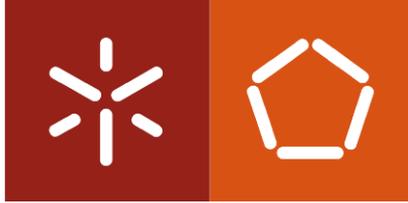


**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

**Marcelo de Oliveira**

**Aplicação de um modelo de automação de processos de Controlo e Gestão de Produção em uma indústria de fitas adesivas do Polo Industrial de Manaus para a melhoria de performance**

Novembro de 2022



**Universidade do Minho**

Escola de Engenharia

**Marcelo de Oliveira**

**Aplicação de um modelo de automação de processos de Controlo e Gestão de Produção em uma indústria de fitas adesivas do Polo Industrial de Manaus para a melhoria de performance**

Dissertação de Mestrado  
Mestrado em Engenharia Industrial  
Ramo de Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do  
**Professor Doutor Rui Manuel Sá Pereira Lima**  
**Professor Doutor Cristiano de Jesus**

Novembro de 2022

## **DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS**

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

### *Licença concedida aos utilizadores deste trabalho*



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por ter me dado a oportunidade de desenvolver este projeto e por sempre guiar meus caminhos com luz, inspiração e força.

A meus pais que sempre acreditaram e nos incentivaram a seguir pelo caminho do conhecimento, o qual me deu a estrutura e o ensino que formaram a base do meu caráter.

A minha esposa e filhas que me entendem e me apoiam quando não pude estar por perto devido ao trabalho ou estudos.

Aos meus irmãos por acreditarem na união e apoio mesmo com toda distância geográfica.

Aos meus orientadores Professor Dr Rui Manuel de Sá Pereira de Lima e Professor Dr Cristiano de Jesus pelos aconselhamentos e tutoria necessários ao desenvolvimento da minha dissertação.

Ao Mestre Vicente Tino pelo apoio e ensino na implementação e análise do projeto.

Ao meu Diretor e minha parceira de trabalho, e a todos os profissionais da empresa pela dedicação e implementação do projeto.

Por fim, aprazer de agradecer a todos que contribuíram de alguma forma para que este projeto fosse um sucesso.

## **DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE**

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Aplicação de um modelo de automação de processos de Controlo e Gestão de Produção em uma indústria de fitas adesivas do Polo Industrial de Manaus para a melhoria de performance

## RESUMO

Os avanços tecnológicos produziram um forte crescimento da produtividade industrial desde o advento da revolução industrial e atualmente vivemos uma quarta onda de avanços tecnológicos caracterizados por uma nova tecnologia industrial digital conhecida como Indústria 4.0.

Este trabalho visa aumentar a maturidade da Indústria de Fitas Adesivas dentro dos Pilares da Indústria 4.0 por meio da implantação de uma estrutura tecnológica, mais especificamente com a implantação de um piloto de sistema de monitoramento de parâmetros de produção e de coleta de dados de uma máquina automática de corte de fitas adesivas.

Para isso, buscamos analisar, por meio de um estudo de caso, os impactos em um ambiente fabril a luz do OEE - *Overall Equipment Effectiveness* com a integração de técnicas como *IoT* e *Big Data* em uma indústria de fitas adesivas localizada no polo Industrial de Manaus, cujos avistamentos e estudos duraram cerca de 9 meses.

O *software* e o *hardware* do sistema de Controlo de Produção foram desenvolvidos por uma empresa de tecnologia de Manaus por meio de verba de Pesquisa e Desenvolvimento, classificado como *MES - Manufacturing Execution System*. Com base nos resultados, conclui-se que a utilização desta forma de controle e monitoramento integrado, automatizado, compartilhado e baseado nos pilares da Indústria 4.0 permite a redução de desperdícios (produtos em espera e defeituosos) e estabilidade no ritmo possibilitada pelas medidas de produção e gestão mais rápidos e eficientes.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Lean Manufacturing, MES - Sistemas de Execução da Manufatura, Indústria 4.0, IoT, Big Data, OEE.*

Application of an automation model of Production Control and Management processes in an adhesive tape industry in the Industrial Pole of Manaus to improve performance

## **ABSTRACT**

Technological advances have produced strong growth in industrial productivity since the advent of the industrial revolution and we are currently experiencing a fourth wave of technological advances characterized by a new digital industrial technology known as Industry 4.0.

This work aims to increase the maturity of the Adhesive Tape Industry within the Pillars of Industry 4.0 through the implementation of a technological structure, more specifically with the implementation of a pilot system for monitoring production parameters and data collection of an automatic cutting adhesive tapes.

For this, we seek to analyse, through a case study, the impacts on a manufacturing environment considering the OEE - Overall Equipment Effectiveness with the incorporation of techniques such as IoT and Big Data in an adhesive tape industry located in the Industrial Pole of Manaus, whose sightings and studies lasted about 9 months.

The system's software and hardware were developed by a technology company in Manaus through a Research and Development, classified as *MES - Manufacturing Execution System*. Based on the results, it is concluded that the use of this form of integrated, automated, shared control and monitoring, based on the pillars of Industry 4.0, allows for the reduction of waste (waiting and defective products) and stability in the pace made possible by production measures. and management faster and more efficiently.

**KEYWORDS:** *Lean Manufacturing, Manufacturing Execution System, Industry 4.0, IoT, Big Data, OEE.*

## INDICES

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS .....	i
Agradecimentos.....	ii
DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE.....	iii
Resumo.....	iv
Abstract.....	v
Indices .....	vi
Índice de Figuras.....	viii
Índice de Tabelas .....	x
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos .....	xi
1. Introdução .....	1
1.1 Enquadramento .....	1
1.2 Objetivos.....	8
1.3 Metodologia de investigação.....	9
1.4 Organização da dissertação.....	10
2. Revisão Bibliográfica .....	12
2.1 Indústria 4.0 .....	12
2.2 Filosofia <i>Lean Manufacturing</i> .....	18
2.3 OEE – <i>Overall Equipament Effectiveness</i> .....	20
2.4 MES – <i>Manufacturing Execution System</i> .....	21
2.5 Gestão Visual .....	25
3. Apresentação da Empresa .....	27
3.1 Grupo Empresarial e da Unidade Industrial do Estudo.....	27
3.2 O Processo Produtivo .....	29
3.3 Estrutura organizacional do Departamento de Produção.....	30
4. Ferramenta Tecnológica – Supervisório Linha.....	31
4.1 Equipamento e Sensoriamento.....	34
4.2 Sistema e Fluxo de informações .....	36
5. Diagnóstico do processo produtivo .....	38
5.1 Situação Atual.....	38

5.2	Fluxo de produção do Setor de Corte .....	39
5.3	Análise do OEE .....	43
5.3.1	<i>Disponibilidade</i> .....	44
5.3.2	<i>Qualidade</i> .....	44
5.3.3	<i>Velocidade / Ritmo</i> .....	45
5.4	Síntese da Situação Atual .....	45
5.5	Questionário de Investigação Situação Atual .....	46
6.	Desenvolvimento e implementação das propostas de melhoria produtividade.....	48
6.1	O Plano de implementação de melhorias Qualidade ( <i>Quick Wins</i> ).....	48
6.2	Ações para a melhoria da alimentação da Matéria Prima .....	49
6.3	Ações para a melhoria da Manutenção .....	50
7.	Resultados.....	52
7.1	Indicador de Produtividade .....	52
7.2	Indicador de OEE .....	53
7.3	Resultados adicionais .....	55
8.	Conclusões.....	57
	Referências Bibliográficas .....	59

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Dilema do Gestor. Adaptado eBook Leadership Handbook, Maxwell, 2015. ....	5
Figura 2- Os níveis de maturidade da Indústria 4.0.Fonte: ACATECH Maturity Index, 2009. ....	6
Figura 3 - O tempo entre a identificação da ocorrência de uma perda e sua correção. Adapatado de Herbert Simon, em Administrative Behavior, 1997. ....	7
Figura 4- Pilares da Indústria 4.0. GERBERT, 2015. ....	13
Figura 5- Estrutura de um Sistema Ciber-Físico. Adaptado LEE , 2008. ....	14
Figura 6- Os Sete Desperdícios segundo Lean Manufacturing. Ohno, 2017. ....	18
Figura 7- Representação Gráfica do cálculo do OEE. Adptado de Carvalho et. al., 2014. ....	21
Figura 8 - Mapa MES. Fonte: Adaptado Kletti, 2007 .....	23
Figura 9 - Mapa MES. Fonte: Adaptado Kletti, Jurgen. (2015). Manufacturing Execution System - MES .....	24
Figura 10 - Gestão Visual do Planeamento de Produção. ....	26
Figura 11 - Gestão Visual do Planeamento de Produção dentro Aplicativo .....	26
Figura 12- A Koretech no Brasil. www.koretech.com.br. ....	27
Figura 14- Diagrama Macro Processo Produtivo. ....	29
Figura 15- Cortadeira Automática GUZZETTI NG150. ....	29
Figura 14- Diagrama do Processo Produtivo. ....	30
Figura 17- Organograma do Processo Produtivo. ....	31
Figura 18- A área estratégica organizacional de Recursos com suas duas vertentes de orientação. Fonte: Cleiton Santos em a Convergencia de TI e IA, 2022 .....	32
Figura 19– Diagrama de Pardue. Fonte: Cleiton Santos em a Convergência de TI e IA, 2022. ....	33
Figura 20- Modulo Coleta dados da MFA-01. ....	35
Figura 21- Exemplo de Sensores e Dispositivos coleta dados. ....	35
Figura 22- Desenho arquitetura integração Sistemas e Maquinas. ....	36
Figura 23- Visão geral Dashboard. Fonte: Autor, retirado das telas do Aplicativo. ....	37
Figura 24- Início estudo OEE MFA-01 em junho de 2022. Fonte: Engenharia Processo Empresa. ....	38
Figura 25- Paradas totais e não apontadas em tempo real. Fonte: Tela Aplicativo .....	40
Figura 26-Desmembramento dos fatores do OEE. Fonte: Supervisorio Linha. ....	41
Figura 27- Produção mensal MFA-01. ....	41
Figura 28- OEE Julho MFA-01 .....	42

Figura 29- Detalhamento OEE Julho MFA-01 .....	43
Figura 30- Gráfico de Paradas MFA-01.....	44
Figura 31 - Gráfico de Pareto MFA-01.....	44
Figura 32 - Plano de Ação para melhoria produtividade MFA-01.....	48
Figura 33 - Plano de Ação para melhoria acuracidade estoque.....	49
Figura 34- Paradas de Linha da MFA-01 .....	50
Figura 35 - Ordem de Serviço Manutenção da MFA-01 automática .....	51
Figura 36- Resultado do indicador de Produtividade da MFA-01.....	53
Figura 37 – Comparativo OEE Julho vs Agosto MFA-01 .....	54
Figura 38 - Detalhamento OEE Agosto MFA-01.....	55
Figura 39 - indicador de MTBF e MTTR da MFA-01.....	56

## **ÍNDICE DE TABELAS**

Tabela 1- Relação de problemas identificados .....	45
Tabela 2- Resultados Melhorias OEE. Comparativo de Julho e Agosto .....	54

## **LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS**

**BOM** - *Bill of Materials*

**BOPP** - *Bi-axially oriented polypropylene ou polipropileno bi-orientado*

**CLP** - *Controlador Lógico Programável*

**ERP** - *Enterprise Resource Planning*

**IA** - *Inteligência Artificial*

**IoT** - *Internet of Things*

**IP** - *Internet Protocol*

**IHM** - *Interface Homem Máquina*

**JI** - *Job Instruction*

**JIT** - *Just in Time*

**MES** - *Manufacturing Execution System*

**MTBF** - *Tempo Médio Antes da Falha*

**MTTR** - *Tempo Médio para resolução da Falha*

**MTTF** - *Tempo Médio até a Próxima Falha*

**MFA-01** - *Máquina Fitas Adesivas Número 01*

**KPI** - *Key Performance Indicator*

**OEE** - *Overall Equipment Effectiveness*

**OP** - *Ordem de Produção Máquina*

**OS** - *Ordem de Serviço para Manutenção*

**PCP** - *Planeamento e Controlo da Produção*

**PIM** - *Polo Industrial de Manaus*

**RPA** - *Robotic Process Automation*

**TI** - *Tecnologia da Informação*

**WIP** - *Work in Process*

**WMS** - *Warehouse Management System*

## **1. INTRODUÇÃO**

Será apresentado neste capítulo o enquadramento sobre o tema estudado da dissertação assim como os objetivos propostos, a metodologia de investigação utilizada, a organização e os limites do estudo para a implantação do projeto de Monitoramento.

A implantação de um sistema no processo produtivo altera as atividades de operação e de toda a gestão. Tais mudanças podem impactar na estrutura organizacional, na tomada das decisões e nas operações. Para integrar os sistemas de informação com a organização de forma bem-sucedida, é preciso realizar uma avaliação do impacto organizacional, que deverá ser abrangente e amplamente documentada (Belan, Palma, & Lima, 2006).

Este estudo responderá, portanto, ao seguinte problema: qual o impacto no processo produtivo da empresa analisada ao implementar o sistema de controle de produção levando em consideração os conceitos da Indústria 4.0.

### **1.1 Enquadramento**

Esse estudo será conduzido em uma empresa de fabricação de fitas adesivas, inserida no Polo Industrial de Manaus – PIM, situado no coração da Amazônia Ocidental, um dos mais modernos centros industriais e tecnológicos em toda a América Latina, reunindo atualmente mais de 600 indústrias de ponta nos segmentos Eletroeletrônico, Duas Rodas, Naval, Mecânico, Metalúrgico e Termoplástico, entre outros, que geram mais de meio milhão de empregos diretos e indiretos (Indicadores Setoriais PIM – SUFRAMA, Jun 2022).

Segundo Farias (2022), em A História da Fita Adesiva, retirado de <https://www.fitaadesivaonline.com.br/pagina/a-historia-da-fita-adesiva.html>, a primeira fita adesiva foi inventada em 1925 pelo químico Richard Drew, com o objetivo de auxiliar na pintura especializada no ramo automobilístico, a primeira versão desta fita contava apenas com papel com cola nas duas pontas, após alguns testes com a invenção, foi percebido que seria mais efetivo a utilização de cola em toda a superfície do papel, dando origem a primeira versão de fita adesiva. Após muitos anos da invenção da fita adesiva disponível no mercado, este produto sofreu variações e originou-se então diversos tipos de fitas. No Brasil, a produção e venda de fitas adesivas começou após a Segunda Guerra Mundial.

Com a globalização da economia, por meio da integração causada pela *Internet* de mercados e fabricantes de todos os cantos do planeta, o comportamento do consumo de produtos tem se tornado cada vez mais dinâmico e complexo, exigindo a entrega permanente de mais valor dos produtos ofertados. Essa entrega de valor pode ser tanto de inovações como de redução de preços dos produtos ofertados. Enquanto isso, as matérias primas sofrem pressão para aumentar seus preços em função do aumento da sua demanda e de fatores inesperados como a atual Guerra entre Rússia e Ucrânia, com a queda do dólar, a China dominante neste segmento, inunda os países com matéria-prima e produtos a baixo custo. No meio dessas pressões, encontram-se as organizações de manufatura que se veem obrigadas a racionalizar seus custos operacionais, com a implantação de processos que gerem ganho de produtividade. Esse contexto se aplica tanto para os fabricantes de bens intermediários como de bens finais. Porém, os fabricantes de bens intermediários, como é o caso de fabricantes de fitas adesivas, sofrem a maior pressão pela entrega de valor com a obrigação de ter preços de produtos mais competitivos que as grandes marcas.

Devido à dificuldade dessas fábricas de transferir a pressão recebida de redução de preços para os seus fornecedores de matéria prima, por serem commodities e com isso tem pouca flexibilidade de negociação, sempre pressionando para o aumento de seus preços. Consequentemente, há uma grande pressão sobre o fabricante de bens intermediários para ter uma gestão eficiente da operação produtiva com o mínimo de custo para assegurar sua sustentabilidade.

Lembrar que a abordagem científica da gestão de uma organização, segundo o Prof. Herbert Simon, está definida pela tomada de decisões dos gestores sobre os fatos medidos do contexto e os valores que acreditam ser necessários de obter. Simon (1997) propôs o princípio da racionalidade limitada e a necessidade de se fazer uso de sistemas de informação para suportar as escolhas eficientes de tomada de decisão. A descrição de tal sistema de informação por autômatos, pelo Prof. Herbert Simon, lhe conferiu o reconhecimento de ser um dos pais da inteligência artificial e foi laureado com dois dos mais importantes prêmios desta área do conhecimento, o prêmio Alan Turing em 1975 e o prêmio John Von Neumann em 1986. Sem falar do prêmio Nobel de economia que recebeu em 1979.

De acordo com Schwab (2016), o mundo vive hoje a Quarta Revolução industrial, silenciosa, mas veloz e inevitável, que vem promovendo uma verdadeira revolução nos processos de gestão da produção e operações. É certo então que isto irá trazer um grande processo de transformação na manufatura e nos métodos de gestão, e em meio a essa revolução tecnológica, os profissionais terão em mãos a responsabilidade de gerir recursos de produção com novas ferramentas e conceitos. O fato é que mudanças já

estão acontecendo e quem quiser fazer parte desse momento terá de entendê-lo, buscando novas habilidades e qualificações. Portanto, é necessário compreender a mudança e tratá-la como mais um desafio e uma possibilidade de crescimento na carreira, pois os novos sistemas atuarão para ajudar e aperfeiçoar todo o processo de evolução dentro das companhias.

Para Figurelli (2018) e Tripathi (2018), a Automação Robótica de Processos (*RPA – Robotic Process Automation*) como a aplicação de tecnologia, regida pela lógica de negócios e entradas estruturados, visando automatizar processos de negócios. Usando ferramentas de RPA, a empresa pode configurar um *software*, ou um “robô”, para capturar e interpretar aplicativos para processar uma transação, manipular dados, disparar respostas e se comunicar com outros sistemas digitais. Os cenários de RPA variam de algo tão simples quanto gerar uma resposta automática a um *e-mail* até implantar milhares de *bots*, cada um programado para automatizar tarefas em um sistema ERP e melhorar assim o Planejamento e Controle de Produção de uma Indústria.

Antes de entender do que se trata a Quarta Revolução Industrial gerada pela Indústria 4.0, é imprescindível entender o que é Gestão de Produção e Operações. Para Corrêa & Corrêa (2013) a gestão de operações ocupa-se da atividade de gerenciamento estratégico dos recursos escassos (humanos, tecnológicos, informacionais e outros, de sua interação e dos processos que produzem e entregam bens e custo de seus clientes. A correta administração destes recursos garantirá o propósito de que toda organização criada com fins lucrativos almeja, a perpetuação e crescimento de sua operação. E somente com o entendimento e domínio dos conceitos e ferramentas de gestão isto será possível.

A Indústria 4.0 essencialmente, é o pilar desta revolução, e preciso entender do que se trata e que traz de novo para as indústrias, entender que o pilar mais importante deste conceito, tanto para o ambiente interno e externo, é a conectividade. A partir da digitalização, toda a fábrica estará conectada, desde a produção até o sistema de logística e expedição. Máquinas vão se comunicar com máquinas, com peças, com ferramentas, com os *softwares* de gerenciamento conhecidos como ERP (*Enterprise Resource Planning*) e com os clientes. Tudo isso por meio de interfaces físicas e digitais, que enviam informações de um dispositivo para o outro. Não há limites para a criação destas formas de interface e comunicação.

Cada vez mais empresa estão se voltando para a Automação Robótica de Processos para agilizar as operações da empresa, eliminar desperdícios e reduzir custos. Com RPA, as empresas podem automatizar os processos de negócios com base em regras, permitindo que os usuários de negócios dediquem mais tempo para atender os clientes ou outras atividades igualmente de maior valor. Outros veem RPA como um ponto intermediário a caminho da automação inteligente via ferramentas de Aprendizado de

Máquina (*Machine Learning*) e Inteligência Artificial (IA), que podem ser treinadas para fazer julgamentos sobre as saídas futuras.

