



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Instituto de Ciência e Tecnologia
Câmpus de Sorocaba

FABIO JUNJI UEDA OKURO

**INTEGRAÇÃO DO SISTEMA "*MANUFACTURING EXECUTION
SYSTEMS*" COM O SISTEMA "*PLANT INFORMATION
MANAGEMENT SYSTEMS*" DENTRO DE UMA LINHA DE
PRODUÇÃO DA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA**

Sorocaba

2024

FABIO JUNJI UEDA OKURO

**INTEGRAÇÃO DO SISTEMA “*MANUFACTURING EXECUTION
SYSTEMS*” COM O SISTEMA “*PLANT INFORMATION
MANAGEMENT SYSTEMS*” DENTRO DE UMA LINHA DE
PRODUÇÃO DA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba, Universidade Estadual Paulista (UNESP), como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Controle e Automação.

Orientador: Prof. Dr. Galdenoro Botura Junior

Sorocaba

2024

O41i

Okuro, Fabio Junji Ueda

Integração do sistema "Manufacturing Execution Systems" com o sistema "Plant Information Management Systems" dentro de uma linha de produção da indústria alimentícia / Fabio Junji Ueda Okuro. -- Sorocaba, 2024

78 p.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia de Controle e Automação) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba

Orientador: Galdenoro Botura Junior

1. Revolução industrial. 2. Software de sistemas. 3. Sistemas integrados de gestão empresarial. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Instituto de Ciência e Tecnologia
Câmpus de Sorocaba

INTEGRAÇÃO DO SISTEMA "MANUFACTURING EXECUTION SYSTEMS" COM O
SISTEMA "PLANT INFORMATION MANAGEMENT SYSTEMS" DENTRO DE UMA
LINHA DE PRODUÇÃO DA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

FABIO JUNJI UEDA OKURO

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO
COMO PARTE DOS REQUISITOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE
BACHAREL EM ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

Prof. Dr. Everson Martins
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Galdenoro Botura Jr
Orientador/UNESP – Campus de Sorocaba

Prof. Dr. Everson Martins
UNESP – Campus de Sorocaba

Prof. Dr. Eduardo Verri Liberado
UNESP – Campus de Sorocaba

Sorocaba

07 de junho de 2024

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer à minha mãe que apesar de todas as dificuldades sempre esteve ao meu lado me dando apoio e me incentivando a seguir os meus sonhos

Aos meus tios pela oportunidade que me deram de ter uma educação digna.

Um agradecimento especial ao professor Galdenoro Botura Junior, por ter aceitado e me orientando ao longo do meu projeto com a sua atenção e conselhos.

E por fim a todos os meus amigos que eu fiz ao longo dessa jornada, que estiveram comigo e me ajudaram durante todo o momento.

E um agradecimento aos meus colegas de trabalho que me deram todo o apoio durante todo o processo.

RESUMO

Ao decorrer dos anos para que as empresas continuem sendo competitivas perante o mercado é necessário que haja desenvolvimento e melhorias nos processos de produção. Nota-se essa necessidade desde meados dos anos 1760, quando surgiu a Primeira Revolução Industrial na Inglaterra com a introdução de máquinas capazes de transformar matéria-prima em produto. Atualmente as indústrias estão passando pela quarta revolução industrial, conhecida popularmente como Indústria 4.0, com a implantação ao processo de fabricação a inteligência artificial, computação em nuvem, robótica e internet das coisas. O Sistema de Execução de Manufatura (Manufacturing Execution System – MES) possui um papel importante dentro das indústrias, tendo como objetivo conectar as informações coletadas, a partir do chão de fábrica, com o sistema de gestão de recurso empresarial (ERP). Devido a grande quantidade de dados fornecidos pelas máquinas torna-se necessário a utilização de ferramentas de gerenciamento como, o Sistema de Gerenciamento de Informação de Planta (Plant Information Management System – PIMS). Por meio da obtenção de dados é possível calcular as perdas das máquinas, calcular a eficiência dos equipamentos (Overall Equipment Effectiveness – OEE), e realizar outras medidas e análises de maneira efetiva e confiável. Assim é possível que as empresas identifiquem a parte do processo que está com problema ocasionando prejuízos financeiros, e possam serem feitas as tratativas necessárias de modo a reduzir os custos. O presente trabalho tem por objetivo apresentar a integração dos Sistemas PIMS e MES dentro de uma empresa no ramo alimentício e os benefícios da integração durante o processo de produção. Os principais resultados obtidos foram o ganho na velocidade de operação, a automatização de processos manuais, liberdade operacional e retorno financeiro investido durante toda a aplicação.

Palavras-chave: Indústria 4.0; Sistema MES; Sistema PIMS; OEE.

ABSTRACT

Over the years, for companies to remain competitive in the market, there is a need for development and improvements in production processes. This need has been noted since the mid-1760s when the First Industrial Revolution emerged in England with the introduction of machines capable of transforming raw materials into products. Currently, industries are going through the fourth industrial revolution, popularly known as Industry 4.0, with the implementation of artificial intelligence, cloud computing, robotics, and the Internet of Things in manufacturing. The Manufacturing Execution System (MES) plays an important role within industries, aiming to connect the information collected from the factory floor with the enterprise resource management system (ERP). Due to the large amount of data machines provide, it is necessary to use management tools such as the Plant Information Management System (PIMS). By obtaining data, it is possible to calculate machine losses, and equipment efficiency (Overall Equipment Effectiveness – OEE) and carry out other measurements and analyses effectively and reliably. This way, it is possible for companies to identify the part of the process that has a problem, causing financial losses, and the necessary measures can be taken to reduce costs. The present work aims to present the integration of the PIMS and MES Systems within a company in the food sector and the benefits during the production process. The main results obtained were the gain in operating speed, the automation of manual processes, operational freedom and financial return invested throughout the application.

Keywords: Industry 4.0; MES system; PIMS system; OEE.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Os 4 Smarts da Indústria 4.0.	16
Figura 2 - Níveis de maturidade tecnológica para máquinas - ferramenta.	17
Figura 3 – Pirâmide da automação	20
Figura 4 – Níveis da automação	20
Figura 5 – Representação dos ambientes de sistemas	22
Figura 6 – Tela do SQL Server Management	24
Figura 7 – Perdas de OEE	28
Figura 8 – Representação do circuito com reles (a), diagrama com reles em lógica ladder (b) e linguagem ladder implementada em CLP (c) para a lógica OU	29
Figura 9 – Evolução dos sistemas de controle e planejamento da manufatura ao decorrer das décadas.	31
Figura 10 – Evolução dos sistemas de controle e planejamento da manufatura.	32
Figura 11 – Fluxograma dos dados.	32
Figura 12 – Resultados obtidos com o MES em diferentes empresas.	33
Figura 13 – Gráfico de Tendência no PIMS.	35
Figura 14 – Sinóptico de Processo.	36
Figura 15 – Relatório no Excel.	36
Figura 16 – Fluxo de informação atual.	39
Figura 17 – Fluxo de informação do projeto	39
Figura 18 – Tela do módulo Efluentes.	41
Figura 19 – Arquitetura do sistema.	41
Figura 20 – Processo antes da aplicação do sistema MES.	43
Figura 21 – Processo pós aplicação do sistema MES.	43
Figura 22 – Fluxograma dos dados coletados.	44
Figura 23 – CLP CompactLogix 5480 Allen-Bradley.	45
Figura 24 – CLP MicroLogix 1400 Allen-Bradley.	46
Figura 25 – Interface PI System	47
Figura 26 – Servidor de Homologação	48
Figura 27 – Servidor de Produção	49
Figura 28 – Interface do SMC	50
Figura 29 – Interface do System Platform	51

Figura 30 – Interface do Template Toolbox	51
Figura 31 – Objetos da linha	52
Figura 32 – Configuração dos objetos	53
Figura 33 – Interface do MES Client	54
Figura 34 – Cadastro de Linhas	55
Figura 35 – Cadastro de Materiais	56
Figura 36 – Cadastro de Materiais	56
Figura 37 – Configuração dos processos	57
Figura 38 – Configuração das árvores de falhas das máquinas	58
Figura 39 – Configuração dos turnos	59
Figura 40 – Configuração dos turnos	60
Figura 41 – Blocos de comandos	60
Figura 42 – Checklist Digitalizado	61
Figura 43 – Interface de personalização de Workflow	62
Figura 44 – Caixa de entrada do operador	62
Figura 45 – Interface de edição de Relatório no SQL Report Builder	64
Figura 46 – Interface de Programação da ordem de produção - MDM	67
Figura 47 – Interface de Registro Manual de Produção - MDM	67
Figura 48 – Interface de Apontamento de Paradas – MDM	68
Figura 49 – Visualização de KPIs – MDM	69
Figura 50 – Visualização de OEE e Paradas – MDM	69
Figura 51 – Visualização de Parada – Power BI	70
Figura 52 – Relatório Digitalizado	70
Figura 53 – Resumo dos resultados	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Template da linha

52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MES	Manufacturing Execution Systems
PIMS	Plant Information Management Systems
OEE	Overall Equipment Effectiveness
IOT	Internet Of Things
CLP	Controlador Lógico Programável
SSMS	SQL Server Management Studio
MESA	Manufacturing Execution Systems Association
SMC	System Management Console

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
2.1 Sistema Manufacturing Execution Systems.....	18
2.2 Sistema Plant Information Management Systems	19
2.3 Pirâmide da automação industrial	20
2.4 Ambiente Virtual.....	21
2.5 SQL Server Management.....	23
2.5.1 Linguagem SQL	24
2.5.2 SQL Report Builder.....	25
2.6 Linguagem XML	26
2.7 Cálculo de OEE	27
2.8 CLP	29
3 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	31
3.1 HIRAI, 2022 SISTEMA MES (MANUFACTURING EXECUTION SYSTEM): Estudo Das Vantagens Da Aplicação Nas Indústrias	31
3.2 CARVALHO ET AL., 2005 Sistema Pims Conceituação, Usos E Benefícios	34
3.3 Desenvolvimento De Sistema Pims E Mes Para Tratamento De Efluentes.....	37
4 DESENVOLVIMENTO.....	43
4.1 Requisitos Para A Coleta De Dados	44
4.2 Configuração Dos CLPS	45
4.3 Configuração Do Sistema PIMS.....	46
4.4 Configuração Do Sistema MES.....	47
4.4.1 Configuração Dos Servidores.....	47
4.4.2 Configuração Do System Management Console.....	49
4.4.3 Configuração do System Platform.....	50
4.4.4 Configuração do MES Client.....	53
4.5 Automatização De Processos Manuais	59
4.6 Rastreabilidade De Produtos.....	62
4.7 Relatórios.....	63
4.8 Treinamento Operacional	64
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	66
5.1 Visualização De Dados.....	66
5.2 Ganhos Com A Implementação	70
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	73
REFERÊNCIAS	74

1 INTRODUÇÃO

Ao decorrer das décadas ocorreram fatos históricos conhecidos como Revoluções Industriais, cada revolução alterou a forma na qual trabalhamos e vivemos atualmente, segundo o historiador Luís Edmundo Moraes (2017) em seu livro da Revolução Francesa à Primeira Guerra Mundial diz que a Revolução Industrial é um “daqueles tipos de fenômeno social que só podem ser percebidos em uma larga escala de tempo por ser um processo lento, ainda que firme” (Moraes, 2017, p. 48).

A Primeira Revolução Industrial ocorreu no final do século XVIII e início do século XIX, onde iniciou-se principalmente na Grã-Bretanha. Teve como principal característica a transição da produção artesanal para a produção em massa em fábricas, sendo impulsionada pelo uso de máquinas a vapor, no que resultou em um aumento significativo na produção de bens, sobretudo nas áreas têxteis, e teve um profundo impacto na sociedade, incluindo a urbanização e mudanças nas condições de trabalho.

A Segunda Revolução Industrial ocorreu no final do século XIX e início do século XX, onde foi marcada por grandes avanços tecnológicos, incluindo a eletricidade, a produção em massa de aço e a invenção de produtos químicos sintéticos. Além disso, a expansão das ferrovias e o telégrafo possibilitaram uma maior globalização e comunicação. Isso resultou em uma maior diversificação da indústria e uma economia mais complexa.

A Terceira Revolução Industrial começou na segunda metade do século XX e continua a moldar o mundo atual, sendo frequentemente associada à tecnologia da informação e à automação. A invenção dos computadores, a eletrônica avançada e com o desenvolvimento da internet foram marcos importantes para a história, de forma que a globalização aumentou significativamente, assim como a importância da informação e do conhecimento na economia.

A Quarta Revolução Industrial é um conceito mais recente que está em andamento, segundo Venturelli (2020) a Indústria 4.0 é um novo conceito que seguramente será uma realidade, mudará a forma como lidamos hoje com a produção de bens de consumo e materiais, tendo uma melhor distribuição de riquezas e um planeta mais sustentável. Ela se concentra na convergência de tecnologias digitais, físicas e biológicas. Características dessa revolução incluem a inteligência artificial, a Internet das Coisas (IoT), a impressão 3D, a nanotecnologia e a biotecnologia avançada. A Quarta Revolução Industrial está mudando a maneira como vivemos e

trabalhamos, com a automação e a digitalização desempenhando papéis cada vez mais proeminentes na sociedade e na economia.

A Indústria 4.0 promove a automação inteligente, na qual os sistemas *Plant Information Management Systems* (PIMS) e *Manufacturing Execution Systems* (MES) desempenham um papel fundamental no processo, com os sistemas PIMS que coletam os dados de sensores e dispositivos de processo em tempo real, enquanto os sistemas MES gerenciam a produção e as operações. A integração permite que esses sistemas se comuniquem e tomem decisões autônomas com base nos dados coletados, melhorando a eficiência e reduzindo erros.

Os sistemas PIMS e MES podem ser integrados para fornecer uma visão completa e em tempo real das operações. Isso permite que os tomadores de decisão acessem dados precisos e atualizados para otimizar a produção, planejar manutenção preditiva e tomar medidas proativas. Os sistemas PIMS coletam grandes volumes de dados de processo, enquanto os sistemas MES coletam dados de produção. A Indústria 4.0 enfatiza a análise avançada de dados para obter *insights* significativos. A integração permite a análise conjunta desses dados, identificando tendências, padrões e oportunidades de melhoria, impulsionando a tomada de decisões baseadas em dados.

A Indústria 4.0 promove a produção sob demanda e personalização em massa. A integração dos sistemas PIMS e MES permite a adaptação rápida da produção de acordo com as demandas do mercado, garantindo a eficiência e a flexibilidade necessárias. À medida que a Indústria 4.0 aumenta a conectividade, a segurança cibernética se torna crítica, a integração deve abordar medidas de segurança robustas para proteger os dados e sistemas contra ameaças. A integração dos sistemas PIMS e MES deve ser flexível e adaptável para acompanhar as mudanças tecnológicas e as necessidades em constante evolução da indústria. A integração de sistemas PIMS e MES com a Indústria 4.0 é um passo fundamental para otimizar a produção, melhorar a qualidade, reduzir custos e permanecer competitivo em um ambiente industrial em constante mudança. Essa integração capacita as empresas a abraçar a transformação digital e colher os benefícios da Indústria 4.0.

O trabalho de conclusão de curso visa compreender as principais funcionalidades dos sistemas MES e PIMS, destacando seus papéis na automação e gestão eficiente de processos industriais, com a finalidade de explorar os conceitos

fundamentais da Indústria 4.0 e como a integração dos sistemas MES e PIMS contribui para a transformação digital e a automação inteligente da indústria, além de mostrar na prática os benefícios e desafios associados a essa abordagem e oferecendo percepções valiosas para profissionais e empresas que buscam melhorar suas operações industriais por meio da tecnologia.

Afim de replicar o processo dentro de uma indústria de alimentos, é necessário de um servidor de desenvolvimento onde será instalado todos os softwares necessários para a simulação, sendo eles, softwares do sistema PIMS para a coleta e tratamento dos dados que será utilizado nos softwares do MES, onde através dos dados gerados e tratados é possível utilizá-los dentro do sistema MES para que possam ser trabalhados, e com isso fazer de forma eficaz a gestão desses dados, para que possam ser utilizados para tomadas de decisão mais precisas dentro da empresa.

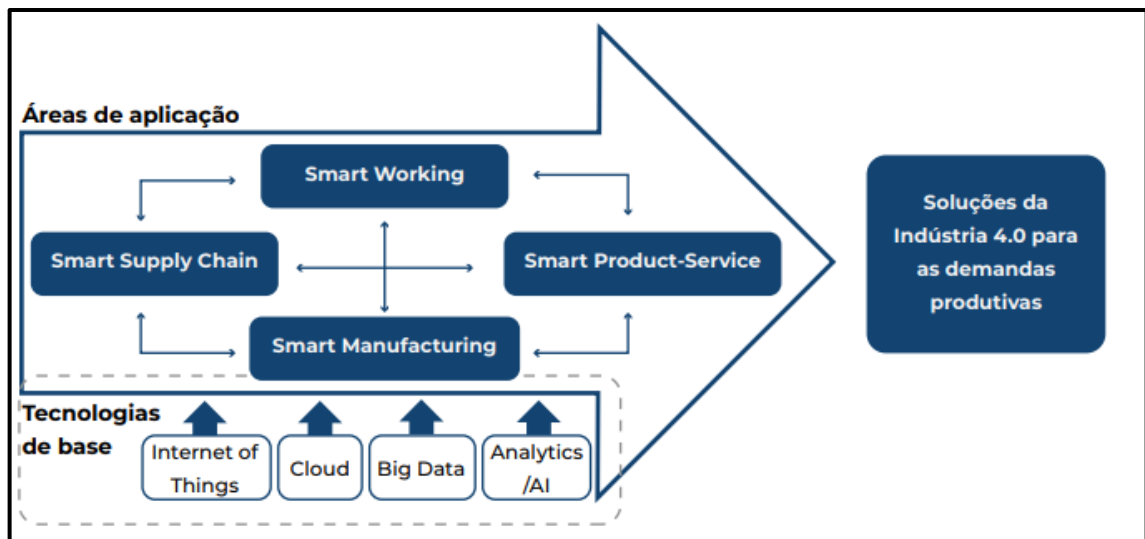
Este trabalho discutirá os desafios e considerações práticas envolvidos na implementação e manutenção desses sistemas, incluindo questões de segurança cibernética e conformidade regulatória, além de propor recomendações e diretrizes para empresas que desejam adotar a integração de sistemas MES e PIMS como parte de sua estratégia de transformação digital na Indústria 4.0.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Com o avanço da tecnologia o impacto nas indústrias e principalmente com a chegada a indústria 4.0 abre várias possibilidades de inovação, aumento da capacidade produtiva dentro das empresas.

As principais tecnologias são apresentadas no modelo proposto por Frank, Dalenogare e Ayala (2019), apresentado na Figura 1, nesse modelo têm-se as tecnologias de base para a indústria 4.0, que seriam Internet das Coisas (IoT), computação em nuvem, Big Data e Inteligência Artificial, “Essas tecnologias quando combinadas com outras tecnologias já consolidadas ou emergentes permitem o desenvolvimento de soluções avançadas em quatro grandes áreas de aplicações industriais” (Trein *et al.*, 2023, p. 4).

Figura 1 - Os 4 Smarts da Indústria 4.0.



