

Sistemas de Manufatura Flexíveis

André Oliveira do Carmo Alves
Escola de Artes, Ciências e Humanidades - EACH
Universidade de São Paulo - USP
São Paulo, Brasil
andre.oliveira23@usp.br

Vinícius Miyazaki Gessi
Escola de Artes, Ciências e Humanidades - EACH
Universidade de São Paulo - USP
São Paulo, Brasil
vinicius.miyazaki@usp.br

Resumo – Desde o surgimento da computação digital, o mundo presenciou uma evolução exponencial em um tempo consideravelmente pequeno, em relação ao avanço ocorrido nos séculos anteriores. Na área da Indústria, essa evolução também se faz presente. Desde a década de 1960, passando pelo surgimento da Indústria 4.0, computadores e outros componentes foram utilizados para que processos de fabricação fossem feitos de maneira mais ágil. Nesse contexto, surge o conceito de "Sistemas de Manufatura Flexíveis". Portanto, o presente artigo visa elucidar as ideias acerca do conceito descrito anteriormente, com o objetivo de expor as vantagens que a adoção desse tipo de Sistema de Informação trás ao contexto ao qual ele foi desenvolvido, que é o industrial

Palavras-Chave – Sistema, Manufatura, Flexibilidade, Indústria, Tecnologia

I. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a industrialização tem se tornado cada vez mais visível na vida das pessoas. Desde o seu advento, ela, assim como outras tecnologias, evoluiu e continua em desenvolvimento. Com o surgimento do mundo digital, a área da indústria teve de se adaptar, de forma a se beneficiar das facilidades proporcionadas por computadores, microcontroladores, artifícios programáveis, entre outros. O presente artigo visa elucidar os principais pontos que abrangem o conceito de "Sistemas de Manufatura Flexíveis", também identificados como SMF, SMF's, ou ainda, pelo uso da sigla em inglês, FMS ou FMS's (Flexible Manufacturing Systems).

II. QUAL É A "ORGANIZAÇÃO" QUE USA SMF'S?

As organizações que fazem uso de Sistemas de Manufatura Flexíveis são as indústrias manufatureiras em geral, que buscam otimizar os seus processos e criar um "gap" (distância, vantagem) em relação à concorrência dentro do mercado

III. QUAL É O OBJETIVO DO SI EM TERMOS DE "META" ORGANIZACIONAL OU DE NEGÓCIOS?

Segundo Rodrigues [1], a adoção de um Sistema de Manufatura Flexível promove obtenção de eficiência e economia análogos à produção em massa; Além da possibilidade de flexibilidade para lotes de pequeno e médio porte, não só isso, como também garante a variedade de peças.

Conforme Rezaie e Ostadi (2007), através de Mancio e Sellitto [2], SMF's podem também ajudar a melhorar a produtividade geral e qualidade final dos produtos fabricados, além de auxiliar na vulnerabilidades devidas a variações de demanda, além também de prover uma maior capacidade de competição baseada em flexibilidade.

IV. QUAL É O PROCESSAMENTO DE INFORMAÇÕES QUE EXISTE? O QUE ENTRA, COMO É PROCESSADO, E O QUE SAI? HÁ RETROALIMENTAÇÃO? QUAIS SÃO OS DADOS, INFORMAÇÃO E CONHECIMENTO QUE O SISTEMA LIDA?

A entrada de informações ocorre na forma de requisito de produto, o requisito entra em processo de planejamento pela ferramenta CAPP (Computer-Aided Process Planning), que gera planos de processo de manufatura.

