

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CAMPUS DE NOVA ANDRADINA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

LEONARDO MASAO HIRABAYASHI

**Análise de maturidade na adoção da Manutenção Produtiva Total
no contexto de uma indústria de Fiação de algodão**

Dezembro de 2023

LEONARDO MASAO HIRABAYASHI

**Análise de maturidade na adoção da Manutenção Produtiva Total
no contexto de uma indústria de Fiação de algodão**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia de Produção da
Universidade Federal de Mato Grosso
do Sul.

Orientadora: Prof^a Dr^a Giovanna
Isabelle Bom de Medeiros Florindo

Dezembro de 2023

RESUMO

O mercado da indústria têxtil brasileira caracteriza-se por elevada concorrência e desafios gerenciais relacionados aos custos de produção. Por isso, as empresas do setor devem priorizar práticas que otimizem a utilização de recursos e aumentem sua eficiência produtiva, de forma a possibilitar sua sobrevivência e competitividade no mercado. A Manutenção Produtiva Total (TPM) destaca-se como uma das principais ferramentas de produção enxuta utilizada para esse fim. Assim, o objetivo deste estudo foi analisar o nível de maturidade na adoção do método TPM em uma indústria de fiação, destacando tecnologias da indústria 4.0 que contribuem para isso. Como contribuições, são indicados pontos de melhoria para aumentar a eficiência produtiva da empresa, no que tange os aspectos técnicos da implementação da TPM.

Palavras-chave: *Melhoria Contínua, CMM (Capability Maturity Model), Indústria Têxtil*

1. INTRODUÇÃO

A cadeia têxtil brasileira é considerada a mais completa do ocidente, caracterizada por uma produção que vai desde a produção de fibras, por exemplo o algodão, passando pela fiação e o beneficiamento até a ponta final do produto, com um varejo robusto no mercado interno. Nesse setor, observa-se um baixíssimo grau de concentração industrial, indicando, portanto, um elevado nível de concorrência (Cavalcanti, 2022).

Além disso, embora a produção seja elevada e em sua maioria destinada ao mercado interno, a indústria lida com outros desafios que fazem com que países como China e a Índia ocupem a primeira e a segunda posição do ranking mundial da indústria têxtil. Custos de produção elevados, sujeitos à oscilação cambial, relações trabalhistas desfavoráveis e políticas de inovação tecnológicas deficitárias, aliadas à alta concorrência (Cavalcanti, 2022), induzem às organizações a buscarem cada vez mais ganhos de produtividade, eficiência e qualidade nas suas operações para a sua sobrevivência e para a construção de uma vantagem competitiva (Singh, M.; Sachdeva, A.; Bhardwaj, 2014).

Para tanto, há um interesse crescente em desenvolver e implementar estratégias de manutenção eficientes que possam aprimorar a confiabilidade do sistema, prevenir falhas e reduzir os custos de manutenção (Cachada et al., 2018). A Manutenção Produtiva Total (TPM) foi desenvolvida com o propósito de prevenir falhas e paradas nas máquinas, contribuindo assim para a realização eficiente do planejamento da produção programada (Gomes, 2020).

Originada no Japão no início da década de 1970, foi introduzida no Brasil nos anos 1980 e, atualmente, é amplamente aplicada nas principais indústrias do país (Gomes, 2020). No entanto, sua implementação ainda é desafiadora, ainda mais na indústria 4.0. Nesse cenário, o diferencial se baseia em recursos como a adoção de sistemas cibernéticos, armazenamento em nuvem, robôs autônomos e Internet das Coisas (IoT) (Poór et al, 2019).

Um sistema de gestão de manutenção maduro possibilita uma manutenção mais planejada, proativa e eficiente, evitando paradas não programadas, reduzindo custos e maximizando a vida útil dos equipamentos. Para tanto, os modelos de maturidade, baseados em um conjunto de critérios e indicadores, auxiliam na avaliação do desempenho e da capacidade da organização em gerir suas atividades de manutenção de forma estruturada e alinhada aos objetivos do negócio (Ribeiro, 2014).

Por essa razão, o objetivo deste estudo é analisar o grau de maturidade na adoção da Manutenção Produtiva Total no contexto da indústria 4.0 e a partir disso propor melhorias que possam aumentar a eficiência produtiva da empresa estudada.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Manutenção Produtiva Total (TPM)

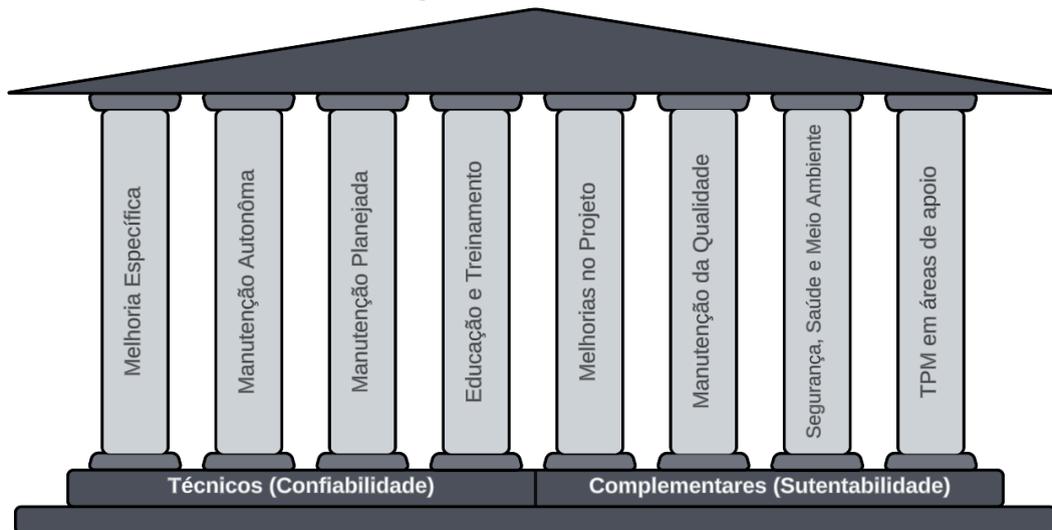
Os princípios do Lean Manufacturing (produção enxuta) demonstram oportunidades para se reduzir desperdício e ganhar eficiência nos processos produtivos, com a aplicação de algumas ferramentas, tais como: Padronização do Trabalho, Manutenção Produtiva Total (TPM), Equipe multifuncional/ envolvimento dos funcionários, *Just-in-Time*, *Poka Yoke*, Melhoria Contínua, Nivelamento da Produção (*Heijunka*), Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM), Controle Visual (*Andon*) e o *Kanban* (Bhamu e Sangwan, 2014).

