

Manufacturing Execution Systems(MES) e a Indústria 4.0

Matheus Rambo da Roza (email: matheusrambo97@gmail.com)

Abstract—Os pulos da tecnologia têm levado a alterações de paradigma, que na era contemporânea era dito a “Revolução Industrial”. Hoje estamos presenciando a Quarta Revolução Industrial, que esta associada a nova tecnologia industrial digital conhecida como Indústria 4.0. Neste novo período as empresas e os donos das mesmas, passaram a ter a primordialidade de informar os seus fornecedores, distribuidores e clientes, algumas informações críticas internas e os processos dentro da empresa começaram a ter a capacidade de gerar e comunicar informações de grande valia e precisas. Aliás, o aumento da dificuldade dos sistemas industriais reproduziu uma quantidade grande de dados que devem ser adquiridos, comunicados e avaliados. Desta maneira, desejando a comunicação entre os sistemas, levantamento e análise de dados em tempo real do chão de fábrica se introduz o MES. Mais uma característica que está em todas as fases da manufatura é o contato com o operador, que a princípio retratou-se em cartões perfurados até progredir para interfaces gráficas que procuram otimizar UI e UX. Todos esses sistemas estão bem estabelecidos nas indústrias atuais, no entanto, com a chegada da Indústria 4.0 novos paradigmas de manufatura foram definidos, assim os sistemas devem passar por modificações para que estes atendam os novos desafios.

Index Terms—Indústria 4.0, MES, Sistema

I. INTRODUÇÃO

A indústria é uma parte da economia que produz bens materiais que são altamente mecanizados e automatizados. Desde o principio da industrialização, os pulos tecnológicos levam as mudanças de paradigma, que hoje é conhecido como “Revolução Industrial” [1] A Primeira Revolução Industrial surgiu na Inglaterra no final do século XVIII início do século XIX, foi marcada principalmente pelo advento da máquina à vapor na indústria têxtil e locomotiva, nesse período a produção deixou de ser artesanal e passou a ser manufaturada e a produção passou a ser em larga escala.

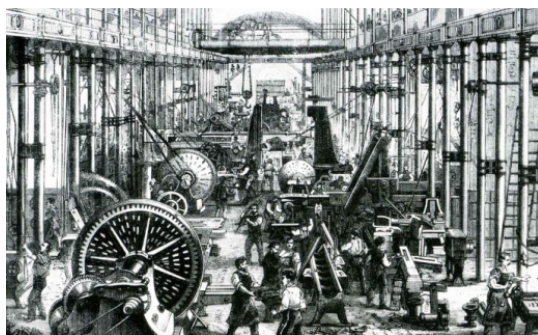


Fig. 1. Imagem que relata a Primeira Revolução Industrial. Referência: <https://enemgame.com.br/blog/141-primeira-revolu%C3%A7%C3%A3o-industrial>

A Segunda Revolução Industrial iniciou no final do século XIX, com a queda da hegemonia Inglesa que estava sendo substituída por outras nações como Alemanha e EUA, e prolongou até o século XX. As características principais desse período foram a utilização do aço, desenvolvimento de produtos químicos, utilização da energia elétrica e dos combustíveis derivados do petróleo, invenção do motor a explosão e da locomotiva a vapor.

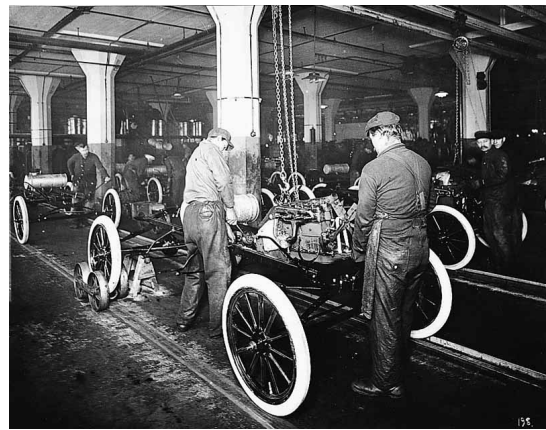


Fig. 2. Imagem que relata a Segunda Revolução Industrial. Referência: <https://inforsociedade.wordpress.com/2013/11/03/2a-revolucao-industrial/>

A Terceira Revolução Industrial, também conhecida como Revolução Tecnocientífica, teve início no final da década de 70, após o término da Segunda Guerra Mundial, e mudou a configuração do sistema de produção, agora firmado na tecnologia, na robótica, na telecomunicação. As principais características são o desenvolvimento da biotecnologia e da robótica e aprimoramento das áreas da genética, eletrônica, telecomunicações e transporte. Todas essas mudanças não tiveram efeito apenas na parte da produção, mas também afetaram o modo de vida das pessoas e as relações sociais.

