: os autores (2023) – fotografada na empresa pesquisada

Essas medições foram realizadas paralelamente ao funcionamento da máquina para testar temperatura, enquanto a vibração era apontada pelo aparelho analisador de vibração, conforme Fotografia 5. O aparelho utilizado é da marca Vibro Inspector e traz especificações como as velocidades alcançadas e classes de vibração, funcionando como uma calculadora desses comportamentos.

A câmera termográfica (fotografia 6) permitiu realizar imagens sobre o aquecimento da peça, porém não apresentou resultados significativos (imagem 1) e, por isso, não foi mais utilizada.

Fotografia 5 – Aparelho analisador de vibração



Fonte: os autores (2023) – fotografada na empresa pesquisada

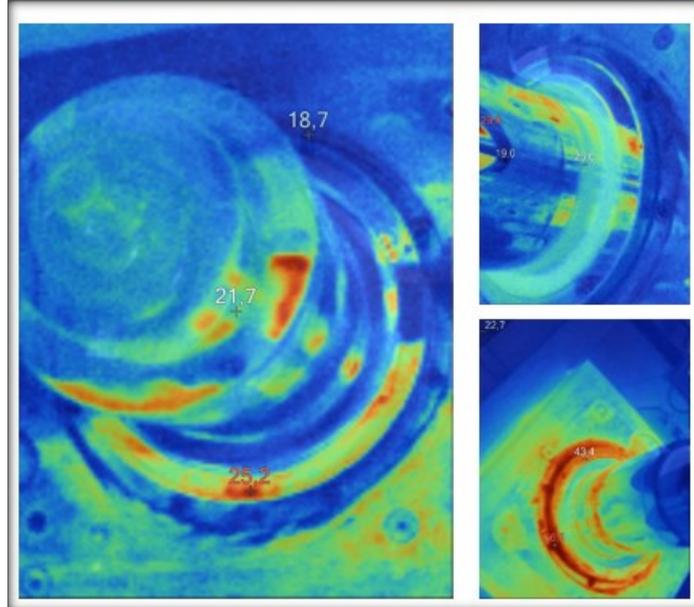
Fotografia 6 - Câmera Termográfica



Fonte: os autores (2023) – fotografada na empresa pesquisada



Imagem 1 - imagens de análises termográficas do cabeçote mandrilhadora



Fonte: os autores (2023)

Imagens emitidas pela Câmera Termográfica da empresa pesquisada

3.2 Métodos

Foi realizada uma análise sistemática com aferições com termômetro manual temperaturas da peça, medições das vibrações e análise físico-química do óleo lubrificante em intervalos de tempo pré-definidos.

Inicialmente, foi instalado um horímetro que cronometra o tempo todas as vezes em que o rolamento é acionado. A cada 500 (quinhentas) horas de uso, o óleo lubrificante foi coletado e foram feitos os testes Karl Fischer que medem as partículas de água suspensas, o teste de Viscosidade Cinemática, o teste de Classificação NAS-1638, que analisou a contaminação do fluido com partículas, e o teste T.A.N, que mediu a acidez total do óleo. Após essas análises, o óleo foi filtrado e as análises foram repetidas para redefinir os parâmetros para a próxima medição que ocorreu após mais 500 horas de uso por mais duas vezes.

Também foi feita a análise da vibração do jogo de rolamentos com aparelho específico, denominado Vibro Inspector, e a medição com uma câmera termográfica, a fim de definir o desgaste da peça nesse período, a partir da comparação das análises realizadas periodicamente.

A utilização do aparelho varia de acordo com a demanda da indústria, sendo assim, para atingir o intervalo de 500 horas de uso, foi necessário aguardar um tempo que variou entre três e cinco meses.

O objetivo foi o de fazer uma análise inicial e mais duas análises após o intervalo pré-definido. A primeira análise ocorreu em junho de 2020 e a conclusão ocorreu dez meses após a análise inicial, em fevereiro de 2021.