A Manutenção Produtiva Total (Total Productive Maintenance) é o nome dado a uma filosofia criada para a manutenção de todos os equipamentos da linha de produção, a fim de que se mantenha toda a capacidade durante a utilização dos mesmos e consequentemente reduzir desperdícios e perdas (Royer, 2009). Criada no Japão, esse método foi utilizado

inicialmente na indústria automobilística, sofreu modificações e rapidamente se expandiu para empresas de outros ramos, como alimentos, plásticos, eletrônicos, entre outros (Nakajima, 1989).

O método TPM está estruturado em oito pilares, que podem ser classificados como técnicos (confiabilidade) e complementares (sustentabilidade), conforme ilustrado na **Figura 1**. Os pilares técnicos estão relacionados à busca do máximo de eficiência do processo produtivo, e classificam-se em: melhorias específicas, manutenção autônoma, manutenção planejada e educação e treinamento. Os pilares complementares buscam apoiar a confiabilidade através da prestação de serviços de maneira eficiente por meio da educação e treinamento, saúde, segurança e meio ambiente e TPM em áreas Administrativas (Silva, 2020).

Figura 1: Pilares da TPM.



Fonte: Silva (2020)

Com o propósito de prevenir falhas e paradas nas máquinas, contribuindo assim para a realização eficiente do planejamento da produção programada (Gomes, 2020), cada pilar possui um enfoque, conforme é descrito a seguir (Ribeiro, 2014):

- Melhoria Específica ou eliminação de causas e perdas: visa realizar melhorias para atuar nas perdas crônicas relacionadas aos equipamentos.
- Manutenção Autônoma: utiliza-se do treinamento teórico e prático recebidos pelos operários e do espírito de trabalho em equipe para alcançar uma melhoria contínua na produção e manutenção.
- Manutenção Planejada: diz respeito às rotinas de manutenção preventiva voltadas para o tempo ou condição do equipamento, visando a melhoria contínua da disponibilidade e confiabilidade além da redução dos custos de manutenção.
- Treinamento e educação: concerne à aplicação de treinamentos técnicos e comportamentais para liderança, a flexibilidade e a autonomia das equipes.
- Melhorias no Projeto ou Gestão antecipada: analisa o histórico de equipamentos anteriores ou similares, desde o projeto, com o objetivo de construir equipamentos com índices mais adequados de confiabilidade e manutenção.
- Manutenção da qualidade ou gerenciamento da qualidade: refere-se ao gerenciamento contínuo dos equipamentos, visando a qualidade do produto, a

redução dos custos com retrabalho, e a capacidade de atendimento da demanda.

- Segurança, Saúde e Meio Ambiente: depende da atuação dos demais pilares, o seu enfoque é a melhoria contínua das condições de trabalho, redução dos riscos de segurança e ambientais e o cumprimento das leis ambientais.
- TPM áreas de apoio ou gerenciamento dos processos administrativos: utiliza-se dos conceitos de organização e eliminação de desperdícios nas rotinas administrativas, que de alguma forma acabam interferindo na eficiência dos equipamentos produtivos e processos industriais.

2.2. Modelo de maturidade

A gestão da manutenção é uma área fundamental para garantir a disponibilidade, confiabilidade e desempenho dos ativos de uma organização. Um sistema de gestão de manutenção maduro permite que a empresa realize uma manutenção mais planejada, proativa e eficiente, evitando paradas não programadas, reduzindo custos e maximizando a vida útil dos equipamentos (Ribeiro, 2014).

O nível de maturidade em gestão da manutenção é uma avaliação que busca mensurar a eficiência e eficácia dos processos de manutenção em uma organização. Ele se baseia em um conjunto de critérios e indicadores que refletem o desempenho e a capacidade da empresa em gerir suas atividades de manutenção de forma estruturada e alinhada aos objetivos do negócio.

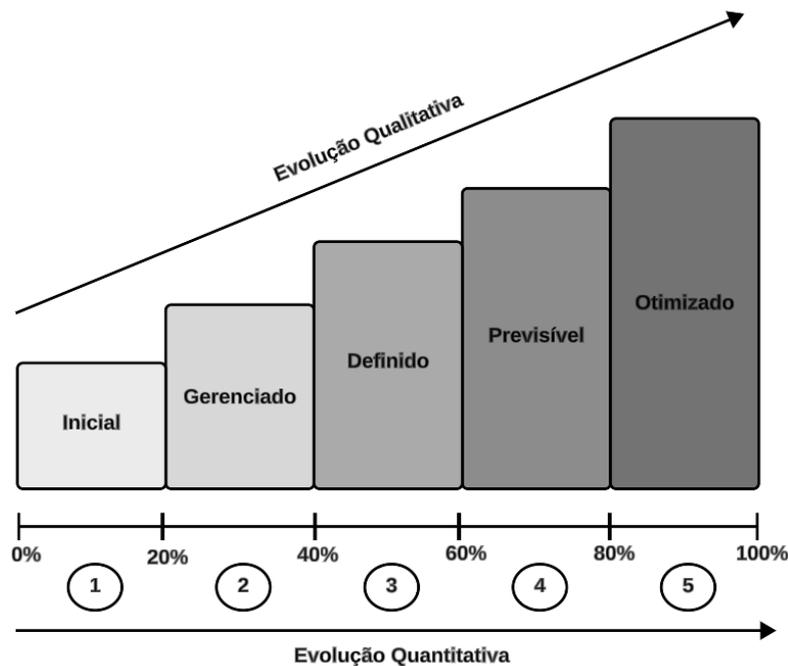
O conceito de nível de maturidade em gestão da manutenção está associado ao modelo de maturidade, que é uma estrutura de referência que descreve diferentes estágios de evolução e aprimoramento dos processos (Ribeiro, 2014). Esses níveis possibilitam que a organização avalie sua posição atual em relação à capacidade de processo, além de fornecer uma estrutura para determinar as prioridades de esforços relacionados à melhoria (Silveira, 2009).