Na visão de Ohno (1997) um Processo Enxuto é o resultado da eliminação de sete tipos clássicos de desperdícios, também denominado de perdas, existentes dentro de uma empresa.

A eliminação destes desperdícios e elementos desnecessários resulta no objetivo de reduzir custos, o conceito básico é produzir apenas o necessário, no momento necessário e na quantidade requerida (Ohno,1997).

Assim, diversos processos da empresa são aperfeiçoados e a mão de obra humana em tarefas repetitivas é reduzida. Com isso, o capital intelectual dos funcionários pode ser utilizado em atividades mais nobres e criativas, evitando assim mais um desperdício não citado por Ohno – a Capacidade Intelectual Humana.

As empresas deveriam visar fornecer produtos ou serviços valorizados a partir da perspectiva do cliente e não a partir da visão interna da organização, pois o mercado está cada vez menos disposto a aceitar produtos que não atendem às necessidades do cliente. Womack e Jones (1998) definiram com precisão cinco princípios do pensamento enxuto que oferecem uma valiosa colaboração para a gestão de processos:

Womack e Jones (1998), em “A Mentalidade Enxuta nas Empresas” ressaltaram para não fabricar nenhum produto, a menos que seja necessário, e neste caso, fabrique o produto rapidamente. Este conceito consiste em produzir apenas aquilo que é necessário quando for necessário. Visa evitar a acumulação de estoques de produtos mediante a produção e fornecimento daquilo que o cliente deseja quando o cliente precisar, nem antes e nem depois. Ou seja, o cliente "puxa" a produção, eliminando estoques, dando valor ao produto e acarretando ganhos em produtividade, resolvendo então o Dilema do Gestor proposto por Maxwell (2015) na Figura 1.

A falta de previsibilidade na produção é um grande problema para a organização, uma vez que gestores não sabem quais decisões tomar devido ao futuro incerto. Por outro lado, se houvesse a possibilidade de ter informações sobre o que está para acontecer nos negócios seria possível direcionar os esforços para o ponto correto.

A questão é que a falta de previsibilidade pode estar relacionada a fatores externos como uma crise econômica ou a problemas internos como não conseguir extrair e avaliar os dados corretamente. Em ambos os casos ela acarreta problemas que geram impacto negativo, e eles devem ser resolvidos.

Não trabalhar a previsibilidade pode colocar toda a organização em risco e não apenas a produção, uma vez que os negócios dependem do produto desse esforço. Entre os principais problemas, podemos apontar:

As decisões não seguras: ter de adotar uma medida sem ter muita segurança é um risco para os negócios. Isso pode acarretar perdas financeiras, de mercado e a um possível colapso da organização, ficando difícil de reverter o quadro posteriormente.

Ficar repensando as decisões: como não há muita certeza do que está por vir, podem ser tomadas decisões que geram arrependimento ou fazem repensar se a escolha foi realmente certa.

Falta de conhecimento da demanda: sem a previsibilidade não se sabe qual será a real demanda, assim clientes deixam de ser atendidos por falta de recursos ou ocorre uma produção inflada, fazendo com que os produtos fiquem parados em estoque.

Resolver o problema de falta de previsibilidade vai exigir que a empresa adote uma postura proativa, tendo um controle de seus indicadores e se antecedendo a influências externas. Algumas atitudes devem ser seguidas.



Figura 1- Dilema do Gestor. Adaptado eBook Leadership Handbook, Maxwell, 2015.

Em resumo, a gestão operacional de uma fabricação de fita adesiva se torna muito complexa e imprevisível, devido ao número de variáveis envolvidas no processo de fabricação, na qual a ocorrência de eventos de perdas acontece de forma imprevisível durante a produção. A ocorrência de tais eventos de

perdas produtivas, nem sempre são perceptíveis facilmente pelo operador ou gestor da fabricação de fita adesiva. Em geral, essa percepção só ocorre quando as perdas acumuladas se tornam significativas ou da ocorrência de quebra e indisponibilidade operacional da máquina.

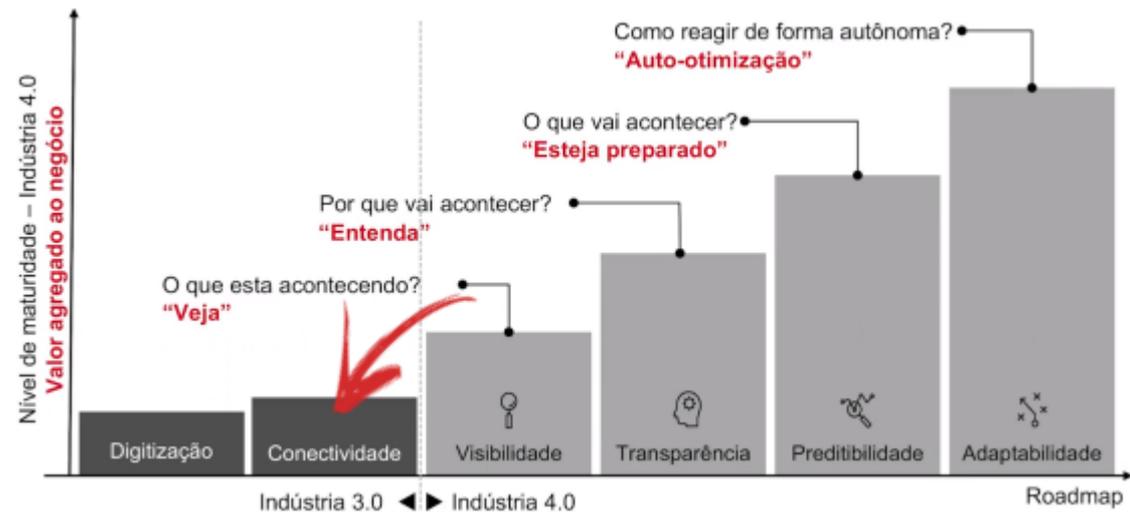


Figura 2- Os níveis de maturidade da Indústria 4.0. Fonte: ACATECH Maturity Index, 2009.

O nível de maturidade de Visibilidade da Indústria 4.0, da ACATECH (Academia de Ciência e Tecnologia da Alemanha), propõe uma metodologia de diagnóstico e apresenta um roteiro de ações que podem representar soluções que minimizem as dificuldades de percepção e interpretação dos eventos de perdas. Na Figura 2, pode ser constatado que o nível de Visibilidade tem como principal objetivo expandir a percepção sobre o que está acontecendo na operação produtiva, através da coleta de dados da produção e sua interpretação por aplicativos de um sistema de informação da gestão de produção, em tempo real, denominado de sistema MES - *Manufacture Execution Systems*.

O objetivo pragmático dessas análises deverá ser a de auxiliar as tomadas de decisões eficientes em reduzir o intervalo de tempo entre a ocorrência da perda e a aplicação da ação corretiva eficaz, ver Figura 3, para que se tenha um mínimo de acúmulo dessa perda. Há de se ressaltar a diferença estratégica da visibilidade na gestão da operação produtiva em relação a visibilidade da gestão do planejamento da produção.

A visibilidade da gestão da produção se baseia inicialmente na avaliação dos indicadores chaves do desempenho produtivo.

Como por exemplo o indicador de produtividade OEE - *Overall Efficiency Equipment*, que representa o produto de outros três fatores (Disponibilidade, Eficiência e Qualidade).

Em seguida, se tem visibilidade dos apontamentos de produção e perdas que ocorreram no processo produtivo, com o detalhamento das quantidades, tendências e tipos de perdas.

Por último, se deve ter a visibilidade comparativa dos parâmetros de processo obtidos do computador de controle da fabricação de fita adesiva com os parâmetros definidos na sua ficha técnica de operação.

Toda essa visibilidade, permite ao gestor da produção obter dados, informações e conhecimentos que o auxiliam na percepção e interpretação dos eventos de perdas produtivas e na inferência de suas presumíveis causas. Com isso, o gestor pode fazer escolhas de decisões com as respectivas ações corretivas eficientes.

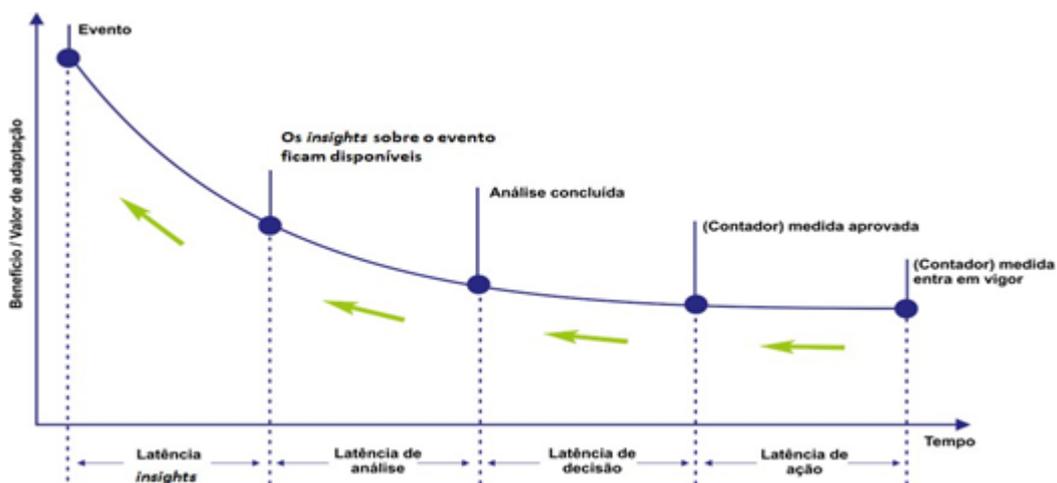


Figura 3 - O tempo entre a identificação da ocorrência de uma perda e sua correção. Adaptado de Herbert Simon, em *Administrative Behavior*, 1997.

Entretanto a visibilidade da evolução de execução das ordens de produção planejadas, auxiliam a gestão do planejamento com informações e conhecimentos, em tempo real, para tomada de decisões que racionalizam os custos de produção, com qualidade e pontualidade de entrega da produção para os clientes. Observar que o planejamento das ordens de produção faz a integração e sincronização das operações de negócios com as operações produtivas e seu sequenciamento racional de execução é fundamental para a racionalização dos custos operacionais.

A motivação desse projeto é o desenvolvimento e implantação de tecnologias que possibilitem a racionalização dos custos operacionais de produção, a partir dos conceitos de maturidade de Visibilidade da Indústria 4.0, definida pela ACATECH, ressaltando o desenvolvimento e a aplicação de um sistema automático de coleta e análise das informações de produção em tempo real.

É esperado com esse projeto, implantar tecnologias inovadoras que possam trazer para os gestores de produção dessa fábrica, instrumentos computacionais que expandem a percepção do comportamento de seu ambiente produtivo, em tempo real, e os auxiliem nas diminuições das incertezas quando da tomada de decisões racionais sobre as ações de melhorias de produtividade. Expandindo suas percepções e aprendizagem de forma sistêmica em relação às operações produtivas da fabricação de fita adesiva, para que possam reduzir ainda mais seus custos operacionais.

Em resumo, esse projeto visa implementar soluções tecnológicas sistêmicas que transformem essa fábrica de fitas adesivas em uma organização que aprende a ser eficiente em se adaptar às mudanças de seu ambiente, de forma competitiva e sustentável.

## **1.2 Objetivos**

O principal objetivo é desenvolver um modelo de automação e coleta de dados de produção com base nas informações de chão de fábrica em tempo real e utilização do mesmo para melhoria de processos de Controle e Gestão de Produção na fábrica. Dessa forma pretende-se ganhar tempo e ter agilidade na tomada de decisões, principalmente com relação as paradas não programadas da máquina de cortar fitas adesivas em estudo.

Ao que tange objetivos específicos, partindo dos desdobramentos operacionais, espera-se final do projeto, atender as seguintes metas:

- desenvolver melhorias no processo de gestão - controlo da produção e geração das Ordens de Serviço de manutenção de máquina de forma automatizada, com base nas informações de chão de fábrica em tempo real.
- disponibilizar um sistema para gerenciar e monitorar os processos de trabalho - disponibilizando informações dos equipamentos e operadores, através de supervisórios (sensores) confrontando o planejado versus executado.
- melhorar o processo de controlo da ordem de produção com a finalidade de garantir o embarque dos produtos finais.

### 1.3 Metodologia de investigação

Neste trabalho, o estudo é de natureza exploratória, com estratégia de Investigação e ação, que segundo (Coutinho, Souza, Bessa, Ferreira & Vieira, 2009) “Pode ser descrita como uma família de metodologias de investigação que incluem ação (ou mudança) e investigação (ou compreensão), utilizando um processo cíclico”. Este ciclo alterna entre a ação e reflexão/compreensão de forma contínua até que o conhecimento seja gerado.

Testes para validação do conceito levarão em consideração a manipulação de fatores de processo, máquinas e equipamentos, Matérias Primas e o resultado final que será o produto e seu volume planejado x previsto.

Testes comparativos entre o método proposto e o atual serão realizados. O resultado do teste proposto deve ser melhor que o atual.

Segundo ainda Coutinho et al. (2009), nos ciclos posteriores são aperfeiçoados os métodos, os dados e a interpretação feita à luz da experiência (conhecimento) obtida no ciclo anterior. Este trabalho deve-se concentrar em estudos teóricos, investigação conceitual e práticas no ambiente de trabalho, até que se tenha o melhor modelo de Automação e otimização.

Importante para a definição de RPA é a compreensão de que as tarefas que o *software* está automatizando são tarefas repetitivas que não são alteradas, exceto em casos muito raros. Este é o cerne da diferença entre RPA (*Robotic Process Automation*) e IA (Inteligência Artificial). RPA é uma automação típica de tarefas de mais alto nível. Em vez de ter um funcionário fazendo *login* no mesmo sistema para clicar nos mesmos poucos botões e digitar as mesmas poucas palavras que permitem o processamento da folha de pagamento, um programa de *software* pode fazê-lo.

O estudo de caso atual aconteceu em uma empresa especializada na fabricação de fitas adesivas do Polo Industrial de Manaus. As observações na empresa participante do estudo duraram cerca de 9 meses e foram evoluindo até o conceito final ao longo do tempo, considerando as avaliações da equipe técnica e gestores.

Nessa perspectiva, o gestor é um participante dos eventos que está observando. Como parte integrante da realidade criada no campo de enquete, sua voz encontra a voz da equipe técnica e operadores, criando novos significados para as experiências vividas.

Ao final, será feita uma triangulação entre o suporte teórico, os dados obtidos e a percepção do autor. O estudo começou em janeiro de 2022 e durou nove meses. As etapas de construção da solução de

*Hardware e Software*, assim como a integração de ambas e implantação do sistema completo na fábrica foi realizada por uma equipe especialista técnico e operacional da empresa, por meio de um projeto de P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) em parceria com uma empresa local de iniciativa privada.

Essas etapas visam atingir o objetivo de descrever o sistema desenvolvido. Em seguida, foi analisado o impacto na gestão da produção. Inicialmente, os requisitos de sistema de *hardware e software* foram levantados por meio de pesquisas realizadas por executivos da empresa.

O desenvolvimento do *hardware* foi dividido em duas fases: a primeira fase foi o estudo das máquinas por meio de visitas tecnológicas e leitura de manuais para definição dos principais parâmetros a serem medidos.

A segunda etapa consiste na pesquisa projeto e dimensionalidade da infraestrutura tecnológica para coleta, processamento e transmissão de dados indicativos dos parâmetros de produção das máquinas.

O desenvolvimento de *software* consiste nas seguintes etapas:

Um projeto para implementar uma infraestrutura básica de comunicação, usando um banco de dados de visualização e ferramentas de análise preditiva. Durante a análise do processo foi coletado o tempo de processamento de um conjunto de fitas de cada 2 eixos de produção, que foi utilizado no *software* como o tempo de ciclo padrão de cada Ordem de Produção da máquina, e então comparou-se com os tempos de ciclo reais, obtendo assim o indicador de eficiência da produção.

Além disso, também foram coletados os nomes e registros de todos os operadores, códigos e descrições dos produtos que serão registrados.

Para concluir a investigação verificou-se o sistema operacional e posteriormente foi feito um comparativo de como eram realizadas as operações e gestão da produção e como ficavam após a utilização do sistema implementado com base nos relatórios do sistema, nos dados obtidos e nas percepções dos funcionários e gestores da empresa e a observação *in loco* do funcionamento do sistema pelo autor.

#### **1.4 Organização da dissertação**

Este projeto de dissertação é composto por oito capítulos, organizados de acordo com a estrutura apresentada abaixo:

No primeiro capítulo procurou-se fazer um entendimento sobre o tema do projeto de dissertação, apresentando uma introdução sobre os tópicos estudados e as dificuldades e problemas de uma gestão de chão de fábrica ágil e moderna, foram apresentados também os objetivos almejados com a implantação

e limitações do estudo. Neste capítulo também é apresentada a Metodologia de Investigação que foi utilizada neste projeto e a Estrutura da Dissertação seguindo uma linha de raciocínio que vise tornar a leitura mais fácil e agradável de compreender.

O segundo capítulo apresenta a revisão bibliográfica no qual destacam-se os conceitos técnicos utilizados para buscar a melhor solução para o estudo do projeto. Neste capítulo, será realizada a apresentação de alguns conceitos de desperdícios e medição de indicadores do processo fabril da indústria.

O terceiro capítulo apresenta-se de forma breve a empresa e o processo produtivo estudado com o objetivo de familiarizar o leitor quanto ao contexto, tipo de produto e processos da fábrica de Fitas Adesivas.

O quarto capítulo é apresentado a ferramenta tecnológica utilizada para dar suporte a identificação do problema, causas e quantificar os desperdícios.

O quinto capítulo é uma análise mais profunda do processo produtivo, seus problemas e indicadores de controlo e gestão de produção, e qual o impacto do uso do aplicativo desenvolvido.

O capítulo seis aborda o desenvolvimento da proposta e as ações de melhoria para ganho de produtividade.

No capítulo sete serão apresentados os resultados do estudo de caso com a implantação de um sistema de monitoramento para produção de fita adesiva e fazer um comparativo entre o “antes” e “depois” do projeto de melhoria.

O capítulo oito apresenta as conclusões, considerações finais da dissertação e trabalhos futuros.

Por fim, são apresentadas as referências de obras e consultadas e lidas, textos e artigos técnicos para embasar o estudo e aumentar o conhecimento dos assuntos tratados nesta obra.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Neste capítulo será realizado o enquadramento teórico da proposta de dissertação, que terá como foco principal a descrição do escopo de desenvolvimento e integração do *Software ao Hardware*, e quais dados e informações serão integradas ao ERP, que irá resultar em melhor gerenciamento do processo produtivo.

Por conveniência dos estudos e melhor entendimento, os conceitos dispostos possuem ligação ao segmento de Produção de Fitas Adesivas em Rolos Pequenos.

O sistema de monitoramento da produção que discorre os conceitos da Indústria 4.0, citados neste estudo, foram implementados no controlo de produção de uma máquina automática de corte e rebobinamento de rolos de fitas adesivas da empresa em questão por seu baixo desempenho de produtividade. As demais máquinas não foram integradas ao sistema. Esta integração será realizada conforme disponibilidade de recursos da empresa. Os resultados encontrados poderiam ser mais amplos caso o tempo de análise do uso contínuo do sistema fosse maior, pois seria possível a análise dos efeitos no longo prazo. Para a replicação deste estudo, deve-se levar em consideração a similaridade de produtos e processos produtivos, uma vez que o CLP (Controle Lógico Programável) e demais equipamentos instalados foram escolhidos de acordo com as especificações das máquinas podendo ser modificados por outros modelos e fabricantes.

### **2.1 Indústria 4.0**

Na revolução industrial pode-se observar os principais elementos produzidos pelas demandas da indústria. O advento das máquinas a vapor e da energia hidráulica moveu as fábricas durante a Primeira Revolução Industrial do século XIX para atender às necessidades do comércio têxtil.

A Segunda Revolução Industrial foi causada pela chegada da eletricidade. Isso tornou a produção em massa possível no início do século 20.