Fonte: Trein et al.(2023), adaptado de Frank, Dalenogare e Ayala (2019)

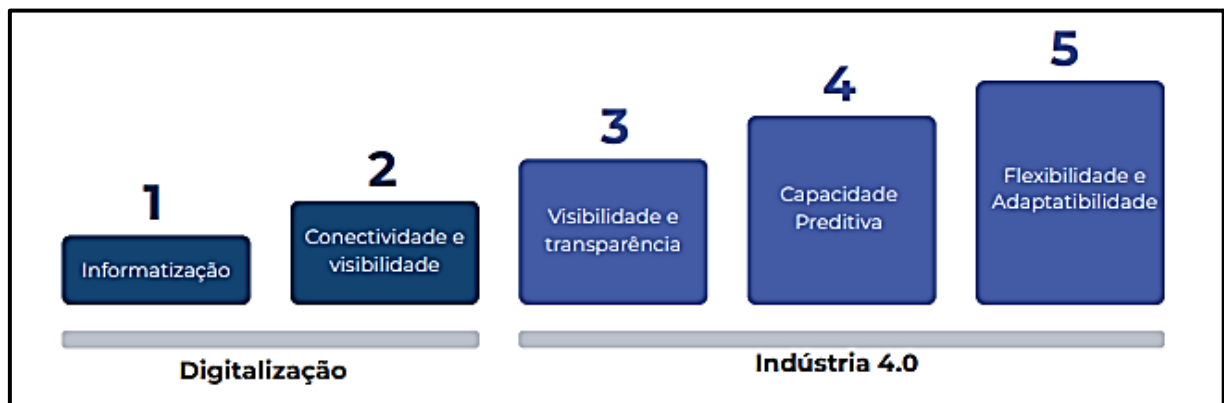
As quatro áreas citadas são:

- Manufatura Inteligente (*Smart Manufacturing*): Onde observa-se as tecnologias voltadas para áreas fabris, como robótica avançada e tecnologias digitais;
- Trabalho Inteligente (*Smart Working*): Conhecido pela utilização do trabalho suportado por tecnologias para oferta de serviços produtivos;

- Cadeia de Suplementos Inteligentes (*Smart Supply Chain*): É considerado a plataforma de conectividade da fábrica com fornecedores e clientes;
- Oferta de produtos e serviços conectados (*Smart Product-Service*): Considerado como a maior agregação de valor com novos modelos de negócios baseados em dados.

Na figura 2, têm-se a representação dos níveis de maturidade propostos para máquinas e equipamentos, com base no modelo de maturidade de indústria 4.0 e desenvolvido pela ACATECH (Trein et al., 2023).

Figura 2 - Níveis de maturidade tecnológica para máquinas - ferramenta.



Fonte: Trein et al. (2023), adaptado de ACATECH STUDY – Industries 4.0 Maturity Index 2020

A explicação de cada nível da figura 2, encontra-se abaixo:

- Informatização: Espera-se a inclusão de recursos programáveis nas máquinas e equipamentos. Exemplo: Utilização de CLP com código fonte editável, possibilidade automação, possibilidade de visualização da condição operacional do equipamento etc.
- Conectividade e visibilidade: Neste nível têm-se os sensores como geradores de dados, alguns equipamentos de comunicação entre partes ou módulos, dados armazenados em bancos específicos e geração de relatório de produção. Exemplos: Utilização de dispositivos reconfiguráveis através de algum protocolo, como MODBUS, IOLink, entre outros, utilização de Protocolos de Internet (IP) para conexão externa, coleta em tempo real, entre outros.

- Visibilidade e transparência: Criação de relatórios com ênfase em diagnósticos operacionais. Exemplo: Geração de relatórios para produção de conhecimento por meio de análises de causa raiz, possuir protocolos abertos para comunicação entre máquina e sistema, capacidade de coletar, calcular e enviar o estado da máquina para outras máquinas ou para o MES.
- Capacidade Preditiva: Tem foco na geração de relatórios com ênfase em prognósticos através do uso de inteligência artificial. Exemplo: Análise de probabilidade de ocorrências, envio de logs, alertas e alarmes para outras máquinas, capacidade prescritiva de falha do sistema e subsistema.
- Flexibilidade e Adaptabilidade: Presença de sistema de autocorreção e/ou otimização do funcionamento das máquinas e equipamentos. Exemplos: Capacidade de adaptação a variação do item a ser produzido sem a interferência humana, geração de informações que permitem a tomada de decisão de forma a obter os melhores resultados em um menor tempo.

2.1 Sistema Manufacturing Execution Systems

Desenvolveu-se o Sistema MES em meados da década de 1990 pela *Advanced Manufacturing*, é uma categoria de software utilizado nas indústrias com objetivo de otimização, monitoramento e melhoria das operações das produções em tempo real. Atuando como uma camada intermediária entre os sistemas de nível empresarial, como sistemas de planejamento de recursos empresariais, e o chão de fábrica.

O sistema MES melhora a eficiência, visibilidade e rastreabilidade dos processos de fabricação. Atrelado a diferentes funções, como a coleta de dados de máquinas e equipamentos, gerenciamento de ordens de produção, rastreamento de materiais e qualidade, programação de produção e relatórios em tempo real. Isso permite uma gestão mais eficaz da produção, redução de desperdícios e melhoria na qualidade dos produtos.

Com o MES a principal funcionalidade é o monitoramento das operações de produção em tempo real, coletando dados diretamente dos equipamentos e sistemas automatizados. Ele fornece informações detalhadas sobre o andamento da produção, o status das máquinas, o desempenho da mão de obra, rastreabilidade completa dos

materiais desde a entrada na fábrica até o produto acabado, e assim permitindo a identificação rápida de problemas de qualidade de forma a manter a genealogia dos produtos, rastreando todas as etapas do processo de fabricação.

2.2 Sistema Plant Information Management Systems

O Sistema PIMS é uma tecnologia essencial em ambientes industriais, especialmente em setores como manufatura, petroquímica e energia. Sendo criado na década de 1980 o PIMS foi projetado para coletar, armazenar, processar e apresentar informações críticas relacionadas às operações de uma planta industrial (Totvs, 2021).

A arquitetura divide-se em camadas, a primeira é conhecida como Aquisição de Dados, responsável pela coleta de dados de sensores, instrumentos e sistemas de controle distribuídos na indústria, seguindo pelas camadas do Armazenamento de Dados, onde utiliza-se de banco de dados centralizado para armazenamento das informações coletadas. Com a coleta de dados e o armazenamento feitos na camada de Visualização e Análise, nela encontra-se ferramentas de interface que possibilitam a visualização em tempo real e análise dos dados coletados e pôr fim a integração com diferentes sistemas existentes de controle e automação indústria, como o sistema MES.

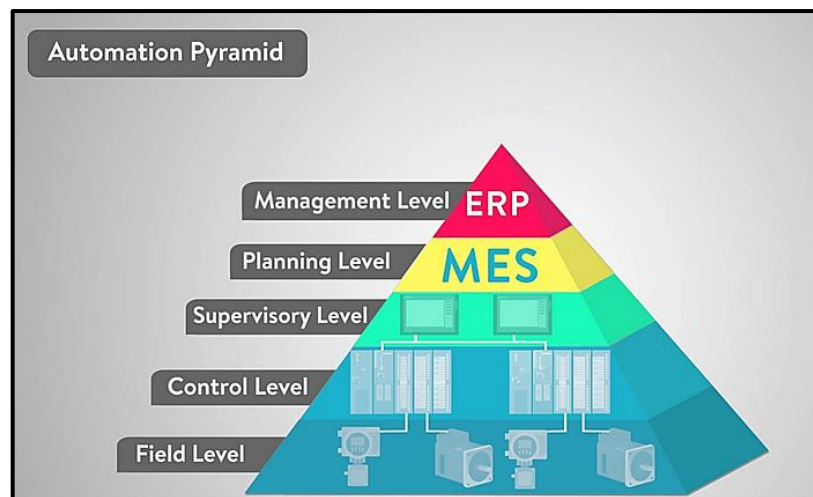
O sistema PIMS possui a possibilidade de monitoramento em tempo real das condições operacionais da planta, além da ferramenta ser utilizada para análise estatística e previsão de tendências avançadas, acompanha o desempenho de ativos e equipamentos ao longo do tempo e facilita a geração de relatórios personalizados para análise retrospectiva.

O Sistema PIMS é um conjunto de software e hardware projetado para coletar, armazenar, organizar e fornecer informações relevantes sobre processos industriais em uma instalação, como uma fábrica ou planta de produção. Ele é usado para capturar dados de sensores, controladores e outros dispositivos de automação e transformá-los em informações úteis para operadores, engenheiros e tomadores de decisão.

2.3 Pirâmide da automação industrial

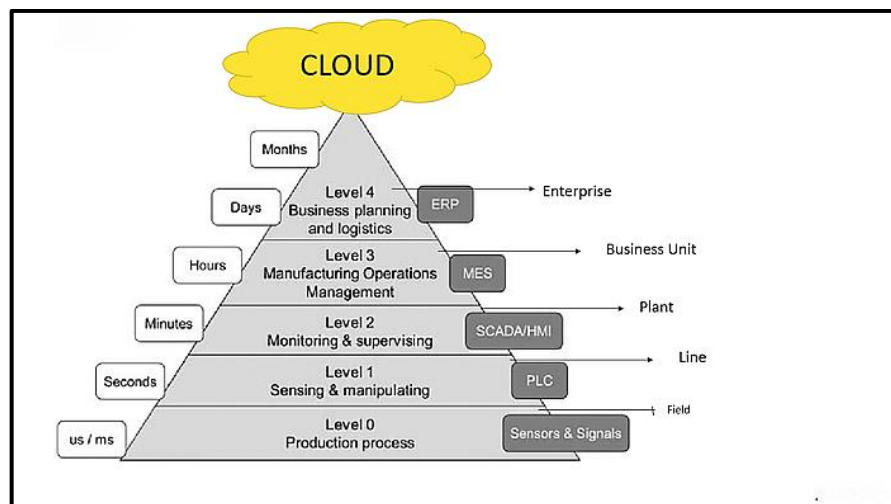
A pirâmide da automação industrial é uma representação visual utilizado nas indústrias para separar de maneira hierárquica cada camada de controle existentes nos processos industriais, sendo criada na década de 80, suas camadas são divididas em cinco níveis distintos, sendo a base chão de fábrica até o topo da pirâmide representado pelos setores corporativos. Através da Figura 3, observa-se a representação da pirâmide da automação e os seus respectivos níveis, sendo eles:

Figura 3 – Pirâmide da automação



Fonte: Kumar (2019).

Figura 4 – Níveis da automação



Fonte: Kumar (2019).

Nível 0: Encontram-se os dispositivos de chão de fábricas e a atuação dos operadores, são os responsáveis primários pelo envio e coleta de dados de produção, através de dispositivos de coletas simples, como por exemplo, sensores, válvulas, motores, transmissores etc.

Nível 1: Têm-se os dispositivos mais modernos como os CLPs, computadores e microcontroladores, são os responsáveis por controlar os dispositivos do nível 0.

Nível 2: Encontram-se as IHMs e os sistemas supervisórios como o SCADA, onde os dados do nível 1 são armazenadas em bancos, onde é feito o monitoramento de tudo que ocorre nas máquinas e equipamentos do chão de fábrica.

Nível 3: Nesta camada encontram-se o MES e o PIMS, tem como objetivo rastrear os dados de campos e utilizá-las para melhorar a eficiência de fabricação, identificando e eliminando os gargalos.

Nível 4: No topo da pirâmide têm-se os sistemas ERP, sendo o mais conhecido o SAP, nele é onde as principais decisões são criadas, onde a partir do ERP é feito a ordem de produção, volumes a serem produzidos, quantidade de matéria prima utilizada, parada de máquina etc.

Segundo Edilson Cravo (2021) entende-se que a pirâmide de automação traz luz aos profissionais do setor para que, cada vez mais, possam compreender e aperfeiçoar o seu trabalho na indústria.

2.4 Ambiente Virtual

Uma Máquina Virtual é um software que emula um computador dentro de outro. Isso permite que um sistema operacional seja executado como se fosse um aplicativo dentro de outro sistema operacional hospedeiro. A principal finalidade das máquinas virtuais é fornecer um ambiente isolado e independente, permitindo a execução de diferentes sistemas operacionais em uma única máquina física.

O componente chave em uma máquina virtual é o hypervisor, também conhecido como monitor de máquina virtual. Ele é responsável por criar e gerenciar as máquinas virtuais. Existem dois tipos principais de hypervisors: o *Type 1*, que é executado diretamente no hardware, e o *Type 2*, que é executado como um aplicativo dentro de um sistema operacional hospedeiro.

Cada máquina virtual contém sua própria instância isolada de um sistema operacional e recursos de hardware virtualizados, como CPU, memória RAM, armazenamento e adaptadores de rede. Esses recursos são atribuídos à máquina

virtual pelo hypervisor, dessa forma desenvolvedores podem usar máquinas virtuais para testar aplicativos em diferentes ambientes sem a necessidade de hardware físico separado. Além da possibilidade das empresas consolidarem vários servidores físicos em um único servidor físico por meio do uso de máquinas virtuais, o que pode economizar espaço e energia.

As máquinas virtuais são usadas para isolar aplicativos e serviços, garantindo que um problema em um ambiente não afete outros. Com isso as VMs são usadas em estratégias de recuperação de desastres, permitindo a rápida restauração de ambientes virtuais e com isso otimizando o uso de recursos. Em resumo, as máquinas virtuais são uma tecnologia fundamental para a virtualização, oferecendo uma gama de benefícios, desde a eficiência no uso de recursos até a flexibilidade na execução de diferentes ambientes operacionais em uma única infraestrutura física.

Figura 5 – Representação dos ambientes de sistemas



Fonte: Ribeiro (2022).

O Ambiente virtual é dividido em três tipos de ambiente virtuais, conforme observa-se na Figura 5, sendo eles:

- Ambiente de desenvolvimento: Durante o período de desenvolvimento os desenvolvedores utilizam-se do ambiente de desenvolvimento com o objetivo de identificar e corrigir problemas antes que atinjam os usuários finais.

- **Ambiente QA/Homologação:** Testes de desempenho podem ser conduzidos no Ambiente de Homologação para avaliar como o sistema se comporta sob carga simulada. Permitindo-se ajustes e otimizações para garantir que o sistema opere de maneira eficiente quando estiver em uso real. Os sistemas muitas vezes dependem de integrações com outras aplicações e serviços, assim sendo o ambiente de homologação é um espaço seguro para validar essas integrações, garantindo que todos os componentes funcionem harmoniosamente. Outras funcionalidades para qual o ambiente de homologação é utilizado para treinar equipes e documentar procedimentos operacionais. Isso garante que as equipes estejam familiarizadas com o sistema antes que ele seja implementado em produção

Serve como uma área de teste onde os desenvolvedores, testadores e outros profissionais podem realizar verificações extensivas, garantindo que o software atenda aos requisitos especificados e funcione de maneira confiável

- **Ambiente Produção:** Após as validações dos testes em ambiente de homologação todos os desenvolvimentos são transferidos para o ambiente de produção para que seja liberado para uso por partes dos usuários finais.

2.5 SQL Server Management

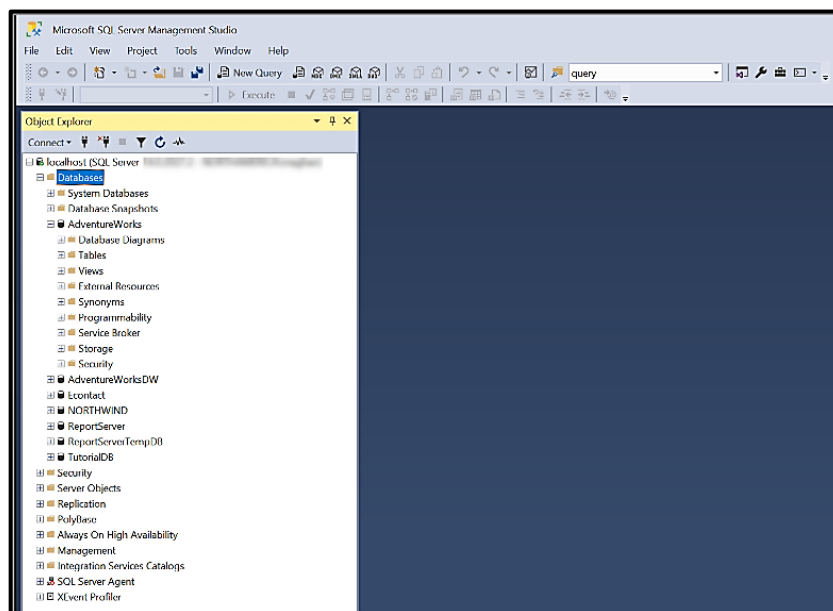
O SQL Server Management Studio (SSMS) é uma ferramenta de gerenciamento e desenvolvimento da Microsoft utilizada para administrar instâncias do Microsoft SQL Server. Ela oferece uma interface gráfica para realizar diversas tarefas relacionadas ao banco de dados e permite a execução de consultas SQL. O SSMS permite conectar-se a instâncias do SQL Server, tanto localmente quanto remotamente. Isso é essencial para administradores e desenvolvedores que precisam acessar bancos de dados hospedados em servidores SQL.

O SSMS oferece um desenvolvimento organizado com uma visão hierárquica dos objetos do banco de dados, como tabelas, stored procedures, views e triggers, facilitando a navegação e a administração dos elementos do banco de dados. Além

de permitir a criação, edição e execução de consultas SQL. O editor fornece destaque de sintaxe, autocompletar e outras funcionalidades que tornam o desenvolvimento de consultas mais eficiente.

Possui uma interface de desenvolvimento simples, como nota-se na Figura 6, tornando assim útil para os desenvolvedores que preferem uma abordagem visual ao projetar o esquema do banco de dados. Dentro do SQL possui uma funcionalidade de administração de usuários, funções e permissões, onde os administradores podem conceder ou revogar acessos, garantindo a segurança dos dados apenas para pessoas autorizadas.

Figura 6 – Tela do SQL Server Management



Fonte: Microsoft (2023b).

2.5.1 Linguagem SQL

A linguagem SQL (*Structured Query Language*) é uma linguagem de programação projetada para gerenciar e manipular bancos de dados relacionais. Desenvolvida na década de 1970, SQL se tornou a linguagem padrão para interação com sistemas de gerenciamento de banco de dados (SGBD). Sua popularidade cresceu devido à sua simplicidade, flexibilidade e eficácia na execução de operações complexas em grandes conjuntos de dados.

Para o desenvolvimento no SQL a ferramenta oferece uma gama de comandos para realizar diferentes operações dentro dos bancos de dados. Os comandos mais básicos incluem:

SELECT: Utilizado para recuperar dados de uma ou mais tabelas;

INSERT: Adiciona novos registros a uma tabela. Sintaxe;

UPDATE: Modifica os valores de registros existentes em uma tabela;

DELETE: Remove registros de uma tabela.

Dentro do SQL é possível definir a definição de restrições para garantir a integridade dos dados. As restrições incluem:

PRIMARY KEY: Identifica exclusivamente cada registro em uma tabela.

FOREIGN KEY: Estabelece uma relação entre duas tabelas, referenciando a chave primária de uma tabela em outra.

CHECK: Impõe condições para os valores que podem ser inseridos em uma coluna.

Além dos comandos básicos, o SQL oferece operações avançadas para manipulação e análise de dados, como:

JOIN: Combina dados de duas ou mais tabelas com base em uma condição específica.

GROUP BY: Agrupa registros com base em valores comuns em uma ou mais colunas.

HAVING: Filtra registros agrupados com base em condições específicas.

ORDER BY: Classifica os resultados com base em uma ou mais colunas.

O SQL suporta transações, permitindo a execução de uma ou mais instruções como uma unidade atômica. Isso garante consistência e integridade dos dados, mesmo em situações de falha. Além disso, SQL incorpora mecanismos de controle de concorrência para lidar com múltiplos usuários que acessam simultaneamente o banco de dados.