Na atualidade, estamos vivendo e presenciando uma quarta etapa de avanços tecnológicos, que estão relacionados a nova tecnologia industrial digital conhecida como Indústria 4.0. Esta por sua vez, é originado por nove avanços tecnológicos fundamentais:

- Internet das Coisas (IOT)
- Big Data
- Integração de sistemas
- Robôs autônomos
- Realidade aumentada
- Segurança cibernética
- Simulações

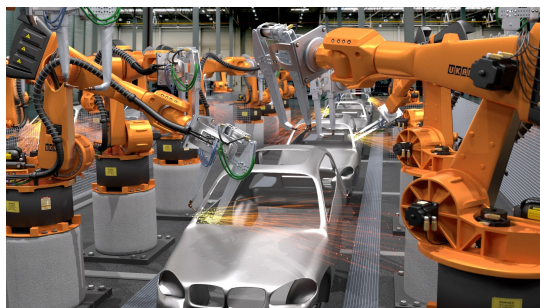


Fig. 3. Imagem que relata a Terceira Revolução Industrial. Referência: <https://conhecimentocientifico.r7.com/como-a-terceira-revolucao-industrial-mudou-o-mundo-e-as-relacoes-humanas/>

• Manufatura aditiva

Os robôs já estão sendo usados pela indústria com o objetivo de realizarem tarefas complicadas e complexas, porém nos tempos de hoje, os robôs estão se tornando cada vez mais autônomos, flexíveis e cooperativos. Em relação as simulações, estas já ocorrem na fase da engenharia, principalmente simulações 3D de produtos, materiais e processos de produção. Porém o que se almeja das fábricas de alguns anos a frente, ou seja, no futuro, é que as simulações também aconteçam na área das operações de planta. Isso irá permitir que seja possível a visualização dos dados em tempo real em um modelo virtual, assim fazendo com que os operadores testem e otimizem as configurações das máquinas para o próximo produto a ser produzido, aumentando a qualidade do mesmo. Na integração dos sistemas, nos dias atuais, os sistemas da tecnologia da informação não são totalmente integrados, tais como os clientes, companhias e os fornecedores que tem a tendência a não estarem conectados, além de outros departamentos como o de engenharia, de produção e de serviços também partilhem da mesma característica. No entanto, na Indústria 4.0, o objetivo é de juntar todos os incluídos na produção do produto, de maneira que aconteça uma integração dos dados e permita automatizar a cadeia de valor. Nos dias de hoje, alguns sensores e máquinas já apresentam computadores embutidos, de qualquer modo apresentem capacidade computacional limitada. Com a Indústria da Internet das Coisas (IoT), mais dispositivos irão ter um tipo de computador embutido, o que irá permitir que estejam conectados e consigam se comunicar e interagir. Uma das vantagens dessa integração é que irá permitir uma análise e tomada de decisões descentralizada, contribuindo para serem feitas ações de controle em tempo real. Maioria das empresas ainda não utilizam de sistemas de gerenciamento e de produção que estão conectados entre si. De qualquer forma, com a vinda da Indústria 4.0 e por isso causando uma maior conectividade entre sistemas, será necessário proteger estes sistemas de ataques cibernéticos.

Algumas empresas já estão usando softwares em nuvem para aplicações empresariais e analíticas, mas com a Indústria 4.0 se faz necessário um grande compartilhamento de dados entre as empresas. Assim, fazendo com que cada vez mais funcionalidades serão feitas para a nuvem, proporcionando mais serviços a base de dados para sistemas de produção.