A Terceira Revolução Industrial é caracterizada pelo uso da automação industrial e começou apenas em 1970, com os progressos tecnológicos na indústria utilizando a eletrônica e os sistemas de informação nas décadas seguintes.

A convergência e o progresso tecnológico da Terceira Revolução Industrial e o surgimento da Internet de alta velocidade e associada ao produto tecnológico permitiram uma maior integração dos universos físico

e digital, caracterizando assim a Quarta Revolução Industrial ou como é popularmente conhecida como Indústria 4.0 (Pinto, 2020).

O vocábulo "Indústria 4.0" foi cunhado pela primeira vez em 2011 na feira Hannover Messe, Alemanha, por Kagermann, Wahlster, & Helbig (2013), uma associação de representantes da indústria, política e universidades para fortalecer a competitividade da indústria germânica.

Outros programas e planos foram desenvolvidos em outros países para o desenvolvimento de ferramentas para a Indústria 4.0. Em 2015, a China e o Japão gravaram "*Made in China 2015*" e "*New Robot Strategy*", respectivamente.

Nos anos seguintes, nos Estados Unidos, foi lançado o *Informational Technology Industry Council* (ITI) em 2018.

Já no Brasil, o conceito de Indústria 4.0 surgiu após a participação de um Grupo de Trabalho do Ministério da Indústria e Comércio na Feira de Hannover, isto em meados de 2010.

De acordo com Hermann e Pentek (2015), ainda não há um conceito claro de Indústria 4.0, apenas uma descrição da visão, das ferramentas utilizadas e dos cenários aplicados. Este conceito inclui inovações tecnológicas em automatização e tecnologia da informação para produção com o objetivo principal de criar processos mais ágeis, flexíveis e eficientes, promove a união de recursos físicos e digitais, conectando máquinas, sistemas e ativos, a fim de produzir produtos de maior qualidade a custos reduzidos.

Para alcançar esses resultados, deve-se criar um alto nível de articulação entre as principais tecnologias que compõem o conceito os chamados pilares da Indústria 4.0, como mostra Gerbert (2015) no diagrama da figura 4.



Figura 4- Pilares da Indústria 4.0. GERBERT, 2015.

As simulações de computador no contexto da Indústria 4.0 são ideais para análise de dados em tempo real no processo de introdução de novos produtos ou substituição de processos existentes em relação às configurações da máquina que torne o mundo físico mais próximo do mundo virtual.

O resultado é a otimização de recursos, melhor desempenho e menor custo. Este conceito é ilustrado por uma ferramenta chamada CPS (*Cyber-Physical-Systems*), um método de representação de processos e máquinas em um mundo virtual e da simulação à inferência sobre condições e comportamentos (Altus, 2019).

As CPS podem ser caracterizadas, segundo Myiagi (2017) como uma plataforma para conectar objetos inteligentes inerentes ao ambiente industrial, através de objetos inteligentes físico-digitais com capacidades de sensoriamento, processamento e comunicação em rede, tão essenciais em um sistema de controle global para a coordenação descentralizada de atividades. A estrutura dos sistemas CPS, segundo alguns autores, é dividida em cinco camadas como mostra a figura 5.



Figura 5- Estrutura de um Sistema Ciber-Físico. Adaptado LEE , 2008.

A camada Conexão é o nível de interface com os processos físicos do sistema produtivo (comunicação entre máquinas, fábricas e bancos de dados) e é responsável tanto pelo desempenho dos equipamentos quanto pelo recebimento de dados das máquinas e seus componentes. A camada de transformação de

dados em informações, também chamada de inteligência local, processa dados coletados por meio de sensores e estados de objetos, extraindo informações e atribuindo significados empíricos a eles. Esses dados são analisados localmente para tirar conclusões sobre objetos inteligentes (Cardoso, 2018). A partir dessas informações é possível estabelecer uma comunicação com objetos hierárquicos equivalentes e/ou transmitir o que for relevante para as camadas superiores.

Na camada Cibernética, ocorre a concentração de informações e a partir daí o modelo virtual do sistema é descrito em detalhes, além de utilizar um algoritmo que analisa a funcionalidade do sistema (Myiagi, 2017).

Na camada Cognitiva, após a formatação das informações, os dados são apresentados ao pessoal treinado e capacitado para simples informação ou uma tomada de decisão. Essa etapa diagnostica a funcionalidade do sistema, como identificar gargalos na produção erros do sistema em determinados processos, recebimento de insumos ou necessidade de manutenção de ferramentas e equipamentos.

A última camada, Configuração ou Coordenação, atua como um sistema de controle e supervisão, capaz de tomar decisões sobre o sistema e dar formações aos agentes competentes. No nível local, utiliza os resultados da análise do modelo virtual para decidir se deve ou não intervir e, em caso afirmativo, o tipo de intervenção.

A capacidade de analisar e gerenciar grandes quantidades de dados gera um volume maior de informações, essencial para a tomada de decisões, pois permite uma melhor leitura dos cenários com mais rapidez. Para atingir este objetivo existem duas ferramentas principais: *Big Data e Analytics* (Altus, 2019).

Os dados devem ser transformados em informações úteis para auxiliar na tomada de decisão e, para isso, deve-se utilizar análises estatísticas avançadas. Daí, surge a ferramenta *Big Data*, que conforme Barreto (2019), busca armazenar e analisar grande quantidade de dados com capacidade superior às das tecnologias anteriores. Tem a característica de que os dados podem ser coletados de múltiplas fontes, primeiro de forma não estruturada, mas com acurácia e rapidez, ou seja, tem a velocidade de gerar dados por meio de uma grande multiplicidade de fontes.

A indústria pode usar o *Big Data* como ferramenta para descobrir novas oportunidades e variedade para reduzir custos e aumentar receita (Bosso, 2016).

Segundo ainda estudo de Barreto (2019), as principais descobertas do *Big Data* visam identificar oportunidades no mercado descobrir as intenções do consumidor tomar decisões em tempo real, prever

demanda e riscos. satisfazer a quantificação. Segundo Venturelli (2017), a máquina aprende com informações geradas pelo processo e pelo sensoriamento, e trabalha diretamente na premente causa dos defeitos e paradas, usando registros de parâmetros da máquina como temperatura, rotação etc. e todas as relações causais para a ocorrência de efeitos relacionados à manutenção preventiva.

A primeira fase da Internet das Coisas (*IoT – Internet of Things em inglês*) teve como objetivo conectar objetos por meio de estruturas inteligentes usando identificação por radiofrequência.

Com o advento da invenção dos Computadores, da *Internet*, dos sensores e dos atuadores, as possibilidades se expandiram, e hoje consiste em conectar uma rede de objetos físicos (veículos, carros, calçados, máquinas etc.) para troca de informações mais rápida e eficiente (Leite, 2017).

Na indústria de produtos e serviços, *IoT* é a integração de tecnologias anteriormente desconectadas, são agora conectados via rede *IP (Internet Protocol)*, Assim, a *Internet* das Coisas é uma rede de dispositivos interconectados com tecnologia que monta e interage com o ambiente externo por meio de seus componentes internos (Barreto, 2019).

A *Internet* das Coisas tem uma relação complementar com o *Big Data*, A *IoT* fornece dados coletados por meio de sensores para *Big Data*, que serão analisados em um servidor e levados tomar uma decisão, e depois enviados para o processador que atuarão automaticamente sob certas condições.

Usualmente, os Sistemas de Planejamento de Recursos Empresariais (ERP) estão associados a essas duas ferramentas, que fornecem o conjunto necessário de métricas para comparação durante a fase de análise de dados e no desenvolvimento da tomada de decisão de *big data* (Barreto, 2019).

Ambas as ferramentas são colocadas na virtualização (criação de cenários e predefinição de ações para cada cenário) coletando dados com *IoT* e processando-os com *big data* em tempo real (Barreto, 2019).

A robótica permite operações repetitivas realizadas por operadores em um ambiente de fábrica que agora podem ser realizadas por robôs nutridos por Inteligência Artificial. A indústria se beneficia em eficiência e disponibilidade, além de reduções de custos. Com o desenvolvimento desses robôs, além de realizar tarefas autônomas, eles poderão se conectar uns aos outros para cooperação recíproca, um dispositivo “em rede”. Os robôs, portanto, não funcionarão como robôs únicos como na Terceira Revolução Industrial, mas como parte de vários sistemas integrados.

A computação em nuvem (em inglês *Cloudcomputing*) oferece recursos que levam a economias significantes de custo, tempo e eficiência, ajudando a compartilhar aplicativos e dados entre pessoas de diferentes locais fora da empresa (Altus, 2019).

Isso é possível porque o armazenamento de grandes quantidades de dados relativos à produção de bens e serviços na indústria é armazenado em servidores remotos conectados entre si via Internet, e não mais em computadores e servidores locais (Collabo, 2016).

No que diz respeito à integração de sistemas, “a Indústria 4.0 oferece uma melhor harmonia entre todos os que fazem parte do ecossistema, garantindo uma gestão global da experiência para que as cadeias de valor sejam verdadeiramente automatizadas” (Altus, 2019).

Isso destaca a importância da interoperabilidade – “utilizado para verificar se existe uma utilização ou análise conjunta e interdependente entre as tecnologias em causa” (Barreto, 2019) – o esboço de sistemas em que essas tecnologias se comuniquem sem qualquer obstáculo ao intercâmbio de dados e informações e levem a uma síntese de processos.

A Indústria 4.0 exige comunicação entre todos os setores das empresas que criam informação digital. Portanto, é crucial que as empresas tenham sistemas robustos de segurança cibernética para proteger sistemas e informações de possíveis ameaças e enganos que podem levar as interrupções na produção.

Por outro lado, esse pilar da manufatura aditiva, também conhecido como impressão 3D, é concebido segundo Aires (2019) para a fabricação de objetos por meio de adição de materiais, a partir de um modelo digital tridimensional. Essa estratégia pode ser utilizada para criar produtos customizados com vantagens estruturais e design complexo, menos desperdício de material e sem necessidade de *setup* ou troca de ferramentas .

Já os recursos de realidade aumentada podem substituir as formas existentes de treinamento e gerenciamento, por exemplo, para melhorar os procedimentos de trabalho usando monóculos de realidade aumentada para o gerenciamento e operação de determinadas máquinas, ou para desenvolver formações de montagem via telefones celulares para o desenvolvimento de peças protótipos.

Segundo Albertin (2017), esta tecnologia vai revolucionar a interação homem-máquina, pois permite que as pessoas olhem o mundo real junto com o mundo virtual sobreposto a ele.

O último pilar é a realidade virtual que difere da realidade aumentada em termos de imersão do usuário.

A realidade virtual busca imergir completamente o usuário em um ambiente sintético e não permite que ele veja o mundo real. Além disso, objetos virtuais são sobrepostos ou combinados com o mundo real (Albertin, 2017).

## 2.2 Filosofia *Lean Manufacturing*

No contexto de produção enxuta, e segundo os autores Kato & Smalley (2011), nem todo o trabalho realizado gera valor agregado. E tudo que não é valor tem que ser eliminado, ou reduzido ao mínimo possível. Portanto cada vez mais empresas estão se voltando para a Automação Robótica de Processos para agilizar as operações da empresa, eliminar desperdícios e reduzir custos. Com RPA, as empresas podem automatizar os processos de negócios com base em regras, permitindo que os usuários de negócios dediquem mais tempo para atender os clientes ou outras atividades igualmente de maior valor. Outros veem RPA como um ponto intermediário a caminho da automação inteligente via ferramentas de aprendizado de máquina (*Machine Learning*) e inteligência artificial (IA), que podem ser treinadas para fazer julgamentos sobre as saídas futuras.

Na visão de Ohno (1997) um Processo Enxuto é o resultado da eliminação dos sete tipos clássicos de desperdícios da figura 7, também denominado de perdas, existentes dentro de uma empresa. “A eliminação de desperdícios e elementos desnecessários a fim de reduzir custos; a ideia básica é produzir apenas o necessário, no momento necessário e na quantidade requerida” (Ohno,1997).



Figura 6- Os Sete Desperdícios segundo Lean Manufacturing. Ohno, 2017.

Assim, diversos processos da empresa são aperfeiçoados e a mão de obra humana em tarefas repetitivas é reduzida. Com isso, o capital intelectual dos funcionários pode ser utilizado em atividades mais nobres e criativas, evitando assim o oitavo desperdício – Capacidade Intelectual Humana.

As empresas deveriam visar fornecer produtos ou serviços valorizados a partir da perspectiva do cliente e não a partir da visão interna da organização, pois o mercado está cada vez menos disposto a aceitar produtos que não atendem às necessidades do cliente. Os autores Womack e Jones (1998) definiram com precisão cinco princípios do pensamento enxuto que oferecem uma valiosa colaboração para a gestão de processos em seu livro “A Mentalidade Enxuta nas Empresas”, eles ressaltaram para não fabricar nenhum produto, a menos que seja necessário, e neste caso, fabrique o produto rapidamente. Este conceito consiste em produzir apenas aquilo que é necessário quando for necessário. Visa evitar a acumulação de estoques de produtos mediante a produção e fornecimento daquilo que o cliente deseja quando o cliente precisar, nem antes nem depois. Ou seja, o cliente "puxa" a produção, eliminando estoques, dando valor ao produto e acarretando ganhos em produtividade.

A falta de previsibilidade na produção é um grande problema para a organização, uma vez que gestores não sabem quais decisões tomar devido ao futuro incerto. Por outro lado, se houvesse a possibilidade de ter informações sobre o que está para acontecer nos negócios seria possível direcionar os esforços para o ponto correto.

A questão é que a falta de previsibilidade pode estar relacionada a fatores externos como uma crise econômica ou a problemas internos como não conseguir extrair e avaliar os dados corretamente. Em ambos os casos ela acarreta problemas que geram impacto negativo, e eles devem ser resolvidos.

Não trabalhar a previsibilidade pode colocar toda a organização em risco e não apenas a produção, uma vez que os negócios dependem do produto desse esforço. Entre os principais problemas, pode-se apontar:

- As decisões não seguras: ter de adotar uma medida sem ter muita segurança é um risco para os negócios. Isso pode acarretar perdas financeiras, de mercado e a um possível colapso da organização, ficando difícil de reverter o quadro posteriormente.
- Ficar repensando as decisões: como não há muita certeza do que está por vir, podem ser tomadas decisões que geram arrependimento ou fazem repensar se a escolha foi realmente certa.

- Falta de conhecimento da demanda: sem a previsibilidade não se sabe qual será a real demanda, assim clientes deixam de ser atendidos por falta de recursos ou ocorre uma produção inflada, fazendo com que os produtos fiquem parados em estoque.

Resolver o problema de falta de previsibilidade vai exigir que a empresa adote uma postura proativa, tendo um controle de seus indicadores e se antecedendo a influências externas. Algumas atitudes devem ser seguidas. Considerando a utilização *Data Mining* ou Mineração de Dados o processo de explorar grandes quantidades de dados à procura de padrões consistentes. Como regras de associação ou sequências temporais, para detectar relacionamentos sistemáticos entre variáveis, detectando assim novos subconjuntos de dados vai ajudar a agrupar e entender as diversas fontes de dados espalhados da organização.

### **2.3 OEE – Overall Equipment Effectiveness**

O OEE, em inglês *Overall Equipment Effectiveness* e traduzido como "eficiência geral da máquina", é uma métrica bastante referenciada nas indústrias de todo mundo, e é usada para mensurar o desempenho de máquinas ou processos de produção.

Pequenas ou grandes melhorias podem ser feitas, assim como decisões estratégicas baseadas na análise de dados OEE de um processo produtivo. Os autores Gupta & Vardhan (2016), destacam que o OEE é uma poderosa ferramenta de controle que proporciona o alcance da efetividade máxima de um equipamento. Para Binti, Garza-Reyes, Kumar, Antony, & Rocha-Lon (2016) é necessário um correto entendimento de todos os fatores que compõem a métrica OEE.

Para se ter o resultado OEE do processo de fabricação, é necessário multiplicar o valor de produtividade dos três fatores do processo de fabricação: (Q) qualidade do produto x (D) disponibilidade do equipamento x (P) performance. Abaixo está uma descrição dos métodos de cálculo adotados pelas organizações com base em três fatores, e que graficamente pode ser melhor entendido através da figura 7.

1. Fator de disponibilidade do OEE é obtida através da seguinte fórmula:  $(\text{Tempo de produção real} / \text{Tempo de produção planejado}) * 100\%$ .
2. Fator de performance é obtida através da seguinte fórmula:  $(\text{Quantidade real produzida} / \text{Quantidade de produção planejada}) * 100\%$ .
3. Fator de qualidade é obtida através da seguinte fórmula:  $(\text{Quantidade de peças aprovadas} / \text{Quantidade de peças produzidas}) * 100\%$ .

		Tempo Total				
OEE = Disponibilidade * Performance * Qualidade	Disponibilidade = B / A	A	Tempo programado para produzir		Horário não planejado	Horário não alocado
		B	Tempo produzindo	Perdas de Disponibilidade: -Quebra de Máquina -Ociosidade -Setup	Horário de não responsabilidade da equipe de produção	Horário em que fábrica está com as portas fechadas
	Performance = D / C	C	Produção Teórica			
		D	Produção Real	Perdas de Performance: -Velocidade reduzida -Pequenas paradas		
	Qualidade = F / E	E	Boas + Ruins		As Grandes Perdas de Produção	
		F	Boas	Perdas de Qualidade: -Refugos de Partida -Refugos de Produção		

Figura 7- Representação Gráfica do cálculo do OEE. Adaptado de Carvalho et. al., 2014.

Embora o conceito seja bastante simples, sua definição e aplicações mudaram significativamente, a ideia deste capítulo é apresentar definições clássicas em um formato de planilha simples para uma abordagem clara e comum. Dá a todos os envolvidos na fabricação uma linguagem comum, levando a mudanças que melhoram a eficácia e a eficiência, junto com os operadores, engenheiros, departamentos de logísticas, gestores e todos os demais envolvidos no processo de criação de valor.

No entanto, pode ser apropriado realizar análise de tendências e revisão de decisões implementadas anteriormente para garantir uma direção positiva ou para garantir que os resultados previstos sejam alcançados.

A justificativa para esta definição operacional é capturar todas as atividades necessárias para garantir que o processo de produção possa ser realizado.

Produção planejada é o período de tempo durante o qual um produto definido deve ser fabricado, mas as atividades ou condições dependentes do processo são executadas com antecedência para garantir que o cronograma seja cumprido ou razoável. Algumas empresas ocultam tempos não produtivos como treinamento e limpeza durante os chamados horários de produção não programados, ou despejando-os em áreas designadas após o expediente.

## 2.4 MES – Manufacturing Execution System

Os sistemas MES (Sistema de Execução de Fabricação) não são novidade no setor industrial, mas nos dias de hoje estão se tornando cada vez mais importantes na execução e monitoramento da produção.

Isso se deve ao advento da Indústria 4.0, onde o gerenciamento de fábrica e armazém deve ser perfeitamente coordenado. Isso é essencial para atender a demanda por produtos cada vez mais customizados e com tempos de fabricação mais curtos.

Segundo Kletti (2007), O *software* MES nasceu no início da década de 1990 como resultado do aumento da concorrência e da diminuição dos lucros no setor de manufatura. Isso limitou a produção de grandes e custosos estoques.

Um sistema MES ou sistema de controle de produção é um *software* projetado para organizar, controlar e monitorar processos em uma fábrica para máxima eficiência e economia de custos. Além disso, os sistemas MES são integrados a outros sistemas como ERP e WMS (*Warehouse Management System*) para gerar dados muito úteis para a análise global da gestão da produção de uma empresa.

O MES surgiu diante de uma deficiência do MRP (*Material Requirement Planning*), que era o sistema que controlava o fluxo de material nas fábricas nas décadas de 1960 e 1970. Faltava flexibilidade, então evoluiu para ser integrado ao sistema MRPII, incluindo recursos que tentam superar as principais limitações de seu antecessor.