4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A coleta de dados permitiu chegar a resultados significativos em boa parte do experimento. Com a instalação de um horímetro, foi possível temporizar a realização dos testes depois de cada 500 horas de uso do óleo. Os testes de Viscosidade Cinemática, o teste de Classificação NAS-1638 que analisa a contaminação do fluido com partículas e o teste T.A.N que mede a acidez total do óleo comprovaram a necessidade de fazer a manutenção preditiva.

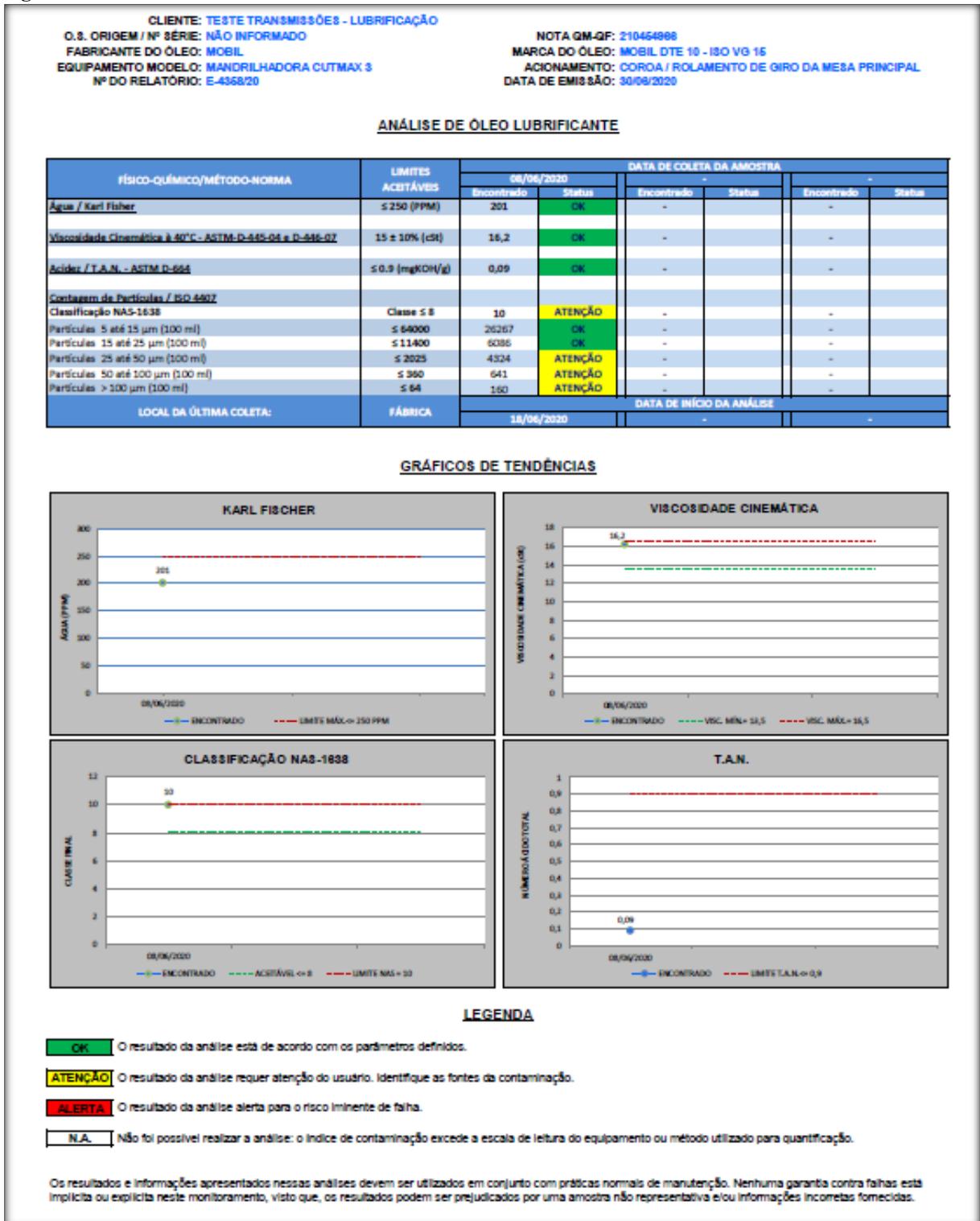
Houve dificuldades pontuais por causa da sujidade encontrada no óleo. Após essas análises, o óleo foi filtrado e as análises foram repetidas para redefinir os parâmetros para a próxima medição que ocorreu após mais 500 horas de uso, perfazendo três amostragens: inicial, 500 e 1000 horas, conforme explanado nas subseções a seguir.