Os sistemas de realidade aumentada oferece aos trabalhadores informações em tempo real para melhorar a tomada de decisão e de procedimentos de trabalho. A análise de Big Data só ficou mais comum a pouco tempo. Ela faz com que haja a melhora da performance da qualidade da produção, economiza energia, o que economiza dinheiro e melhora o serviço de equipamentos. Com a chegada da Indústria 4.0, a coleta e a avaliação dos dados vindos de diferentes fontes se tornará algo bem natural, o que possibilitará um suporte em tempo real para as tomadas de decisões. Com todas essas transformações, sensores, sistemas de TI, máquinas e peças de trabalho serão ligados com o decorrer da cadeia de valor dentro de uma única empresa. Esses sistemas estão interligados e por isso tem a capacidade de se comunicar entre si usando protocolos de Internet e utilizando de análise de dados para prever possíveis falhas, para se configurarem e para se adaptar a alguma mudança. A indústria 4.0 permite agrupar e analisar dados entre diferentes máquinas, proporcionando assim processos de produção de produtos mais rápidos, mais flexíveis e mais eficientes, além dos produtos terem um menor custo e uma melhor qualidade. Todas esses benefícios e mudanças irá possibilitar o crescimento da produtividade da manufatura, irá mudar a economia, promovera o crescimento industrial e modificará o perfil da força de trabalho.



Fig. 4. Imagem que mostra a evolução das indústrias, desde a primeira revolução industrial até os dias de hoje que estamos começando a viver a indústria 4.0. Referência: <https://www.salesforce.com/br/blog/2018/Janeiro/O-que-e-Quarta-Revolucao-Industrial.html>

II. SUPERVISORY CONTROL AND DATA ACQUISITION (SCADA)

O crescimento da complexidade dos sistemas industriais causou uma quantidade crescente de dados que devem ser obtidos, comunicados e avaliados. Estes dados são gerenciados pelos Supervisory Control and Data Acquisition Systems (SCADA) [9]. Os sistemas SCADA são sistemas altamente distribuídos usados para controlar ativos geograficamente dispersos, normalmente espalhados por milhares de quilômetros quadrados, onde a aquisição e o controle centralizados de dados são críticos para a operação do sistema. Estes sistemas têm como objetivo a coleta de informações e também de transferi-las para uma instalação central de computadores, com o objetivo de mostra-las para um operador, de forma textual ou gráfica, permitindo que este controle ou monitore um sistema inteiro de um local central em tempo real. Os sistemas SCADA estão presentes tanto em software, quanto em hardware.

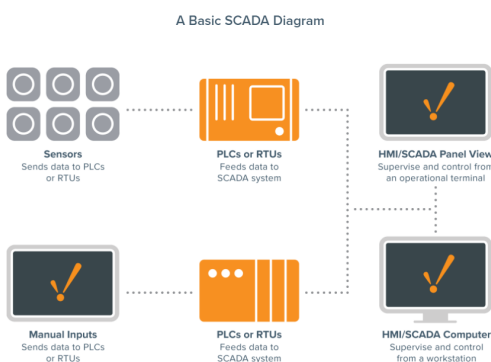


Fig. 5. Imagem de um diagrama que mostra o funcionamento do SCADA. Referência: <https://www.inductiveautomation.com/resources/article/what-is-scada>

O hardware típico inclui uma Unidade Terminal Principal (Master Terminal Unit ou MTU) posta em um centro de controle, equipamentos de comunicação, como por linha telefônica, rádio, satélite ou cabo, e um ou mais locais de campo distribuídos geograficamente, consistindo em uma Unidade Terminal Remota (Remote Terminal Unit ou RTU) ou um Controlador Lógico Programável (Programmable Logic Controller ou PLC) que controla atuadores e/ou monitora sensores. O software é programado para informar ao sistema o que monitorar e quando, quais faixas de parâmetros são aceitáveis e o que fazer quando os parâmetros não foram valores aceitáveis. Estes sistemas são caracterizados por terem incorporados em sua arquitetura uma tolerância a falhas com redundância significativa [11].

III. SISTEMAS DE PLANEJAMENTO DE RECURSO CORPORATIVO OU ERP

Agora será tratado um pouco do que é o ERP, ou seja, será dado um breve resumo sobre os Sistemas de Planejamento de Recurso Corporativo e também será tratado sobre o ERP na indústria 4.0.