Os sistemas MES completaram essa evolução e podem gerenciar mais processos como:

- Sequenciamento das atividades de produção com base na prioridade e características de cada lote de produção. O sistema MES direciona o trabalho na planta e monitora sua execução procurando por anomalias.
- Monitora as tarefas em andamento, que fazem parte do processo de produção, também conhecido como WIP (*Work in Process*) ou trabalho em andamento, para garantir que os cronogramas estabelecidos estejam sendo cumpridos e não haja gargalos.
- Coleta de dados automatizada e gerenciamento de documentos: coleta dados sobre processos, materiais e operações realizadas por trabalhadores ou máquinas.
- Processam análises de desempenho para acompanhar o desempenho em tempo real e comparar com dados históricos. Isso inclui avaliar os recursos dedicados a cada tarefa, tempo de ciclo, realização do plano e custo.
- Controle de Qualidade: Verificar a condição dos produtos acabados e semiacabados para garantir que estejam dentro do prazo. O sistema MES também mede a qualidade do processo e recomenda ações corretivas quando são detectados erros ou interrupções.

- Tarefas de manutenção: O *software* MES contém todas as informações sobre a operação da máquina. Ele alerta você em caso de falha e ajuda a diagnosticar a causa.
- Alocação de funções ao pessoal de operações para garantir a distribuição equitativa da carga de trabalho.

Os fabricantes usam sistemas MES para coordenar e otimizar a operação de suas unidades de produção, este diagrama da figura 8 resume a composição desses sistemas:



Figura 8 - Mapa MES. Fonte: Adaptado Kletti, 2007

O ERP funciona como um guarda-chuva para todos os outros sistemas, incluindo os sistemas de execução fabril. Ele controla todos os processos de negócios, mas não é especializado no controle da produção fabril. Ambos os sistemas MES e ERP funcionam de forma integrada e se comunicam constantemente. No entanto, o MES possui informações mais detalhadas sobre as linhas de produção, as máquinas que operam, os lotes de produtos que produzem, rastreabilidade e qualidade do processo etc.

Já diferença entre o *software* MES e o WMS, consiste em que os *softwares* MES e WMS trabalham juntos para garantir que o fluxo de material do armazém para a fábrica e vice-versa funcione com a máxima eficiência sem interrupção. O WMS gerencia o BOM (*Bill of Materials*), um banco de dados de todos os componentes relevantes para a produção. Um WMS para produção, portanto, gerencia o estoque disponível em tempo real e alimenta a linha de produção em conjunto com o sistema MES. MES e WMS: Como eles estão relacionados O sistema MES ocupa uma camada intermediária entre o ERP e a planta

de produção e funciona no mesmo nível do WMS. No caso da *Koretech*, o SONX um *software* de gerenciamento de armazém com recursos projetados especificamente para logística de produção, realiza o controle físico de peças ou materiais entregues na fábrica. Manuseia, registra e prepara produtos acabados da fábrica para embarque.

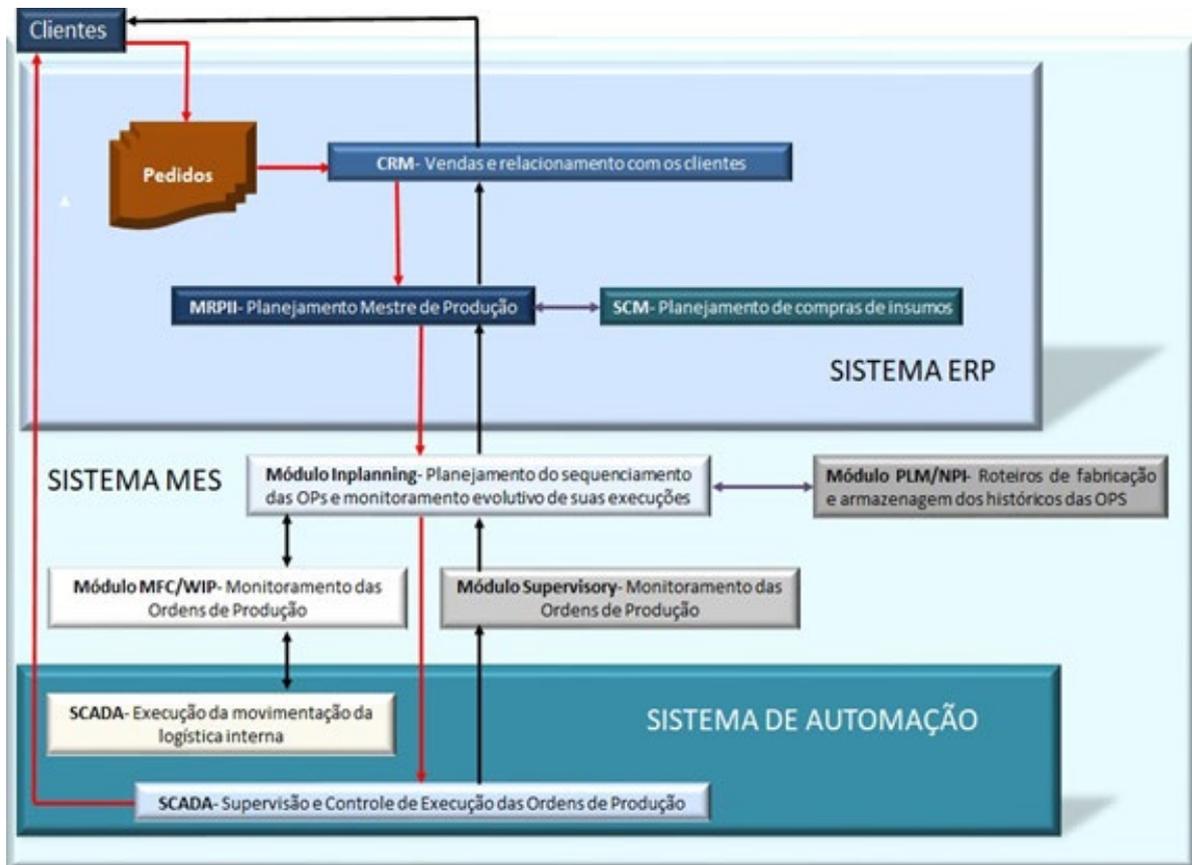


Figura 9 - Mapa MES. Fonte: Adaptado Kletti, Jurgen. (2015). *Manufacturing Execution System - MES*

Ele Gerencia a Estrutura de Produto (Receitas e Ordens de Produção) conforme figura 9, as receitas definem as quantidades e matérias-primas necessárias para fabricar um determinado tipo de produto. Modificações e ajustes podem ser feitos a partir do WMS conforme indicado pelo sistema MES para atender aos lotes de produção estabelecidos e reagir de forma flexível e eficiente às alterações na mesma receita.

Os sistemas MES são essenciais para o planejamento de produção otimizado na era da Indústria 4.0, caracterizada pela digitalização e maior integração de processos em toda a cadeia de suprimentos.

Nesta área, uma boa coordenação entre o MES e o *software* de gerenciamento de armazém elimina ineficiências significativas. Anteriormente, a imprecisão no fornecimento de materiais para a fábrica gerava sérios transtornos: ou havia faltas que exigiam novos pedidos ao armazém ou havia sobras, de forma que as matérias-primas não utilizadas tinham que ser devolvidas à instalação de armazenagem.

Os WMS resolvem esses problemas restringindo as quantidades e variações nas receitas e ordens de produção, tanto quanto possível. Dessa forma, livram as fábricas do fardo de uma complexa gestão de estoques, repleta de variantes e, em última instância, possibilitam que se concentrem na excelência dos processos produtivos, sua verdadeira área de atuação.

## 2.5 Gestão Visual

A *Koretech* define os conhecimentos necessários para o controle da operação dos seus processos com base em ferramentas visuais e busca aumento desta função com uso de novas tecnologias empregada nos processos de produção do produto e em função da revisão do seu parque fabril. Considerando o seu contexto organizacional, uma das ferramentas de gestão amplamente utilizadas no processo produtivo pelo *Lean Manufacturing* é a técnica de “controle visual” ou “gestão visual”. De acordo com Liker & Meier (2006), mesmo com a informatização, o controle visual, ainda que através de papéis, é necessário para as pessoas entenderem rapidamente se o processo está ou não com uma performance dentro do planejado. Concernente para Ohno (1988), o controle visual faz com que os problemas se tornem evidentes.

A gestão visual é, portanto, uma técnica bastante utilizada pelo Lean para fazer com que a situação atual de um processo seja rapidamente entendida. Tratando-se de indicadores e monitoramento de performance, para Jiménez, Diez, & Ordieres-Mere, J. (2016), a adoção de diferentes, ou mesmo novos KPI (*Key Performance Indicator*), podem ser adicionados a qualquer processo produtivo, desde que seja possível visualizar a sua performance atual.

O planejamento, implementação e controle dos processos necessários para atender aos requisitos para a produção de Fitas Adesivas de produtos e serviços da KORETECH é realizada através da área PCPM, Controle de Qualidade e processos de Gerenciamento de Manufatura, que neste estudo pode observar a desarmonia entre seu planejamento estratégico e seus requisitos de Sistema de Gestão da Qualidade com os métodos empregados claramente observado no quadro de Controle Diário de Produção da figura 10.

CONTROLE DE PRODUÇÃO DIÁRIA													DATA: 21/06/2022	
HORARIO	MFA-01	MEDIDA	MFA-02	MEDIDA	MFA-03	MEDIDA	MFA-04	MEDIDA	MFA-05	MEDIDA	MFA-06	MEDIDA	MFA-07	MEDIDA
07H - 07H	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
07H - 08H	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
08H - 08:10	INTERVALO		INTERVALO											
08:10 - 09H	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
09H - 10H	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
10H - 11H	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
11H - 12H	ALMOÇO		ALMOÇO											
12H - 13H														
13H - 14H														
14H - 14:20														
14:20 - 15H	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
15H - 16H	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
16H - 16:10	INTERVALO		INTERVALO											
16:10 - 17H	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
17H - 18H	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
18H - 19H	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
19H - 20H	JANTAR		JANTAR											
20H - 21H	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
21H - 22H	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
22H - 22:30	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
22:30 - 23H	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
23H - 00H	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
00H - 00:10	INTERVALO		INTERVALO											
00:10 - 01H	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
01H - 02H	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
02H - 03H	CEIA		CEIA											
03H - 04H	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
04H - 05H	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
05H - 06H	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45

Figura 10 - Gestão Visual do Planejamento de Produção.

Pela observância destes controles ultrapassados e que geravam baixa produtividade, se propôs imediatamente uma melhoria neste fator considerando o uso das ferramentas do aplicativo para entre controle e gestão mais aderentes aos conceitos da Indústria 4.0 largamente abordado neste estudo conforme podemos observar na figura 11.

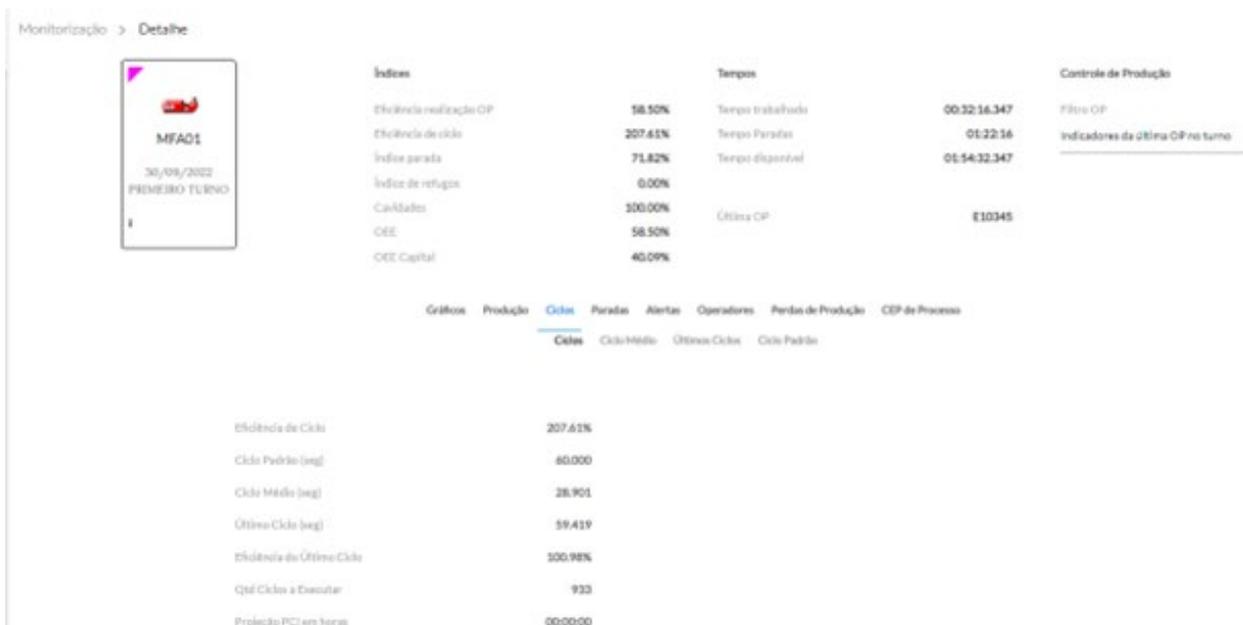


Figura 11 - Gestão Visual do Planejamento de Produção dentro Aplicativo

### 3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Neste capítulo será realizada uma apresentação resumida da empresa e do processo de fabricação da unidade industrial de fitas adesivas localizada no Polo Industrial de Manaus – Amazonia. Será apresentado também o estudo de caso para desenvolvimento do sistema automático de controle da produção.

#### 3.1 Grupo Empresarial e da Unidade Industrial do Estudo

Na cidade de Barueri, a cerca de 20 anos atrás, foi concebido o Grupo *Koretech*, uma empresa com tradição e dedicação no fornecimento de soluções práticas e modernas para o segmento de Embalagem e Empacotamento. São produtos personalizados e soluções sob medida para agilizar os processos de seus clientes. Abaixo no mapa do Brasil da figura 12 , podemos ver a localização das Unidade deste Grupo Empresarial de Origem Nacional.



Figura 12- A Koretech no Brasil. [www.koretech.com.br](http://www.koretech.com.br).

A KORETECH EMBALAGENS DA AMAZÔNIA, foi fundada no ano de 2011 na cidade de Manaus e hoje já é a maior unidade do Grupo, instalada em um prédio com mais de 7.000 metros quadrados e com um

parque de máquinas modernas e automatizadas capazes de produzir mais de 20.000.000 de metros quadrados de fita adesiva, com clientes em todo o Brasil e América do Sul.

A empresa vem ano a ano aumentando seu parque fabril com a modernização e aquisição de novos equipamentos, modernos e atualizados com o mercado Global.

Tem como princípio promover confiança em todas as suas ações, e tornar-se referência em soluções autoadesivas para os negócios e o dia a dia de seus clientes de forma sustentável e comprometida com o meio ambiente em que vive. Comprometida em buscar soluções que minimizem os impactos no meio ambiente, a *Koretech* vem adotando medidas sustentáveis em seus parques fabris e escritórios. Em março de 2022, a unidade de Manaus alcançou o Certificado de Energia Renovável e Panorama Sustentável, referente a 2021, que valida o posicionamento sustentável da empresa.

O Certificado de Energia Renovável comprova que a energia elétrica consumida pela *Koretech* é proveniente de fonte de energia renovável (eólica, solar, biomassa,), além disso, quantifica e gerencia a redução de emissões de gases de efeito estufa.

Com essa medida, a *Koretech* reduziu a emissão de CO<sub>2</sub> em 198,852 toneladas ao longo de 2021.

O Polo Industrial de Manaus, compreende geograficamente um distrito industrial no meio da Floresta Amazonia, e atualmente, é um dos mais modernos centros industriais e tecnológicos da América Latina, comportando indústrias altamente desenvolvidas e tecnológicas, de diversos segmentos. Citam-se os maiores: Eletrônico, Duas Rodas, Metalúrgico e Termoplástico (Anuário SUFRAMA, 2017). Sendo obrigatório que todos os produtos fabricados no pólo Industrial de Manaus tenham um identificador um registro como comprovante com as palavras “Fabricado no Pólo Industrial de Manaus” e “Conheça a Amazônia” conforme figura 13. Ele é acompanhado por essas duas frases. com o esboço de uma garça uma das aves simbólicas da região em pleno voo. A obrigação aplica-se aos produtos embalagens e manuais produzidos pelo PIM.



Figura 13- Selo do Polo Industrial de Manaus (PIM). Fonte: Anuário SUFRAMA, 2017.

### 3.2 O Processo Produtivo

O processo produtivo analisado para implantação do estudo piloto, consiste no corte longitudinal e transversal de um rolo de fita plastica BOPP (Polipropileno Biorientado) coberto com adesivo acrilico a base de água (chamado de *Jumbo Master*) e por fim o reboninamento em unidades menores realizados na Cortadeira Guzzetti NG150-T adquirida em 2011 denominada internamente de MFA-01 – Máquina de Cortar Fita Adesiva Numero 01, conforme é visto na figura 14.

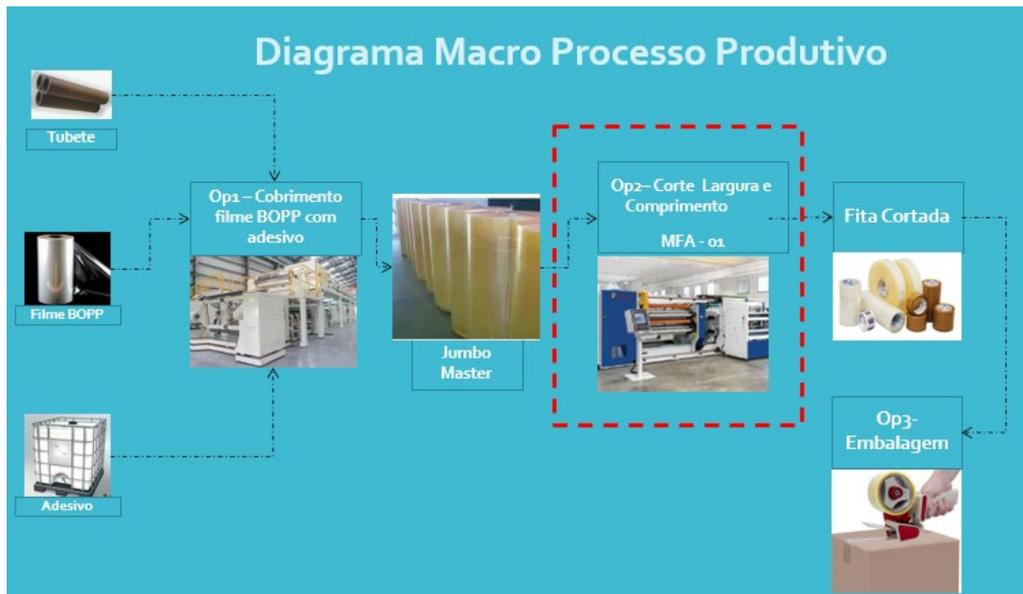


Figura 13- Diagrama Macro Processo Produtivo.

Este equipamento, representado pela figura 15, foi escolhido como máquina piloto para a implementação da solução proposta, pois possuem características, parâmetros e modos de operação mais adequada ao estudo e também por não estar performando a produção adequadamente, resultando em possíveis soluções tecnológicas diferenciadas e ganhos nos indicadores de produtividade.



Figura 14- Cortadeira Automática GUZZETTI NG150.

É uma máquina adequada para a produção de rolos BOPP com largura entre 45 e 48 milímetros e comprimento linear de 40 a 150 metros. O processo de rebobinagem e corte é iniciado quando o operador introduz na máquina os núcleos de papel denominados “tubetes” localizados na caixa ao lado da máquina e pressiona o botão start na máquina. Por se tratar de um dispositivo de alta tecnologia a ação será executada automaticamente. Os tubetes são despachados por meio de uma esteira até a máquina que regula e os insere em dois eixos com ate 22 posições cada um, que por sua vez são colocados para serem rebobinados no comprimento definido pela OP e selecionado na máquina através da IHM (Interface Homem Máquina).