4.1 Análise do óleo lubrificante

A análise inicial do óleo mostrou a necessidade de atenção em alguns aspectos, mas somente poderia ser comprovada alguma possibilidade de intervenção externa, como sujidade, resíduos no óleo ou regularidades que indicassem falhas, depois de uma segunda análise, o que ocorreu somente meses depois, ao atingir 500 horas de uso. A figura 1 apresenta a análise inicial



Figura 1 – análise inicial



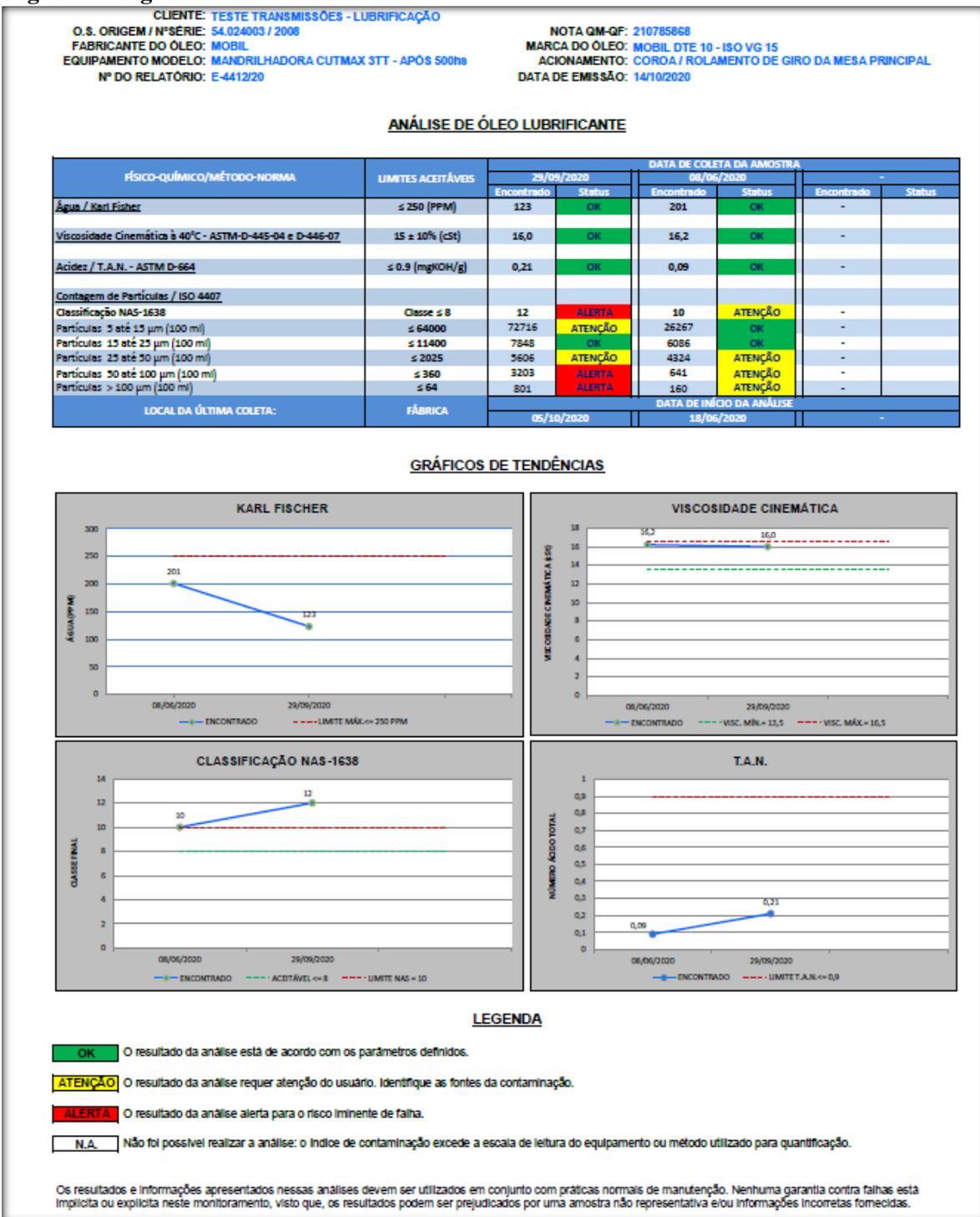
Fonte: os autores (2023) – dados da pesquisa