Com todo o aperfeiçoamento das tecnologias, cada vez mais produtos vem chegando no mercado, as empresas vêm mudando e melhorando seus produtos. Por esse motivo, as empresas se chocam com a obrigação de aumentar a concorrência, desenvolvendo e melhorando seus produtos, expandindo o seu mercado, fazendo com que seus produtos alcance mais clientes e que os clientes fiquem ainda mais satisfeitos com as mercadorias compradas. Esses motivos aumentam a carência das empresas de baixarem o tempo e os preços em toda a cadeia de produção, além de diminuir os estoques, dar datas de entrega mais confiáveis e melhorar o atendimento ao cliente. Pelo motivo de a área dos negócios trilhar para um modelo mais colaborativo, as empresas começaram a ter a necessidade de compartilhar cada vez mais suas informações críticas internas com seus fornecedores, distribuidores e clientes. Além disso, os processos dentro da empresa passaram a ter a capacidade de gerar e comunicar informações importantes e precisas. Para atingir esses objetivos, as empresas estão se voltando para a ideia de Enterprise Resource Planning Systems (Sistemas de Planejamento de Recurso Corporativo ou ERP)[7].

Em linhas gerais, o ERP é um software personalizável que inclui soluções de negócios integradas para os processos principais (como o planejamento e controle de produção e gerenciamento de armazém) e as principais funções administrativas (como a contabilidade e gerenciamento de recursos humanos) de uma empresa [8]. Este traz dois benefícios que não são encontrados em sistemas que não são integrados. O primeiro é uma visão corporativa unificada do negócio que engloba todas as funções e departamentos e o segundo é um banco de dados corporativo no qual todas as transações comerciais são inseridas, registradas, processadas, monitoradas e relatadas. Essa unificação demanda a extensão da cooperação e coordenação dos diversos setores da empresa, além de permitir que as empresas atinjam seus objetivos de ter maior comunicação e capacidade de resposta a todos os stakeholders[7].

Falando agora um pouco sobre o ERP na indústria 4.0, podemos observar alguns problemas em alguns quesitos. Por tanto, se faz necessário que um sistema ERP seja desenvolvido desde o princípio com a intenção de ser um sistema ERP para uma indústria 4.0.



Fig. 6. Imagem que mostra as features do ERP. Referência: <https://project-management.com/erp-software/>

Esses modelos novos ERP, devem possuir algumas características de grande valia como por exemplo a criação de um ambiente para a tomada de decisões, assim enviando informações importantes para os usuários finais através de computadores e celulares. Assim, seria possível ter um aumento na produtividade e assim consequentemente isso ajudaria os funcionários a usar os sistemas ERP. Também é de grande importância a análise no campo do Big Data, fazendo uma análise automatizada de grandes quantidades de informações não estruturadas e diferentes, coletadas no mesmo instante dos processos de negócios. Além disso é necessário garantir funcionalidades como aplicações virtuais que assim irá permitir às empresas e os seus parceiros a fazer negócio em tempo real através de uma cadeia de negócios inteligente [11]. Alguns autores e estudiosos consideram os sistemas ERP a espinha dorsal da Quarta Revolução Industrial, de qualquer forma, existem alguns problemas que não devem existir nunca mais. Um desses desafios fica entorno da comunicação máquina com ERP e máquina com máquina, considerando que não existe nenhum padrão para esse tipo de comunicação, tão pouco um protocolo unificado. Além do mais, inúmeros fornecedores de máquinas usam seus próprios protocolos de

comunicação, o que pode gerar um aprisionamento do fornecedor e prejudicar todos os conceitos básicos de uma fábrica inteligente e colaboração com máquina a máquina [1].

IV. MES - MANUFACTURING EXECUTION SYSTEMS

As indústrias de manufatura visam a competitividade através de esforços buscando a alta qualidade, custo baixo e uma execução com tempo mínimo. Afim de realizar essas finalidades, os modelos de fabricação tradicionais não possuem todos os requisitos exigidos, e não combinam com os paradigmas da manufatura contemporâneos. Dessa maneira, tecnologias, principalmente do meio da Ciência da Computação, em forma de softwares especializados, estão de maneira gradual se envolvendo no mundo das indústrias com o objetivo de enfrentar e adaptar a manufatura conforme os princípios da indústria 4.0 [6]. MES é uma das soluções de software usadas para relacionar as tecnologias ERP com os sistemas de controle de equipamentos encontrados no maquinário das indústrias [10]. O MES surgiu no final dos anos setenta, no contexto da época, na ausência de um sistema de informação global integrado, fez com que a indústria trabalhasse no formato de ilhas de automação, as quais o MES correspondesse ao sistema de gestão de qualidade, sistema de monitoramento dos maquinários e também ao sistema rastreamento da produção no chão de fábrica [15]. Nas implantações do MES é comum a integração com software ERP, entretanto, na época do surgimento das tecnologias do modelo MES, anos setenta, o ERP era correspondente ao MRP (Material Resource Planning).