O *Capability Maturity Model* (CMM) é um dos modelos de maturidade mais utilizados, que proporciona uma abordagem sistemática e evolutiva para aprimorar a maturidade dos processos, promovendo uma jornada contínua de aperfeiçoamento organizacional. É estruturado em cinco níveis de maturidade para a melhoria contínua dos processos em uma organização (**Figura 2**), em que cada nível representa uma fase evolutiva, estabelecendo fundamentos sucessivos para melhorar a eficácia e eficiência dos processos (Silveira, 2009), conforme segue:

- Nível 1- Inicial: a organização opera em um ambiente caótico, caracterizado por processos imprevisíveis, com baixo controle e reatividade. A instabilidade dificulta a garantia de resultados consistentes.
- Nível 2 - Gerenciado: a organização implementa políticas e estabelece procedimentos definidos. Os processos são planejados, executados e monitorados, resultando em maior controle e previsibilidade.
- Nível 3 - Definido: os processos são documentados e integrados de maneira coesa. Eles são caracterizados, compreendidos e descritos em padrões de ferramentas e métodos da organização, promovendo uma abordagem mais padronizada e consistente.
- Nível 4 - Previsível: a organização define metas quantitativas com formas de medição consistentes para produtos e processos. Utiliza estatísticas e outras técnicas quantitativas para monitorar e controlar os resultados de maneira sistemática.

- Nível 5 - Otimizado: no estágio mais avançado, a organização tem a capacidade de identificar pontos fracos e fortalecer os processos de maneira proativa. Os processos são aprimorados continuamente com base na compreensão das causas de falhas. A organização como um todo está voltada para a melhoria contínua dos processos, buscando a otimização constante.

Figura 2 - Evolução qualitativa e quantitativa dos níveis de maturidade.



Fonte: Ribeiro (2014), adaptado de Silveira (2009) e Chemweno et al. (2015).

3. METODOLOGIA

A empresa objeto do estudo é a primeira e maior Cooperativa Agrícola do estado do Mato Grosso do Sul, fundada em 1978, no município de Naviraí - MS. Atualmente, possui unidades em dez municípios, com vinte e três unidades de negócios no estado, atuando no recebimento e comercialização de grãos; assistência técnica; elaboração de projetos ambientais, de irrigação e energia solar; comercialização de insumos; distribuição de combustível; venda de pivôs centrais; e duas indústrias, sendo uma fecularia de mandioca e uma de fios de algodão e poliéster.

O estudo de caso foi a abordagem selecionada para conduzir a presente pesquisa, cujo foco é especificamente a indústria de fiação. Fundada em 1996, foi a primeira fiação de algodão do estado do Mato Grosso do Sul. Considerada de porte médio, possui cerca de 140 colaboradores e capacidade produtiva de 2000 toneladas de fios de algodão por mês. Os produtos são fios open-end (OE) cardados (fiação por rotor) e as fibras utilizadas na indústria são principalmente do tipo 100% algodão, mas também são produzidos fios de 50% poliéster com 50% algodão, destinados a atender o mercado de cama, mesa, banho e vestuário (camisas e calças jeans).

O levantamento de dados se deu com base em um questionário, complementado por entrevistas, visitas *in loco* e documentos cujo acesso foi disponibilizado pela empresa. O questionário foi organizado com base nos pilares técnicos da metodologia TPM, com base no

modelo proposto por Ribeiro (2014) e foi respondido pelo coordenador de manutenção e pelo encarregado de produção (**Anexo 1**). Posteriormente, a visita à unidade e a entrevista tiveram a participação do coordenador de manutenção e de um trainee atuante na área. As informações adicionais coletadas por meio de observação na visita, pela entrevista e pelos documentos acessados, incluindo o estudo de Cabreira (2023), complementam o questionário como evidências das respostas apresentadas.

A avaliação do grau de maturidade em cada um dos 60 itens levantados no questionário foi realizada conforme proposto por Silva (2020), com uma escala likert de cinco níveis (de 0 a 40) para ponderação de cada resposta e pontuação (em %) de cada pilar da TPM (**Tabelas 1 e 2**).

Tabela 1 - Escala likert utilizada para pontuação das respostas.

Respostas	Pontuação
1. Inexistente ou não se aplica.	0
2. Estão sendo feitos planos para divulgação/treinamento adequado do aspecto.	10
3. Aplicação Mediana.	20
4. Aspecto bastante conhecido, mas é restrito a poucos.	30
5. Aspecto bastante conhecido, aceito e estimulado.	40

Fonte: Adaptado de Silva (2020).

Tabela 2 - Parâmetros para classificação do grau de maturidade.

Nível	Nome do nível	Classificação textual	Classificação numérica
1	Inicial	Baixa maturidade	0 a 19,9%
2	Gerenciado	Média-baixa maturidade	20 a 39,9%
3	Definido	Média maturidade	40 a 59,9%
4	Previsível	Média-alta maturidade	60 a 79,9%
5	Otimizado	Alta maturidade	80 a 100%

Fonte: Adaptado de Silva (2020).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

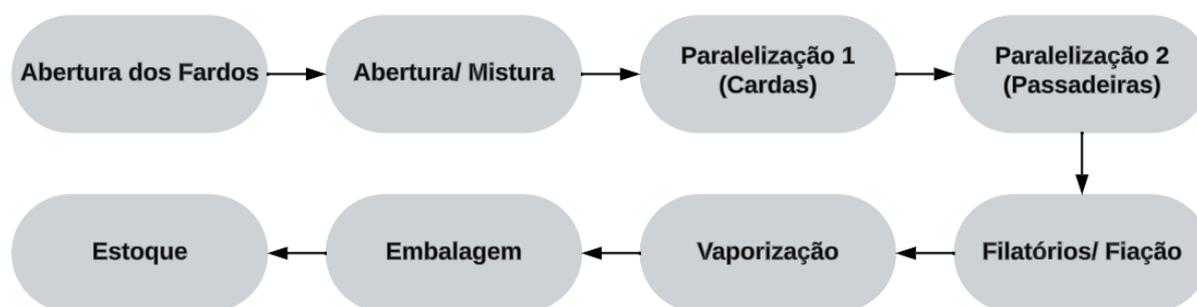
4.1 Descrição dos processos de produção

A indústria possui um sistema de fiação por rotor, também conhecido como fiação "open-end". Esse método é considerado um dos mais bem-sucedidos comercialmente entre os métodos não convencionais, especialmente na fiação de fibras de comprimento muito curto. A expressão "open-end" é um termo genérico utilizado para descrever a produção de fios a partir de fibras descontínuas, utilizando qualquer método no qual a ponta da fita ou mecha é aberta ou separada em suas fibras individuais ou tufo. Posteriormente, essas fibras são

reconstituídas no dispositivo de fiação, resultando na formação do fio. Exemplos de métodos "open-end" incluem o uso de rotores, Polmatex, Dref, entre outros.