2.5.2 SQL Report Builder

O SQL Report Builder é uma ferramenta integrada com SQL de criação de relatórios personalizados, com a integração com os bancos de dados do SQL Server Management é possível criar relatórios interativos e atraentes a partir de fontes dados variáveis. Os relatórios criados no SQL Server Report Builder podem ser

publicados e gerenciados no SSRS, proporcionando uma solução completa para relatórios empresariais.

Com uma interface gráfica amigável o Report Builder facilita a criação de relatórios sem a necessidade de conhecimento avançado em linguagens de programação, além de suportar conexão com diversas fontes de dados, incluindo bancos de dados relacionais, como o SQL Server, Oracle, bem como fontes de dados não relacionais e fontes de dados baseadas em serviços web.

Possui um processo de designer de relatórios simplificada, através de um método que permitem arrastar e soltar elementos, como tabelas, gráficos, imagens e parâmetros, facilitando a disposição visual dos dados, assim sendo é possível a criação de relatórios paginados, que são tradicionais e impressos, e de relatórios interativos, além disso com o Report Builder tem a possibilidade dos usuários utilizarem expressões e fórmulas para realizar cálculos diretamente no relatório para a formatação condicional e manipulação de dados.

2.6 Linguagem XML

A linguagem XML é uma linguagem de marcação, criada para armazenar e transportar dados de forma legível tanto por máquinas quanto por humanos. XML tem como significado *Extensible Markup Language*, Projetada para ser autoexplicativa e extensível, o que significa que os usuários podem definir suas próprias tags e estruturas de documento conforme necessário.

As principais características da linguagem XML são as seguintes, as instruções XML são marcadas por tags, onde são cercadas por colchetes angulares ``< >``, geralmente são usadas em pares de abertura e fechamento, como ``<tag>conteúdo</tag>``, o conteúdo entre as tags pode ser qualquer tipo de dados, incluindo texto, números, datas, etc.

Os documentos XML têm uma estrutura hierárquica, organizada em uma árvore, ou seja, elementos podem conter outros elementos, criando relações pais e filhos. Por exemplo:

```
< Pessoa >  
  < nome > João </ nome >  
  < idade > 30 </ idade >  
</ Pessoa >
```

Além do conteúdo entre as tags, os elementos podem ter atributos, os atributos fornecem informações adicionais sobre um elemento. Como observa-se abaixo.

```
<carro modelo="sedan" cor="azul">Toyota</carro>
```

O início de um documento XML pode incluir uma declaração que define a versão do XML sendo usada e a codificação de caracteres.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
```

XML suporta namespaces para evitar conflitos de nomes entre diferentes partes de um documento XML.