4.1.1 Teste realizado depois de 500 horas de uso do óleo lubrificante

O segundo teste comprovou a interferência de resíduos nos resultados obtidos (figura 2), por isso foi necessário realizar um novo teste, após controle da viscosidade do óleo.

Figura 2 – segundo teste



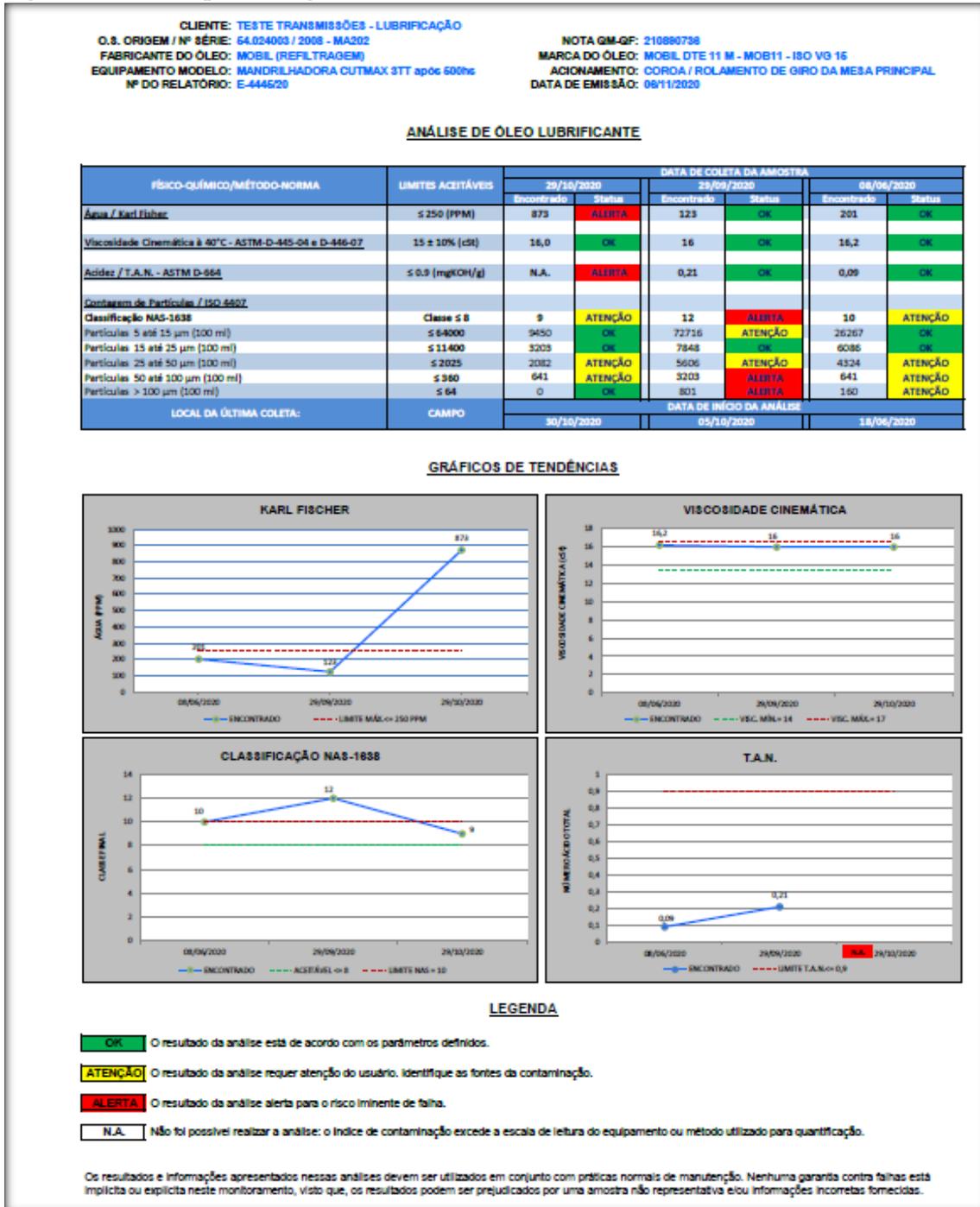
Fonte: os autores (2023) – dados da pesquisa