Finalmente, o eixo se move para liberar os rolos na esteira do processo de embalagem. O operador é responsável por monitorar a máquina e fazer ajustes, como velocidade corte e rebobinamento, liberação de rolo preso na esteira de descarga, entre outras atividades. As atividades e fluxos do processo são apresentados na Figura 14.

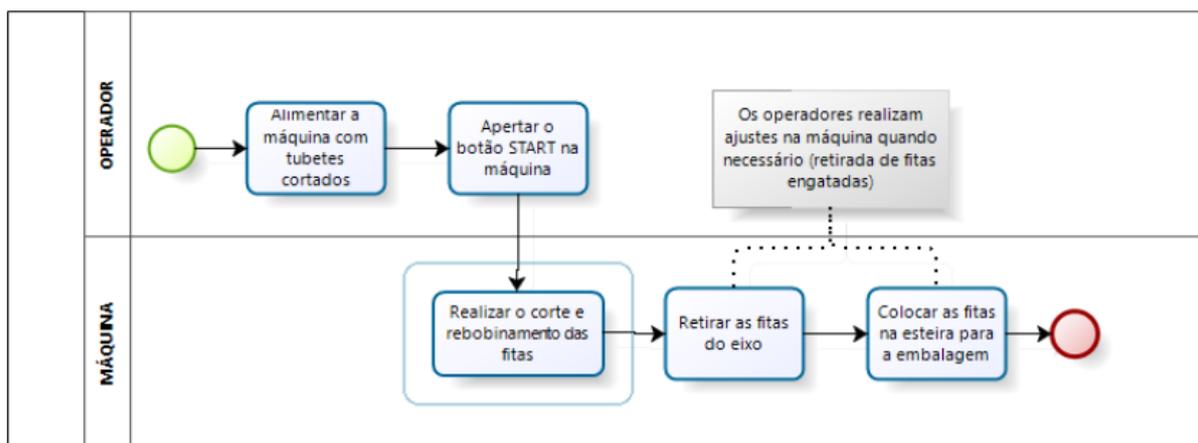
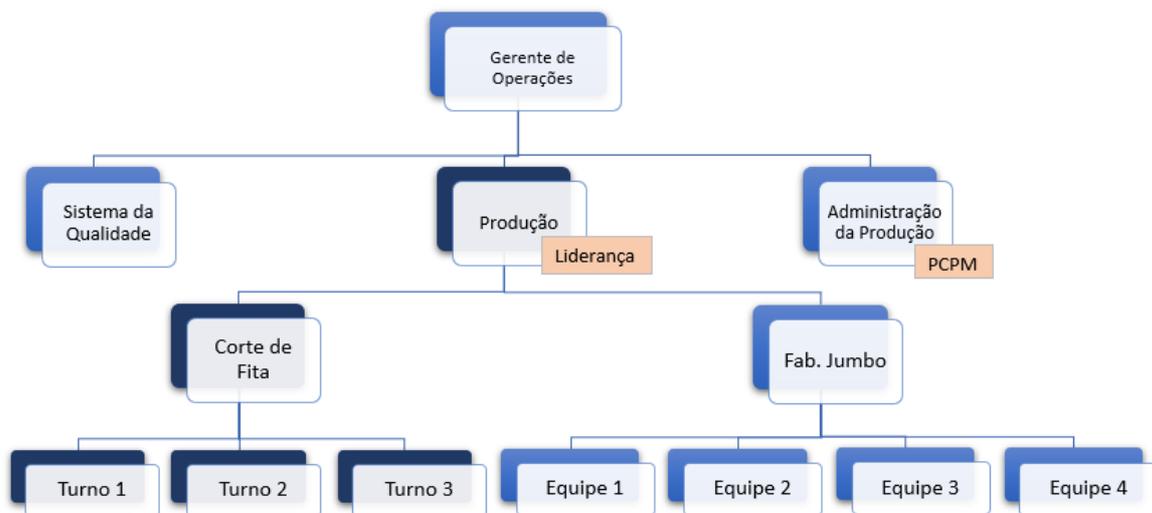


Figura 15- Diagrama do Processo Produtivo.

### 3.3 Estrutura organizacional do Departamento de Produção

A Unidade Fabril da empresa, localizada em Manaus, possui aproximadamente 160 colaboradores. Ao que se refere a organização estrutural estratégica da empresa no geral, restringe-se a não apresentação, em virtude de confidencialidade.

Entretanto, para entendimento da estrutura organizacional do Departamento de Produção, parte objeto deste estudo, fez-se necessário o detalhamento prévio, conforme figura 17, abaixo:



*Figura 16- Organograma do Processo Produtivo.*

A Gerente de Operações é responsável por toda a estrutura de produção, inclui-se os setores de Sistema de Qualidade, a Produção e sua Administração, o qual está inserido o Planejamento e Controle de Produção e Materiais, objeto deste estudo, dispostos em nível hierárquico, conforme anteriormente retratado. É de salientar que todas as análises executadas, foram realizadas em conjunto com a equipe do departamento. Embora o cunho deste trabalho seja gerencial, sua execução só foi possível, graças ao engajamento de todos os níveis hierárquicos. E, certamente, os resultados alcançados são de toda equipe.

#### **4. FERRAMENTA TECNOLÓGICA – SUPERVISÓRIO LINHA**

Esta pesquisa tem como objetivo desenvolver e implantar um sistema de captura dos dados de produção em tempo real. A primeira etapa consistiu em realizar uma análise da máquina existente escolhida para o estudo a fim de identificar os principais parâmetros a serem coletados, características elétricas e mecânicas, adaptando-as ao Sensoriamento pregado pela Indústria 4.0., dentro da Koretech da Amazônia, de Manaus, na área de fabricação de fitas adesivas, com o objetivo de aumentar a maturidade dos conceitos da Indústria 4.0 por meio de novas tecnologias aplicadas não antes utilizadas neste ramo de indústria no Brasil. Baseado na metodologia ACATECH, o projeto foca em áreas organizacionais estratégicas de recursos com duas direções: competência digital e comunicação estruturada. Consulte a Figura

18 para obter as funções da organização de produção e onde a Tecnologia MES se encaixa por ineficiência do Sistema ERP atual já comentados no capítulo 2.



Figura 17- A área estratégica organizacional de Recursos com suas duas vertentes de orientação. Fonte: Cleiton Santos em a Convergência de TI e IA, 2022

Primeiro, garante a conectividade de todos os CPSs no processo de fabricação. Todas essas instalações de fabricação contêm computadores para programação e execução de operações físicas de fabricação e estão conectadas a redes de comunicação de dados. O CLP da máquina executa um programa que lê sensores para obter medidas de variáveis relevantes no processo de fabricação, estes valores que precisam ser enviados ao servidor remoto para realizar a compilação e processamento dos dados. Tais leituras dos sensores, assim como os valores enviados aos processadores, são enviados para o armazenamento de dados do servidor de aplicação conectado à mesma rede de comunicação de dados.

Os dados operacionais são coletados sistematicamente, tanto em dados de produção quanto em variáveis operacionais físicas produtivas. Observe que também são coletados dados sobre alarmes de falha do dispositivo gerados por programas de verificação e controle de computador incorporados na máquina. Esses dados são armazenados em um repositório acessível ao MES (*Manufacturing Execution System*), um aplicativo de análise de desempenho produtivo para sistemas de automação e controle de produção.

Do ponto de vista conceitual quanto ao escopo deste projeto, espera-se que dois dos três pilares para a criação de uma maturidade digital desta organização fabril possam ser implementados: virtualização horizontal e vertical. Lembre-se de que a maturidade digital deve fornecer a visibilidade em tempo real mais confiável possível sobre o que está acontecendo no ambiente físico da organização de manufatura.

A virtualização horizontal proporciona a visibilidade do ambiente interno produtivo (nesse projeto os CPS de produção) e é realizada através de integração de dados e informações dos sistemas de automação e MES, que digitaliza e conecta todas as operações produtivas, desde o primeiro até o último posto de trabalho do roteiro de fabricação de um produto.

Enquanto a virtualização vertical representa a integração da virtualização horizontal com o sistema de gerenciamento empresarial, o ERP- *Enterprise Resource Plannings*. A virtualização vertical proporciona a visibilidade do ambiente externo que é o mercado, através do monitoramento de realização das ordens de produção, OPs, pelo aplicativo de supervisor de linha desenvolvido.

O escopo da solução do projeto pode ser dividido em fases, seguindo o Modelo de Pardue (Santos, 2022), conforme pode ser visto na figura 19.

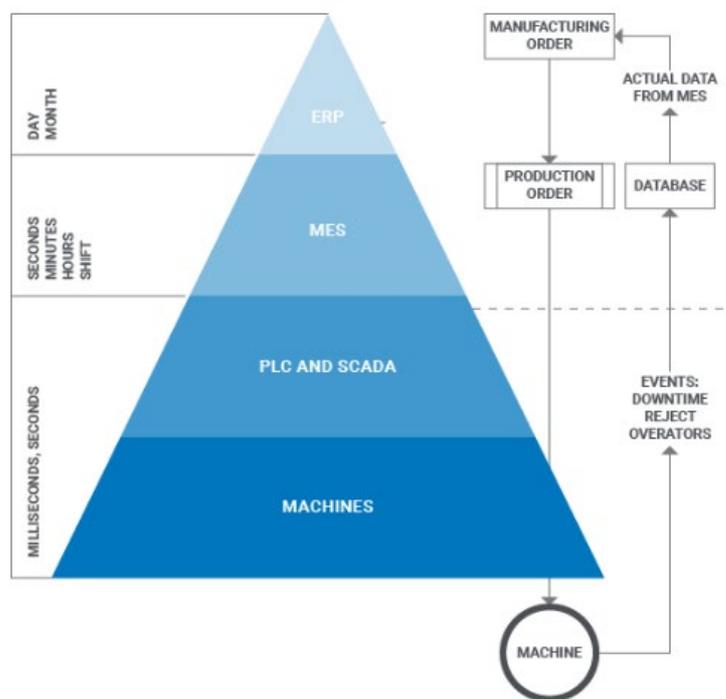


Figura 18– Diagrama de Pardue. Fonte: Cleiton Santos em a Convergência de TI e IA, 2022

**Fase 1-** Realizar a conectividade dos CPS, e obter a coleta dos dados de produção e das variáveis de operação produtiva para serem compartilhadas por um sistema de gestão da produção, um sistema MES. Este sistema MES deve ter um aplicativo supervisor que monitora em tempo real o ambiente produtivo e identifica imediatamente os eventos de perdas. Além disso, esse e outros aplicativos complementares analisam os dados de produção para oferecer uma visibilidade do comportamento do ambiente produtivo, por meio da geração dos indicadores chaves de desempenho, os KPIs (*Key Performance Indi-*

*caters*), tal como o da produtividade OEE (*Overall Efficiency Equipment*). Além disso, são dadas visibilidades desses indicadores nos ambientes produtivos através da Gestão a Vista, através de um aplicativo, denominado de *Dashboard*, que os mostra de forma atualizada em tempo real, em telas grandes dos *smart TV* colocados posicionados física e estrategicamente nos ambientes produtivos.

Outrossim, são estruturadas as informações e conhecimentos sobre os tipos de alertas e perdas com suas possíveis causas, com uso de um aplicativo denominado de A3/PDCA, do sistema MES, que contém as principais ferramentas da manufatura enxuta para a implantação de projetos de melhorias contínuas na metodologia PDCA (*Planning, Do it, Checking, Action*), tais como:

- O Gráfico de Ishikawa (causas e efeitos) com um algoritmo de busca baseado no 5W1H (os cinco porquês e um como) para identificação da mais presumível causa da perda e associar a ação corretiva correspondente.
- O Gráfico de Gantt para o planejamento e acompanhamento da execução do plano de ação corretivo da perda.
- O Gráfico de Histograma para avaliação da eficácia e efetividade da ação corretiva.

**Fase 2** - Se refere ao desenvolvimento e implantação de uma solução baseada em sistema da informação, que disponibilize a visibilidade da evolução executiva das ordens de produção planejadas, chamadas de OPs. Essa fase se inicia com o desenvolvimento e implantação de um aplicativo denominado de APS (*Advanced Planning System*) do sistema MES, que auxilia o planejamento do sequenciamento das ordens de produção - OPs, que são geradas pelo manualmente por telas do subsistema dentro do sistema ERP da empresa.

#### **4.1 Equipamento e Sensoriamento**

O equipamento introduzido na máquina para a recolha automática dos seus parâmetros de produção, é constituído essencialmente por sensores, dispositivos de condicionamento de sinal e um transmissor sem fios, conforme podemos observar na figura 20. Futuramente pretende-se substituí-lo por um terminal *tablet*, que são usados para coletar dados de processo introduzidos manualmente pelos operadores, exemplo, motivo da parada do ciclo.



Figura 19- *Modulo Coleta dados da MFA-01.*

O tipo e função do sensor utilizado depende das características específicas da máquina mas em geral os sensores têm sido aplicados para mensurar parâmetros como tensão e corrente de alimentação, consumo, corrente ou torque de motores e servomotores, pressão pneumática, temperatura de motores e servomotores, vibrações mecânicas de eixos, temperatura e umidade ambiente, entre outros. A Figura 21 mostra alguns tipos de sensores / dispositivos aplicados.



Figura 20- *Exemplo de Sensores e Dispositivos coleta dados.*

Nesta etapa do projeto foram feitas um conjunto de análises e levantamentos quanto ao fluxo do processo atual e atividades que precisarão ser realizadas para o bom andamento do projeto. É de extrema importância a integração entre equipe de desenvolvimento, TI e corpo técnico para que se haja um casamento entre tecnologias empregadas no projeto e os objetivos que devem ser alcançados, para que não seja empregado nenhum esforço desnecessário que acabe prejudicando o bom andamento da solução.

## 4.2 Sistema e Fluxo de informações

O sistema proposto consiste em coletar dados sobre os principais parâmetros das máquinas mais comuns, como: tensão, corrente, potência, informações dos sensores da máquina temperatura ambiente, temperatura do motor principal, pressão do ar comprimido, etc. estes parâmetros são processados por um Controlador Lógico Programável (CLP ). Os dados são enviados para o servidor de aplicativos sem fio e processados e armazenados no banco de dados do servidor. Esses dados são formatados, analisados e processados e, em seguida, são gerados gráficos e informações gerencias do processo na página do Aplicativo. Futuramente estes graficos e *dashboards* serão exibidos em monitores instalados em pontos estratégicos de produção. Além disso, conforme mostrado na figura 22, esses mesmos dados são avaliados usando algoritmos analíticos e preditivos de um aplicativo denominado de APS (*Advanced Planning System*) para fornecer as informações necessários para tomada de decisões e relatórios.

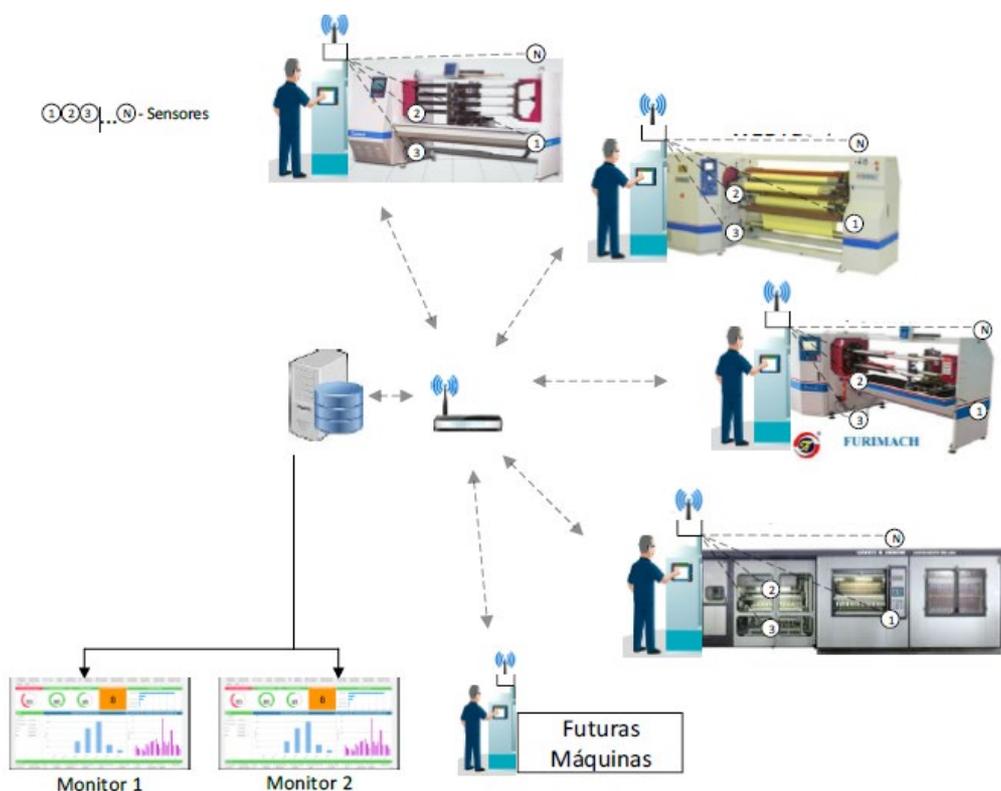


Figura 21- *Desenho arquitetura integração Sistemas e Maquinas.*

Esta etapa do projeto é dividida em 3 fases, onde primeiro será desenvolvido o *backend* da aplicação, que engloba toda parte de regra de negócios e tratativa e consolidação de dados. O *backend* da aplicação se comunicará diretamente via antena de *Wi-Fi* instalada sobre a máquina com o banco de dados de

um Servidor Instalado no Setor de TI da empresa, dedicado e exclusivo para a aplicação, sendo responsável pela parte de persistência e consulta dos dados.

Com o sistema é possível monitorar em tempo real os parâmetros de produção e máquina coletados pela infraestrutura tecnológica implementada. É composto por três módulos principais: *Dashboard*, Terminal do Operador e Módulo de Gestão. O *dashboard* é uma plataforma onde os Gerentes e Supervisores de Produção poderão monitorar os níveis de desempenho de todas as máquinas monitoradas pelo sistema, conforme mostra a figura 23. Através deste módulo também é possível visualizar a necessidade de intervenção de mecânicos, gerentes ou engenheiros através de avisos visuais e sonoros, ou seja, o sistema avisa que as máquinas estão paradas sem a produção de fitas e é necessária a intervenção da equipe de suporte.



Figura 22- Visão geral Dashboard. Fonte: Autor, retirado das telas do Aplicativo

## 5. DIAGNÓSTICO DO PROCESSO PRODUTIVO

Neste capítulo será exposta a metodologia aplicada para a análise e o consequente diagnóstico e identificação dos problemas e rastreio das principais causas dos desperdícios no processo produtivo.

### 5.1 Situação Atual

Conforme indicado nos capítulos anteriores, o sistema de rastreio de produção realiza o cálculo da meta de produção que leva em consideração o tempo total de execução de um ciclo de produção. Para coletar o tempo, os registros do processo de produção foram realizados ao longo dos últimos anos e analisados para determinar o tempo de ciclo de produção ideal. Parâmetros da máquina como velocidade de corte, velocidade de bobinagem e tensão ou qualquer outro parâmetro que afete direta ou indiretamente o tempo de produção foram levados em consideração também, bem como quaisquer alterações feitas durante a coleta. Na determinação do tempo de ciclo não foram consideradas algumas paradas de máquina, como por paradas para descanso e refeição do operador, *setup* das máquinas, troca de jumbo, tempo este descontado para o cálculo da meta do operador, e seguindo os preceitos e teorias do cálculo de OEE já estudado nos capítulos anteriores. A Figura 24 mostra uma planilha de produção com registros manuais de Junho de 2022 que serviu como base para o início da análise e cálculo da efetividade da produção.