```
<h:head xmlns:h="http://www.w3.org/1999/xhtml">
```

```
<h:title>Exemplo de XML</h:title>
```

```
</h:head>
```

2.7 Cálculo de OEE

O OEE é uma métrica utilizada para avaliar a eficiência global de equipamentos industriais, fornecendo uma medida abrangente do desempenho operacional, considerando três fatores principais: Disponibilidade, Desempenho e Qualidade. O cálculo do OEE é uma prática comum na gestão da produção e manufatura, sendo uma ferramenta valiosa para identificar oportunidades de melhoria e otimização. O OEE varia de 0% (sem eficiência) a 100% (eficiência máxima). Um OEE de 85% é considerado um benchmark de classe mundial para operações de manufatura.

A Disponibilidade é a representação do tempo em que o equipamento está disponível e pronto para operar em relação ao tempo total programado. A fórmula para calcular a Disponibilidade é a seguinte:

$$Disponibilidade = \left(\frac{Tempo\ Real\ de\ Produção}{Tempo\ Total\ Programado} \right) * 100\% \quad (1)$$

O Desempenho ou Performance refere-se à eficiência do equipamento em relação à sua velocidade ideal. É calculado considerando a taxa de produção real em comparação com a taxa de produção padrão. A fórmula é dada por:

$$Desempenho = \left(\frac{Taxa\ de\ Produção\ Real}{Taxa\ de\ Produção\ Padrão} \right) * 100\% \quad (2)$$

A Qualidade tem como objetivo avaliar a qualidade dos produtos fabricados pelo equipamento, levando em conta o número de produtos bons em relação ao número total de produtos produzidos. A fórmula para calcular a Qualidade é:

$$Qualidade = \left(\frac{\text{Número de Produtos Bons}}{\text{Número Total de Produtos Produzidos}} \right) * 100\% \quad (3)$$

Dessa forma o cálculo do OEE então é obtido multiplicando-se os três fatores:

$$OEE = Disponibilidade * Desempenho * Qualidade \quad (4)$$

A sua aplicação dentro de uma indústria é vasta sendo utilizado para monitorar e melhorar o desempenho de linhas de produção, máquinas individuais ou até mesmo instalações fabris inteiras. Ao identificar as áreas de baixo desempenho nos componentes de Disponibilidade, Desempenho e Qualidade, as empresas podem direcionar esforços para melhorar processos, reduzir tempos de inatividade, aumentar a velocidade de produção e aprimorar a qualidade dos produtos. Através da figura 7 identifica-se algumas perdas quando se trata de OEE, separado por colunas das 6 grandes perdas, fator OEE, perdas OEE e exemplos.

Figura 7 – Perdas de OEE



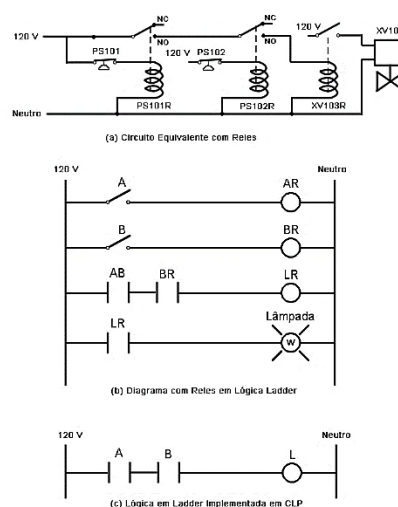
Fonte: Silva (2024).

2.8 CLP

Os Controladores Lógicos Programáveis são dispositivos eletrônicos utilizados para controlar processos industriais e sistemas automatizados. Eles desempenham um papel crucial na automação industrial, permitindo a execução de tarefas complexas de controle e monitoramento. As principais funcionalidades de um CLP dentro da indústria é o controle de processo, projetado com o objetivo de controlar uma ampla variedade de processos industriais, desde linhas de produção até sistemas de manufatura, permite-se a programação de temporizadores e sequenciadores para coordenar eventos em processos complexos, com eles é possível a comunicação com sensores e atuadores para coletar dados do ambiente e acionar dispositivos físicos. Podem ser integrados a sistemas mais amplos, como Sistemas de Controle Distribuído (DCS) e Sistemas de Gerenciamento de Manufatura (MES). Oferecem recursos avançados de diagnóstico e monitoramento, facilitando a identificação rápida de falhas.

Os CLPs recebem informações por meio de entradas digitais ou analógicas, processam essas informações usando uma lógica programada e acionam saídas correspondentes para controlar os dispositivos no ambiente industrial. A programação utilizada nos CLPs são as linguagens de programação ladder, como mostra a figura 8, textual ou gráfica, onde através de definições das condições lógicas é determinado o comportamento do sistema.

Figura 8 – Representação do circuito com reles (a), diagrama com reles em lógica ladder (b) e linguagem ladder implementada em CLP (c) para a lógica OU



Fonte: Silveira (2016).

O seu modo de operação utiliza-se de um ciclo de varredura, onde leem as entradas, executam o programa lógico, e atualizam as saídas em uma sequência contínua. Além de possuírem memória para armazenar programas, dados de configuração e valores temporários, permitindo a retenção de informações mesmo em caso de falha de energia. Muitos CLPs suportam comunicação em rede para trocar dados com outros dispositivos e sistemas de controle.

3 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

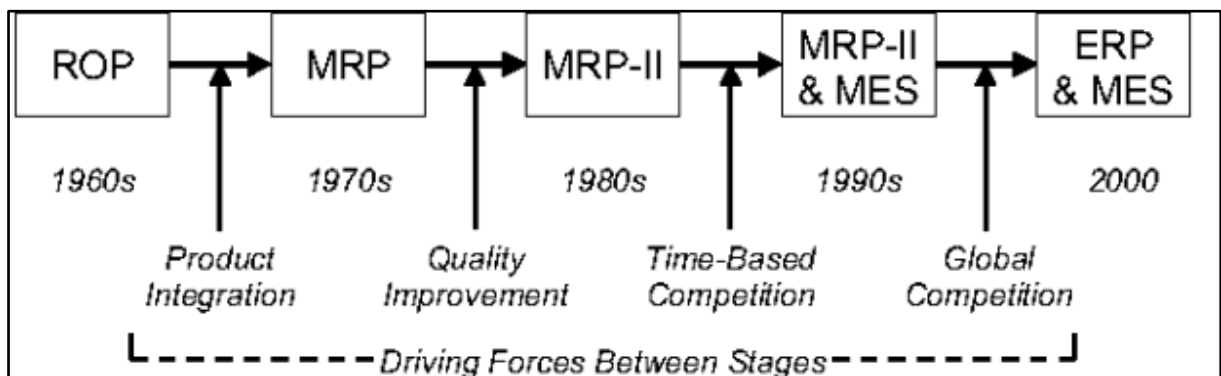
Os trabalhos que foram utilizados como referência para o desenvolvimento com foco na implementação do sistema MES em outros projetos estão apresentados a seguir.

3.1 HIRAI, 2022 SISTEMA MES (MANUFACTURING EXECUTION SYSTEM): Estudo Das Vantagens Da Aplicação Nas Indústrias

O trabalho de conclusão de curso apresentado realizou-se uma análise do sistema MES e as suas vantagens para uma indústria de manufatura, utilizando-se de análises qualitativa de dados e informações, levou-se em consideração as características, finalidades, equipamentos na linha industrial para que o sistema MES funcione, além do entendimento do seu papel dentro da pirâmide industrial (Hirai, 2022).

No estudo mostrou-se que conforme os anos se passaram os sistemas de controle e planejamento da manufatura foram se desenvolvendo a cada estágio, buscando melhorias, evidenciado nas figuras 9 e 10. Chegando aos dias atuais com a integração do ERP com o sistema MES, em conjunto com os dados de produção, melhorou a qualidade, aumentou de produtividade, assim sendo ofertando-se uma competitividade global entre empresas de manufatura (Hirai, 2022).

Figura 9 – Evolução dos sistemas de controle e planejamento da manufatura ao decorrer das décadas.



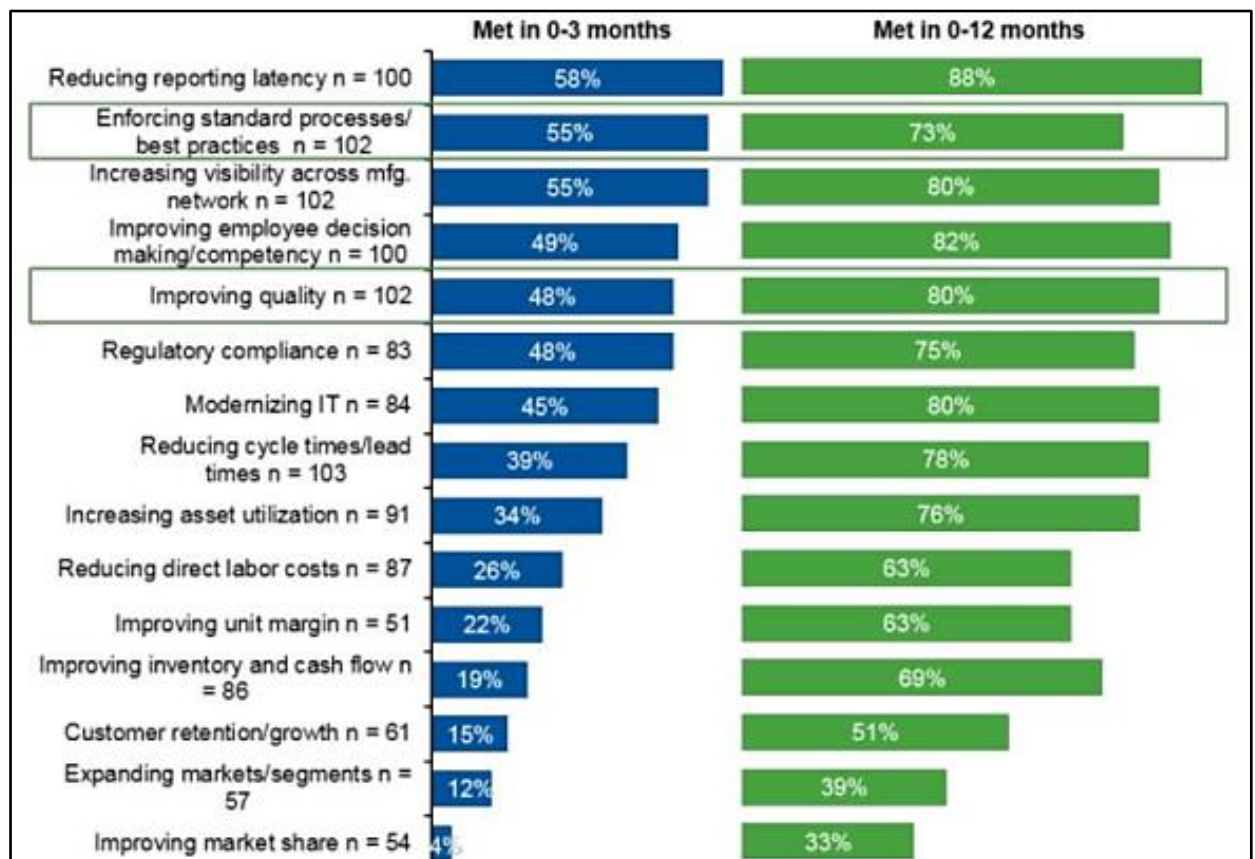
Fonte: Rondeau e Litteral (2001).

Uma pesquisa feita pela associação Manufacturing Enterprise Solutions Association (MESA), com empresas que aplicaram o MES em seus processos fabris, tiveram resultados muito significantes em três meses de uso, como observa-se na Figura 12. Sendo eles:

- Redução no atraso do reporte de informações;
- Aplicação de processos padrões/melhores práticas;
- Aumento da visibilidade por meio da network da área de manufatura
- Melhoria nas decisões tomadas dos colaboradores;
- Melhoria da qualidade;
- Conformidade nos regulamentos.

Além disso na Figura 12 observou-se os benefícios do uso do sistema MES de forma contínua durante 12 meses registrou-se resultados melhores em comparação com a utilização em um intervalo de três meses (Hirai, 2022).

Figura 12 – Resultados obtidos com o MES em diferentes empresas.



Fonte: Gartner (2016) *apud* Schwarz (2016).

3.2 CARVALHO ET AL., 2005 Sistema Pims Conceituação, Usos E Benefícios

O artigo teve como objetivo apresentar o sistema PIMS, suas funcionalidades e vantagens, através da apresentação de um problema que ocorre em muitas indústrias como problemas de fragmentação de dados, de forma a dificultar a visualização unificada do processo produtivo. E dessa forma divulgou-se como o sistema PIMS tornou-se uma ferramenta essencial como solução para estes problemas, pela sua capacidade de captação e visualização de dados em tempo real em forma de histórico de processo.

A utilização do sistema PIMS é a base para a implantação de outros módulos de software como reconciliador de dados, sistema especialista, MES (Manufacturing Execution System) e Supply Chain Manager e facilita a integração de sistemas ERP (Enterprise Resource Planning) com o chão de fábrica.

Os principais benefícios gerados pela implantação de um sistema PIMS listados por Carvalho et al. (2005) são:

- Centralização de dados de processo: Os sistemas PIMS concentram toda informação em uma única base de dados de forma a permitir uma melhor correlação e análise sobre estes dados.
- Democratização da informação: O PIMS possibilita que qualquer usuário tenha acesso aos dados da planta instantaneamente.
- Visualização do processo produtivo em tempo real: Tal visualização pode ser feita de diversas formas, como: gráficos de tendências, gráficos XY, relatórios dinâmicos, telas sinóticas, aplicações Web, etc.
- Maior interatividade com os dados do processo: Ferramentas simples, mas poderosas permitem a realização de cálculos, estudos estatísticos e lógica de eventos utilizando os dados do processo.
- Histórico de dados: Capaz de armazenar até 15 anos de dados de processo.

- Receita e processo: Os sistemas PIMS permitem identificar e armazenar os dados correspondentes ao melhor resultado obtido na produção, para que estes sirvam como referência às interações futuras.

O histórico dos sistemas PIMS têm capacidade de realizar aquisição de dados de diversas fontes alternativas. Atualmente o sistema PIMS possuem interfaces para os sistemas mais atuais do mercado.

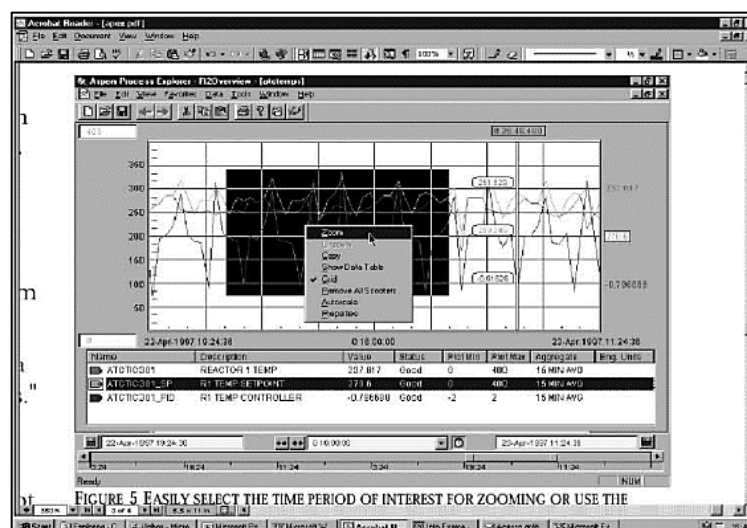
Os dados podem ser lidos ciclicamente pelo PIMS ou enviados por iniciativa do dispositivo de campo, sendo o seu armazenamento feito em um repositório de dados temporal, podendo ser configurado de acordo com o usuário, e dessa forma é possível recuperá-los facilmente.

A sua capacidade de armazenar dados de até 15 anos se deve ao fato de invés de mostrar os dados em intervalos fixos, no que muitas vezes possa haver perda de dados, o sistema PIMS mostram os dados nos pontos certos da curva, ou seja, quando a mudanças significativas acontecendo. Com isso consegue-se uma alta taxa de compressão sem perda da qualidade de dados.

Segundo Carvalho et al. (2005) com o sistema PIMS temos funcionalidades com foco na extração, consulta e visualização de dados, sendo elas.

- Interagir com o usuário para solicitar queries no SQL sobre os dados armazenados.
- Definir e exibir gráficos de tendência e gráficos XY, figura 13.

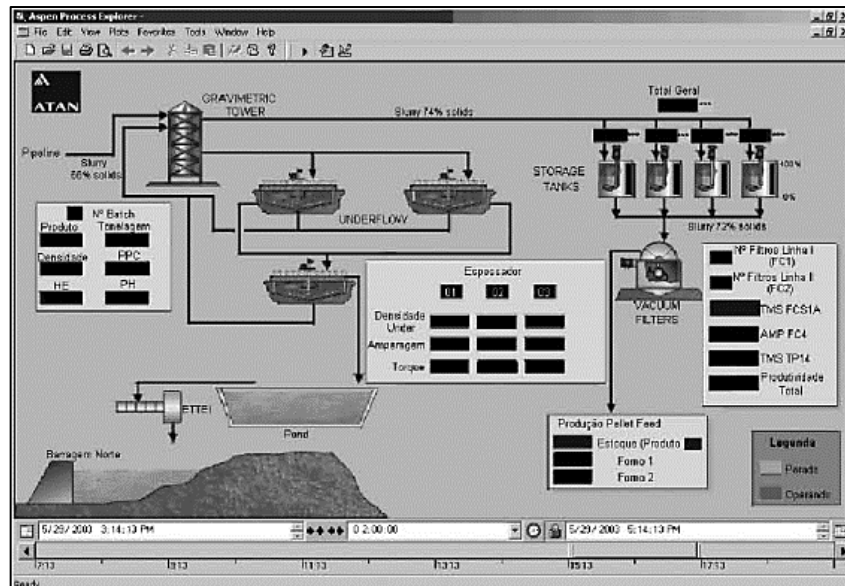
Figura 13 – Gráfico de Tendência no PIMS.



Fonte: Carvalho et al. (2005)

- Definir e exibir sinópticos com animações gráficas em tempo real ou históricas, figura 14.

Figura 14 – Sinóptico de Processo.



Fonte: Carvalho et al. (2005)

- Exportar dados para planilhas e outros aplicativos desktop, figura 15.

Figura 15 – Relatório no Excel.

Dados_Lab.xls						
DADOS DE LABORATÓRIO						
Sub-area				Elemento	Unidade	Valor
Ponto E1				pH		13,80
Piscina Ali				pH		3,00
Controle FEAM				pH		27,04
Efuentes Líquidos Ind. - Ponto E1				Óleos Grexas	mg/l	14,07
				Sólidos suspensos	mg/l	14,07
				DQO	mg/l	41,40
				DBO	mg/l	43,70
				ABS	mg/l	0,17
SF1				Q2	mg/l	41,00
				Cond. Elétrica	Nohms	41,54
SF4				Turbidez	NTU	41,54
				Q2	mg/l	41,04
				Cond. Elétrica	Nohms	15,65
				Turbidez	NTU	14,85

Fonte: Carvalho et al. (2005)

Como grande parte dos processos incluem etapas de bateladas, foram incluídos módulos para gerenciamento do processo e de ordem de fabricação de bateladas. Na função de rastreamento os módulos de bateladas dos PIMS têm se mostrado muito úteis, possibilitando correlacionar cada batelada com os seus dados de processo.

Com os resultados obtidos por Carvalho et al. (2005), muitos desses módulos realizam função de MES. Porém, é importante deixar claro que, para um pleno gerenciamento do processo produtivo, deve-se limitar a utilização do PIMS à coleta e tratamento dos dados de processo. Caso seja necessário implementar alguma lógica mais complexa neste gerenciamento aconselha-se a utilização de um sistema MES dedicado.

3.3 Desenvolvimento De Sistema Pims E Mes Para Tratamento De Efluentes

O presente trabalho apresentado por Salatiel et al. (2009), tem como objetivo demonstrar o processo de tratamento de efluentes do Complexo Industrial de Camaçari e como lida com muitos dados desde a saída de mais de 100 plantas industriais, passando pela estação de tratamento, até a disposição final do oceano, e com isso implementar ferramentas que possibilitem maior armazenamento de dados e integração entre diversos sistemas de informação, diminuindo a distância entre o chão de fábrica e a gestão de negócio.

Para o desenvolvimento do trabalho seguiu-se com as seguintes etapas:

- Levantamento das necessidades de informação do processo de tratamento de efluentes. Avaliação das planilhas eletrônicas atualmente utilizadas e verificação das melhorias necessárias no sistema supervisorio que possibilitem a coleta automática de dados, quando possível.
- Análise das soluções de TA e TI existentes na empresa e disponíveis no mercado, de modo a utilizar e desenvolver ferramentas integradas e que possibilitem uma avaliação do real desempenho do processo e do negócio.
- Especificação dos sistemas a serem implantados e/ou desenvolvidos para chegarmos ao objetivo proposto.

- Desenvolvimento e implementação dos sistemas.

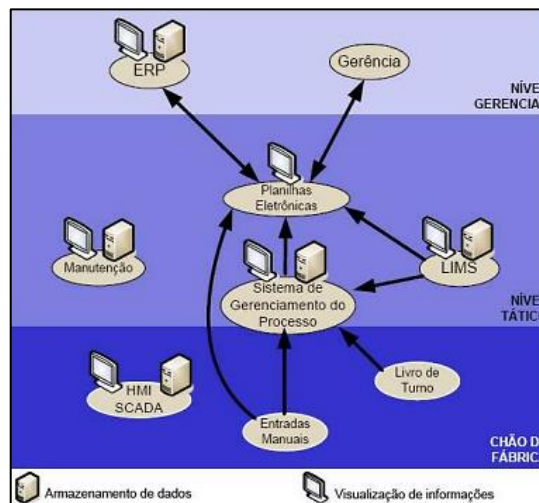
O atual cenário da engenharia de processo da Estação de Tratamento de Efluentes dispunha de diversos sistemas, sendo eles muitas vezes proprietários e inacessíveis, para acompanhamento de seus processos. Dessa forma alguns problemas apresentados por Salatiel et al. (2009) se deve ao fato de não apresentar convergência de suas informações, o que resulta em uma “colcha de retalhos” de informações, dificultando uma visão global do processo e do negócio. Por este motivo, o processamento de informações para monitoramento e controle de processo é lento, depende de muitas intervenções manuais e dificilmente permite uma ação preventiva. As fontes de dados apresentam-se dispersas e, na maioria das vezes, não se comunicam, dependendo de uma duplicação de dados em sistema corporativo para tornar possível a geração de informação a partir do tratamento de dados proveniente de fontes diversas. Por muitas vezes o processo de duplicação manual representa uma perda do registro de eventos importantes.