4.1.2 Teste pós-filtragem do óleo

Após 500 horas, foi colocado óleo novo, mas a análise apresentou partículas (figura 3) e foi necessário fazer uma filtragem para recuperar as características originais e melhorar as condições.

Figura 3 - análise pós-filtragem do óleo



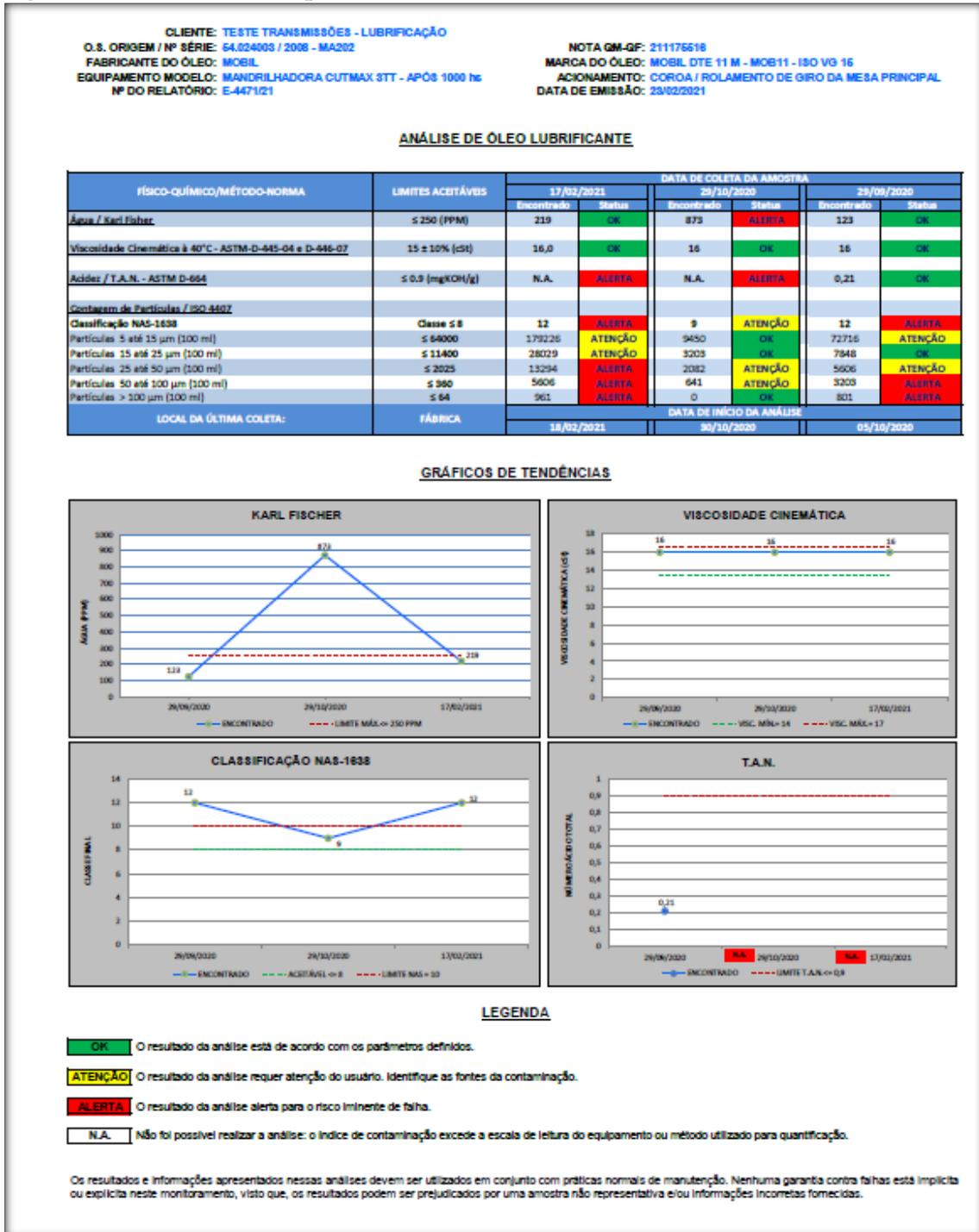
Fonte: os autores (2023) – dados da pesquisa