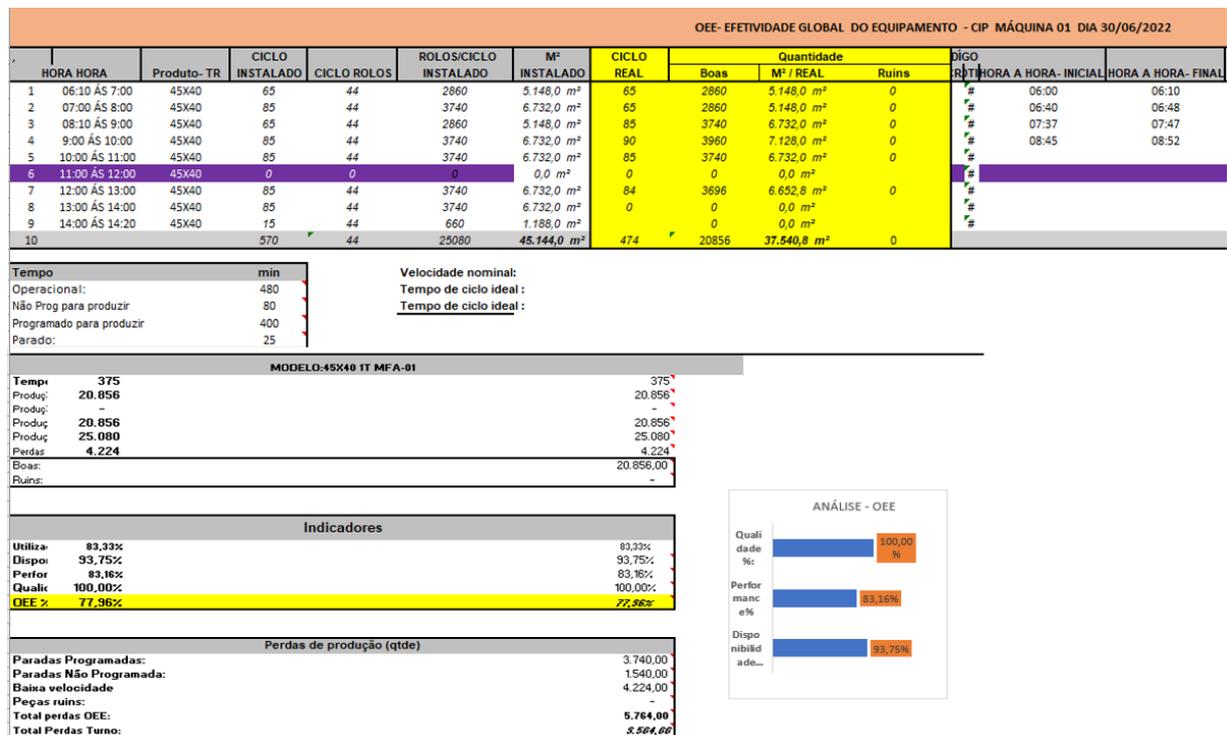


Figura 23- Início estudo OEE MFA-01 em junho de 2022. Fonte: Engenharia Processo Empresa

Por meio deste estudo inicial, aliado à ferramenta de supervisão de linha, irá se conseguir identificar todas as variáveis que afetam o desempenho da eficiência do equipamento e desenhar planos de ação para identificação das causas e solução das perdas de produtividade.

## **5.2 Fluxo de produção do Setor de Corte**

Através da análise precisa dos dados de produção gerados pelo monitoramento e supervisão da produção é possível avaliar o desempenho de uma máquina ou de um sistema produtivo. Todo Gestor precisa ter claramente o entendimento de como o OEE afeta o lucro da empresa.

Mesmo não sendo o principal resultado esperado do estudo, observa-se que a implantação do OEE elevou o padrão e nas rechaças das métricas de desempenho tradicionais como medida de produtividade do equipamento piloto. É fácil de gerenciar para mostrar linhas de produção moderadas operando com eficiência de até 150%. Sendo que na realidade estão bem abaixo da condição esperada de retorno do investimento feito pelo Acionista ou Dono da empresa.

OEE ajuda a criar esse tipo de conscientização, com operadores, engenheiros, departamentos de logística e qualquer outra pessoa envolvida no processo de criação de valor. Esta é a linguagem comum para todos os envolvidos na produção e leva as mudanças que aumentam a eficiência e a produtividade.

Para isto é necessário coletar corretamente os dados de produção, apontá-los e controlá-los.

Quanto maior o grau de informação controlada pela Gestão de Produção, maior a capacidade do time para visualizar as perdas que ficam escondidas atrás de indicadores que não são controlados.

Pode-se observar no fluxo de produção deste equipamento, que cerca 34% das paradas deste equipamento não eram apontadas ao longo do turno de produção. E se não eram apontadas, não eram tratadas corretamente, distorcendo assim os indicadores diários de produção e efetividade, como pode-se observar na figura 25.

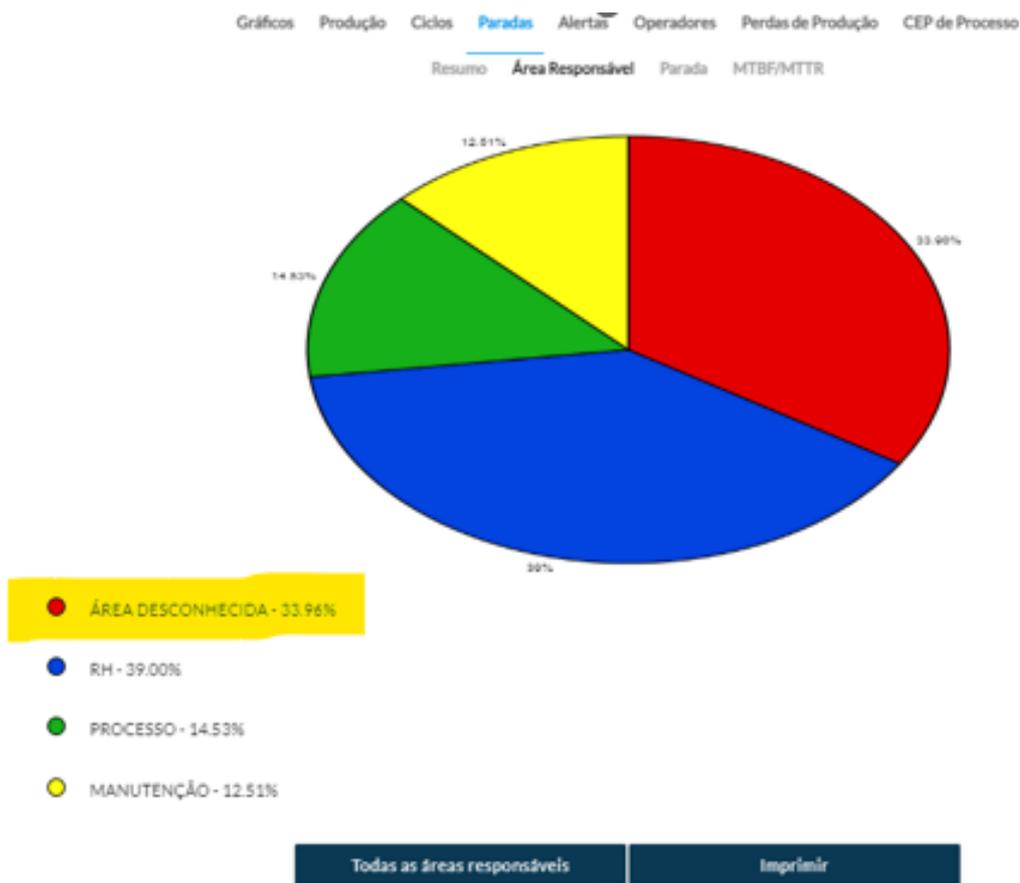


Figura 24- Paradas totais e não apontadas em tempo real. Fonte: Tela Aplicativo

Como as análises dos indicadores de entrega e OEE mostram que o equipamento está com um desempenho inferior ao especificado, para se entender melhor a natureza deste problema, foi necessário aprofundar a análise da situação atual nos três fatores que compõem o OEE e que são extraídos diretamente da ferramenta tecnológica de linha (figura 26). Pois deste modo, dentro destes fatores, é possível tanto entender melhor o problema, quanto decidir quais elementos dentro do processo produtivo precisam ser avaliados com maior atenção, com objetivo de identificar as causas do não atendimento das metas especificadas pela empresa.

Após a análise, constatou-se que os problemas do OEE, na média, se concentram nos fatores de paradas de ciclo não apontadas pelo equipamento, que geravam pequenas paradas no processo produtivo e por muitos fatores de manutenção mecânica e elétrica corretivas. O fator de velocidade operacional não foi considerado como um problema, em virtude de ele atender à meta estabelecida pela empresa para os tempos de ciclo.

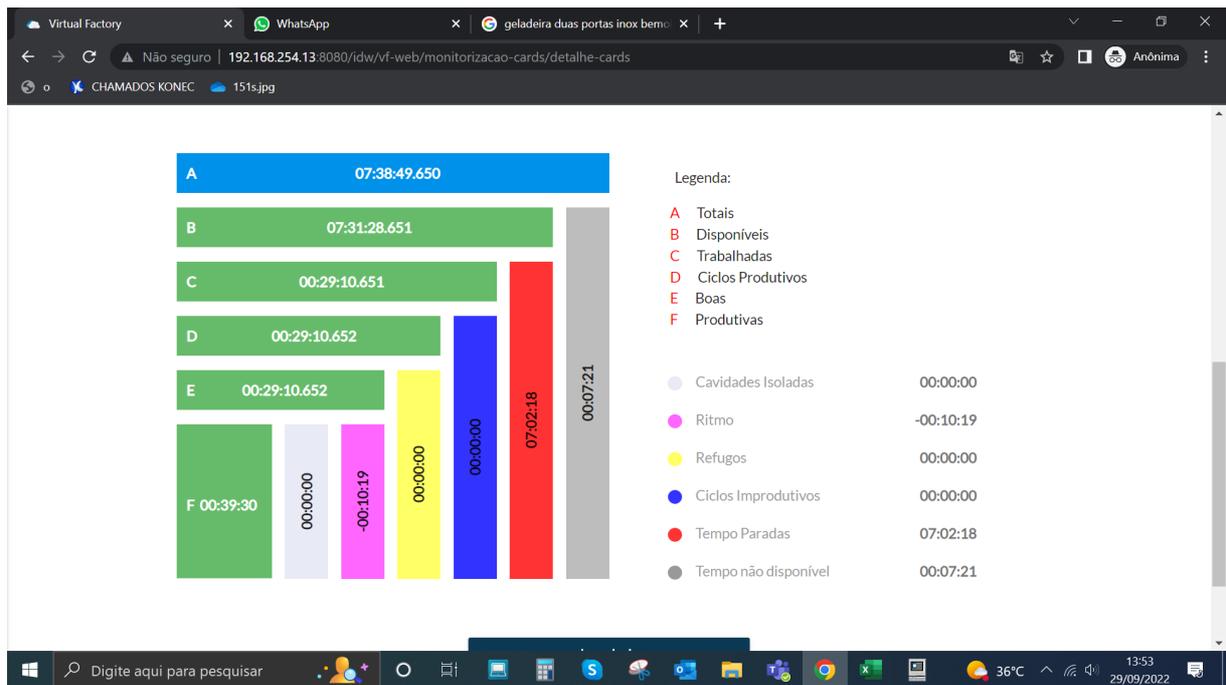


Figura 25-Desmembramento dos fatores do OEE. Fonte: Supervisor Linha

Após o entendimento sobre a análise dos fatores do OEE (figura 26), buscou-se uma solução para a identificação das causas raízes e solução dos problemas de manutenção de forma estruturada, como pode se observar no item subsequente.

Com a análise mais detalhada das paradas e perdas do equipamento, com a implantação do sistema automatizado de geração e controle das Ordens de Serviço para o Setor de Manutenção, pode-se notar um ganho significativo na produtividade da máquina, ou seja, um crescimento na produção unitária de fita adesiva de 21%, conforme figura 27.

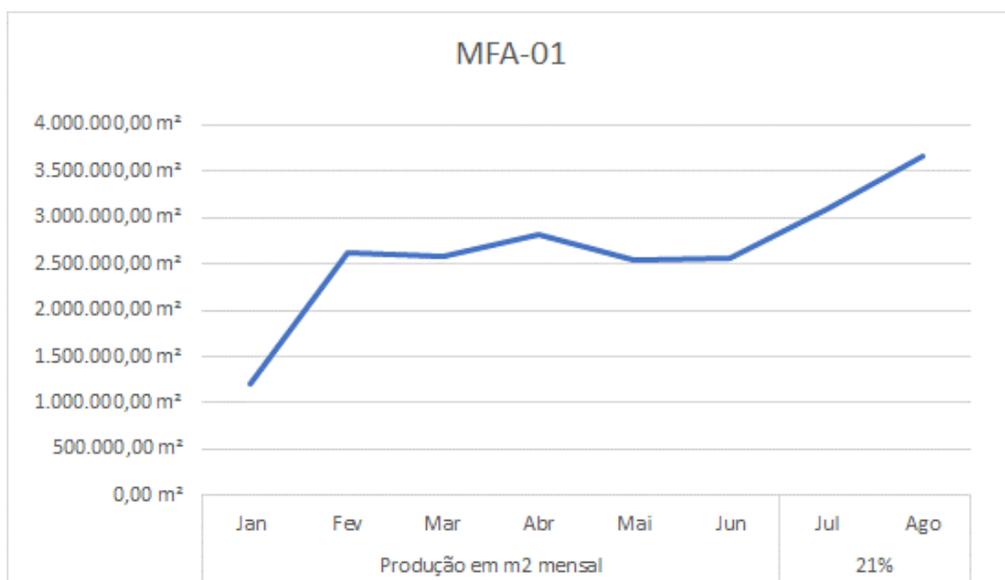


Figura 26- Produção mensal MFA-01.

Fez-se um estudo antes da implantação do supervisor de linha para controle e gerenciamento do processo produtivo, e chegou-se a uma conclusão de que o OEE não ultrapassa os 60%, conforme mostrado na Figura 28.

Principalmente pelo fato dos Líderes de Produção não terem a visão da produção do equipamento hora a hora e qualquer ação de investigação e de tentativa de melhoria e ganho de eficiência, torna-se reativa e com resultado insatisfatório. O reflexo disto, acaba sendo a necessidade do PCPM rever todo planejamento da cadeia de produção e entrega de materiais. Mas o mais impactante, acaba recaindo sobre a pontualidade das entregas para os clientes.



Figura 27- OEE Julho MFA-01

Os dados obtidos da produção antes do acompanhamento, eram sempre pontuados após o fechamento do mês, sem muita possibilidade de avaliar os reais motivos da perda de produtividade. Na tabela da figura 29, temos o volume real de produção de Julho de 2022, apontado e controlado de forma manual, o qual gerou um OEE de 58.5%, mas sem a possibilidade de identificar as causas das perdas. Entretanto, é notório que há desperdícios em todos os fatores que afetam o cálculo do OEE: Disponibilidade, Performance e Qualidade.

Com a implantação do sistema automatizado de controle e gestão de produção. Tornou-se possível analisar as ocorrências e dados hora a hora no sistema, com o objetivo monitorar a produção e ter um plano de ação imediato para as falhas que ocorreram, e também avaliar já os volumes produzidos durante o turno anterior, realizando reuniões com as áreas e líderes responsáveis, olhando separadamente cada fator do OEE: DISPONIBILIDADE, PERFORMANCE E QUALIDADE e assim com associação ao uso das ferramentas de qualidade, neste caso, um Gráfico de Pareto, definir os principais fatos da perda de produtividade, atacando a causa raiz dos problemas com ações mais ágeis e robustas.

ANÁLISE DE PRODUTIVIDADE DE JULHO – IMPLANTAÇÃO OEE MANUAL

MFA-01				
	1T	2T	3T	TOTAL
Tempo Produzindo:	7.013	7.871	5.546	20.430
Produção Boas:	435.951	418.704	353.132	1.207.787
Produção Ruins:	879	1.201	721	2.801
Produção Real:	436.830	419.905	353.373	1.210.108
Produção Teórica:	572.833	568.436	453.381	1.594.650
Perdas baixa velocidade:	136.003	148.531	100.008	384.542
total em m2	1.012.518,8 m <sup>2</sup>	1.032.758	949.953,6 m <sup>2</sup>	<b>2.995.230,5 m<sup>2</sup></b>

1T		3T	
Utilização %:	83,33%	Utilização %:	71,16%
Disponibilidade %:	73,05%	Disponibilidade %:	77,24%
Performance%	76,26%	Performance%	77,94%
Qualidade %:	99,80%	Qualidade %:	99,93%
OEE %:	55,60%	OEE %:	60,16%

2T	
Utilização %:	83,33%
Disponibilidade %:	81,99%
Performance%	73,87%
Qualidade %:	99,71%
OEE%	60,39%

Figura 28- Detalhamento OEE Julho MFA-01

Por meio das análises coletadas do OEE, foram identificadas necessidades de melhorias na máquina para diminuir o índice de paradas não planejadas, melhorar rendimento da primeira passada de produtos, diminuir a perda por falhas de qualidade e assim alavancar a produtividade em final em metros quadrados com planos de ações específicos para cada dimensão citada.

### 5.3 Análise do OEE

Esta secção tem a finalidade de apresentar os fatos considerados importantes para o entendimento da situação atual quanto a análise do OEE dos principais pontos e paradas coletados em tempo real com a implantação do Supervisor.

Como as análises dos indicadores de entrega e OEE mostram que o equipamento está com um desempenho inferior ao especificado, para se entender melhor a natureza deste problema, foi necessário aprofundar a análise da situação atual nos três fatores que compõem o OEE e que são extraídos diretamente do supervisor de linha, pois deste modo, dentro destes fatores, é possível tanto entender melhor o problema, quanto decidir quais elementos dentro do processo produtivo precisam ser avaliados com maior atenção. Com objetivo de identificar as causas do não atendimento das metas especificadas pela empresa.

Após a análise, constatou-se que os problemas do OEE, na média, se concentram nos fatores de paradas de ciclo apontadas pelo equipamento, e por muitas paradas por fatores de manutenção mecânica e elétrica corretivas.

### 5.3.1 Disponibilidade

Após sanado o ponto de falta de apontamento das paradas e compreendido o motivo do baixo desempenho, o sistema nos deu a seguinte visão das principais paradas que afetavam a disponibilidade da máquina para produção (Figura 30).

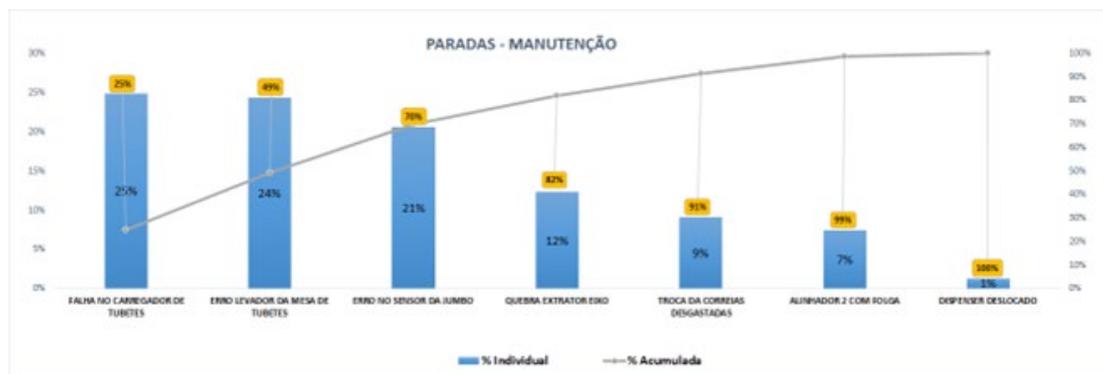


Figura 29- Gráfico de Paradas MFA-01.

Em sequência, utilizou-se a ferramenta de gráfico de Pareto para se identificar, dentro dos aproximados 80% para três fatores que mais impactavam o indicador, a fim de identificar as ações necessárias para mitigá-los.