Antes da implementação do novo sistema os dados de campo são coletados de diferentes fontes, sendo eles:

- Sistema IHM/SCADA, e dessa forma apenas os dados mais importantes do processo são armazenados pelo historiador, além da sua baixa capacidade de armazenamento de dados, sendo possível no máximo três meses de armazenamento, dessa forma dificultando análises que dependem de um maior tempo de avaliação. Segundo Salatiel et al. (2009) devido a baixa integração dos sistemas, diversos valores lidos por instrumentos em campo são duplicados em um sistema corporativo de gerenciamento de processos ou em planilhas eletrônicas para cálculo de índices de acompanhamento de processo e performance (KPIs).
- Livro de Turno, é a segunda porta de entrada de dados lidos em campos pelos operadores, onde são anotados os registros de forma qualitativa.

Após a leitura dos dados os operadores preenchem planilhas que fazem cálculos de conversão de medidas ou que geram informações para auxiliar no processo (Salatiel et al. 2009), na figura 16 têm-se o fluxo do processo entre os sistemas da empresa e como se encontram dispersos.

Figura 16 – Fluxo de informação atual.

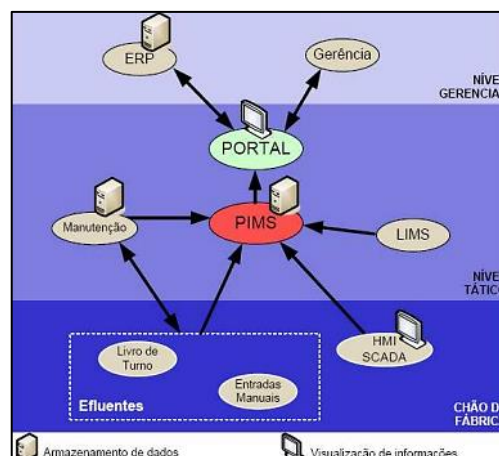


Fonte: Salatiel et al., (2009).

Com essa falta de integração entre ferramentas Salatiel et al. (2009) pontuou que um dos problemas encontrados é a demora para uma tomada de decisões, geram informações menos valiosas quando isoladas e dificultam o processo de encontrar as informações necessárias.

Com o objetivo de integrar os sistemas apresentados anteriormente e eliminar a utilização de diversos sistemas e planilhas eletrônicas, investiu-se em um sistema PIMS e na construção de um sistema para integração de informações de operação e manutenção, com os resultados obtidos será construído um Portal para disponibilização de informações para acompanhamento do processo e gerenciamento de unidade, como mostrado na figura abaixo.

Figura 17 – Fluxo de informação do projeto



Fonte: Salatiel et al., (2009).

A primeira etapa do desenvolvimento constitui-se na construção de um programa que integrará dentro de uma única aplicação diversas funcionalidades do sistema de gerenciamento do processo, para o sistema corporativo de contratos, medição e faturamento, denominado de módulo Efluentes, auxiliando na obtenção e manutenção de dados para a construção de funcionalidade MES. Os dados gerados neste módulo serão armazenados dentro do sistema PIMS e visualizado dentro do Portal.

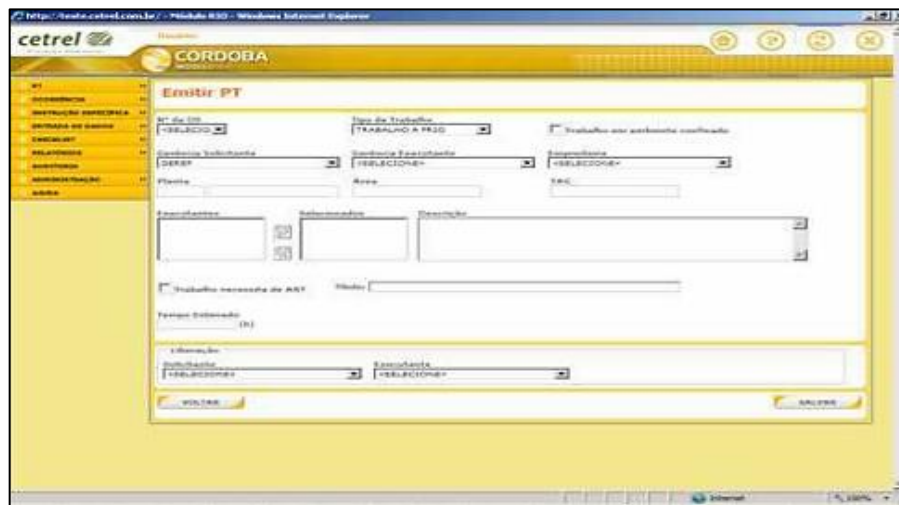
Para substituir o antigo Livro de Turno e Entradas Manuais criou-se o módulo Efluentes, onde haverá uma seção para registro de instruções específicas de engenharia e supervisão, registros manuais de dados de campo, controle da equipe de trabalho, gerenciamento de PTs (Permissão de Trabalho) e o registro de ocorrências.

O supervisor da unidade utilizando a seção de instruções específicas registrará as instruções rotineiras ou pontuais a serem executadas pelas equipes de operação, desta forma, as instruções será mostrada para o operador todo início de turno através de uma tela de computador.

Os dados serão inseridos no sistema de duas fontes diferentes sendo o primeiro, a entrada manual de dados de campo servirá para que o operador insira dados lidos em campo (dentro da Unidade), onde não há instrumentação em comunicação com CLP e os dados lidos nos sites dos clientes, e o segundo método são os valores inseridos no módulo e armazenados em TAGs dentro do PIMS, assim sendo possível o acompanhamento do histórico de dados.

O sistema Efluentes possui mais duas funcionalidades, sendo uma delas relacionada à atividade de manutenção e segurança de processo, chama-se seção de Gerenciamento de PTs, que será uma ferramenta para geração, revalidação e baixa de PTs, onde existe uma conexão ao sistema da manutenção e cada PT é associada a uma OS. E a funcionalidade mais importante é o registro de ocorrências, uma área onde haverá o reporte de todas as ocorrências dos turnos de trabalho, classificando-as como ocorrências operacionais, de meio ambiente, segurança ou de manutenção, associando os eventos a filtros de Planta, área e TAG do equipamento.

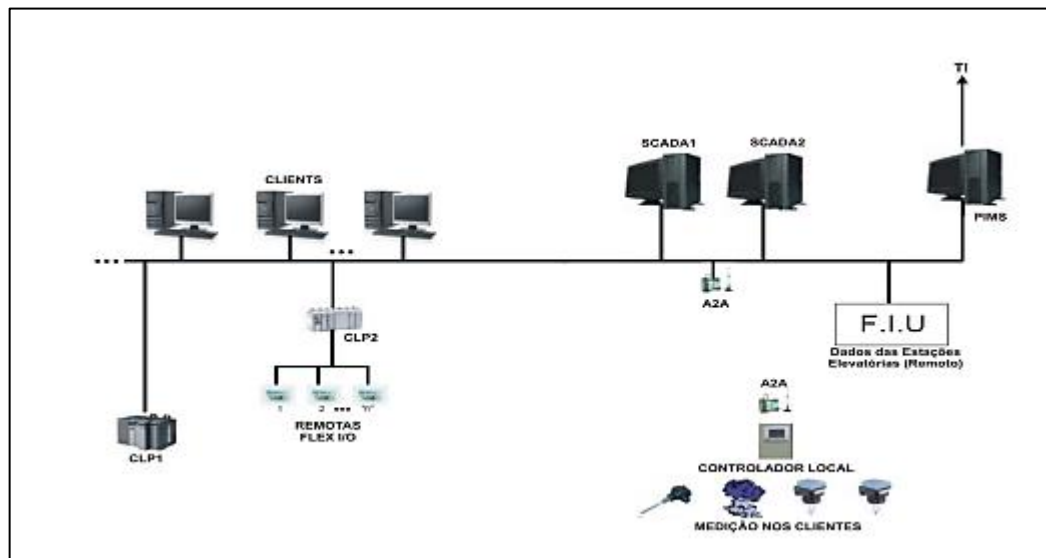
Figura 18 – Tela do módulo Efluentes.



Fonte: Salatiel et al., (2009).

Será implementado um PIMS para armazenamento dos dados de processo, laboratório e as entradas manuais de dados, com isso centralizando todos os dados em um único banco de dados temporal, este banco permitirá um armazenamento mais eficaz dos dados, por maior período e acesso mais ágil às informações.

Figura 19 – Arquitetura do sistema.



Fonte: Salatiel et al., (2009).

O PIMS estará conectado ao SCADA, que será operado em redundância para a aquisição de dados coletados pelo CLP, de acordo com modelo apresentado na figura 18 e definida pelo PDAI (Plano Diretor de Automação e Informação) da empresa.

O Portal será a ferramenta utilizada para a visualização dos dados armazenados no PIMS, e de outros bancos de dados. Foi definido juntamente com a equipe de engenharia da estação de tratamento as telas que serão construídas, que estará as informações referentes a todo o processo desde o chão de fábrica até dados laboratoriais. Além de tela com informação sobre o KPIs de disponibilidade, qualidade, desempenho e consumo de energia elétrica.

Concluiu-se com o término do projeto que foi de elevada importância para o aumento da competitividade dos clientes. A execução deste sistema, aliada a outros projetos em desenvolvimento, será fundamental para que a empresa se torne autossuficiente energeticamente, reduzindo drasticamente seus custos e conferindo alta competitividade ao Complexo Industrial de Camaçari.

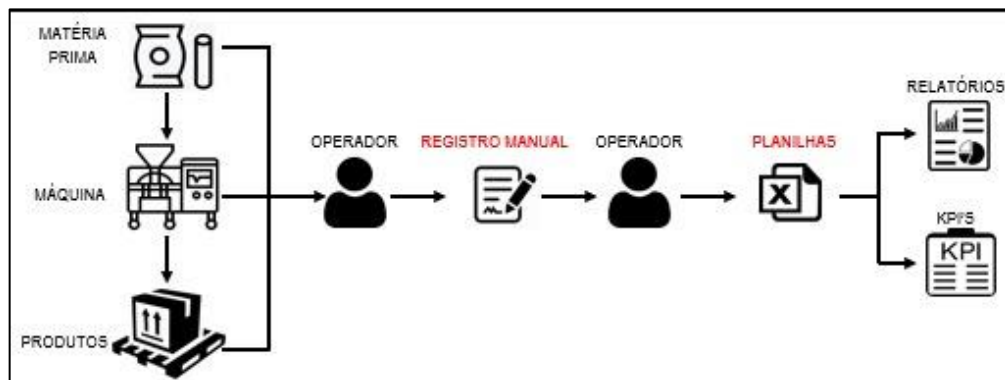
Eliminando as ilhas de informações e permitindo a disponibilização global das informações para a engenharia, garantirá um gerenciamento mais eficaz no tratamento de efluentes. Com a disponibilidade dos dados em tempo real das informações relativas ao tratamento de efluentes, os clientes se beneficiarão com esses dados em caso de auditoria ambientais.

4 DESENVOLVIMENTO

O projeto teve como foco a aplicação do sistema MES juntamente com o sistema PIMS na planta de uma empresa no ramo alimentício localizado no interior de São Paulo, com foco na automatização de processos, rastreabilidade de produtos e cálculo de OEE, através de dados vindos diretos do campo e sendo tratados pelo sistema PIMS e a gestão sendo feita através do MES.

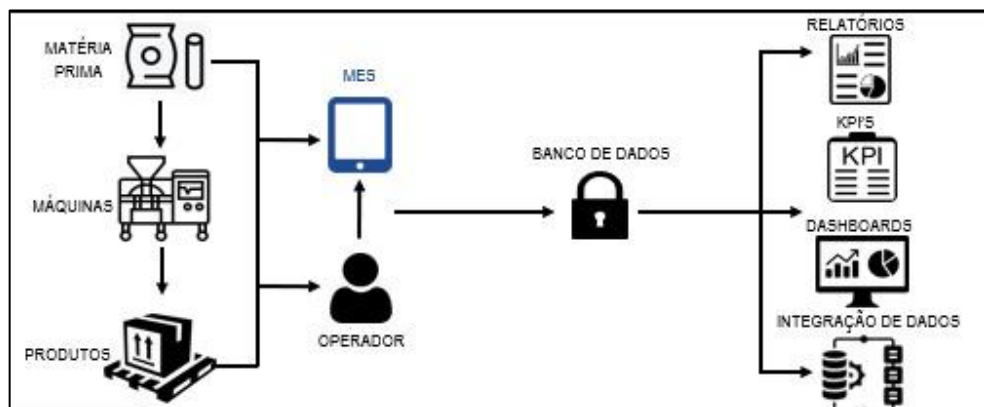
A chegada do MES teve como objetivo melhorar a gestão de dados interna, automatizando procedimentos que antigamente eram feitas de formas manuais pelos operadores de linha, ou pela equipe de gestão dos dados, podendo ocorrer dados incoerentes e incorretos, dessa forma impactando os resultados gerados pela linha de forma negativa. Além da substituição de sistemas e softwares antigos e obsoletos que não possuem conectividade entre sistemas e dessa forma apesar de haver processos automáticos a anotação de dados continuam em manual.

Figura 20 – Processo antes da aplicação do sistema MES.



Fonte: Autoria própria

Figura 21 – Processo pós aplicação do sistema MES.



Fonte: Autoria própria

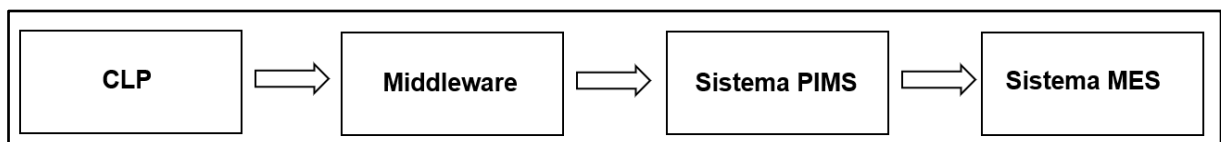
A aplicação e expansão do sistema dentro da planta foi feita de forma gradual, com foco inicial em apenas uma linha piloto, onde a mesma encontra-se dividida em três diferentes áreas, sendo elas:

- Mistura: Área responsável pela pesagem e adição de matéria-prima, onde o foco do projeto será a rastreabilidade da matéria-prima e contabilidade de perdas, com informação de dados de produção vindo de um sistema ERP, além de substituição de checklists de processos que atualmente são preenchidos manualmente pelos operadores, pela coleta automática do sistema de quantidade de produtos pesados.
- Envase e Encaixotamento: Área onde terá como foco principal no cálculo de OEE e na digitalização de checklists de processo, através de uma iniciativa de *paper less*. Na área do envase é composta por quatro máquinas de envase de matéria prima, uma embaladora, uma checadora de peso, um raio-x e uma máquina encaixotadora.

4.1 Requisitos Para A Coleta De Dados

Para uma planta se tornar uma indústria 4.0 é necessário ter os equipamentos de campo em rede para que seja possível a coleta de dados utilizando o PIMS com integração com o sistema MES. Esta conectividade tem como ponto primordial o chão de fábrica, através de instrumentos como sensores, motores, onde consegue-se a captação de sinais básicos das máquinas, sendo estado de ligado/desligado, contagem de produção, entre outros dados. Observa-se pela figura 22, o fluxo dos dados coletados no chão de fábrica até o Sistema MES.

Figura 22 – Fluxograma dos dados coletados.



Fonte: Autoria própria

- CLP: No fluxograma da figura 22, é possível configurar dentro do CLP os valores necessários por meio da linguagem Ladder e salvá-los dentro do bit de memória. Com isso, através da utilização de TAGs, os dados podem ser armazenados e dessa forma o transporte dos dados através dos Middleware é possível.
- Middleware: Os middleware são conhecidos como o meio de campo, onde através dele os dados coletados são encaminhados para diferentes softwares de tratamento de dados ou banco de dados.
- Sistema PIMS: Como forma de historiar os valores gerados no chão de fábrica é utilizado o PIMS para armazenamento e tratamento dos dados, para que seja enviado o MES.
- Sistema MES: O MES utiliza-se destes dados, onde através do monitoramento dos valores obtidos em tempo real, mostrar de forma objetiva como otimizar e melhorar o processo de produção.

4.2 Configuração Dos CLPS

Seguindo o fluxograma apresentado anteriormente na figura 22, o primeiro passo para as coletas de dados específicos das máquinas presentes no chão de fábrica, como o estado de máquina (ligado/desligado), contagem de produtos produzidos e descartados, entre outros, tem início nos CLPs e para isso utilizou-se o software Studio 5000 da fornecedora Rockwell. Atualmente os CLPs presentes nas máquinas de envase e encaixotadora são as CompactLogix e na máquina embaladora está presente a Micrologix ambos da fabricante Allen Bradley, apresentados respectivamente nas figuras 23 e 24.

Figura 23 – CLP CompactLogix 5480 Allen-Bradley.



Fonte: Rockwell Automation (2019)

Figura 24 – CLP MicroLogix 1400 Allen-Bradley.



Fonte: Rockwell Automation (2010)

- **Software Studio 5000**

O software Studio 5000 da Rockwell Automation para programação em linguagem Ladder com o objetivo de coletar dados de estado de máquinas, ligado e desligado, dados produtivos de cada máquinas, quantidade de sachês produzidos e descartados das máquinas de envase, quantidade de floppies produzidos e descartados das embaladoras e quantidade produzida de caixa nas encaixotadoras.

4.3 Configuração Do Sistema PIMS

Seguindo o fluxograma apresentado na figura 22, para o armazenamento dos dados gerados pelos CLPs das máquinas é necessário que os dados estejam armazenados em TAGs, os dados armazenados podem variar de estados de máquinas, quantidade de produtos produzidos, entre outros. No desenvolvimento do projeto utilizou-se o software PI System da AVEVA para o armazenamento e tratamento dos dados, na figura 25 apresenta-se a interface do PI System.

Figura 25 – Interface PI System

Embaladoras			
General Child Elements Attributes Ports Analyses Notification Rules Version			
Filter			
	Name	Value	Time Stamp
Category: Descartes			
	Descartes Flowpack	0	26/03/2024 13:39:43.947
	Descartes Sst. Visão	46	26/03/2024 15:15:04.064
	Total Sistema de Visão + Modo Filme	46	26/03/2024 15:15:04.064
Category: MES Contadores			
	MES Contador de Descartes Sistema Visão no Modo Filme	7107	26/03/2024 12:25:16.079
	MES Contador de Descarte Modo Filme	22406	26/03/2024 12:25:17.079
	MES Contador de Descartes Sistema Visão	29347	26/03/2024 15:15:04.064
	MES Contador de Descartes Sistema Visão + Modo Filme	0	26/03/2024 12:35:08.186
	MES Contador de Floppies Produzidos	-16560	26/03/2024 15:21:13.782
	MES Contador de Floppy	35193	26/03/2024 15:21:13.782
Category: Quantidade Produzida			
	Contador de Floppy	14553	26/03/2024 15:21:13.782
	Contador Modo Filme	0	26/03/2024 13:39:43.947
	Total Produzido	14507	26/03/2024 15:21:13.782
Category: Status			
	Status da Checkweigher	1	26/03/2024 14:54:16.184
	Status da Flowpack	1	26/03/2024 15:14:58.063
	Status do Raio X	1	25/03/2024 09:06:06.566
Category: Temperaturas			
	Temperatura Zona 1 - Roleta	152	26/03/2024 15:21:09.781
	Temperatura Zona 2 - Roleta	150	26/03/2024 15:21:08.781
	Temperatura Zona 3 - Mordente	209	26/03/2024 15:19:55.63
	Temperatura Zona 4 - Mordente	209	26/03/2024 15:20:22.712

Fonte: Autoria Própria, utilizando o software PI System

Aplicou-se as configurações do PI System seguindo as máquinas existentes nas linhas de produção, sendo um espaço dedicado para as máquinas de envase, embaladoras e as encaixotadoras, e com os dados vindos diretamente das TAGs dos CLPs, que são armazenados em seus respectivos espaço, através da Figura 25 nota-se os dados da máquina embaladora da linha piloto que se deseja coletar, que são os estados da máquina, contagem de produtos bons e de produtos descartados, e temperatura em zonas das máquinas. Estas configurações se repetem para os restantes das máquinas, onde cada um terá os seus valores individuais cadastrados.