4.1.3 Teste realizado após 1000 horas de uso do óleo

Após 1000 horas foi efetuada outra análise, ela apresentou partículas (figura 4), foi substituído e filtrado o óleo, mas não foi feita análise.

Figura 4 - análise do teste após 100 horas de uso do óleo



Fonte: os autores (2023) – dados da pesquisa



4.2 Teste de temperatura com termômetro

O teste de temperatura foi realizado primeiramente com a câmera termográfica, porém os resultados não foram interessantes para a pesquisa, pois não apresentavam diferencial. O termômetro manual só foi usado na primeira análise; nas posteriores, apenas os testes de vibração foram realizados, porque se mostraram suficientes.

A tabela 1 apresenta o primeiro teste de vibração e pode-se perceber o baixo índice (0,01mm/s) em todas as rotações testada. Isso ocorreu porque o teste foi realizado em vazio, ou seja, a máquina não estava em funcionamento. Pelo fato de os testes terem sido realizados em contínuo, houve variação de temperatura.

Tabela 1 – Controle de temperatura e vibração – teste inicial – 30/05/2000

RPM	TEMPERATURA	TEMPO EM MINUTOS	TEMPERATURA AMBIENTE	VIBRAÇÃO
30	21 °C	30	24 C°	0,01 mm/s
50	19,6 °C	30	20 C°	0,01 mm/s
100	19 °C	60	18 C°	0,01 mm/s
150	20,2 °C	60	18 C°	0,01 mm/s
200	20,4 °C	60	16 C°	0,01 mm/s
300	18,8 °C	60	15 C°	0,01 mm/s
400	18,6 °C	60	17 C°	0,01 mm/s
500	19,8 °C	60	20 C°	0,01 mm/s
600	21,9 °C	60	21 C°	0,01 mm/s
800	23 °C	60	22 C°	0,01 mm/s
1000	24 °C	60	23 C°	0,01 mm/s
1200	25,6 °C	60	23 C°	0,01 mm/s
1500	28 °C	60	24 C°	0,01 mm/s
1800	40 °C	60	28,8 C°	0,01 mm/s
2000	58,8 °C	60	21,9 C°	0,01 mm/s

Fonte: os autores (2023) – dados da pesquisa

Observa-se que constam na tabela as temperaturas ambiente e aquelas obtidas com o termômetro manual.

A tabela 2 apresenta o segundo teste de vibração e pode-se perceber que no teste de 500 horas a variação da temperatura e da vibração, porém foi mantida uma constância.