Desta forma inicialmente, os processos de produção foram mapeados, conforme apresentado na **Figura 3**. O processo tem início na sala de abertura de fardos, composta por diversas máquinas em sequência. Os operadores posicionam os fardos da mistura para manter a uniformidade da matéria-prima, abastecendo o abridor que realiza a limpeza do algodão. Utilizando cilindros pontiagudos e grelhas, o algodão é batido para remover as impurezas, dando origem à sala de abertura ou batedor. Os flocos, resultantes do algodão limpo, alimentam o processo posterior de cardas por meio de fluxo pneumático.

Figura 3 - Fluxograma dos processos de produção da indústria de fiação.



Fonte: Elaboração própria.

Os operadores desempenham um papel crucial ao abrirem e posicionar os fardos da mistura de forma a garantir a uniformidade da matéria-prima, facilitando o abastecimento do abridor responsável pela limpeza do algodão. Nesse processo, são utilizados principalmente cilindros pontiagudos e grelhas, que têm a função de bater o algodão para remover as impurezas. Essa etapa é essencial para assegurar a qualidade e a pureza do algodão antes de seguir para as próximas fases do processo produtivo.

O algodão misturado e limpo segue para as cardas por meio de tubulações. A responsabilidade dessas máquinas é converter os flocos de algodão em uma manta por meio de uma "penteagem" das fibras, iniciando sua paralelização. As fibras são posteriormente transformadas em véu e compactadas em fita por meio da "estiragem", sendo acondicionadas em recipientes denominados latões. Nesta etapa, conclui-se o processo de limpeza do algodão.

As latas de fita resultantes das cardas são levadas até as passadeiras. Estas máquinas têm o propósito de realizar a dublagem ou união das fitas (uniformizando o peso por unidade de comprimento), paralelizar as fibras, efetuar a estiragem no produto, retirar os ganchos oriundos do processo de cardagem e corrigir o título da fita. Em suma, destinam-se à continuidade e melhoria do processo de paralelização das fibras, promovendo a homogeneização da mistura e a regularização do título da fita (espessura da fita).

O produto final da passadeira é a fita enrolada dentro de uma lata, assim como na carda, mas de menor dimensão. Posteriormente, os latões com a fita enrolada são levados até os filatórios, onde serão transformados em fio. Nesse estágio, a ponta da fita ou mecha é aberta ou separada em suas fibras, sendo reconstituída no dispositivo de fiação para formar o fio.

Ao final do processo, os fios estão enrolados, formando uma bobina. Posteriormente, essa bobina é encaminhada para o estoque, onde passa pelo processo de vaporização. Esse

procedimento tem como finalidade umidificar o fio, aliviar as tensões nas fibras, aprimorar o rendimento do material e a resistência do mesmo.

Após o processo de vaporização, os fios são embalados em caixas de papelão, com sacos plásticos, para assegurar e controlar a umidade dos fios contra possíveis condições adversas durante o transporte no caminhão.

O processo produtivo é intensivo no uso de máquinas e equipamentos de alta tecnologia (**Apêndice 1**). A indústria dispõe de duas máquinas que empregam a tecnologia Autocoro 8, da Saurer Schlafhorst, fabricante suíça de máquinas têxteis. Estas máquinas possuem pontos de fiar inteligentes e autônomos, que podem ser mais facilmente integradas nos processos operacionais do que as máquinas de fição a rotor convencionais.

A indústria possui ainda uma máquina R70 da fabricante alemã Rieter, cujo modelo é o primeiro a ser adotado no mercado brasileiro e um dos pioneiros no mundo. Assim como a Autocoro 8, estas unidades são controladas eletronicamente por um sistema de automação. Soma-se ainda a presença de uma Autocoro Saurer 360/480 que, diferentemente das demais, não possui unidades de fiar autônomas, o que a deixa em desvantagem em relação à possíveis rupturas das bobinas, já que o tempo de manutenção nesse caso é superior.

4.2 Análise do grau de maturidade da TPM

Com base na análise dos dados, obteve-se um score de 1534 pontos para as questões avaliadas, o que representa um grau de maturidade de **63,92%** (**Tabela 3**). Ou seja, a indústria encontra-se no nível "previsível" de adoção da TPM. Isso significa que a organização estabelece metas e técnicas quantitativas para monitorar e controlar os resultados dos produtos e processos de maneira sistemática, embora não haja uma postura proativa para análise das causas de falha. Isso sugere uma oportunidade de aprimoramento na identificação e abordagem proativa de potenciais problemas ou deficiências nos processos.

Tabela 3 - Fluxograma dos processos de produção da indústria de fição.

Pilar	Pontuação	Grau de maturidade
Melhoria Específica	410	68,33%
Manutenção Planejada	470	78,33%
Manutenção Autônoma	250	41,67%
Educação e Treinamento	440	73,33%
Total	1534	65,42%

Fonte: Elaboração própria.

No geral, a indústria demonstrou possuir uma certa maturidade no setor de manutenção, como evidenciado pela excelente pontuação obtida em dois dos pilares analisados ("Manutenção Planejada" e "Educação e Treinamento"). Isso reflete um nível de eficiência e práticas sólidas nessa área específica, sugerindo um compromisso com a excelência operacional e a gestão eficaz dos processos de manutenção.

4.2.1 Melhoria específica

Neste aspecto, verificou-se que os ajustes, melhorias e até mesmo atualizações dos componentes são realizados com base nas informações e atualizações fornecidas pelos próprios fabricantes dos equipamentos. Essa prática assegura que as modificações e otimizações estejam alinhadas com as especificações e padrões recomendados pelos fornecedores, garantindo a integridade e eficiência dos equipamentos.

No entanto, não são estabelecidas metas específicas para direcionar os esforços de aprimoramento. Como por exemplo, os gestores não consideram relevante o cálculo do OEE (Eficiência Global do Equipamento), o que resulta na falta de uma estrutura de métricas para a priorização de melhorias.

4.2.2 Manutenção planejada

No âmbito da manutenção planejada, o planejamento fundamenta-se em análises criteriosas, considerando o número de falhas, pequenas paradas, atrasos, MTBF (período médio entre falhas) e custo de produção. Estabelecem-se padrões, metas de falha e fluxos de trabalho, com a participação ativa dos operadores na identificação de possíveis falhas. Contudo, a responsabilidade integral pela execução das manutenções permanece sob a alçada do setor de manutenção.