De acordo com Giunipero [4] “O MRP É um sistema que de posse das informações de demanda, parâmetros do produto (tempos de produção, tamanho de lote, especificações...) matéria prima e prazos de compra, calcula quando e quanto será necessária para a produção de produtos acabados, produção e aquisição de componentes. Logo de maneira generalizada é um sistema que calcula necessidade de materiais, para o momento certo e na quantidade certa, a fim de evitar faltas nem sobras de produtos e materiais”.

Ao passar dos anos, na década de noventa, a indústria reconheceu a necessidade de integração do sistema de negócio e controle junto ao MES [3]. Dessa forma, houve a necessidade da definição de um modelo de adaptação dessas tecnologias, assim a AMR (Advanced Manufacturing Research) propôs um modelo de integração dessas ferramentas em três camadas (ERP-MES-DCS) como esboça a figura 7. Nesse contexto, o ERP opera como sistema de gerenciamento de planos, DSC (Distributed Control System) como sistema de controle e o MES se responsabiliza com a conexão entre essas duas camadas [10]. De acordo com MESA (Manufacturing Execution System Association) o MES é um sistema de agendamento e rastreamento da produção da indústria, sua principal função é analisar e relatar a disponibilidade dos recursos, agendamento de tarefas e coletar os dados em tempo real (uso de material, parâmetros Work in process, status de equipamentos e também qualquer outra informação crítica do chão de fábrica). O MES gera relatórios em tempo real do chão de fábrica, os dados gerados podem ser enviados para outros sistemas capazes de investigar melhor a informação. Logo, um modelo comum é

enviar os dados gerados pelo MES para o sistema ERP para, por exemplo, fazer análise da necessidade de materiais. Além disso, ainda segundo diretrizes da MESA, há onze funções ou componentes que o sistema MES contempla:

- 1) Alocação de recurso
- 2) Expedição das unidades de produção
- 3) Aquisição de dados
- 4) Gestão de qualidade
- 5) Gestão de manutenção
- 6) Gestão de processos
- 7) Gestão de trabalho/tarefas
- 8) Análise de performance
- 9) Detalhamento da sequência de operações
- 10) Controle de documentos
- 11) Monitoramento/controle de produtos

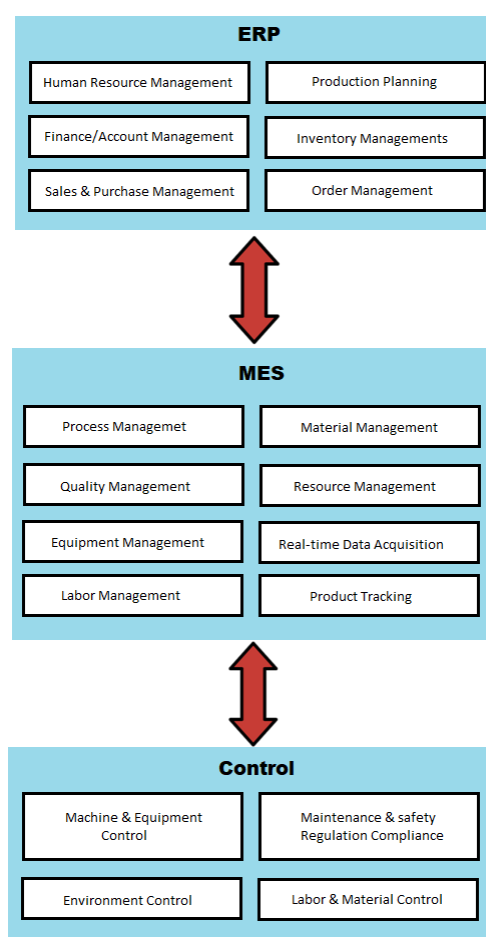


Fig. 7. Imagem que mostra a conectividade entre o MES e os demais sistemas. Referência: Muhammad Younus [6]