Tabela 2 – Controle de temperatura e vibração – teste 500 horas – 01/10/2020

RPM	TEMPERATURA	TEMPO EM MINUTOS	TEMPERATURA AMBIENTE	VIBRAÇÃO
30	37,5 °C	20	35,3 °C	0,15 mm/s
50	37,5°C	20	35,3 °C	0,15 mm/s
100	37,4 °C	20	35,3 °C	0,07 mm/s
150	39,4 °C	20	35,5 °C	0,07 mm/s
200	39,5 °C	20	36 °C	0,15 mm/s
300	39,4 °C	20	36 °C	0,15 mm/s



400	39,5 °C	20	36 °C	0,15 mm/s
500	39 °C	20	36,3 °C	0,17 mm/s
600	39,2 °C	20	36,3 °C	0,23 mm/s
800	39,5 °C	20	36,5 °C	0,23 mm/s
1000	39,6 °C	20	36,8 °C	0,15 mm/s
1200	37,5 °C	20	37 °C	0,23 mm/s
1500	39,4 °C	20	37 °C	0,38 mm/s
1800	40 °C	20	37,5 °C	0,38 mm/s
2000	41,2 °C	20	37,5 °C	0,23 mm/s

Fonte: os autores (2023) – dados da pesquisa

5 CONCLUSÃO

Essa pesquisa teve o objetivo de acompanhar a necessidade de implementação da manutenção preditiva na mandrilhadora do modelo Cutmax 3TT. A partir do problema de pesquisa, que foi o de saber como pode ser feita essa implementação, a fim de evitar a quebra e parada do equipamento, bem como evitar que seja feita somente a utilização da manutenção corretiva não programada, foi possível concluir, por meio das análises, que não houve alterações relevantes durante os testes de temperatura e de vibração em medidas de intervalos de 500 horas.

Contudo, ao analisarmos o óleo no mesmo intervalo de tempo, foram encontradas partículas, razão pela qual ele precisou ser filtrado para melhorar suas condições de utilização, num processo de manutenção preventiva, a fim de evitar o aparecimento de futuros problemas.

Nesse contexto, portanto, a manutenção preditiva se faz necessária no equipamento, com o objetivo de encontrar o momento oportuno para realizar uma manutenção corretiva programada, e não repentina, evitando-se a necessidade de troca do rolamento por quebra, bem como a parada inesperada, reduzindo, portanto, as consequências causadas por esses acontecimentos.

Para pesquisas futuras, pretende-se realizar um número maior de análises com variados intervalos para compor um banco de históricos de resultados e uma base ampla e conclusiva de dados.

Conclui-se, portanto, a partir de toda a análise apresentada nesse estudo, que a implementação da manutenção preditiva é possível e importante, pois ela possibilita que se evitem paradas inesperadas, e diminui significativamente as consequências causadas pela indisponibilidade da máquina para a produção na indústria.

REFERÊNCIAS

ABECOM. **Manutenção preditiva: o que é? Quais técnicas e vantagens?** 2021. Disponível em: https://www.abecom.com.br/o-que-e-manutencao-preditiva/?gclid=Cj0KCQjwnMWkBhDLARIsAHBOftplxlZ5gcldmG8nHo7qm6dhQoIWDD4G2wS-6XJF38PoKypqmPmuD_kaAmFXEALw_wcB. Acesso em: 20 jun. 2023

MARQUES, Ana C.; BRITO, Jorge N. Importância da manutenção preditiva para diminuir o custo em manutenção e aumentar a vida útil dos equipamentos. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 7, p. 8913-8923, jul. 2019.



NEPOMUCENO, Lauro X. **Técnicas de manutenção preditiva**, v. 1. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2018.

PACHECO, Renato L.; RIGHETTO, Sophia B. **Manutenção preditiva 4.0: conceito, arquitetura e estratégias de implementação**. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica). Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2020.

TAURUS WOTAN. Cutmax 3 TT: manual de instruções de uso e manutenção. **Taurus Wotan**, jul. 2005.