Recentes adaptações introduziram um novo sistema de gestão de ativos, oferecendo recursos detalhados, como o monitoramento das paradas, organização das ordens de serviço no equipamento, gerenciamento de custos, controle de peças e gestão de manutenções planejadas. No entanto, vale ressaltar que o lançamento de informações no sistema ficou sob a responsabilidade do líder de PCM (Planejamento e Controle de Manutenção).

Essa abordagem foi adotada pelos colaboradores como uma maneira de evitar lançamentos incorretos, proporcionando maior praticidade na execução dos serviços. Com essa atualização, a empresa visa aprimorar a eficiência e a transparência na gestão de ativos, oferecendo oportunidades mais abrangentes para monitorar, planejar e otimizar os processos operacionais.

Considerando a importância não só da elaboração dos registros de manutenção, como também seu adequado armazenamento e compartilhamento, sugere-se que a empresa estabeleça um único local para arquivo de todos os documentos, manuais das máquinas e registros de todas as manutenções realizadas internamente e por terceiros, criando um banco de dados que agilize e facilite a identificação dos problemas recorrentes. Nesse sentido, seria interessante também a criação de um diário de bordo para registrar todos os acontecimentos da máquina (manutenções preditivas, preventivas, corretivas e ajustes).

4.2.3 Manutenção autônoma

Os gestores buscam empoderar os colaboradores, incentivando a identificação de erros e a proposição de planos de ação. Entretanto, é importante notar que a responsabilidade final ainda permanece sob a supervisão dos gestores. Os pontos críticos são identificados por meio de treinamentos, permitindo que os operadores realizem inspeções e limpezas. No entanto, é importante destacar que a responsabilidade pelos reparos e ajustes continua exclusivamente sob o domínio do setor de manutenção.

Isso contraria o objetivo deste pilar, que é manter os equipamentos operando sem quebras, promovendo nos operadores um senso de propriedade e conhecimento técnico abrangente sobre os equipamentos. Isso não se limita apenas à operação, mas também inclui a capacidade de realizar manutenção nos próprios equipamentos, permitindo a eliminação de defeitos pelos próprios operadores (Singh, 2013).

O senso de propriedade e responsabilidade, propiciado pelos 5S, é essencial para o pilar de Manutenção Autônoma. No entanto, verificou-se na pesquisa que este pilar obteve a menor pontuação. Isso ocorre porque os operadores possuem habilidades e experiência para identificar ruídos ou funcionamentos anormais nos equipamentos, mas não têm autonomia para realizar nem mesmo pequenos reparos, pois, além dos equipamentos serem importados da Alemanha, sua operação de manutenção exige alta capacidade técnica.

Essa constatação sugere uma oportunidade de melhoria no desenvolvimento de capacidades técnicas dos operadores ou na revisão das políticas de autonomia, possibilitando que, quando viável, eles possam realizar pequenos reparos. As atividades hoje desenvolvidas por eles incluem reparos, limpeza, inspeção visual, lubrificação, entre outras.

Sugere-se para a empresa a implementação de um treinamento proposto por Silva (2020), que abrange “os três tesouros da gestão autônoma”, sendo eles: o quadro, as reuniões e as lições ponto a ponto. Sucintamente, no quadro são apresentados as ferramentas do TPM utilizadas pelos colaboradores, nele está a foto do time, o cronograma e ata de reunião, a descrição das atividades desenvolvidas por cada colaborador, o roteiro do passo atual e dos próximos passos, os padrões provisórios, os resultados e o acompanhamento das 66 atividades desenvolvidas como a elaboração de lição ponto a ponto e colocação de etiquetas

A reunião dos membros deve ocorrer pelo menos uma vez por semana acompanhada de uma ata de reunião, onde serão registradas as metas e os resultados dos indicadores da linha de produção. Nas reuniões são debatidos temas como parada de máquinas, treinamentos, manutenção das condições básicas dos equipamentos e manutenção dos 5 sentidos na linha de produção. Por fim, a lição ponto a ponto é uma maneira simples e estruturada de transferência de conhecimento que se dá pelo processo de externalização e socialização.

4.2.4 Educação e treinamentos

Neste pilar, nota-se uma ênfase na equipe de manutenção, que recebe instruções de fabricantes e treinamentos de acordo com as necessidades e funções de cada operador, visando fortalecer suas capacidades técnicas, promover um ambiente de trabalho mais positivo e colaborativo. A liderança, representada pelo coordenador e líder de manutenção, desempenha um papel crucial na avaliação do conhecimento da equipe e na escolha de treinamentos para garantir a eficácia nas operações.

Os operadores são treinados para lidar com equipamentos quebrados ou danificados, utilizando não apenas o "*Know-How*" (conhecimento prático), mas também o "*Know-Why*" (compreensão da causa raiz dos problemas). Dessa forma, eles são capazes não apenas de resolver os problemas, mas também de ensinar aos outros como lidar com essas situações (Kigsirisin et. al, 2016).

Além disso, a empresa mantém contatos estreitos com outras empresas do setor, realizando *benchmarking* periodicamente, inclusive com visitas a essas. Esta prática demonstra o comprometimento da empresa em buscar constantemente referências e melhores práticas, promovendo a troca de conhecimento e a identificação de oportunidades de aprimoramento com base nas experiências bem-sucedidas de outras organizações do mesmo ramo. No entanto, não foram identificadas iniciativas visando a melhoria de habilidades comportamentais dos colaboradores, tais como liderança, flexibilidade, trabalho em equipe e autonomia, especialmente relacionadas aos operadores, colaboradores que não estão diretamente ligados à manutenção.

4.3 Sugestões de melhorias

A unidade industrial de fiação de algodão se identifica como uma entidade que incorpora a filosofia Toyota de produção, conhecida como "O jeito Toyota de ser". Essa abordagem é destacada por sua ênfase na eficiência, eliminação de desperdícios e busca pela melhoria contínua. Segundo os gestores, essa filosofia está presente no planejamento estratégico da empresa e no processo decisório, influenciando nas práticas operacionais e na cultura organizacional.