### 5.3.2 Qualidade

Com relação aos problemas de que afetavam a Qualidade (Figura 31) e descarte de rolos com defeitos, destaca-se rolo desalinhado ou com rugas e tubete amassado, problemas gerados por características de falta de manutenção mecânica dos mandris dos eixos e mesa de descarga de rolos, o qual foram tratados na seção seguinte:



Figura 30- Gráfico de Pareto MFA-01.

### 5.3.3 Velocidade / Ritmo

Todo sucesso do resultado final de produção, numa fábrica de fitas adesivas está diretamente relacionado na extração máxima da Velocidade de trabalho da máquina dados em metros quadrados por minuto, fato que determina o Ritmo dos ciclos de produção da Ordem de Produção demandada. Neste fator também ficou evidente que os problemas estavam relacionados a diversas paradas da máquina para manutenção corretiva e perdas de horas produtivas por problemas de abastecimento de matéria-prima. Problemas tratados nas ações da seção seguinte do estudo.

## 5.4 Síntese da Situação Atual

Uma vez entendido a etapa de análise da situação atual, seja através dos registros automáticos coletados em tempo real pelo supervisor, e com atuação mais efetiva dos líderes ou *in loco* no *Gemba*, a análise da situação atual é muito importante pois nela é observado com clareza o local onde o ponto de mudança e melhoria precisa ocorrer, para que se tenha a performance desejada dentro de qualquer processo de fabricação. Após compilar todos os dados recolhidos para tratamento e definição das causas raiz dos problemas, dado ao tempo disponível e a clareza dos problemas encontrados, buscou-se ações rápidas para que os resultados já fossem melhores no mês seguinte. Elencados os principais problemas encontrados para que todos tenham em mente quais são as causas que seriam atacadas, seguiram para a obtenção dos objetivos já definidos pelo projeto. Na tabela 1 são apresentados os principais problemas discutidos na fase de tratamento das informações e os seus respectivos efeitos.

Tabela 1- Relação de problemas identificados

<b>Problema</b>	<b>Efeito</b>
Indicador de Produtividade fora da meta	- Atraso na entrega para o cliente
Indicador de OEE fora da meta	- Baixa eficiência operacional
Fator de Disponibilidade e Fator de Qualidade	- Excesso de paradas para Manutenção Preventiva - Excesso de perdas de rolos por defeitos qualidades
Tempo de Ciclo	- Desconhecimento - Excesso de paradas desconhecidas
Falta de Acompanhamento Hora a Hora	- Perda de produtividade - Falta de apontamento de paradas
Desconhecimento das paradas linha	- Ações mal planejadas - Desconhecimento motivos das perdas de produção
Gestão Visual estática	- Ações Corretivas reativas

## 5.5 Questionário de Investigação Situação Atual

Após a definição das causas das principais perdas, as causas identificadas se tornam o problema que precisa ser resolvido. Para tanto, é necessário a aplicação da ferramenta dos porquês para que a causa raiz do problema seja alcançada.

1. Com relação a previsibilidade de produção, caso o operador não aponte o motivo de parada de uma máquina não haveria como fazer previsões de manutenção, ações preventivas, corretivas, até mesmo fazer solicitação de *spare parts* de manutenção do equipamento. O Risco, está relacionado a parada de máquina por falta de *spare parts* ou preventiva.

a) Existe um plano de manutenção preventiva para cada tipo de máquina?

b) No plano de manutenção preventiva, há previsão de troca de *spare parts*: filtros, correias, óleo etc.?

c) No caso como a preventiva seria programada por horas de funcionamento de máquinas, por produção etc.?

2. Uma vez havendo falha de apontamento das peças que são substituídas na máquina, há alguma outra forma de se monitorar onde as peças de *spare* foram consumidas?

3. Controle na acuracidade do estoque.

a) Como o controle de produto acabado é feito? (Por meio de apontamento manual em ficha de produção e depois aponta no sistema do Totvs?)

b) Existe estimativa de falha no controle de produção? (Os problemas de apontamento seriam: falta de apontamento na ficha de produção; apontamento errado na ficha de produção, para mais ou para menos; extravio de ficha de produção; falta de apontamento no Totvs, apontamento errado no Totvs, para mais ou para menos.)

c) Qual o tempo médio de apontamento na ficha e no Totvs?

4. Monitorar tempo de máquina parada (Ociosa), para conseguir planejar antecipação de produção. Dessa forma, aumentar a eficiência de produtividade.

a) Existe apontamento de parada em formulário de parada de máquina?

b) Existe a relação de causa de parada de máquina?

c) Os apontamentos no formulário de parada de máquina são apontados no Totvs?

d) Com relação aos apontamentos de parada de máquina, existe estimativa de falha no controle de parada de máquina? (Os problemas de apontamento seriam: falta de apontamento no formulário de parada de máquina; apontamento errado no formulário de parada de máquina, para mais ou para menos; extravio de formulário de parada de máquina)

e) Qual o tempo médio de apontamento no formulário e no Totvs?

5. Monitoramento de desperdícios, pontuados no sistema para análise da qualidade.

a) Existe formulário de controle de *scrap*?

b) Refilo é considerado *scrap*, ou é considerado perda programada?

c) Existe a relação de causa de *scrap*?

d) Os apontamentos no formulário de controle de *scrap* são apontados no Totvs?

e) Com relação aos apontamentos de *scrap*, existe estimativa de falha no controle? (Os problemas de apontamento seriam: falta de apontamento no formulário de controle de *scrap*; apontamento errado no formulário de controle de *scrap*, para mais ou para menos; extravio de formulário de controle de *scrap*; falta de apontamento no Totvs, apontamento errado no Totvs, para mais ou para menos.)

f) Qual o tempo médio de apontamento no formulário e no Totvs?

## 6. DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DAS PROPOSTAS DE MELHORIA PRODUTIVIDADE

Este capítulo irá apresentar as metodologias adotadas para o desenvolvimento e implementação das ações de melhoria identificadas com as análises dos dados do Piloto do Supervisório de Linha da Máquina Automática de cortar fitas denominada MFA-01. baseadas nos conceitos e ferramentas estudados nos capítulos anteriores, com o objetivo de mitigar ou eliminar os problemas encontrados.

### 6.1 O Plano de implementação de melhorias Qualidade (*Quick Wins*)

Por meio das análises coletadas do OEE , foram realizadas melhorias na máquina para diminuir o índice de paradas não planejadas, melhorar rendimento da primeira passada de produtos e alavancar a produtividade em final em metros quadrados. As melhorias implantadas que podem ser vistas no plano de ação da figura 32, foram:

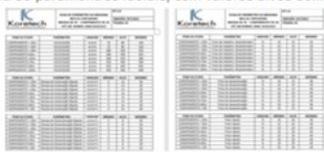
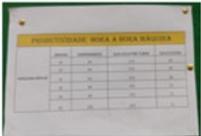
ITEM	AÇÃO	STATUS
1	Implantação da ficha de parâmetros ideais, com valores alvos definidos para cada produto; 	Implantado
2	Confecção de uma mesa de descarregamento de rolos nova; 	Implantado
3	Confecção de novos mandris para os eixos; 	Implantado
4	Confecção de uma guia de passagem dos rolos para a embaladeira nova; 	Implantado
5	Comunicação efetiva da meta Hora a Hora para os atores envolvidos no processo produtivo; 	Implantado
6	Confecção de Guia dos Mancais dos eixos; 	Implantado

Figura 31 - Plano de Ação para melhoria produtividade MFA-01.

- Implantação da ficha de parâmetros ideais, com valores alvos definidos para cada produto;
- Confecção de uma mesa de descarregamento de rolos nova;
- Confecção de novos mandris para os eixos;
- Confecção de uma guia de passagem dos rolos para a embaladeira nova;
- Comunicação efetiva da meta Hora a Hora para os atores envolvidos no processo produtivo;
- Confecção de Guia dos Mancais dos eixos;

Em resumo, com o uso disciplinado do aplicativo de controlo da produção, poderá se verificar em tempo real o status de performance da máquina, no qual a inteligência artificial do sistema de gestão será alimentada e ajudará o time de área de apoio a monitorar e analisar os indicadores, com isso melhorando cada vez mais o rendimento da máquina e por consequência o OEE.

## 6.2 Ações para a melhoria da alimentação da Matéria Prima

Com relação ao problema de tempo de alimentação do processo de produção da máquina, identificou-se a demora na alimentação de Matéria Prima da máquina por parte da Logística, que demandou um aprofundamento dos problemas e a implementação de um plano de ação específico baseado no conceito A3 conforme figura 33.

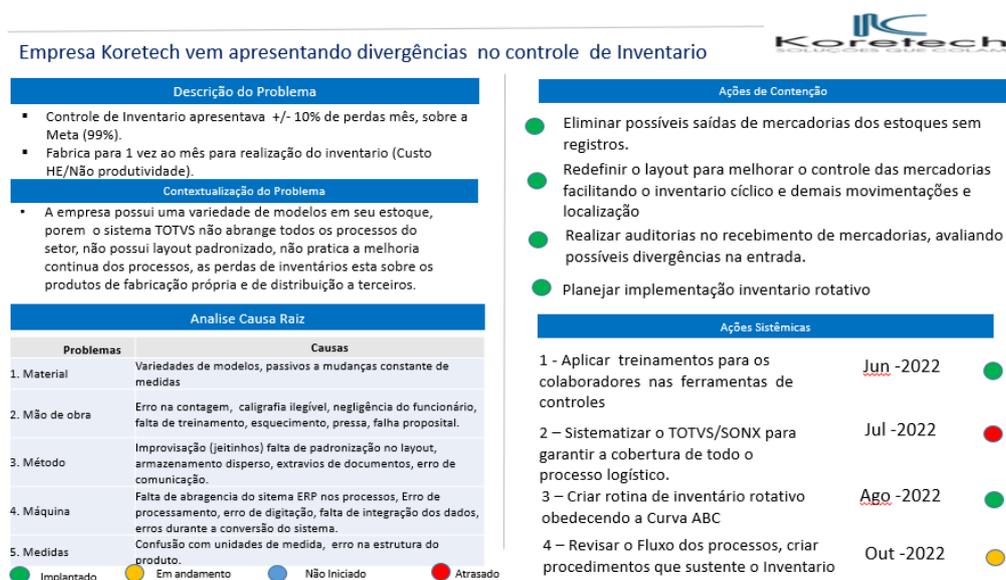


Figura 32 - Plano de Ação para melhoria acuracidade estoque

### 6.3 Ações para a melhoria da Manutenção

Na Manutenção, com as análises dos indicadores em tempo real, o Gerente de Produção pode intervir no processo produtivo e descobrir os diversos motivos pelos quais o objetivo não era alcançado, estes descobertos apenas no fim do apontamento daquela Ordem de Produção, conforme a figura 34. Após implantação do Supervisório de Linha, quando a máquina é interrompida, a equipe de manutenção é informada de que sua intervenção é necessária, eliminando o tempo que o usuário gasta indo até a sala de manutenção. Espera-se que o indicador de disponibilidade da máquina aumente e o tempo médio de reparo diminua.

MOTIVOS	TOTAL	ACUMULADA	INDIVIDUAL
MANUTENÇÃO MECÂNICA	18:38	23%	23%
TROCA DE JUMBO	17:07	43%	21%
QUEBRA DO FILME	08:32	54%	10%
ATUAÇÃO OPERACIONAL	07:48	63%	9%
ORGANIZAÇÃO NA ARÉA DE TRABALHO	06:45	71%	8%
REUNIÃO	05:54	79%	7%
FECHAMENTO DA OP E DE CIP	05:29	85%	7%
ACERTO DE PRODUÇÃO	03:36	89%	4%
EMENDA DO FILME	03:03	93%	4%
FALTA DE ENERGIA	02:03	95%	2%
TROCA DE FILME DA EMBALADEIRA	01:28	97%	2%
FALTA DE MATERIAL	01:00	98%	1%
TROCA DE REFILE	00:34	99%	1%
MANUTENÇÃO ELÉTRICA	00:25	100%	1%
TOTAL	82:22:00		

Figura 33- Paradas de Linha da MFA-01

Em suma, o setor relevante pode suprimir imediatamente a ocorrência de anomalias, sejam elas baixas taxas de produção, falta de recursos, falta de operadores, problemas de equipamentos ou outros problemas. Esse controle supervisório mais ágil e automatizado da produção se traduz na possibilidade de redução de perdas por paradas de máquinas, o que gerará automaticamente aumento de produtividade, eliminará desperdícios com espera e produção de produtos defeituosos e terá uma produção que operará mais estável, a uma taxa de produção mais constante.

Outro impacto foi a criação de relatórios da área de manutenção.

Antes da implantação do sistema, eram gerados gráficos de relatórios em Excel introduzindo manualmente os dados coletados da ordem de serviço de manutenção.

Com o novo sistema, a inserção será realizada pelo operador, que terá um comando que informa sobre o início e o fim do processo de manutenção, conforme mostra a figura 35. Assim, os dados são armazenados automaticamente no banco de dados para geração de relatórios, sem necessidade de uma pessoa específica para realizar esta atividade.

Segue os dados da ordem de serviço.

DATA	HORA	TIPO	SETOR	SOLICITANTE	EQUIPAMENTO	SITUAÇÃO
29/09/2022	14:30	Corretiva	000002-CORTE	000019-FABRICIO VIRIATO ARAUJO	000001-MFA-01 DE CORTE	01-PARADA

**DEFEITO**

PINO DO MANCAL TORTO

**AÇÃO**

troca do mesmo O.S fechada as 15:00

**OBSERVAÇÃO DO RETORNO**

DATA INICIO	HORA INICIO	DATA FIM	HORA FIM	MANUTENÇÃO REALIZOU 5S?	NECESSIDADE DE SERVIÇO EXTERNO?	NECESSIDADE DE RETORNO?
29/09/2022	14:30	29/09/2022	15:53:59	NÃO	NÃO	NÃO

Figura 34 - Ordem de Serviço Manutenção da MFA-01 automática

Com os dados introduzidos pelo operador, são calculados os indicadores de disponibilidade da máquina tempo médio entre falhas e tempo médio de reparo, que são destacados no sistema por meio de gráficos e tabelas. Os relatórios de destino têm a característica de conter uma série de combinações entre período, máquina, produto, operador e turno que permitem ao gestor obter informações em tempo real sobre a produtividade. O diferencial dos relatórios antigos é implementado na forma de disponibilização das informações em tempo real e estratificadas.

Por fim, os relatórios do sistema, permitem uma análise mais profunda do comportamento dos parâmetros da máquina, gerando dados mais confiáveis para a tomada de decisão em relação aos planos de manutenção preditiva e preventiva. Além de equipar máquinas para a Indústria 4.0, a manutenção preditiva é uma manutenção que se concentra em uma série de ações que levam à redução do número de defeitos (Borlido, 2017). Graças ao seu monitoramento contínuo, é possível determinar qual peça e qual máquina será submetida à manutenção preventiva em caso de avaria ou paralisação, o que resultará em redução de custos.

## 7. RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos por meio da implantação de um sistema automático de Controlo e Gestão da Produção conforme explanado nos capítulos anteriores. Com base nos objetivos desta proposta de investigação, definidos nesta secção, o impacto deste projeto de investigação será medido com base nos resultados obtidos comparando-se os indicadores de Produtividade do equipamento entre os meses de Julho e Agosto de 2022, visto que existem diversos ajustes a fazer ainda monitoramento automático e no cálculo do OEE do Equipamento.

### 7.1 Indicador de Produtividade

No início deste estudo, foi levantada a seguinte questão: Qual o impacto nos processos produtivos da empresa analisada quando o sistema de monitoramento da produção é aplicado ao conceito de Indústria 4.0? Assumindo que um sistema é composto por pessoas, ambiente, *software e hardware*, e para que a integração do sistema com a organização seja bem-sucedida, é necessário realizar uma avaliação do impacto organizacional do sistema, que deve ser completa e amplamente documentada em sua elaboração (Belan, 2006). Quanto ao *hardware*, foi possível adaptar as máquinas legadas ao conceito *IoT (Internet of Things)*, utilizando módulos de transmissão sem fio, capazes de receber dados de parâmetros de eficiência da produção da máquina e analisá-los em tempo real, um dos pilares da Indústria 4.0 (Gerbert, 2015).

Com informações em tempo real, o Gerente de Produção pode intervir no processo produtivo e descobrir os motivos pelos quais o objetivo não é alcançado antes da produção da associação da ordem de produção, fazer correções antes que afetem o prazo de entrega do lote ao cliente. Além disso, no momento em que a máquina é interrompida, a equipe de manutenção é comunicada de que sua intervenção é necessária, eliminando o tempo que o usuário gasta indo até a sala de manutenção. Observou-se que o indicador de disponibilidade da máquina aumentou e o tempo médio de reparo diminuiu. Em suma, o setor responsável tratou e eliminou imediatamente a ocorrência de anomalias, sejam elas baixas taxas de produção, falta de recursos, falta de operadores, problemas de equipamentos ou outros problemas. Esse controle supervisorio mais ágil e automatizado da produção se traduz na possibilidade de redução de perdas por paradas de máquinas, o que gerará automaticamente aumento de produtividade, eliminará desperdícios com espera e produção de produtos defeituosos e terá uma produção que operará mais estável, ao uma taxa de produção mais constante, conforme já pode-se observar na tendência de ganho de Produtividade da Máquina MFA-01 na figura 36.

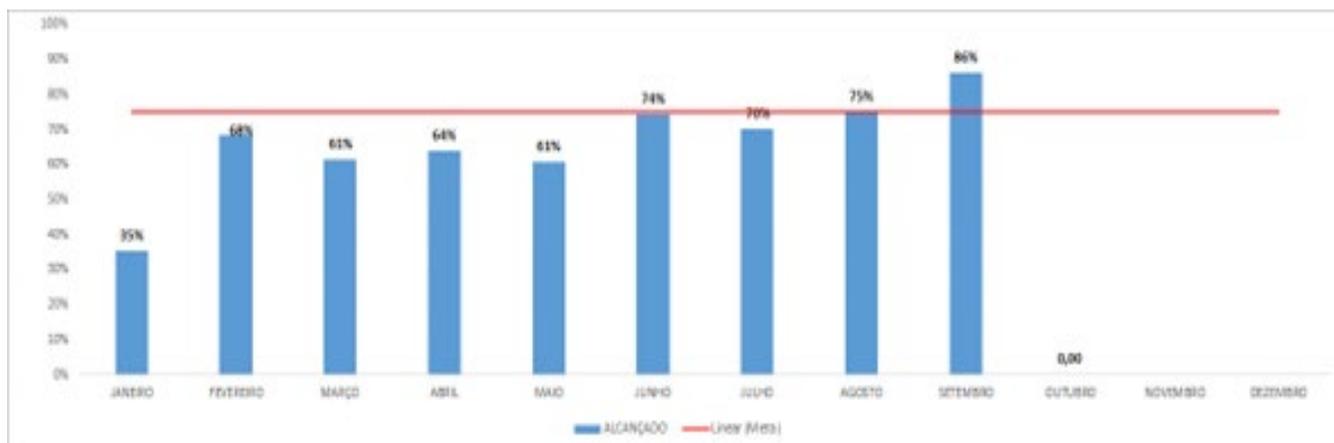


Figura 35- Resultado do indicador de Produtividade da MFA-01

Com o novo sistema, a inserção será realizada pelo operador, que terá um comando que informa sobre o início e o fim do processo de manutenção. Assim, os dados são armazenados automaticamente no banco de dados para geração relatórios, não sendo necessário que uma pessoa específica realizasse esta atividade.

A combinação de sensores e outros dispositivos instalados no *hardware* possibilitou a captura e processamento dos dados (parâmetros da máquina acessíveis pelo *software* implantado por meio do aplicativo de supervisão e controle para criação de *displays*, gráficos, relatórios ou planejamento preditivo nas ações de manutenção, com base na inferência de tendências ou possíveis avarias. Segundo Cardoso (2018), além de contribuir para a manutenção preditiva, os sensores evitam custos associados as interrupções de linha.

Em termos de *software*, o armazenamento contínuo de informações em bancos de dados ao longo dos anos suportará análises de aprendizado de máquina mais completas e complexas (*machine learning*) de dados históricos em breve, com resultados mais precisos e eficazes.