Todas essas funções e componentes do MES são aprofundadas no site da MESA. Em resumo, o MES faz relatório completo do que está acontecendo na indústria em tempo real, servindo como interface entre outros sistemas e o chão da indústria. Ou seja, o MES pode atuar como uma ponte de informações que conecta e fornece dados a outros sistemas, por exemplo CAE (Computer Aided Engineering), SCM (Supply Chain Management), Scada e ERP. É comum algumas

funcionalidades coexistir em sistemas diferentes, por exemplo, gerenciamento de alocação de recursos e controle de produção podem ser implementados tanto no ERP quanto no MES [6].

Levando em consideração então a Indústria 4.0 é de suma importância ressaltar que este conceito faz o uso das Tecnologias 4.0. Estamos falando de Tecnologias 4.0 como por exemplo Inteligência Artificial, Computação em Nuvem, análise de Big Data, Tecnologias de Informação e Comunicação, e por fim a IoT.

Neste sentido e tendo em vista o sistema MES implementado na empresa, pode-se concluir que o MES é um complemento da Indústria 4.0, ou seja, o mesmo encontra-se interligado com a Indústria 4.0, mais concretamente está interligado com as Tecnologias 4.0 e ao mesmo tempo dependente destas, uma vez que, todo o sistema para funcionar necessita de dados, para se conseguir obter os pontos de informação ou indicadores que irão influenciar as tomadas de decisão na empresa. Estes dados são então recolhidos e tratados através das Tecnologias 4.0.[10]



Fig. 8. Imagem que exemplifica o controle da produtividade de uma empresa através de um software MES. Referência: asm, 2019

A empresa através do MES consegue ter um controle online da empresa. Têm a possibilidade, através de uma aplicação, de acessar através de um computador ou celular, a toda a informação, podendo o utilizador visualizar todo o esquema do chão de fábrica em tempo real, perceber o estado em que se encontra a produção. Este sistema é possível, fazendo uso das Tecnologias 4.0 usadas pela empresa e das quais o MES está dependente e se encontra interligado, como é o caso, dos CPS, Computação em Nuvem, Big Data e as Tecnologias de Informação e Comunicação. Se estas não existirem e não houver esta interligação entre tecnologias e o MES, muito dificilmente uma empresa consegue tirar um proveito significativo do uso de um MES. [10]

A. Vantagens e Desvantagens

Os engenheiros que lidam diariamente com o sistema consideram que não existem desvantagens na implementação e uso de um MES, existem sim dificuldades, mas que com o tempo são ultrapassadas.[10] Então como não existem desvantagens no sistema MES, não iremos tratar aqui as desvantagens mais sim as dificuldades que o sistema MES enfrenta.

A componente de mão de obra, importante dentro da empresa por não haver a tecnologia que possibilite automatizar o trabalho faz com que não haja um controle total a partir do MES, não se consegue controlar um trabalhador como se consegue controlar uma máquina, pelo que através

do MES não se consegue ter o controle total do sistema, consegue-se minimizar esta falta deste controle através de outras aplicações, como o caso da interface na linha de produção que liga o trabalhador e o MES. [10]

Outra dificuldade enfrentada pelas empresas ao implantar o sistema MES é a necessidade de formação, pois será necessário explicar todo o sistema para os trabalhadores, ensinar eles a como trabalhar com o sistema novo. Assim tornando o tempo de adaptação elevado tendo até em vista os trabalhadores com mais idade, fazendo então com que nesse período a produção da empresa seja reduzida.

Agora falando um pouco das vantagens que o sistema MES apresenta, segundo relatos de já usuários do sistema, são inúmeras as vantagens que o sistema MES apresenta. Começando pela mais significativa, é que o MES não necessita de uma estrutura específica de empresa para poder ser implementado, é um sistema flexível que pode ser adaptado às necessidades assim como à estrutura da própria empresa. Qualquer empresa poderá então implementar um MES sem a necessidade de alterar a sua estrutura. Poderá haver a necessidade de adaptações apenas.

Outra vantagem do sistema MES, é que ele faz com que todos que estão na empresa se sintam importantes, pois todos têm acesso ao sistema, claro uns com um acesso mais limitado do que outros, mas em geral, todos têm acesso ao sistema.