4.4 Configuração Do Sistema MES

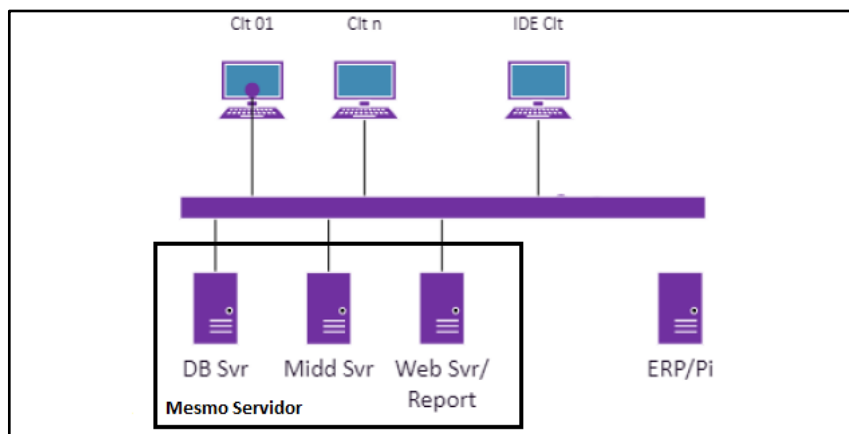
Após a configuração do sistema PIMS ser realizada, o próximo passo é a configuração do MES, para que os dados coletados sejam gerenciados e visualizados por meio de uma interface, com isso usará o sistema MES da fornecedora AVEVA, que possui integração com o PIMS, além da possibilidade de personalização de acordo com as necessidades.

4.4.1 Configuração Dos Servidores

O primeiro passo é a configuração dos ambientes de homologação, figura 26, e o ambiente de produção, figura 27, do sistema MES, os dois ambientes terão funções diferentes dentro do projeto, o ambiente de homologação contará com apenas

um servidor onde estará presente todos os softwares, banco de dados e licenças, e tem como objetivo o desenvolvimento e debug do sistema MES antes da exportação para o ambiente de produção. Enquanto isso o ambiente de produção será dividido em cinco servidores diferentes, onde cada um terá uma função diferente para o funcionamento do sistema como um todo, as suas funcionalidades são divididas entre softwares do MES, banco de dados e as licenças de funcionalidade, o ambiente de produção é o ambiente responsável por receber o desenvolvimento já testados para que seja utilizado pelos operadores.

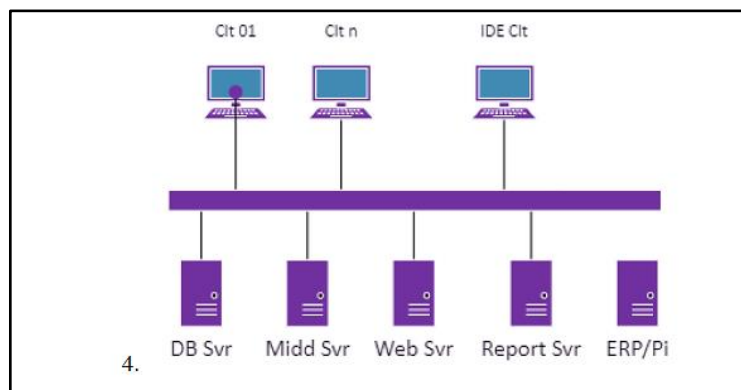
Figura 26 – Servidor de Homologação



Fonte: Autoria Própria

Como demonstrado na figura 26, os servidores de Database, Middleware e o de web e de reports estão localizados em único servidor de teste, o que pode ocasionar uma má gestão na memória interna do servidor, e dessa forma, gerar lentidão para quem utiliza, por essa razão o servidor de homologação é utilizado com finalidade do desenvolvimento de um novo sistema e descoberta de novos bugs antes de passar para o ambiente de produção, e dessa forma não prejudicar a produção.

Figura 27 – Servidor de Produção



Fonte: Autoria Própria

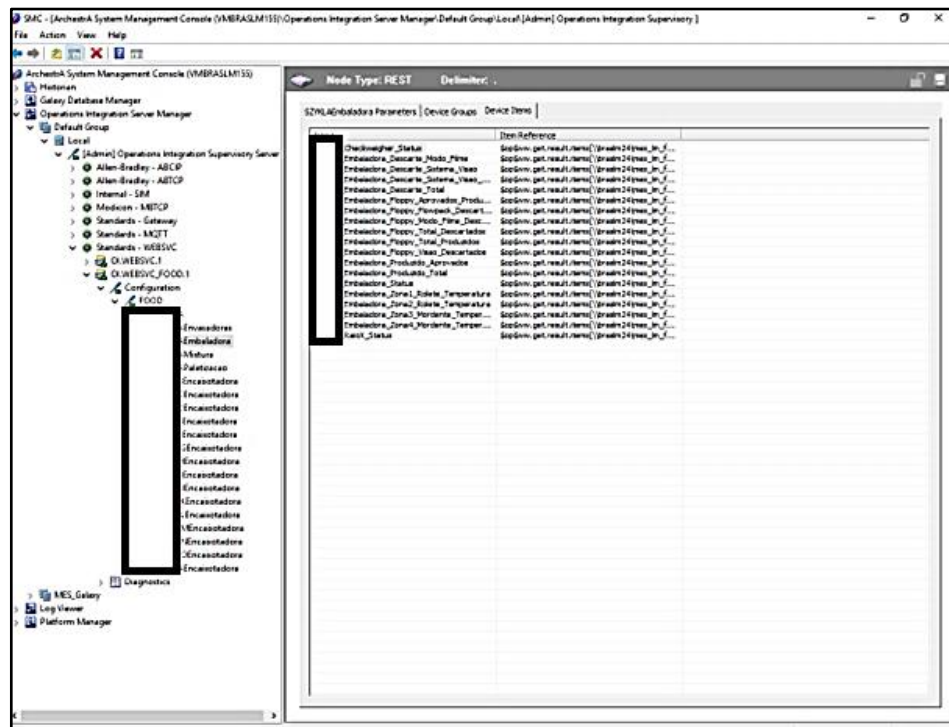
Em contrapartida após o período de desenvolvimento e com os bugs resolvidos, para evitar os gargalos durante a utilização pelos operadores, é necessário a criação dos ambientes de produção, onde temos os serviços separados em servidores próprios, pela figura 27 observa-se a separação de cada servidor, tendo um servidor de dedicado para o banco de dados, um para o middleware, um para as ferramentas Web e por fim um dedicado para os relatórios, com os servidores dispostos dessa forma evita-se problemas de lentidão e travamento durante a sua utilização.

4.4.2 Configuração Do System Management Console

Após a configuração e instalações dos softwares dentro dos ambientes de homologação e produção, será necessário configurar os softwares para receber os dados do chão de fábrica em tempo real, sendo este o último passo do fluxograma da figura 22.

Utilizando-se do System Management Console (SMC), com a sua interface apresentada na figura 28, um software disponibilizado pela AVEVA, que tem como finalidade a conexão dos dispositivos externos com o MES, através do WEBSVC, MBTCP, dentre outras formas, atualmente no projeto utiliza-se de um sistema PIMS para o armazenamento dos dados, assim sendo, utilizará da opção WEBSVC para a transferência de dados em tempo real.

Figura 28 – Interface do SMC



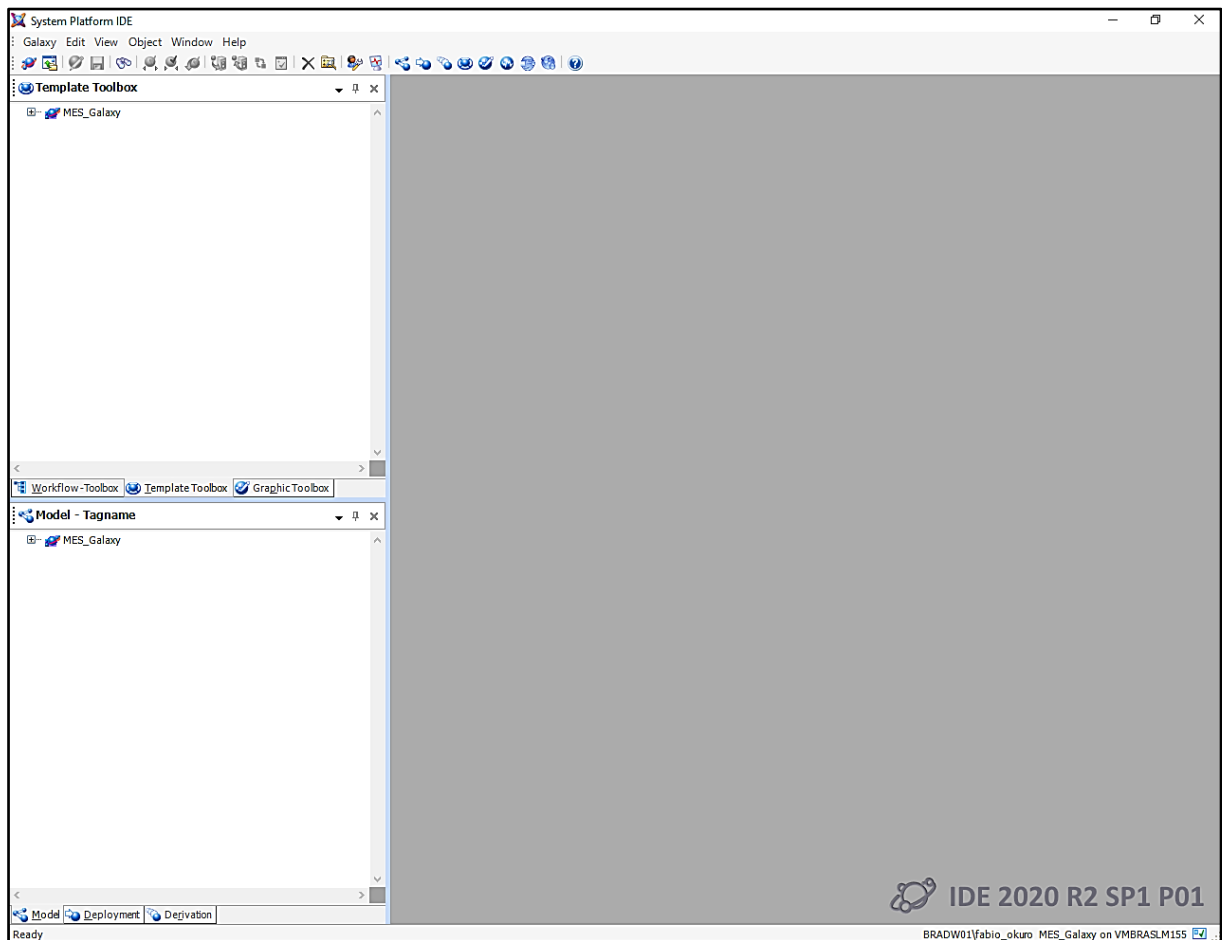
Fonte: Autoria Própria, utilizando o software System Management Console

Durante as configurações do SMC, apresentada na figura 28, seguiu-se as divisões de máquinas feitas no PI Systems, onde os valores das máquinas foram previamente adicionados e identificados individualmente pelas TAGs das máquinas de cada linha, dessa forma se no PI System criou-se cinco máquinas diferentes, será necessário a criação de cinco conexões diferentes no SMC, e assim quando os valores forem exportados não haverá divergência de informações.

4.4.3 Configuração do System Platform

O System Platform, figura 29, é considerado o coração do sistema MES, onde as principais configurações do seu funcionamento são realizadas, os primeiros passos é a criação de uma galáxia, onde dentro será feito a recriação da planta física, seguindo uma ordem em cascata, até chegar nas máquinas, o System Platform segundo a AVEVA “É a única solução adaptável e dimensionável do mundo para aplicativos de supervisão, SCADA, IHM e IoT que integra processos com a empresa”

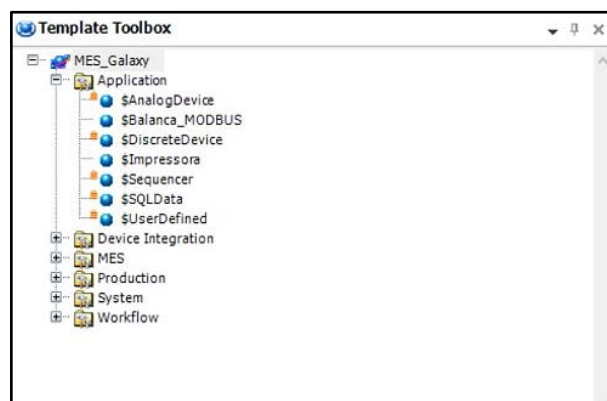
Figura 29 – Interface do System Platform



Fonte: Autoria Própria, utilizando o software System Platform

Para a replicação da planta o System Platform disponibiliza de objetos customizáveis, através do Template Toolbox, figura 30, é possível criar objetos com diferentes funcionalidades.

Figura 30 – Interface do Template Toolbox



Fonte: Autoria Própria, utilizando o software System Platform

O primeiro passo para a criação do template da linha foi a criação dos objetos seguindo o exemplo da Tabela 1, onde seguirá uma relação de objetos pai-filho, o principal nível que será modificado é o das máquinas por se tratar de objetos que irão receber valores do chão de fábrica.

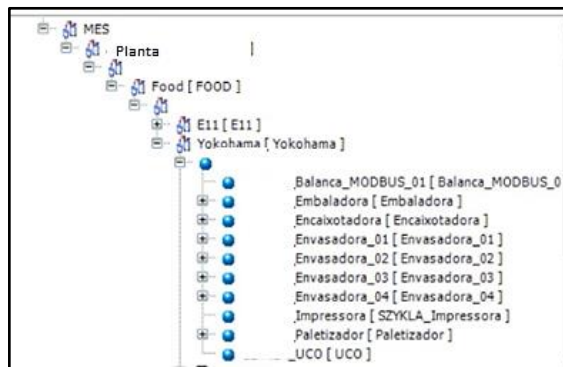
Tabela 1 – Template da linha

Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5
Planta	-	-	-	-
-	Prédio	-	-	-
-	-	Área	-	-
-	-	-	Linha	-
-	-	-	-	Máquina

Fonte: Autoria Própria

Com a utilização dos objetos disponibilizado pelo System Platform replicou-se o modelo da planta física dentro do sistema, como é possível observar na figura 31, com isso utilizou-se o \$UserDefined para a configuração dos objetos.

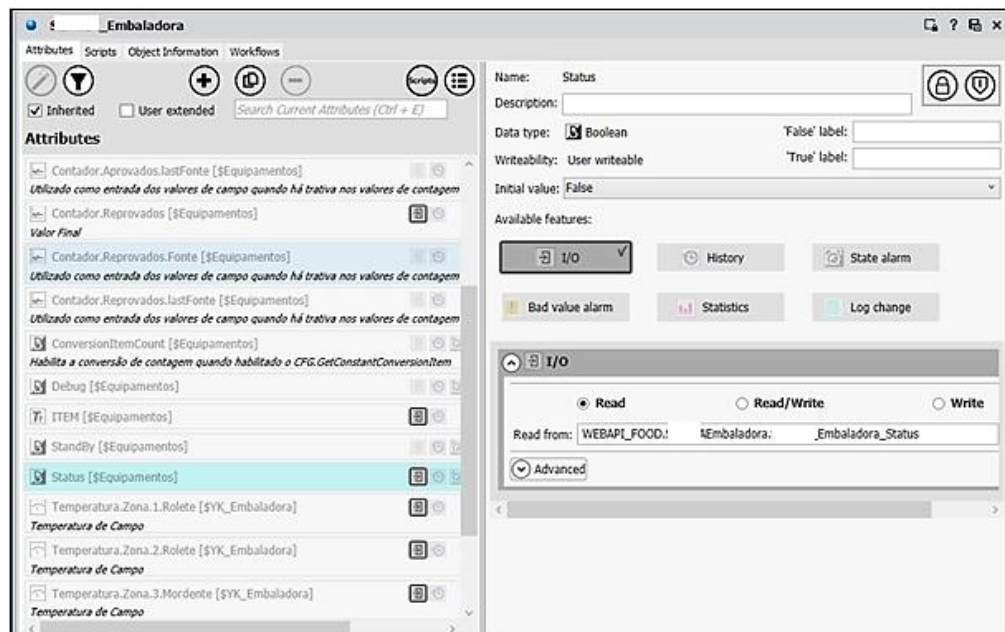
Figura 31 – Objetos da linha



Fonte: Autoria Própria, utilizando o software System Platform

Nota-se a interface de configuração do objeto na Figura 32, conhecido como atributos sendo a área responsável por adicionar as características da máquina, sendo esses dados vindo das TAGs adicionados anteriormente no SMC. Nela foram adicionados os atributos da máquina como os contadores de produto aprovado e reprovado, status da máquina e temperatura de máquina, além de outros atributos auxiliares. Outra função disponível dentro das configurações é a possibilidade da criação de scripts, o que possibilita diversas possibilidades além dos padrões da ferramenta.

Figura 32 – Configuração dos objetos



Fonte: Autoria Própria, utilizando o software System Platform

Dentro dos atributos de Status, dos contadores de produtos e de temperaturas, foram adicionados dentro do campo I/O um caminho para a coleta de dados em tempo real, esse caminho é feito seguindo a seguinte ordem: WEBAPI, Grupo de equipamento onde a TAG está cadastrada e pôr fim a TAG de automação, e selecionou-se a opção de apenas leitura dos dados, pois não haverá modificação manual dos valores.

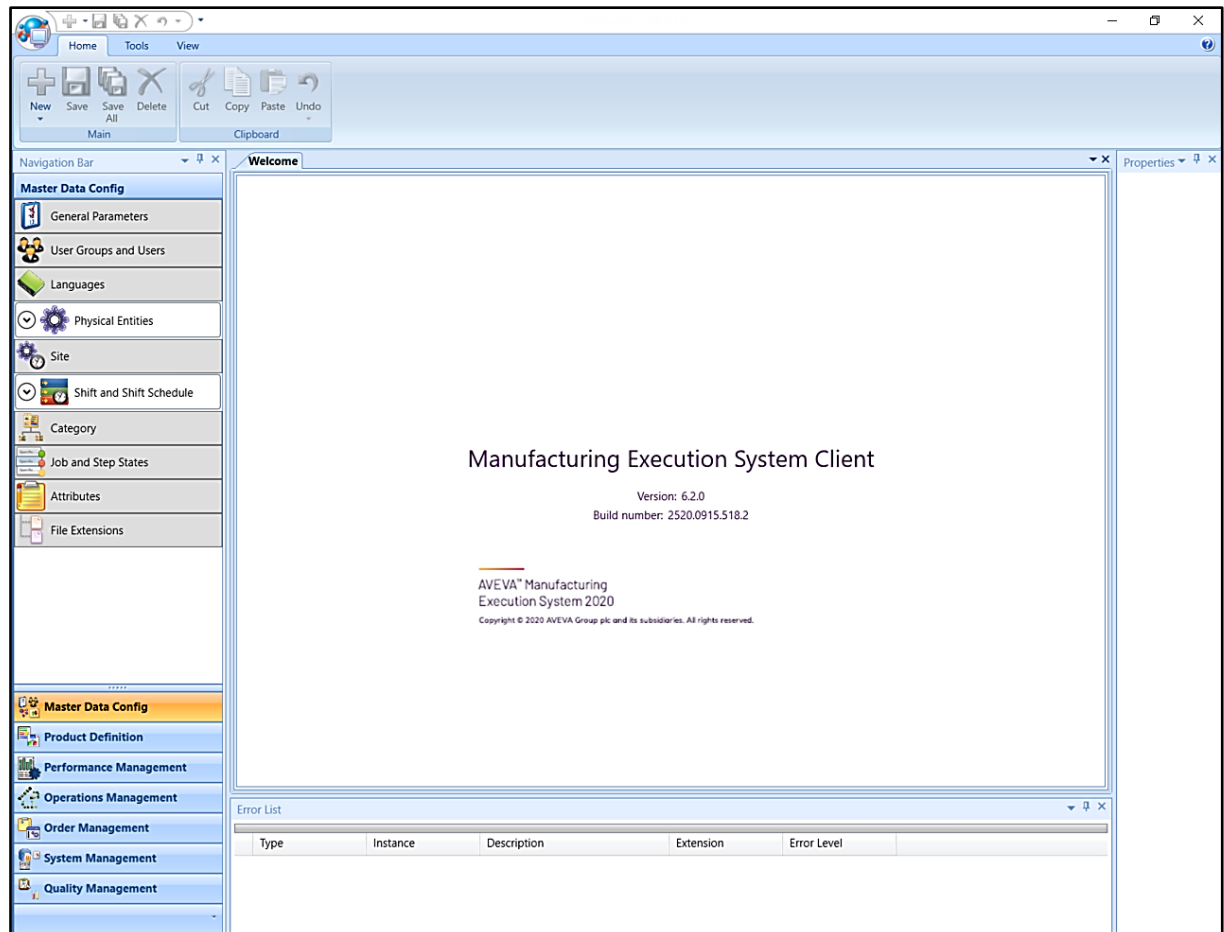
Além dos objetos convencionais, existem as opções de objeto OCO e objeto UCO, normalmente esses objetos são relacionados a um objeto pai, na qual servirá como um suporte para cálculos envolvendo os dados cadastrados nos objetos, entre eles os cálculos de OEE.

4.4.4 Configuração do MES Client

Diferentemente do System Platform que tem como objetivo a coleta de dados das máquinas do chão de fábrica através das TAGs cadastradas. O MES Client, apresentado na figura 33, tem uma conexão direta com a interface disponibilizada para o operador utilizar, que é o WorkTasks, todas as configurações feitas dentro do software impactam diretamente no que é mostrado na interface para o operador, o papel do MES Client é o gerenciamento e cadastro de materiais, motivos de paradas,

usuários, turno e entre outros, com isso trabalhando juntamente com System Platform para que o funcionamento esteja de acordo com esperado do sistema.

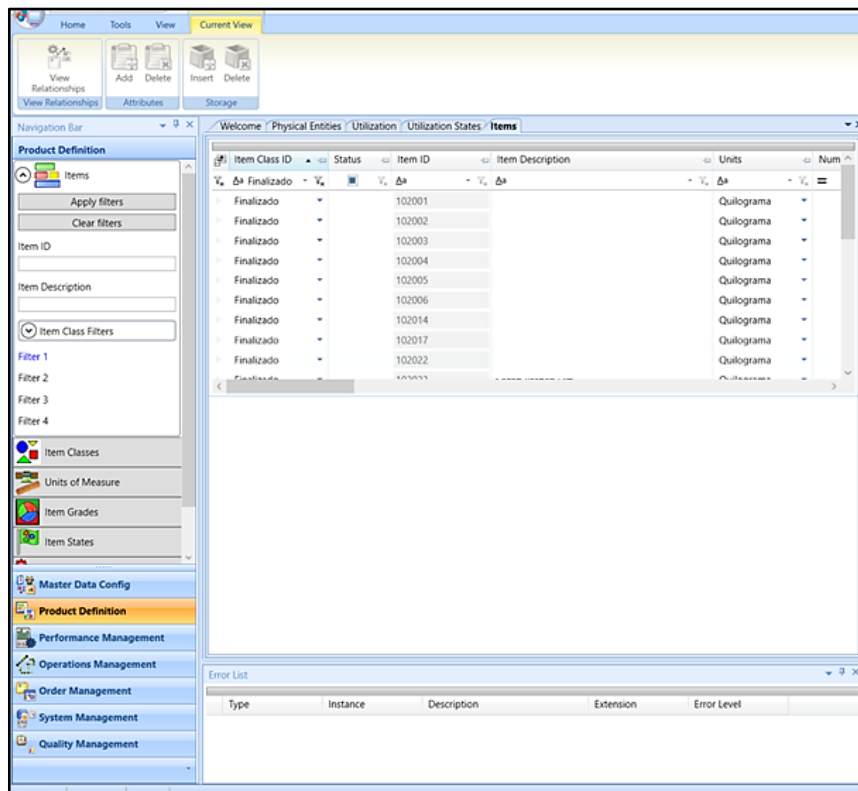
Figura 33 – Interface do MES Client



Fonte: Autoria Própria, utilizando o software MES Client

As primeiras configurações aplicadas no MES Client foi a recriação da planta física dentro do MES Client, seguindo a tabela 1 e apresentada na figura 34, de forma virtual, separando por níveis iguais foram feitas no System Platform, seguindo a ordem planta, prédio, área, linha e por fim as máquinas que compõe a linha. Como o MES Client possui essa conexão com o System Platform se a recriação fosse feita de forma divergente, ocasionaria divergências nas informações.

Figura 35 – Cadastro de Materiais



Fonte: Autoria Própria, utilizando o software MES Client

Figura 36 – Cadastro de Materiais

Item Class ID	Status	Item ID	Item Description	Units	Num
Material em proc		102001 - Floppie		Floppie	
Material		102001 - Mistura		Quilograma	
Material		102001 - PreMix 1		Quilograma	
Material		102001 - PreMix 2		Quilograma	
Material		102001 - PreMix 3		Quilograma	
Material em proc		102001 - Saché		Saché	
Finalizado		102001		Quilograma	
Material em proc		102002 - Floppie		Floppie	
Material em proc		102002 - Mistura		Quilograma	
Material		102002 - PreMix 1		Quilograma	
Material		102002 - PreMix 2		Quilograma	
Material		102002 - PreMix 3		Quilograma	
Material em proc		102002 - Saché		Saché	
Finalizado		102002		Quilograma	
Material em proc		102003 - Floppie		Floppie	
Material		102003 - Mistura		Quilograma	
Material em proc		102003 - Saché		Saché	
Finalizado		102003		Quilograma	
Material em proc		102004 - Floppie		Floppie	
Material		102004 - Mistura		Quilograma	
Material		102004 - PreMix 1		Quilograma	
Material		102004 - PreMix 2		Quilograma	
Material em proc		102004 - Saché		Saché	
Finalizado		102004		Quilograma	
Material em proc		102005 - Floppie		Floppie	
Material		102005 - Mistura		Quilograma	
Material		102005 - PreMix 1		Quilograma	
Material		102005 - PreMix 2		Quilograma	
Material		102005 - PreMix 3		Quilograma	

Fonte: Autoria Própria, utilizando o software MES Client

Após o cadastro de materiais utilizou-se da aba de processos, figura 37, para cadastrar a ordem de cada procedimento, nessa aba é configuração a produção estimada de cada máquina, o fluxo de máquina, ou seja, o início, meio e fim do processo, e a BOM, que são os materiais pré-cadastrados que serão utilizados em cada máquina e a sua quantidade, para que haja um cálculo automático do sistema de quantidade utilizada ou rejeitadas das matérias primas ou materiais, dentro do processo é cadastrado a estimativa de produção por minuto em cada equipamento.

Figura 37 – Configuração dos processos

Status	Operation ID	Description	Disp. Seq.	Type	Default Reject Rate %	Notes
	100-ENV	Envasadora	1		0	
	200-EMB	Embaladora	2		0	
	300-ENC	Encaixotadora	3		0	
	400-PAL	Paletizadora	4		0	

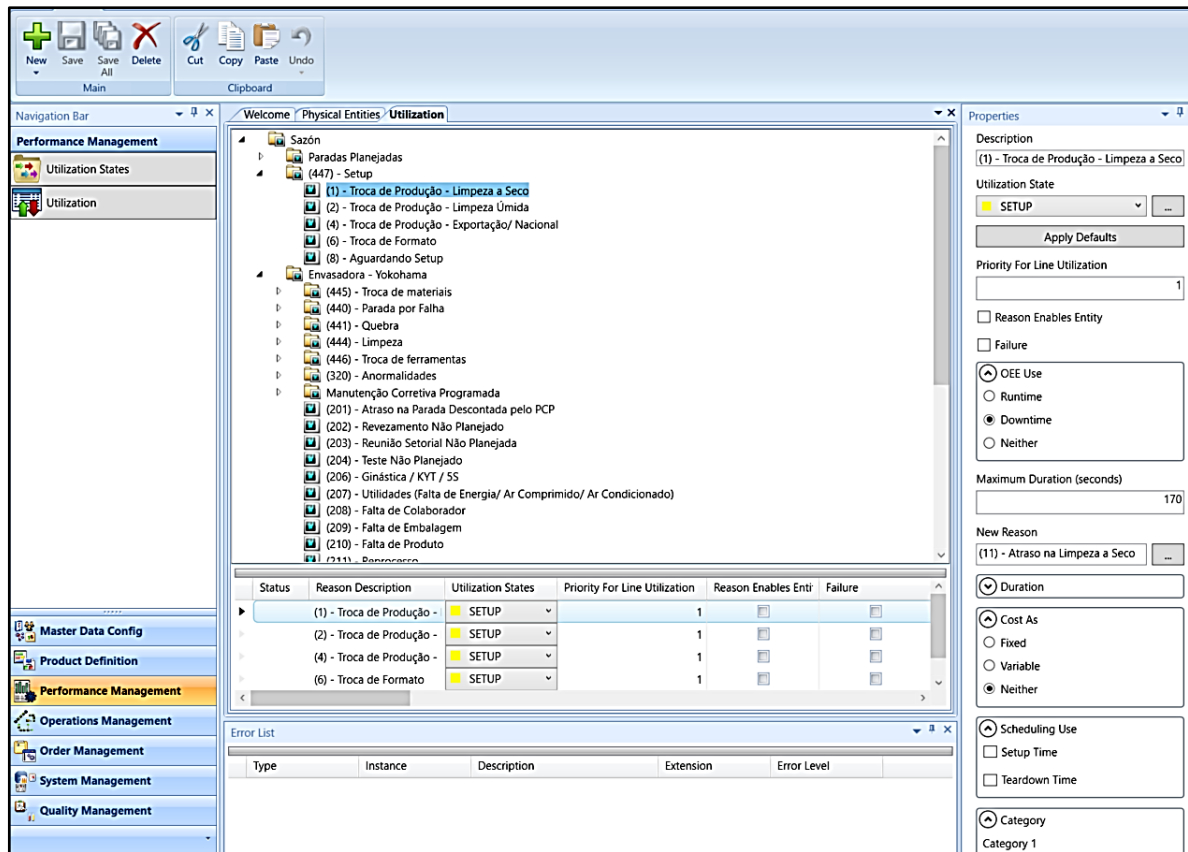
Status	Entity	Estimated Production Rate	Estimated Labor Rate	Estimated Entity Setup Hours	Estimated Entity Teardown Hours	Estimated Fixed Labor Hours	Estimated Transfer Time	Batch Size	Initial Production % Required
	SZYKLA_Envasadora_01	465	batches/minute					1	25
	SZYKLA_Envasadora_02	465	batches/minute						
	SZYKLA_Envasadora_03	465	batches/minute						
	SZYKLA_Envasadora_04	465	batches/minute						

Fonte: Autoria Própria, utilizando o software MES Client

Para o cadastro das paradas dentro do MES Client é necessário abrir a opção *Utilizations*, figura 38, e então cadastrado a árvore de falhas para cada máquina de acordo com as informações previamente fornecidas pela produção. As paradas foram configuradas seguindo as seguintes definições Paradas Planejadas que foram consideradas as paradas que não afetam no cálculo de OEE e foram consideradas *neither*, paradas não planejadas que afetam diretamente no cálculo de OEE, na parte

de disponibilidade do equipamento e SETUP que é quando tem um troca de variedade rodando na linha e é considerado no cálculo de OEE após um tempo parado.

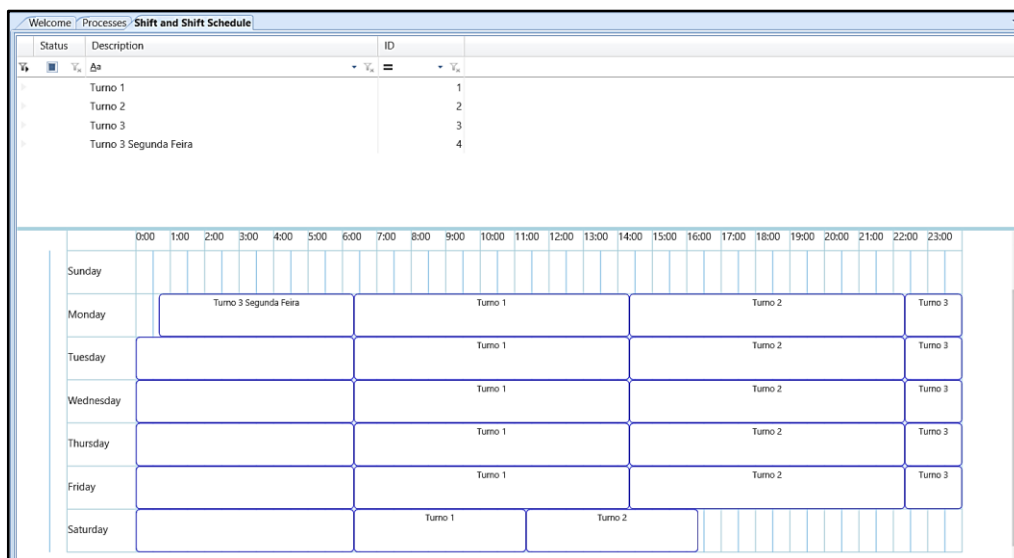
Figura 38 – Configuração das árvores de falhas das máquinas



Fonte: Autoria Própria, utilizando o software MES Client

Na figura 39 observa-se a aba *Shift and Shift Schedule*, onde foram configurados os horários de início e fim de cada turno, sendo três turno rotativos com turnos reduzidos na segunda no turno da noite e nos sábados, e domingo considerado um dia sem horário de trabalho. Com as configurações das horas é possível fazer um cálculo de OEE por turno cadastrado posteriormente.

Figura 39 – Configuração dos turnos



Fonte: Autoria Própria, utilizando o software MES Client

4.5 Automação De Processos Manuais

A fim de diminuir o consumo de papel utilizada no processo de produção, através de uma iniciativa *paper less*, e a automação dos processos, onde atualmente os operadores preenchem os dados manualmente em checklists de processo, um exemplo mostrado na figura 40 como informações das máquinas, bateladas, parada de máquina, entre outros. Dessa forma com essa iniciativa os checklists de processos serão digitalizados ou automatizados.

Foi utilizado o AVEVA Worktasks, da empresa AVEVA, para o desenvolvimento dos checklists digitalizados com a utilização de funcionalidade nativas da ferramenta como a possibilidade da criação de formulários, sendo integrado a fluxos de trabalhos que podem ser editáveis e disponibilizado para os operadores por uma interface nativa da ferramenta, que disponibilizará para operadores com foco no preenchimento de checklists e para o apontamento de paradas de máquinas em tempo real.