Foi possível identificar que alguns aspectos da indústria 4.0 retratados na literatura são adotados pela empresa estudada (Nasser, 2021; Souza et al, 2017). Existe a manutenção inteligente, uma vez que as máquinas (Autocoro 8 e R70) possuem sensores capazes de monitorar o próprio desgaste dos componentes e apontar possíveis falhas que antecedem a quebra apontada. Também são utilizados robôs autônomos com estrutura de deslocamento ao longo da linha de produção, que identificam paradas e realizam correções de paradas e reposições de matéria-prima.

Por outro lado, embora a sofisticada tecnologia das máquinas forneça uma quantidade significativa de dados relevantes, não há a integração via IoT (*Internet of Things*), nem mesmo com o sistema de gestão da produção, sendo necessária a coleta de dados pelos operadores. Inclusive, a implantação de um ERP (*Enterprise Resource Planning*) é recente e ainda não há efetiva integração da produção com as demais áreas funcionais.

Embora as práticas de manutenção demonstrem uma base sólida, há oportunidades de aprimoramento, como a definição de metas específicas, maior autonomia para operadores, revisão da política de acesso ao novo sistema e extensão de treinamentos para além da equipe de manutenção, visando uma abordagem mais integrada e eficiente.

Compreendendo as barreiras mencionadas, é notável que a busca pela originalidade dos equipamentos, seguindo rigorosamente as informações dos fabricantes, cria um ambiente onde metas para melhorias podem ser consideradas desnecessárias. Os gestores confiam nas orientações dos fabricantes, o que, por sua vez, pode limitar a definição de metas específicas. No entanto, é importante considerar que metas e padrões estabelecidos podem proporcionar uma direção mais assertiva e possibilitar a mensuração objetiva do progresso.

A limitação da autonomia dos operadores, devido à complexidade dos equipamentos, é uma barreira compreensível. A necessidade de uma mão de obra altamente qualificada para lidar com esses equipamentos pode inviabilizar a disseminação generalizada de habilidades específicas. Desta forma, a única atribuição para os colaboradores são as limpezas de fácil acesso contribuindo de forma segura e eficiente na manutenção.

A restrição de acesso aos sistemas e à base de dados, explicada pela ocupação dos operadores nas manutenções, revela uma necessidade prática de otimização do tempo. Entretanto, é crucial avaliar se a restrição de acesso pode, eventualmente, limitar oportunidades de colaboração e insights valiosos por parte de outros membros da equipe. O colaborador designado para a gestão dos ativos desempenha um papel vital, mas ponderar sobre como a colaboração mais ampla pode ser integrada pode ser benéfico.

A eficiência no preenchimento das ordens de serviço e na gestão dos ativos, embora seja uma prática ágil, poderia ser complementada por uma análise contínua para identificar possíveis pontos de melhoria no processo. A busca por eficiência não deve comprometer a oportunidade de inovação e aprimoramento contínuo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo identificar o nível de maturidade na adoção da TPM em uma indústria de fiação. O método CMM de matriz de maturidade mostrou-se relativamente fácil de aplicar, porém exige uma ampla investigação dos processos produtivos

e de gestão da produção. Sugere-se que pesquisas futuras abordem os demais pilares da TPM, com o intuito de detalhar ainda mais os pontos de avaliação. Isso permitirá uma compreensão mais abrangente do nível de maturidade em diferentes áreas da organização, possibilitando uma análise mais completa e refinada do TPM como um todo.

A indústria estudada foi avaliada como estando no nível 4 ou "previsível", em relação à aplicação das práticas que sustentam a TPM. Dessa forma, a organização realiza e define metas quantitativas com formas de medição consistentes para produtos e processos. Além disso, utiliza estatísticas e outras técnicas quantitativas para monitorar e controlar os resultados de maneira sistemática. Essa constatação indica um avanço significativo na maturidade da manutenção, refletindo uma abordagem mais proativa e orientada por dados na gestão dos processos.

Por outro lado, a organização não possui um monitoramento abrangente de seus ativos. Embora algumas máquinas sejam capazes de gerar monitoramento em tempo real, a base de dados é alimentada manualmente, com os operadores realizando a coleta de dados periodicamente. Isso destaca a oportunidade de implementar uma integração mais eficiente entre os equipamentos, visando a automação e a coleta contínua de dados em tempo real para aprimorar a gestão e o desempenho dos ativos. Essa integração poderia contribuir significativamente para uma abordagem mais eficaz na manutenção no contexto de uma indústria 4.0.

REFERÊNCIAS

BHAMU, Jaiprakash e SANGWAN, Kuldip Singh. "Manufatura enxuta: revisão de literatura e questões de pesquisa." *Jornal Internacional de Gestão de Operações e Produção* 34.7 (2014): 876-940.

CABREIRA, Paulo. Proposta de um plano de manutenção produtiva total com foco em melhoria das eficiências de filatórios têxteis *open end*: estudo de caso em uma indústria de fiação têxtil. Trabalho e Conclusão (Bacharelado) - Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Faculdade de Engenharia, 2023.

CACHADA, Ana, et al. "Maintenance 4.0: Intelligent and predictive maintenance system architecture." *2018 IEEE 23rd international conference on emerging technologies and factory automation (ETFA)*. Vol. 1. IEEE, 2018.

CAVALCANTI, André Marques; DOS SANTOS, Gilson Ferreira. A indústria têxtil no Brasil: uma análise da importância da competitividade frente ao contexto mundial. *Exacta*, v. 20, n. 3, p. 706-726, 2022.

CHEMWENO, Peter et al. Asset maintenance maturity model: structured guide to maintenance process maturity. *International Journal of Strategic Engineering Asset Management*, v. 2, n. 2, p. 119-135, 2015.

GOMES, Leandro Augusto Xavier. A Importância da Aplicação da Metodologia TPM (Manutenção Produtiva Total) na Indústria Contemporânea. Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade Vale do Cricaré, São Mateus, 2020.

KATO, Kanji. Trends for the coming millenium. *Textilia - Têxteis Interamericanos*, São Paulo, 1999.

KIGSIRISIN, S.; PUSSAWIRO, S.; NOOHAWM, O. Approach for Total Productive Maintenance Evaluation in Water Productivity: A Case Study at Mahasawat Water Treatment Plant. *Procedia Engineering*, v. 154, p. 260-267, 2016.

LJUNGBERG, O. Measurement of Overall Equipment effectiveness as a basis for TPM activities. *International Journal of Operations and Production Management*, v.18, n.5, p.495-507, 1998.

MCKONE, K.; SCHROEDER, R.; CUA, K. The impact of total productive maintenance practices on manufacturing performance. *Journal of Operations Management*, v.19, n.1, p. 39-58, 2001.