A integração das máquinas no servidor de aplicação também permitiu monitorar e controlar a produção em tempo real. Dados relacionados as ordens de produção, taxa de produção, tempos de operação e ociosidade, e outros eventos estão disponíveis a todo momento e podem ser visualizados pelos responsáveis em pontos estratégicos da planta.

## 7.2 Indicador de OEE

De mesmo modo, o indicador de OEE da MFA-01, conforme a figura 37, **teve um aumento de quatro pontos percentuais** em relação ao mês que antecedeu a implementação das melhorias.

Em resumo, com o uso disciplinado do aplicativo de controlo da produção, pode-se verificar em tempo real o status de performance da máquina, ajudando os times das áreas de apoio a monitorar e analisar os indicadores, com isso melhorando cada vez mais o rendimento da máquina e sua performance.

Esta melhora de aproximadamente 4,4 pontos percentuais no OEE, representa um ganho de 700.000 metros quadrados a mais de produção de fita adesiva que o mês anterior



Figura 36 – Comparativo OEE Julho vs Agosto MFA-01

Os dados obtidos da produção após o acompanhamento, demonstram um ganho de aproximadamente 21% de produtividade. Na tabela 2 abaixo e mais detalhadamente visto na figura 38, temos o volume real de produção de Agosto de 2022, apontado e controlado de forma automática hora a hora pelo Aplicativo, o qual gerou um OEE de 62,9%. Resultados bastante expressivos de melhoria em todos os fatores que afetam o cálculo do OEE: Disponibilidade, Performance e Qualidade.

Tabela 2- Resultados Melhorias OEE. Comparativo de Julho e Agosto

Indicador	Julho	Agosto	Melhoria em pontos percentuais (p.p.)
Disponibilidade	77,5%	78,3%	0,8%
Performance	75,7%	80,6%	4,8%
Qualidade	99,8%	99,8%	0,0%
<b>OEE</b>	<b>58,5%</b>	<b>62,9%</b>	<b>4,4%</b>

## ANÁLISE DE PRODUTIVIDADE DE AGOSTO – APÓS IMPLANTAÇÃO APLICATIVO

1T	
Utilização %:	83,33%
Disponibilidade %:	72,11%
Performance%	74,60%
Qualidade %:	99,86%
<b>OEE %:</b>	<b>53,71%</b>

2T	
Utilização %:	83,33%
Disponibilidade %:	87,15%
Performance%	76,68%
Qualidade %:	99,73%
<b>OEE%</b>	<b>66,65%</b>

MFA-01				
	1T	2T	3T	TOTAL
Tempo Produzindo:	7.499	9.064	6.632	23.195
Produção Boas:	458.472	398.236	458.670	1.315.378
Produção Ruins:	643	1.523	486	2.652
Produção Real:	459.115	399.309	459.156	1.317.580
Produção Teórica:	615.460	520.740	496.633	1.632.833
Perdas baixa velocidade:	156.345	121.461	37.477	315.283
total em m2	1.205.338,5 m <sup>2</sup>	1.257.418,8 m <sup>2</sup>	1.205.595,9 m <sup>2</sup>	<b>3.668.353,2 m<sup>2</sup></b>

Figura 37 - Detalhamento OEE Agosto MFA-01.

### 7.3 Resultados adicionais

No decorrer das análises e melhorias realizadas em função desta proposta de investigação, obtêm-se agora de forma automática o tempo médio entre falhas (MTBF) é o tempo médio entre os serviços e o tempo médio de reparo (MTTR) é o tempo médio necessário para realizar a manutenção.

A disponibilidade tem uma fórmula:  $\text{Disponibilidade} = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR})$ .

Por fim, os relatórios do Sistema, conforme mostrado na figura 39, permitem uma análise mais profunda do comportamento dos parâmetros da máquina para a tomada de decisão em relação à manutenção

preditiva. Além de equipar máquinas para a Indústria 4.0, a manutenção preditiva é uma manutenção que se concentra em uma série de ações que levam à redução do número de defeitos (Borlido, 2017).

Graças ao seu monitoramento contínuo, é possível determinar qual peça e qual máquina será submetida à manutenção preventiva em caso de avaria ou paralisação, o que resultará em redução de custos. (Borlido, 2017).

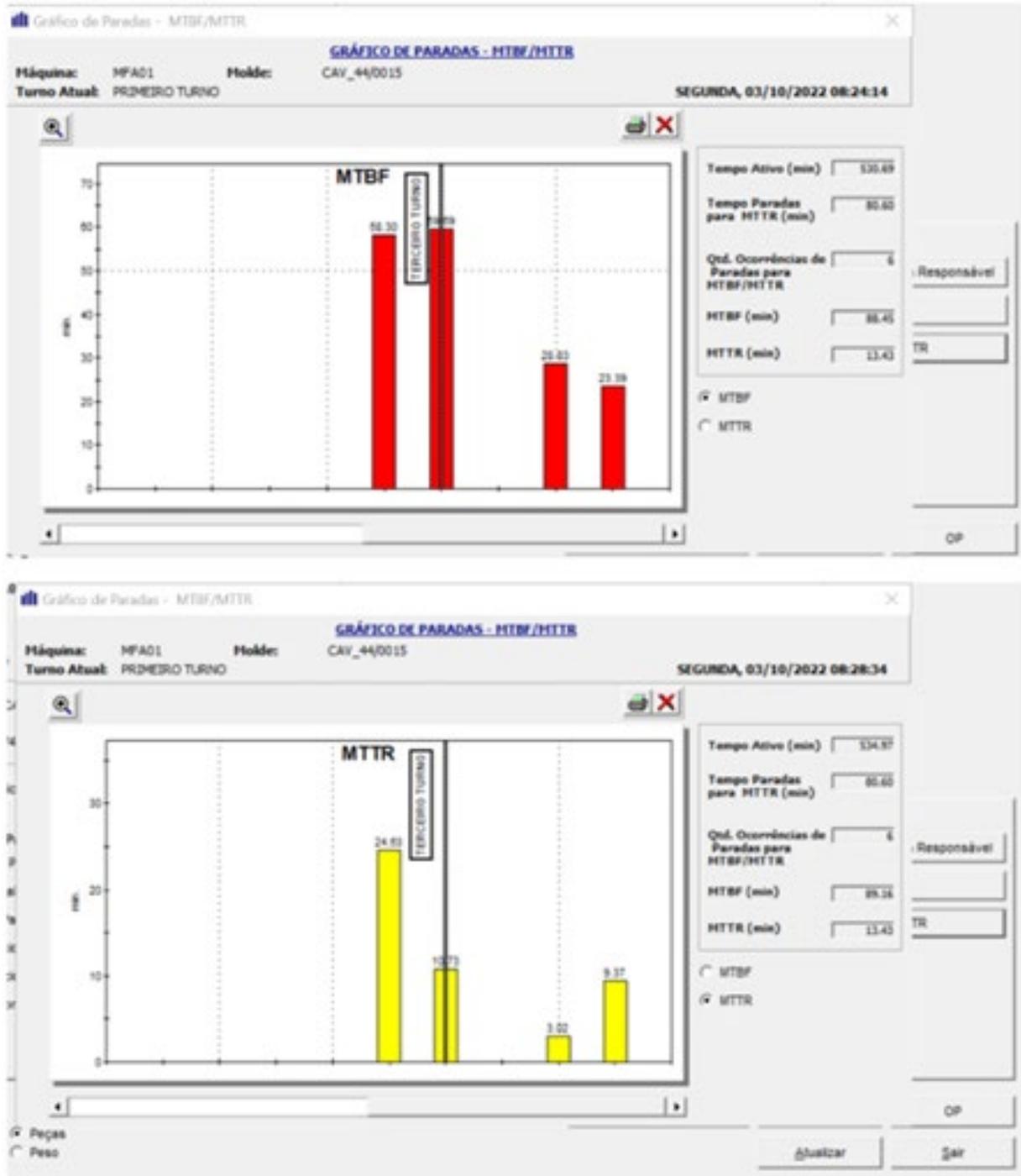


Figura 38 - indicador de MTBF e MTR da MFA-01

## 8. CONCLUSÕES

Neste capítulo serão apresentadas as conclusões do autor, após todo desenvolvimento do projeto, e obtenção dos resultados da secção 7. Além das considerações finais e das recomendações de trabalhos futuros. Tendo em vista todos os resultados que foram obtidos através da implantação deste projeto, é possível afirmar que todos os objetivos definidos previamente foram alcançados. Em especial ao objetivo que foi criado especificamente para o âmbito didático, onde se esperava desenvolver um modelo mais automatizado de Planejamento e Controle de Produção, mostrar as práticas e linhas de pensamento adotadas.

O principal desafio operacional que se observou, foi a mudança da cultura organizacional, implementar um novo modelo mental dos agentes produtivos quanto à interação com seus ambientes de produção, que foi feito principalmente por meio de tecnologias da informação utilizando um assistente virtual inteligente. Isso requer o desenvolvimento das aptidões desses agentes de produção para usar essas tecnologias de forma cooperativa e adequada, para ampliar sua compreensão do comportamento de seus respectivos ambientes de produção e para acelerar seu aprendizado indutivo, avaliando os resultados de suas atividades de tomada de decisão. Parte desse desafio foi mitigado com a introdução do assistente virtual inteligente como interlocutor na interação dos agentes produtivos com seu ambiente.

Outro grande desafio operacional começa com a necessidade de estruturar o conhecimento atual da organização fabril que deve ser adequado ao sistema de informação ao processar os dados coletados entre as operações de negócios e de produção. Essa gestão deve garantir a visibilidade das informações e o conhecimento do que está acontecendo no ambiente interno de produção e no ambiente externo de relacionamento com o mercado. Essa visibilidade é figurada essencialmente por Indicadores Chave de Desempenho e as indicações de conquistas e perdas produtivos que ocorrer em vários níveis de detalhes por meio de interfaces simples e intuitivas para aplicativos de sistemas de informações empresariais. Além disso, há o problema de aplicar efetivamente aplicativos A3 / PDCA com assistentes virtuais inteligentes no gerenciamento de projetos PDCA para melhoria contínua e Kaizen.

O mapeamento e modelagem do processo produtivo foi fundamental para entender as atividades e determinar o tempo de ciclo introduzido no sistema, e também foi fundamental sugerir melhorias para a equipe que desenvolveu o sistema (*hardware e software*) nos relatórios de execução de atividades pelos operadores além de suas necessidades, somada a descrição do sistema para entender melhor o impacto de sua implementação no processo produtivo.

O principal desafio científico foi desenvolver e implementar um assistente virtual inteligente, eficaz na aprendizagem indutiva com a avaliação dos resultados obtidos das ações corretivas aplicadas e através do reconhecimento de padrões no banco de dados de parâmetros históricos de processo das máquinas produtivas, onde é possível reconhecer uma correlação entre as variáveis das operações produtivas. Tal conhecimento é suportado por resultados de desempenho passado, são armazenados e compartilhados para um ótimo desempenho atual. Isso garante que a organização de produção aprenda sistematicamente o comportamento de seu ambiente e como se adaptar efetivamente às mudanças que ocorrem. Por se tratar de um desenvolvimento inovador no âmbito de Indústria de Fita Adesiva, não há uma base de conhecimento aplicada integrada para esse tipo de tecnologia, portanto, a enquete heurística é usada para atingir os objetivos de desenvolvimento desejados gerando pôr fim a entrega de OEE do *World Class*.

O maior impacto para os gestores é a capacitância de acessar as informações de produção em tempo real para a tomada de decisões, as atividades dos operadores não foram afetadas, porém, foi dada atenção ao treinamento para que a entrada de dados seja feita corretamente, o que é necessário para o bom funcionamento do sistema. Com base nos resultados, conclui-se que a utilização desta forma de controle e monitoramento integrado, automatizado, compartilhado e baseado nos pilares da Indústria 4.0 permite a padronização da produção redução de desperdícios (produtos em espera e defeituosos) e maior agilidade, ritmo eficiente de produção e ações de gestão, tornando-se premente o desdobramento do Sistema de Automação para os demais equipamentos da Unidade Fabril. A nova cultura de produção torna todos os atores do processo produtivo mais integrados e envolvidos, conscientes de que a responsabilidade da operação de produção é mais visível para todos.

Buscando o princípio da melhoria contínua e aplicando as mesmas técnicas e conceitos utilizados neste projeto, várias outras possibilidades são imagináveis na produção de Fita Adesivas. Portanto, de acordo com os planos de crescimento da empresa, no futuro o OEE pode precisar ter um desempenho além do que foi alcançado neste projeto. Isso torna a *Koretech* novamente sujeita à análise, aprimoramento e implementação de novas ferramentas tecnológicas e novos modelos de Gestão. É proposto neste contexto com o objetivo de obter processos que possam atingir OEE ainda maior, buscando tornar o departamento de Corte de Fitas, um modelo a ser seguido pelo Grupo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Advantech (2020). *Digital Input IoT Wireless I/O Module with RS-485 Port, Datasheet*.  
<http://support.elmark.com.pl/advantech/pdf/iag/WISE-4051-datasheet.pdf>
- Aires, Matheus de Oliveira (2019). *Indústria 4.0: a manufatura aditiva como ferramenta de inovação e otimização*, Brazilian Journal of Business, Curitiba.
- Albertin, Marcos Ronaldo (2017). *Principais inovações tecnológicas da Indústria 4.0 e suas aplicações e implicações na manufatura*. XXIV Simpósio de Engenharia de Produção, Baurú.
- Altus S.A (2019). *Sistema de Automação. Conheça os nove pilares da Indústria 4.0 e sua relevância para a atividade industrial*.  
<https://www.altus.com.br/post/212/conheca-os-nove-pilares-da-industria-4-0-e-sua-relevancia-para-a-atividade-industrial>
- Barreto, Nuno Miguel Meireles Barreto (2019). *O impacto do Big Dat e Internet of Things*. Tese (Mestrado em Ciências Empresariais) – Lisbon School of Economics & Management, Lisboa.
- Belan, H. C.; Palma, J. G.; Lima, R. H. P.(2006). *Análise da Implantação de um Sistema de Execução da Manufatura*. SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Bauru.
- Binti Aminuddin, N. A., Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., Antony, J., & Rocha-Lona, L. (2016). *An analysis of managerial factors affecting the implementation and use of overall equipment effectiveness*. International Journal of Production Research.  
<https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1055849>
- Borlido, David José Araújo (2017). *Indústria 4.0 – Aplicação e Sistemas de Manutenção*. Orientador Dr. Armando Leitão. 2017. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto.
- Bosso, Marlos (2016). *O uso inteligente do Big Data a favor da indústria*. *Convergência Digital*.  
<https://www.convergenciadigital.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?UserActiveTemplate=site&UserActiveTemplate=mobile%252Csite&inford=442%E2%80%A6>
- BOSTON CONSULTING GROUP/BCG (2015). *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*. Munique.
- Cardoso, D. A. L.; Chebar; I. E.; Beltrão, M. J. (2018). *Estudo de aplicabilidade de ferramentas da indústria 4.0 em uma planta de geração de energia a partir da reforma do biogás*. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Federal Fluminense, Niterói.

- Castro, L.N.; Ferrari, D.G. (2016). *Introdução à mineração de dados: Conceitos básicos, algoritmos e aplicações*. 1a. Ed, São Paulo, Editora Saraiva.
- Corrêa, H & Corrêa, C (2013). *Administração de Produção e de Operações*. São Paulo, Brasil: Editora Atlas S.A.
- Coutinho, C.P., Sousa, A., Dias, A., Bessa, F., Ferreira, M.J.R.C., & Vieira, S.R. (2009). *Investigação-ação: metodologia preferencial nas práticas educativas*. Instituto de Educação, Universidade do Minho.
- Farias, Cinthia Lima Caetano. (2022). *A História da Fita Adesiva*  
<https://www.fitaadesivaonline.com.br/pagina/a-historia-da-fita-adesiva.html>
- Figurelli, Rogerio. (2018). *RPA Robotic Process Automation: As empresas e os negócios na velocidade da luz*. eBook Kindle
- Gupta, P., & Vardhan, S. (2016). *Optimizing OEE, productivity and production cost for improving sales volume in an automobile industry through TPM: A case study*. *International Journal of Production*.  
<https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1145817>
- He, R. (2022). *Automatic equipment design of intelligent manufacturing flexible production line based on industrial motorized spindle*. *International Journal of Information Systems and Supply Chain Management*. Ningbo, China
- Hermann, Mario, Pentek, Tobias, Otto, Boris (2015). *Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review*. Working Paper, No. 01.
- Jiménez, P., Diez, J. V., & Ordieres-Mere, J. (2016). *Empowering Leaders to Operationalize Lean Structural Networks*. *Procedia CIRP*  
<https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2016.08.023>
- Kagermann, H., Wahlster, W. e Helbig, J. (2013) *Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0: Final report of Industrie 4.0 Working Group*.
- Kato, I., & Smalley, A. (2011). *Toyota kaizen methods: Six steps to improvement*. CRC Press.
- Kletti, Jurgen. (2015). *Manufacturing Execution System – MES*, (English Edition) 2007th Edição, eBook Kindle
- Lee, E. A. (2015) *Cyber physical systems: Design challenges, Object Oriented Real-Time Distributed Computing* (ISORC). 11th IEEE International Symposium on, IEEE.
- Liu, Z., Sampaio, P., Pishchulov, G., Jiru, F., Bnouhanna, N. (2022). *The architectural design and implementation of a digital platform for Industry 4.0 SME collaboration*. *Computers in Industry*.
- Map Innovation (2020). *O Modelo de Diagnostico do Indicce de Maturidade Industria4.0*

<https://www.mapinnovation.com.br/o-modelo-acatech-de-diagnostico-do-indice-de-maturidade-industria-4-0-e-outros-similares/>

Maxwell, John C. (2015). *The Leadership Handbook 26 Critical Lessons Every Leader Needs*, HarperCollins Leadership.

Ohno, T.(1997). *Sistema Toyota de Produção – Além da Produção em Larga Escala*.Porto Alegre: Alegre: Artes Médicas.

Rafael Valencia-García, Mario Andrés Paredes-Valverde, María del Pilar Salas-Zárate and Giner Alor-Hernández (2018), *Exploring Intelligent Decision Support Systems*. 764 (Studies in Computational Intelligence). Springer International Publishing. Kindle Edition.

*O que é MES – Manufacturing Execution Systems?* (2015)

<https://www.ppi-multitask.com.br/2015/02/19/o-que-e-mes-manufacturing-execution-systems/>

Pinto, Jefferson Pinheiro (2020). *A relação entre Lean Manufacturing e Indústria 4.0: Uma revisão sistemática da literatura*. Dissertação (Mestrado em Gestão e Estratégia Industrial), Universidade de Lisboa, Lisboa.

Pinto, José (2009). *Modelo de Implementação do Pensamento JIT*. Porto: Publindústria, São Paulo.

Santos, Humberto (2016). *Historia do MES – Manufacturing Execution System*.  
<https://flowtech.pt/pt/blog/historia-mes-manufacturing-execution-system/>

Schaub, Klaus (2016). *A Quarta Revolução Industrial*. São Paulo, Brasil: Edipro.

Simon, Herbert A (1997). *Administrative Behavior, A Study of Decision-making Processes in Administrative Organizations*. Free Press. Kindle Edition.

Tripathi, Alok Mani. (2018). *Learning Robotic Process Automation: Create Software robots and automate business processes with the leading RPA tool- UiPath: Create Software Robots*.

Venturelli, Marcio (2017). *Banco de Dados em Cloud para Tomada de Decisões na Automação Industrial*. Seção Automação Industrial, Digitalização e Indústria 4.0. Marcio Venturelli. 24 jul. 2017. Disponível em: <<https://marcioventurelli.com/2017/07/24/big-data-na-industria-4-0>

Waurzyniak, P. (2001). *Electronic intelligence in manufacturing*. Manufacturing Engineering Volume 127

Womack, J.P.; Jones, D.T. (1998), *A Mentalidade Enxuta nas Empresas*, 4 ed. Rio de Janeiro, Editora Campus Ltda.