Durante o processo de produção utiliza-se cerca de trinta diferentes checklists por linha dentro da planta, com a digitalização dos checklists o objetivo é a redução gradativa do preenchimento no papel. Dentre os diferentes checklists existentes atualmente, encontra-se desde dados de produção por turno até checagem de funcionamento de máquinas.

Com a utilização do *forms*, ferramenta nativa do Worktasks, foram criados mais de vinte checklists de processos diferentes e com funções distintas, alguns checklists possuem automatização de dados, sendo possível coletar e preencher os dados de forma automática a partir dos dados cadastrados em TAGs de automação, além de configurar scripts para que siga diferentes comandos, dependendo do resultado que são escrito pelo operador. Um checklist digitalizado se encontra na Figura 42 a seguir.

Figura 42 – Checklist Digitalizado

The screenshot shows a digital checklist form with the following sections and fields:

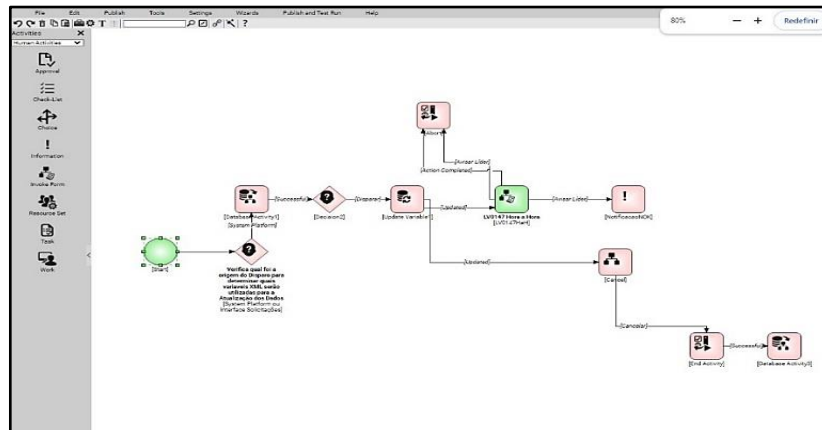
- Header Fields:**
 - Area: Yokohama
 - Linha: SZYLA
 - Turno: 2
 - Variante: Bazon Marrom
 - WO: L240795AP-SZ-10
 - Lote:
 - Gramatura: ☐ 40g ☒ 60g
- Amostragem:** 16/30
- Temperaturas:**

Zonas	Temperatura Atual	Temperatura Média	Temperatura Máxima
Zona 1 - Rolote	156	130 °C	150 °C
Zona 2 - Rolote	152	130 °C	150 °C
- Máquina Parada:** ☐ (Caso a máquina esteja parada, selecione essa opção para desativar as opções abaixo!)
- Limpeza:**
 - Bloco Selagem Transversal: ☐ OK ☐ NOK
 - Bloco Selagem Longitudinal: ☐ OK ☐ NOK
- Visual Floppy:**
 - Checkagem de carimbo e selagem de 10 floppies: ☐ OK ☐ NOK
 - Rugas: ☐ OK ☐ NOK
 - Impressão da bobina: ☐ OK ☐ NOK
- Buttons:** Finalizar

Fonte: Autoria Própria, utilizando o software WorkTasks

Utilizou-se do Workflow, apresentado na figura 43, para a criação dos fluxos seguidos pelos checklists, seu modo de utilização é semelhante ao Forms, onde a sua interface de criação possui de blocos com diferentes funcionalidades, e com a dinâmica de arrasta e solta, e com objetivo é traçar um fluxo de trabalho, com um ponto inicial fixo e o ponto final variado dependendo da necessidade. As suas funcionalidades podem variar de blocos de notificação, decisão, chamar um formulário pré criado, temporizador, entre outros.

Figura 43 – Interface de personalização de Workflow



Fonte: Autoria Própria, utilizando o software WorkTasks

Após a configuração e criação das interfaces e o fluxo dos checklists que será seguido forem definidos, os operadores possuem uma caixa de entrada, figura 44, que se assemelha a um email, onde os checklists estarão armazenados e prontos para serem preenchidos pelos operadores.

Figura 44 – Caixa de entrada do operador

Assunto	Operador	Prioridade	Atribuido em	Workflow
Area: 1ª ENVASE				
Check-List: REGISTRO DE RASTREABILIDADE - BOBINA YOKOHAMA				
PREENCHIMENTO: TROCA DE BOBINA 2 TURNO!			10/04/2024 17:0...	LV-1175 IDT
Area: 2ª ENVASE				
Check-List: CONTROLE DE PROCESSO 2ª ENVASE (FLOWPACK) - SAZÓN				
PREENCHIMENTO: FIM DE TURNO! 2 TURNO			10/04/2024 16:0...	LV-0147 Fim de T...
Check-List: MONITORAMENTO E VERIFICAÇÃO DO RAO-X (PC) - ENVASE SAZÓN				
PREENCHIMENTO: FIM DE TURNO! - 2 TURNO!			10/04/2024 16:0...	LV1265 FDT
Check-List: REGISTRO DE RASTREABILIDADE - BOBINA 60g e 40g TEMPERO SAZÓN				
PREENCHER A CADA TROCA DE BOBINA	Consultor Sbuld02		10/04/2024 16:07...	LV-2129 Inicio de T...
Area: AUTOMAÇÃO				
Check-List: CONTROLE DE PARAFUSOS - SAZÓN YOKOHAMA				
PREENCHIMENTO: INÍCIO DE TURNO! 2 TURNO!			10/04/2024 16:0...	LV0135
Check-List: RELATÓRIO DE CHEGADA DE QUEDA DE FLOPPIES E DE REJEITO DA BALANÇA DINÂMICA - ENCAIXOTAMENTO SAZÓN				
PREENCHIMENTO A CADA 30 MINUTOS. 2 TURNO - HORÁRIO: 16:00			10/04/2024 16:0...	LV-1683 30 min
PREENCHIMENTO: INÍCIO DE TURNO 2 TURNO!			10/04/2024 16:0...	LV-1683 Inicio e...

Fonte: Autoria Própria, utilizando o software WorkTasks

4.6 Rastreabilidade De Produtos

A rastreabilidade de produtos tem como início na descida de informações de produção gerada por um sistema ERP e sendo enviadas para o MES, para o projeto será utilizado SAP4HANA, os dados vindo do SAP contêm os dados de produção

diária de cada linha individualmente, entre essas informações temos a quantidade necessária a ser produzida no dia, a receita da variedade que está sendo preparada, o Lote de fabricação para rastreabilidade, entre outros. Tendo a receita cadastradas nos sistemas e a quantidade utilizada em cada batelada é possível fazer o rastreio da matéria-prima utilizada em cada processo.

A rastreabilidade dos produtos inicia-se durante o processo de pesagem e adição da linha, dentro do Worktasks da AVEVA criou-se uma tela personalizada de pesagem e adição de ingredientes que foi conectada a uma balança via MODBUS/TCP e dessa forma através de uma identificação em forma de QR Code colada em cada matéria-prima é possível identificar o produto a ser pesado no momento pelo sistema MES, e com isso no final a um retorno da informação do MES para o SAP, e assim dar baixa dos materiais utilizados

A troca de informações entre os sistemas foram feitas por um software chamado Enterprise Integrador da AVEVA, onde através da linguagem XML que carregam os dados necessários para cada parte, dentro dos dados de descida do SAP para o MES, estão inclusos os dados de produção, quantidade a produzir, variedade, lote do dia, receita e lista técnica. Para a subida de informação do MES para o SAP, estarão as informações de produção do lote, como quantidade produzida, quantidade de material e matéria prima utilizados.

4.7 Relatórios

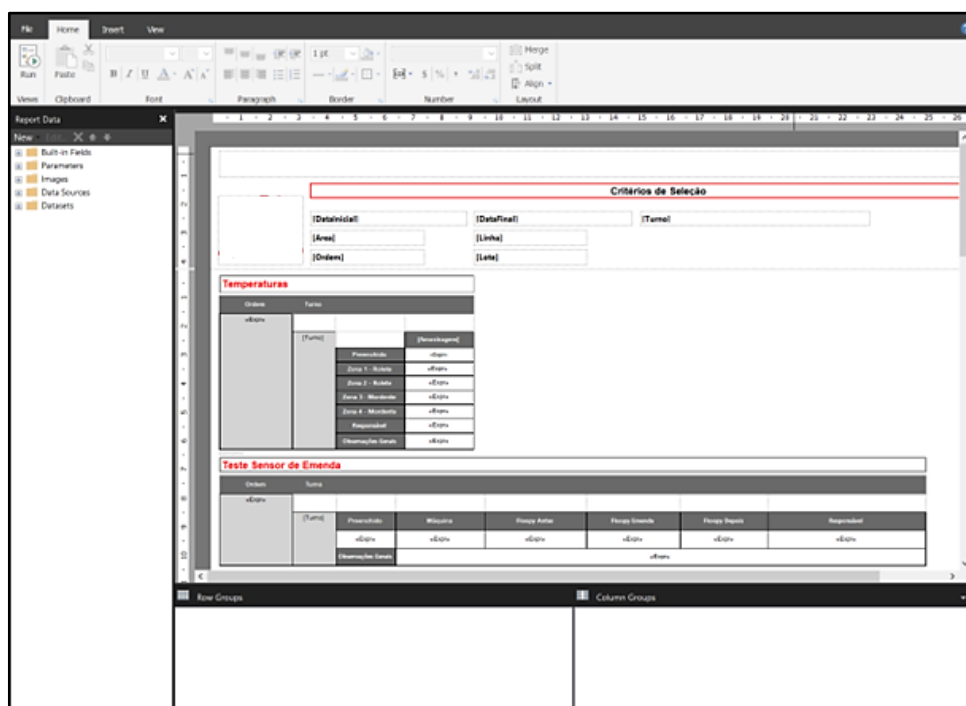
Com a premissa de diminuir a quantidade de papel utilizada durante todo o processo, até chegar no consumo zero, os relatórios de processos se tornaram digitalizados através da integração com o SQL Report Builder, um software da Microsoft que possui conexão com o SQL Server Management Studio.

O fluxo de dados para que os se tenha um relatório digitalizador tem como o início no chão de fábrica com os operadores preenchendo os checklists disponibilizado através do WorkTasks, logo após o preenchimento dos checklist é gerado um código XML das informações preenchidas e salvas dentro de um banco de dados, com isso os dados são tratados por meio de procedures criadas no SQL Server Management e apenas os dados tratados e necessários, são enviados para a visualização do relatório.

Para a criação dos relatórios foram utilizadas configurações personalizadas do próprio software da Microsoft, uma dessas funcionalidades são os tablix, que são

blocos personalizados do SQL Report Builder, figura 45, onde foram incluídos os dados vindos dos bancos de dados, dentro de um mesmo relatório podem existir diversos tablix trazendo diferentes informações, além disso é possível programar dentro dos tablix para que atenda situações específicas de visualização de campo.

Figura 45 – Interface de edição de Relatório no SQL Report Builder



Fonte: Autoria Própria, utilizando o software SQL Report Builder

4.8 Treinamento Operacional

Após o desenvolvimento do sistema, um dos principais fatores para o sucesso do projeto na linha piloto seria a facilidade de utilização pela parte operacional do processo, para isso foram feitas telas simples e de fácil entendimento pelos operadores. Antes da implementação das ferramentas desenvolvidas, foram feitos materiais de apoios em formato de texto e vídeos, e disponibilizado em uma aba de ajuda dentro do sistema, além de treinamentos para os operadores dos três turnos da linha.

Com a capacitação dos operadores e o acompanhamento diário na produção o sistema foi liberado para começarem a testar durante um certo período apenas no ambiente de homologação, onde durante esses tempos encontrou-se bugs no sistemas e mudanças de funcionalidades e layouts, dessa forma melhorando a utilização do sistema. Após o período de teste previsto e com os problemas resolvidos

o próximo passo foi passar para o ambiente de produção do sistema, para que dessa forma os operadores utilizem de forma definitiva novo sistema.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Todos os desenvolvimentos e configurações feitas utilizando os sistemas PIMS e MES, tiveram como premissa uma linha piloto e com planejamento de futuras expansões para as linhas restantes e as outras plantas da empresa. Os resultados obtidos com a implementação do sistema MES juntamente com o sistema PIMS serão apresentados a seguir, os principais pontos a serem apresentados serão os seguintes, o retorno financeiro a partir da implementação do projeto, a automatização de processos, a autonomia operacional, iniciativa da redução da utilização do papel, eliminação de desperdícios e o aumento de performance.

5.1 Visualização De Dados

Todas as configurações anteriormente feitas nos softwares System Platform e MES Client são afuniladas para o Worktasks, que permitirá a visualização dos dados e o manuseio operacional pelos operadores, dentro do Worktasks foi instalado um pacote personalizado de OEE.

Como é possível ver nas figuras a seguir, é possível observar o contador de produtos aprovados e reprovados, os produtos aprovados vem acompanhado de uma barra que é atualizada em tempo real, conforme é atualizado dentro do PI System, além da máquina que está vindo estes dados e a variedade que está sendo produzida, no pacote também temos outras telas que os operadores podem interagir, entre estas telas encontra-se as opção de Programação, Registro Manual de Produção, Apontamento de Paradas , e por fim OEE.

Na figura 46 a opção Programação encontra-se as seguintes informações, na primeira informação têm-se a informação do equipamento e a ordem de produção que está em vigência no momento, na segunda está demonstrando a variedade do produto, no terceiro a quantidade produzida em tempo real, no quarto a informação de quantidade rejeitada, na quinta as abas de navegações disponíveis e por fim na sexta é mostrado as ordens de produções vindas do SAP 4HANA ou criadas de forma manual, nela está contida a quantidade de produção pra uma certa variedade para aquela ordem criada.

Figura 46 – Interface de Programação da ordem de produção - MDM

Fonte: Autoria Própria, utilizando o software WorkTasks.

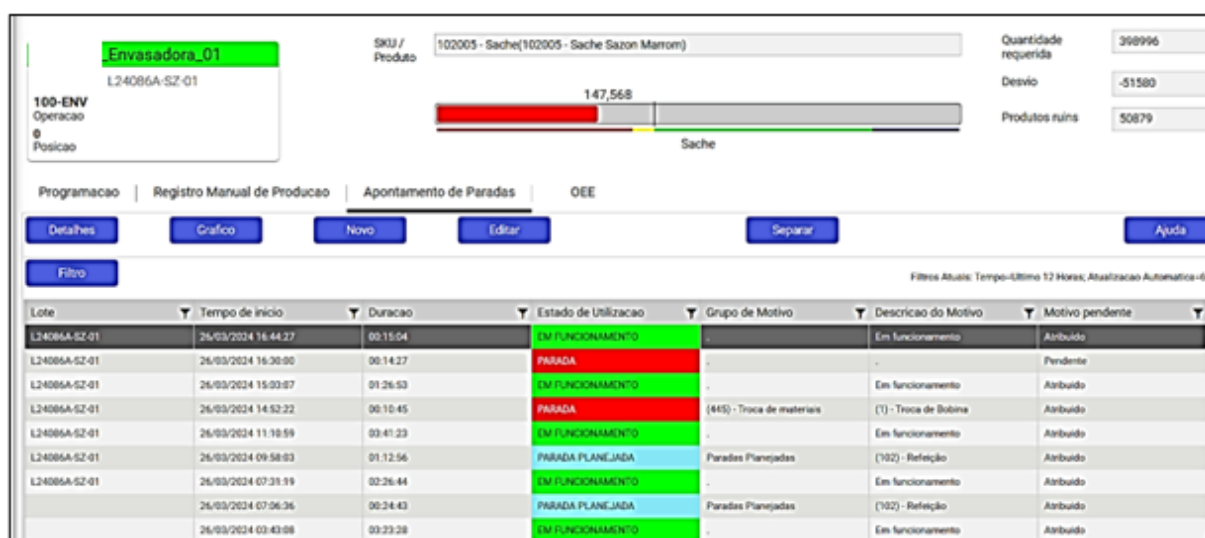
Na opção Registro Manual de Produção, figura 47, é possível adicionar de forma manual a quantidade de produtos aprovados e reprovados, caso não seja possível pegar esses dados de forma automática.

Figura 47 – Interface de Registro Manual de Produção - MDM

Fonte: Autoria Própria, utilizando o software WorkTasks.

No Apontamento de Paradas, figura 48, é onde os operadores terão a maior interação com a ferramenta, nesta interface encontra-se com as configurações feitas anteriormente de paradas, é possível ver através da tela o histórico de funcionamento da máquina, então seguindo as colunas disponibilizadas, temos o Lote que está vindo da ordem de produção que está rodando no momento, o Tempo de início, onde mostra o momento que a ação começou, a duração que a máquina executou a ação, o estado de utilização, que mostra o estado atual da máquina e por fim os motivos de paradas, quando a máquina se encontra em PARADA é possível que o operador altere o motivo de parada, através das árvores de paradas registrada no MES Client.

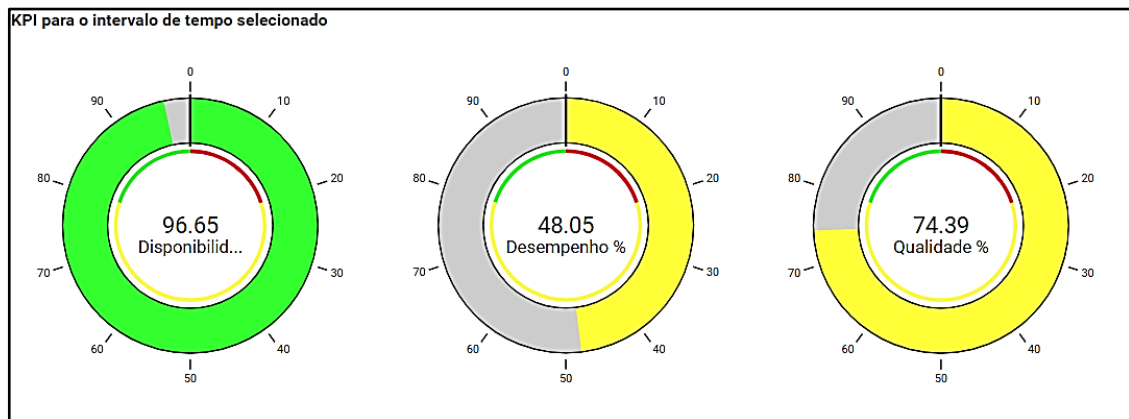
Figura 48 – Interface de Apontamento de Paradas – MDM



Fonte: Autoria Própria, utilizando o software WorkTasks.

Na aba de OEE, apresentado na figura 50, é onde temos KPIs da máquina selecionada, presente na figura 49, temos na interface duas partes principais o primeiro são as paradas que podemos visualizar em formato de tempo ou de quantidades, já a segunda se trata da visualização de KPIs e OEE da linha, sendo divididos em Qualidade, Performance e Desempenhos, citados previamente na seção 2.7 Cálculo de OEE.

Figura 49 – Visualização de KPIs – MDM



Fonte: Autoria Própria, utilizando o software WorkTasks.

Figura 50 – Visualização de OEE e Paradas – MDM

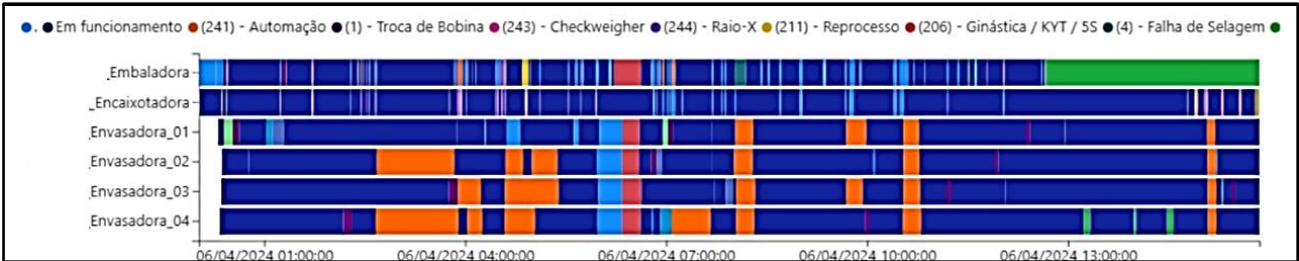


Fonte: Autoria Própria, utilizando o software WorkTasks.

Outra possibilidade para a visualização de OEE é através da exportação para uma ferramenta BI, como mostra-se na figura 51, como todos os dados apresentados são salvos dentro de um banco de dados, é possível utilizá-los para a criação de uma view, ou seja, é possível fazer uma visualização personalizada apenas dos dados

necessários, e com isso visualiza-las e um outro de tipo de ferramenta e possibilitando a análise de desempenho.

Figura 51 – Visualização de Parada – Power BI



Fonte: Autoria Própria, utilizando o software PowerBI.

Pela figura 52 observa-se outra visualização disponibilizada no sistema MES que são os preenchimentos dos checklists por parte dos operadores, é possível visualizá-los em formato de relatório criados previamente no SQL Report Builder, os checklists estão disponibilizados a partir de uma aba dentro do Worktasks, onde apenas pessoas autorizadas são permitidas visualizar os checklists preenchidos.

Figura 52 – Relatório Digitalizado

ata Inicial	3/18/2024	☐ NULL	Data Final	3/19/2024	☐ NULL
rea			WO		☒ NULL
nha			Lote		☒ NULL
urno	Turno 1,Turno 2,Turno 3		Expandido ?	Sim	
1 of 2 ?					
100%					
Find Next					
Ordem					
Turno					
2					
23:30					
18/03/2024 00:22					
18/03/2024 01:30					
18/03/2024 03:29					
18/03/2024 06:14					
18/03/2024 08:15					
18/03/2024 08:12					
20/03/2024 00:15					
Zona 1 - Rotule					
186 °C					
186 °C					
186 °C					
184 °C					
149 °C					
181 °C					
186 °C					
180 °C					
Zona 2 - Rotule					
181 °C					
181 °C					
180 °C					
149 °C					
183 °C					
180 °C					