Por fim e talvez o que mais importa para uma empresa quando implementa um sistema destes, é que há um controle do produto e do chão de fábrica, em tempo real, permitindo que se intervenha logo que algo de errado se identifique. Consegue-se controlar o produto desde que é feita a sua encomenda até que o mesmo sai da empresa. [10]



Fig. 9. Imagem que exemplifica o controle da produtividade de uma empresa através de um software MES em diversas plataformas. Referência: asm, 2019

V. CONCLUSÃO

Portanto, conclui-se que a indústria 4.0 determinou um novo modelo de manufatura inserindo diversos componentes de computação dentro das empresas. Logo apareceu a necessidade de mudar o padrão dos sistemas usados no chão de fábrica, ou seja, os sistemas tradicionais de gestão industrial, que estavam na indústria durante anos, e que foram modificados para se encaixar nos métodos da indústria 4.0. Essas mudanças acarretam na integração dos equipamentos da indústria, que por meio de IoT e redes de computadores, agrupam informações do chão de fábrica em tempo real e trafegam os dados entre

si e os enviam para sistemas especialistas como MES e ERP. Utilizando assim então esse modelo, toda informação formada é tratada para otimizar os processos de manufatura para que não ocorram falhas e desperdícios durante todo o processo de produção.

REFERENCES

- [1] Moutaz Haddara, Elrafka Ahmed. The Readiness of ERP Systems for the Factory of the Future. *Procedia Computer Science*, [s. l.], ano 2015, v. 64, p. 721-728, 7 out. 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050915027337>. Acesso em: 17 mar. 2021.
- [2] P. Burggraaf, "MES Software: Preparing your questions," *Semiconductor International*, Vol. IS, Issue I, pp65-70, Jan, 1995.
- [3] Endrijonas, J., "MESA brings MES to its rightful place in manufacturing", *Managing Automation*, vol.S, No.10, pp.22-23, 1993.
- [4] Arias, D. MRP RCCP. (online) Arca.fiocruz.br. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/6199/2/DanielArias.pdf>.
- [5] Almada-Lobo, F. (2016). The Industry 4.0 revolution and the future of Manufacturing Execution Systems (MES). *Journal of Innovation Management*, 3(4), 16–21. <https://doi.org/10.24840/2183-0606003.0040003>.
- [6] Muhammad Younus, Cong Peiyong, Lu Hu, and Fan Yuqing. (2010). MES development and significant applications in manufacturing -A review. 2010 2nd International Conference on Education Technology and Computer. doi:10.1109/icetc.2010.5530040.
- [7] Elisabeth J. Umble et al. Enterprise resource planning: Implementation procedures and critical success factors. *European Journal of Operational Research*, Estados Unidos, p. 241–257, 2003. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/222409354-EnterpriseResource-Planning-Implementation-Procedures-and-Critical-SuccessFactors>. Acesso em: 18 mar. 2021.
- [8] Majed Al-Mashari et al. Enterprise resource planning: A taxonomy of critical factors. *European Journal of Operational Research*, Reino Unido, p. 352–364, 27 ago. 2002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221702005544>. Acesso em: 19 mar. 2021.
- [9] Antonio José Calder on Godoy et al. Integration of Sensor and Actuator Networks and the SCADA System to Promote the Migration of the Legacy Flexible Manufacturing System towards the Industry 4.0 Concept. *Journal of Sensor and Actuator Network*, [s. l.], 21 maio 2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/325288711-Integration-of-Sensor-and-Actuator-Networks-and-the-SCADA-System-to-Promote-the-Migration-of-the-Legacy-Flexible-Manufacturing-System-towards-the-Industry-40-Concept>. Acesso em: 21 mar. 2021.
- [10] Pedro dos Santos Pinto et al. Interligação dos Sistemas de Execução da Produção (MES) com as tecnologias da Indústria 4.0, 2019. Disponível em: <https://ubibliorum.ubi.pt/handle/10400.6/10204>
- [11] Zeljko Stojkic et al. A concept of information system implementation (CRM and ERP) within Industry 4.0. *International Symposium Of Intelligent Manufacturing and Automation*, Croatia, 2005. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/309414427-A-Concept-of-Information-System-Implementation-CRM-and-ERP-within-Industry40>. Acesso em: 18 out. 2019.