NAKAJIMA, S. La Maintenance Productive Totale (TPM). Traduzido do japonês por Yoko Sim, Christine Condominas e Alain Gómez, Afnor, Paris, France, 1989.

NASSER, Mario O método de gestão Lean Manufacturing e a Indústria 4.0 / Mario Nasser. – Araraquara : [s.n.], 2021 48 f. : il. Trabalho de conclusão (bacharelado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Química Orientador: Ossamu Hojo.

POÓR, Peter, JOSEF Basl e D. Zenisek. "Manutenção Preditiva 4.0 como próximo passo no desenvolvimento da manutenção industrial. Conferência internacional de pesquisa de 2019 sobre computação inteligente e engenharia de sistemas (SCSE) . IEEE, 2019.

RANTESHWAR SINGH, A. M. G. D. B. S. S. D. Total Productive Maintenance (TPM) Implementation in a Machine shop: A case of Study. *Procedia Engineering*, v. 51, p. 592-599, 2013.

RIBEIRO, H. A biblia do TPM: Como maximizar a produtividade na empresa. Santa Cruz do Rio Pardo, SP: Editora Viena, 2014.

ROYER, R. Manutenção Produtiva Total: Implementação em uma Empresa da Região Sul do Brasil. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Salvador, 09 out. 2009. 12.

SINGH, M.; SACHDEVA, A.; BHARDWAJ, A. An interpretive structural modelling approach for analysing barriers in total productive maintenance implementation. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, v.16, n.4, p. 433-450, 2014.

SILVA, Ana Paula Mesquita. "ANÁLISE DE IMPLEMENTAÇÃO DO TPM EM UMA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS DO ESTADO DO CEARÁ." (2020).

SILVEIRA, Victor. Os modelos multiestágios de maturidade: um breve relato de sua história, sua difusão e sua aplicação na gestão de pessoas por meio do People Capability Maturity Model (P-CMM). *Revista de Administração Contemporânea*, v. 13, n. 2, p. 228-246, 2009.

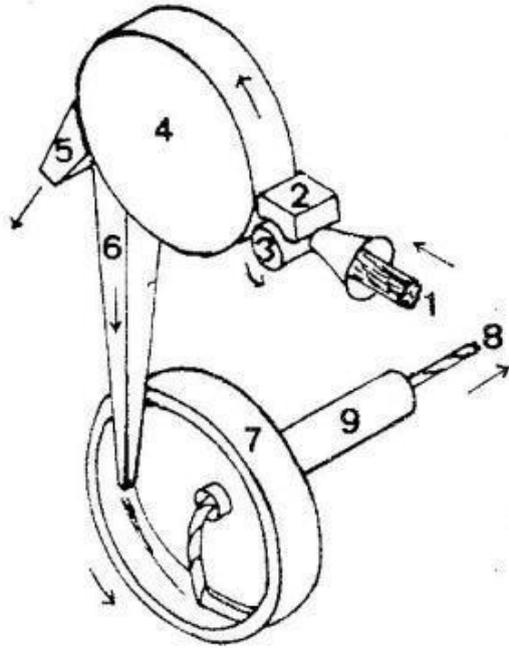
Ferguson, C. E. (1989). *Microeconomia*. Rio de Janeiro: Forense.

RANTESHWAR SINGH, A. M. G. D. B. S. S. D. Total Productive Maintenance (TPM) Implementation in a Machine shop: A case of Study. *Procedia Engineering*, v. 51, p. 592-599, 2013.

SHAFIQ, S.I.; SANIN, C.; SZCZERBICKI, E.; TORO, C. (2015). Virtual Engineering Object/Virtual Engineering Process: A specialized form of Cyber Physical System for Industrie 4.0.

APÊNDICE 1 - Máquinas e equipamentos que compõem o processo produtivo.

a) Transformação de fita em fio no processo a rotor. Autocoro 8.



Fonte: Tecfiação (USP, 2016).

b) Filatório Saurer



c) Filatório Saurer Autocoro 360/480



d) Filatório Rieter Autocoro R 70



Fonte: Elaborado com base em Cabreira (2023).

ANEXO 1 - Instrumento de coleta de dados

Questões	Pontuação
MELHORIAS ESPECÍFICAS	
São determinados por meio do cálculo da eficiência global do(s) equipamento(s), os índices por perdas por falhas operacionais, por perdas de tempo geradas por defeitos do equipamento, por setup (perdas de tempo para troca de facas, formato, cargas e outros), por perdas oriundas de matéria-prima e embalagens, etc?	0
São elaborados gráficos de Pareto com as principais perdas classificadas?	40
Existe uma planilha para levantamento de todas as perdas associadas às paradas/reparos dos equipamentos/processos?	40
São definidos com a equipe o cronograma de reuniões para análise das perdas?	20
São elaborados procedimentos provisórios até que a melhoria seja implementada?	0
São identificados os Equipamentos/Processos que possuam maiores perdas, gargalos e/ou possibilitem replicação horizontal? (relatórios de produção, perdas, financeiros, investimentos e outros).	40
O grupo foi treinado para identificar pontos críticos da máquina considerando o conceito de perdas? (com base nas 16 grandes perdas)	30
A manutenção possui no sistema um ranking de perdas por falhas operacionais?	40
São definidas metas para os temas levantados com objetivo de eliminar ou reduzir ao máximo as perdas?	20
Existem critério/ferramentas para priorizar a melhoria a ser implementada, identificando o possível ganho em relação a eficiência global? (percentual de ganho).	0
São elaborados cronogramas detalhados com os prazos previstos para o início e término das atividades de melhoria?	40
O plano de ação é apresentado para a equipe de manutenção, validando as ações propostas?	40
São realizadas simulações das melhorias nos impactos nos indicadores? (produtividade, qualidade, custo, atendimento, segurança e motivação)	20
São realizadas análises de comparação após a implementação da melhoria?	40
É definido com a equipe cronograma de reuniões para análise das perdas?	40
Questões	Pontuação
Manutenção Planejada	