Zona 3 - Montaria					
212 °C					
214 °C					
209 °C					
210 °C					
213 °C					
210 °C					
207 °C					
210 °C					
Zona 4 - Montaria					
211 °C					
208 °C					
209 °C					
210 °C					
213 °C					
210 °C					
208 °C					
Respostas					
Observações Gerais					
Não preenchido					
3					
08:30					
07:30					
08:30					
09:30					
10:30					
11:30					
12:30					
13:30					
18/03/2024 08:12					
18/03/2024 07:40					
18/03/2024 09:43					
18/03/2024 09:44					
18/03/2024 12:05					
18/03/2024 12:05					
18/03/2024 14:00					
18/03/2024 14:01					
Zona 1 - Rotule					
149 °C					
152 °C					
180 °C					
182 °C					
181 °C					
180 °C					
149 °C					
180 °C					
Zona 2 - Rotule					
182 °C					
182 °C					
180 °C					
181 °C					
180 °C					
149 °C					
181 °C					
Zona 3 - Montaria					
209 °C					
210 °C					
209 °C					
211 °C					
208 °C					
209 °C					
209 °C					
209 °C					
Zona 4 - Montaria					
208 °C					
211 °C					
209 °C					
210 °C					
208 °C					
209 °C					

Fonte: Autoria Própria, utilizando o software WorkTasks.

5.2 Ganhos Com A Implementação

As vantagens vistas durante a implementação do MES foi uma melhor visualização e a eliminação de desperdício de tempo durante todo o processo produtivo, o tempo de espera para receber os dados dentro do sistema diminuiu 100%, devido à automação dos procedimentos manuais, houve a possibilidade para a coleta e a visualização das paradas de máquinas de forma automática e em tempo real, o que possibilitou em um aumento de 100% na precisão e visualização do tempo de parada de cada máquina. Pelo fato das informações obtidas pelos operadores serem computadas diretamente em um banco de dados e já estarem disponíveis para serem consultadas e utilizadas de forma simples e prática por quem se interessar, houve um aumento de 45% na performance.

Com a iniciativa de redução da utilização de papel, juntamente com a utilização de tablets e a implementação do sistema MES na linha de produção houve uma queda de 100% na utilização de papéis dentro da linha piloto, isso se deve ao fato dos processos manuais presentes na linha, como o apontamento de paradas, checklists de processos, terem se tornados digitalizados ou o processo terem sido automatizados. Como resultado dessa iniciativa houve um aumento de 90% na otimização de pessoas e 100% na autonomia operacional, com rápida ação caso as metas não sejam batidas.

Como um dos principais objetivos do projeto é a rastreabilidade de matéria prima que é utilizado dentro do processo de produção utilizando o sistema MES, foi configurado uma integração com o SAP para o recebimento de ordem de produção através da troca de informações por linguagem XML, dessa forma a quantificação de cada material utilizado por dia são computadas e armazenadas no MES, conforme o operador utiliza o material, o MES retorna a informação para o SAP com as informações da quantidade de matéria prima utilizada, assim descontando esta quantidade no depósito do SAP.

Com um alto investimento no projeto, a substituição de antigos softwares e principalmente com a diminuição de processos manuais e a utilização de papel, é esperado um grande retorno financeiro para a empresa, com isto em vista, a uma previsão para o futuro, com a expansão para as outras linhas e plantas do grupo, uma estimativa de R\$5.000.000,00 de retorno financeiro aos longos dos anos. Os resultados apresentados estão disponibilizados a seguir na figura 53.

Figura 53 – Resumo dos resultados



Fonte: Autoria Própria

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através das análises feitas observou-se que o sistema MES é necessário para as empresas que pensam em começar a implementação para indústria 4.0, e dessa forma se mantenha atualizadas e a frente dos concorrentes. Porém para iniciar o processo de automatização da operação e do gerenciamento dos dados, é preciso que haja um levantamento de custo e um investimento na parte de infraestrutura, com a modernização dos equipamentos, para que assim permitam a coleta de dados do chão de fábrica de forma automatizada e em tempo real, como os CLPs e sensores, adequação de processos manuais, como a retirada de papel e substituindo por tablets ou computadores nas áreas e treinamento operacional.

Os resultados apresentados desde o primeiro momento da aplicação do novo sistema na linha de produção observaram-se uma grande vantagem perante ao formato antigo de trabalho, com um grande ganho na parte de rastreabilidade de produtos e informações operacionais em tempo real, com a estratificação das perdas apresentadas pelo MES, é possível que a empresa julguem e qualifiquem as maneiras mais eficientes e econômicas para contornar os problemas.

Durante todo o processo do projeto desafios e dificuldades foram aparecendo, porém com os esforços necessários para a implementação é possível notar as vantagens e os benefícios para as empresas, como um aumento de produtividade, uma diminuição nas quantidade de produtos perdidos durante todo o processo, uma melhor utilização do tempo, pois é possível analisar os dados recebidos e agir conforme as informações recebidas e uma melhor visualização de todo o processo de produção. Com um bom treinamento operacional e com o sistema já implementado dentro das fábricas há um grande ganho para todos os níveis da cadeia produtiva.

REFERÊNCIAS

ALTUS. **O que é CLP e quando utilizá-lo?**. [S. l.], 2017. Disponível em: <https://www.altus.com.br/post/400/o-que-e-clp-e-quando-utiliza-lo-3f>. Acesso em: 6 mar. 2024.

ARTHUS, M. A.. **Sistema Supervisório para Cálculo de Índice de OEE (Overall Equipment Effectiveness)**. Orientador: Galdenoro Botura Junior. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação) - Universidade Estadual de São Paulo, Sorocaba, 2017.

AVEVA. **MES Client**. Versão 2020 6.2.0. [Cambridge]: AVEVA, c2022a. 1 software. Disponível em: <https://www.aveva.com/pt-br/products/manufacturing-execution-system/>. Acesso em: 19 mar. 2024

AVEVA. **PI System**. Versão 2018 SP3 Patch 6. [Cambridge]: AVEVA, c2024. 1 software. Disponível em: <https://docs.aveva.com/bundle/pi-server-l/page/1295672.html>. Acesso em: 19 mar. 2024.

AVEVA. **System Platform**. Versão 2020 R2 SP1 P1. [Cambridge]: AVEVA, c2022b. 1 software. Disponível em: <https://www.aveva.com/pt-br/products/system-platform/>. Acesso em: 19 mar. 2024.

AVEVA. **Work Tasks**. Versão 2020. [Cambridge]: AVEVA, c2022c. 1 software. Disponível em: <https://www.aveva.com/pt-br/products/work-tasks/>. Acesso em: 19 mar. 2024

CARVALHO, F. B.; TORRES, B. S.; FONSECA, M. O.; CONSTANTINO, S. F. **Sistema PIMS – Conceituação, usos e benefícios**, 2005, São Paulo. Disponível em: <https://tecnologiammm.com.br/article/10.4322/tmm.00104001/pdf/1573492069-1-4-1.pdf>. Acesso em: 6 mar. 2024.

CAVALCANTE, Z. V.; SILVA, M. L. S. **A importância da Revolução Industrial no mundo da tecnologia**. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO

CIENTÍFICA, 7., 2011, Maringá. **Anais eletrônicos** [...]. Maringá: Unicesumar, 2011. Disponível em: https://www.unicesumar.edu.br/epcc-2011/wp-content/uploads/sites/86/2016/07/zedequias_vieira_cavalcante2.pdf. Acesso em: 27 mar. 2024

CRAVO, E. **Pirâmide de automação**: saiba o que é e qual a sua importância. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://blog.kalatec.com.br/piramide-automacao/>. Acesso em: 5 mar. 2024.

FRANK, A. G.; DALENOGARE, L. S.; AYALA, N. F. **Industry 4.0 Technologies: Implementation Patterns in Manufacturing Companies**. International Journal of Production Economics, [S. l.], v. 210, p. 15–26, abr. 2019.

GONÇALVES, G. V. B., **Monitoramento de OEE de uma linha de produção para uso e integração com a Revolução 4.0**. Orientador: Galdenoro Botura Junior. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação) - Universidade Estadual de São Paulo, Sorocaba, 2019.

HIRAI, G. Z.. **Sistema MES (manufacturing execution system)**: Estudo das vantagens da aplicação nas indústrias. Orientador: Daniel Balieiro Silva. 2022. TCC (MBA em Gestão de Processos Industriais) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, [S. l.], 2022.

KUMAR, R.. (92) **What is the five layer automation pyramid?**. [S. l.], 1 ago. 2019. Disponível em: <https://medium.com/world-of-iot/92-what-is-the-five-layer-automation-pyramid-d0ccc1b903c3>. Acesso em: 5 mar. 2024.

LEÃO, T. **Sistema MES: O que é, quais seus benefícios e como implantar na fábrica**. [S. l.], 4 jan. 2024. Disponível em: <https://www.nomus.com.br/blog-industrial/sistema-mes/>. Acesso em: 5 mar. 2024.

MICROSOFT. Acessar SQL: conceitos básicos, vocabulário e sintaxe. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://support.microsoft.com/pt-br/topic/acessar-sql-conceitos->

[básicos-vocabulário-e-sintaxe-444d0303-cde1-424e-9a74-e8dc3e460671](#). Acesso em: 6 mar. 2024.

MICROSOFT. **Power BI**. Versão 2024. [Redmond]: MICROSOFT, c2024. 1 software. Disponível em: <https://www.microsoft.com/pt-br/power-platform/products/power-bi>. Acesso em: 6 mar. 2024

MICROSOFT. **SQL Report Builder**. Versão 2022 16. [Redmond]: MICROSOFT, c2022. 1 software. Disponível em: <https://learn.microsoft.com/pt-br/sql/reporting-services/install-windows/install-report-builder?view=sql-server-ver16>. Acesso em: 6 mar. 2024

MICROSOFT. O que é o SQL Server Reporting Services (SSRS)? . SQL Server Reporting Services, [S. /], 22 mar. 2023a. Disponível em: <https://learn.microsoft.com/pt-br/sql/reporting-services/create-deploy-and-manage-mobile-and-paginated-reports?view=sql-server-ver16>. Acesso em: 6 mar. 2024

MICROSOFT. O que é o SSMS (SQL Server Management Studio)? . [S. /], 23 maio 2023b. Disponível em: <https://learn.microsoft.com/pt-br/sql/ssms/sql-server-management-studio-ssms?view=sql-server-ver16>. Acesso em: 6 mar. 2024.

MICROSOFT. O que é uma VM (máquina virtual)? : Uma introdução à virtualização e aos benefícios das VMs. [S. /], 2023c. Disponível em: <https://azure.microsoft.com/pt-br/resources/cloud-computing-dictionary/what-is-a-virtual-machine>. Acesso em: 6 mar. 2024.

MICROSOFT. XML para iniciantes. XML, [S. /], 2022. Disponível em: <https://support.microsoft.com/pt-br/office/xml-para-iniciantes-a87d234d-4c2e-4409-9cbc-45e4eb857d44>. Acesso em: 6 mar. 2024.

MORAES, L E. **História contemporânea: da Revolução Francesa à Primeira Guerra Mundial**. São Paulo: Contexto, 2017.

OEE. **Como calcular o OEE?**. OEE, [S. l.], p. 1-1. Disponível em: <https://www.oeec.com.br/como-calculador-o-oeec/>. Acesso em: 6 mar. 2024.

RONDEAU, P. J.; LITTERAL, L. A. Evolution of manufacturing planning and control systems: from reorder point to enterprise resource planning. **Production and Inventory Management Journal**, [Chicago], v. 42, n.2, p.1-7, 2001. Disponível em: https://digitalcommons.butler.edu/cob_papers/41/. Acesso em: 6 mar. 2024.

RIBEIRO, M.. **Explicando sobre ambientes de sistemas: desenvolvimento/homologação/produção**. [S. l.: s. n.], 14 jul. 2022. 1 vídeo (3 min). Publicado pelo canal marciribeiro. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=ahcGQ2kdw5g>. Acesso em: 6 mar 2024.

ROCKWELL AUTOMATION. **Controladores CompactLogix 5480**. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://www.rockwellautomation.com/pt-br/products/hardware/allen-bradley/programmable-controllers/small-controllers/compactlogix-family/compactlogix-5480-controllers.html>. Acesso em: 5 mar. 2024.

ROCKWELL AUTOMATION. **Sistemas de controlador lógico programável MicroLogix 1400**. [S. l.], 2010. Disponível em: <https://www.rockwellautomation.com/pt-br/products/hardware/allen-bradley/programmable-controllers/micro-controllers/micrologix-family/micrologix-1400-controllers.html>. Acesso em: 5 mar. 2024.

SALATIEL, M.; SAMPAIO, G.; SANTANA, D.; FONTES, A.. **Desenvolvimento de Sistema PIMS e MES para tratamento de efluentes**. Emphasis, [S. l.], p. 65-76, 1 jan. 2009.

SCHWARZ, M.. **Metrics that matter: ROI of MES/MOM**. [S. l.]: MESA INTERNATIONAL, 2016. Disponível em: https://www.zerodefektmanufacturing.com/wp-content/uploads/2018/03/mesa_metrics_that_matter_and_roi_of_mes_mom.pdf. Acesso em: 5 mar. 2024.

SILVA, J. M. **[Importância da Eficiência Global de Equipamentos (OEE)]**. [S. l.: s. n.], 2024. Disponível em: https://pt.linkedin.com/posts/jhonatan-martins-silva-1214a4aa_caros-colegas-da-ind%C3%BAstria-gr%C3%A1fica-como-activity-7167328302855135232-U5JC?trk=public_profile. Acesso em: 5 mar. 2024.

SILVEIRA, C. B. **Como Funciona a Linguagem LADDER**. [S. l.], 25 jul. 2016. Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/linguagem-ladder/>. Acesso em: 5 mar. 2024.

TOTVS. **Sistema MES**: O que é, como funciona e benefícios para a indústria. [S. l.], 26 fev. 2024. Disponível em: <https://www.totvs.com/blog/gestao-industrial/sistema-mes/>. Acesso em: 5 mar. 2024.

TOTVS. **Sistema PIMS**: A tecnologia que revoluciona as empresas. [S. l.], 13 jan. 2021. Disponível em: <https://www.totvs.com/blog/gestao-agricola/sistema-pims/>. Acesso em: 5 mar. 2024.

TREIN, C. A.; LACERDA, D. P.; MAURÍCIO, D. B.; MARTINS, E. A.; HOFFMANN, G.; SILVA, M. L.; AYALA, N. F.; RIGHI, R. R.; SILVA, S. B.; GOMES, V. E. O.. **Guia de maturidade Tecnológica de máquinas: Indústria 4.0**. [S. l.: s. n.], 2023.

VENTURELLI, M. **Maturidade para Indústria 4.0. Avaliação qualitativa e quantitativa para implantação da digitalização**, [S. l.], 18 maio 2020. Disponível em: <https://www.industria40.ind.br/artigo/19931-maturidade-para-industria-40-avaliacao-quantitativa-e-qualitativa-do-nivel-de-tecnologia-gestao-e-pessoas-para-implantacao-da-digitalizacao>. Acesso em: 7 mar. 2024.