É realizado o levantamento de dados técnicos do equipamento, tais como: número do inventário, nome, modelo, desenho, local da instalação, fabricante, data da fabricação, data de instalação, data teste, data de partida, registro de alterações, registros de manutenção, etc por meio de tag eletrônico, QRCode e outras tecnologias disponível?	40
É realizado avaliação de desempenho do equipamento (número de falhas, número de pequenas paradas, problemas causados (qualidade, atrasos, acidentes de trabalho, impactos ambientais, prejuízos financeiros), MTBF, custo de manutenção?	40
Existe no sistema um ranking de falhas para os equipamentos? (críticas, normais e insignificantes dependendo dos efeitos no equipamento).	0
São estabelecidas metas de manutenção, como por exemplo falha do equipamento: redução de 90%, falhas de processo: redução de 50%?	40
Foi elaborado um check-lists de manutenção via sistema com apoio dos operadores e treinamentos?	30
A manutenção conta com um sistema de controle de dados das falhas que facilite o acesso à informações, sendo que este sistema deve conter o registro de todas as intervenções, o plano de manutenção, o plano de sobressalentes e um controle dos custos relacionados a cada equipamento e acompanhar as habilidades e competências necessárias?	10
Existe um fluxo de trabalho do sistema de manutenção preditiva?	40
Foram levantados os pontos críticos sujeitos a manutenção preditiva?	40
Foi estabelecido um estoque mínimo para cada equipamento?	40
Existe um sistema de controle de peças, projetos e dados técnicos?	40
São realizados reforços aos procedimentos operacionais (materiais, construção, aceitação)?	40
Existe um mapeamento dos equipamentos e classificação pela importância no processo e nos aspectos de segurança, normas e/ou legislação?	30
Existe um plano de diagnóstico sistematizado, via sistema, que verifique dados com os critérios e considerá-los conforme ou não conforme?	0
Os diagnósticos são executados a partir das tendências de um histórico, via sistema?	40
Existe um planejamento dos serviços de manutenção identificando quais serviços serem executados, seja em operação, em parada simples ou juntamente com a preventiva?	40
Questões	Pontuação
Manutenção Autônoma	

Existem controles visuais/virtuais instalados para facilitar o monitoramento pelo operador, via realidade aumentada e/ou recursos tecnológicos?	0
É estabelecido no sistema soluções a partir de verificações de anormalidades detectadas pelos operadores, possibilitando acionamento de correção automática ou intervenções externas por recursos tecnológicos?	20
Os operadores são treinados para monitorar a lubrificação e verificação das máquinas, incluindo a reposição quando viável?	0
Os operadores são treinados de acordo com a frequência e consequências das anomalias, incluindo onde e como inspecionar e fazer pequenos reparos e melhorias, através de Lição ponto a ponto e/ou recursos tecnológicos?	0
Os operadores são orientados para tratar adequadamente a sujeira e contaminação e criar meios de eliminar a fonte de contaminações mais críticas?	40
São expostos os erros, falhas e correções apresentados pelo sistema para que sejam redobrados, quais os cuidados com o equipamento?	40
São classificados e identificados no sistema, por equipamento, todos os pontos críticos deixando-os disponíveis a todos os operadores do equipamento?	30
É realizado o gerenciamento/ataque dos pontos críticos via sistema através de tecnologias fornecidas pelo fabricante, como combinação de sensores, por exemplo, utilização de CPS, por meio de atualizações e correções?	0
Existe no sistema, um padrão de configuração e correções que ajudem a manter os níveis de limpeza e lubrificação dos equipamentos a ser realizado quando o equipamento emitir um sinal de alerta?	20
Existem tecnologias para melhorar a eficiência do trabalho de verificação pela introdução de controles virtuais, baseado nas aferições (preditivas) por meio de tecnologias que ativam sinais sonoros, e-mails, mensagens em aplicativos, entre outros?	0
Os operadores recebem treinamentos em técnicas de inspeção baseado em manuais inseridos nos sistemas?	0
Existem modificações no equipamento para facilitar a inspeção virtual através de monitoramento do ponto crítico por meio de câmeras, sensores entre outras tecnologias?	40
Para obter uma manutenção de qualidade e segurança é estabelecido no sistema procedimentos padrões de fácil identificação e compreensão, bem como as etapas para correções do erro conforme classificação do equipamento e módulos de falhas?	0
São desenvolvidos meios para treinar operadores em diagnósticos e pequenos reparos?	20

São padronizadas as melhorias em linha com as políticas da planta e com seus objetivos e reduzir custos através da eliminação do desperdício do local de trabalho?	40
Questões	
Educação e Treinamento	
Pontuação	
As equipes de manutenção possuem habilidades adequadas para atividades mais complexas e capacidade analítica para resolver os problemas atuando em suas causas raízes?	40
Existe um programa de desenvolvimento para habilidades técnicas e administrativas de operadores e mantenedores?	30
As empresa terceirizadas possuem uma estrutura adequada para fornecer serviços de qualidade e com profissionais qualificados?	40
Nos treinamentos de desenvolvimento de equipes são envolvidos todos os níveis de pessoas relacionadas aos equipamentos?	0
São implementados treinamentos de habilidades nos diversos níveis, por meio da elaboração de um programa detalhado de cada habilidade requerida?	40
É realizada uma análise comparativa entre a grade de treinamento com a habilidade de cada profissional da Manutenção e Operação e de acordo com o "gap" verificado elabora-se o plano de treinamento?	40
São realizadas autoavaliações de habilidades pelos próprios profissionais baseado nas necessidades da empresa, e posteriormente esta avaliação é feita pelo seu líder imediato?	20
São feitas análises periódicas para manter o aprendizado atualizado com as tecnologias e os métodos mais modernos e se tem condições e técnicas necessárias para o desempenho de sua função, seja cuidar da máquina ou ministrar treinamento interno (teórico/prático)?	20
É realizada uma avaliação de eficácia, não somente imediatamente após o treinamento, mas ao longo do tempo em que executa as tarefas relacionadas ao aprendizado?	10
É realizado um comparativo entre as formações e habilidades exigidas pelo cargo, inclusive na contratação de novos colaboradores e habilidades atuais de cada um?	40
A empresa valoriza, em termos de promoção, aqueles que melhor atendem às exigências para o cargo?	40
É esclarecido para o colaborador que quanto maior for à habilidade ele é mais valorizado e tem mais empregabilidade dentro e fora da empresa?	40
São discutidos critérios de escolha do treinamento?	40

Para os treinamentos futuramente são realizadas atualizações no programa (temas, carga horária, metodologia, atividades práticas) e no material didático?	20
Sendo assim, são realizadas atualizações com os instrutores sobre as melhorias propostas e, se for o caso, é realizada substituição dos instrutores e/ou a entidade responsável?	20