O CAPP aciona o CAD (Computer-Aided Design) para o planejamento e modelagem da peça, os modelos gerados pelo CAD são testados pelo CAE (Computer-Aided Engineering), que gera relatórios sobre a performance da peça que são retroalimentados para o CAPP e CAD para o reprojeito da peça e garantir a de qualidade da peça quando os relatórios do CAE forem considerados satisfatórios o método de operação da máquinas CNC serão codificados pelo CAM (Computer-Aided Manufacturing), ferramenta computacional utilizada para gerar programações para serem transmitidas às máquinas CNC (BELOTTI JR., 2010), e o projeto segue para a averiguação de requerimentos de insumo, assegurado o requerimento o processo parte para a etapa de manufatura e a saída é o produto requisitado. a retroalimentação é presente durante todas as etapas do processo e mais preponderantes nas etapas de planejamento das peças, nos processos de CAD, CAM e CAE. Os tipos de informação utilizadas pelo sistema são os requerimentos de funcionalidade do produto, os projetos de modelo das peças, relatórios de performance da peça em função de parâmetros como força de tensão, compressão, pressão, temperatura dentre outros.

V. QUAIS SÃO CADA UMA DAS PARTES DO SI, EM TERMOS DE SOFTWARE, HARDWARE, PESSOAS E PROCEDIMENTOS?

Por atuarem no contexto industrial, Sistemas de Manufatura Flexíveis tendem a ser compostos por uma quantidade numerosa de componentes. Como eles são bem adaptáveis, podemos então descrever os componentes essenciais de um FMS: Estações de Trabalho, máquinas CNC, magazine de

ferramentas, estação de montagem, movimentadores, manipuladores, armazenadores, e inspetores de material. [3]

A. Estações de Trabalho:

As estações de trabalho constituem as partes da empresa onde cada parte de um produto é feito. Desde a entrada da matéria prima até a saída do produto concluído. Como exemplos de estações de trabalho, temos:

1) *-Estações de Carga/Descarga:* São os lugares onde a matéria bruta entra, e os produtos finalizados saem. Na maioria das vezes, esses trabalhos são realizados manualmente. Mas nada impede de serem implementadas soluções mecanizadas.

2) *-Estações de Usinagem:* Essas estações concentram a presença de máquinas-ferramenta CNC.

Uma máquina-ferramenta é um equipamento utilizado para dar formas finais a produtos [4].

CNC (Controle Numérico Computadorizado) é um termo utilizado para descrever o processo de manejo das máquinas-ferramenta que são programáveis através de um computador.

Segundo SALES (1989), através de Sellitto e Mancio (2017) [5], o uso de uma máquina-ferramenta CNC permite que múltiplas operações sequenciais sejam executadas de maneira praticamente instantânea, necessitando mínima ou nenhuma atenção humana

3) *-Estações de Montagem:* Como o próprio nome diz, é o lugar onde a montagem dos produtos é feita. Com a chegada da indústria 4.0, os FMS estão contando cada vez mais com a presença de robôs industriais. Dessa forma, o trabalho manual tem sido cada vez menos usado. O robô é o principal equipamento para manipulação automática de materiais em FMS.

Um robô industrial é uma máquina que pode ser usada nos mais variados contextos, de acordo com a sua programação. Exemplos de robôs industriais são os articulados, cartesianos, cilíndricos, polares e delta. [6].

B. Movimentadores de Materiais: AGVS e Transportadores

A movimentação de materiais no FMS pode ocorrer de diversas formas, das mais comuns, temos: transportados em veículos guiados automáticos (Automated Guided Vehicle System, AGVS) ou em transportadores do tipo esteiras.

C. Armazenadores de Materiais: Estruturas de Armazenagem e Transelevadores

As cargas podem ser guardadas de maneira provisória através de sistemas automatizados, até que sejam entregues às transportadoras.

D. Inspeção de Peças

A inspeção e averiguação de peças pode ser feita tanto manualmente, quanto por Medição coordenada por máquina (Coordinate Measuring Machine - CMM), onde máquinas são programadas para percorrer objetos de forma a determinar se as suas medidas estão de acordo com as especificações passadas.

VI. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DO SI EM TERMOS DE COMPLEXIDADE, ADAPTAÇÃO, EMERGÊNCIA, INDETERMINISMO.

A. Alta complexidade:

Exemplo é a integração entre as partes anteriormente citadas; Diversos processos devem ocorrer para a conclusão da produção de peças; Podemos utilizar como exemplo a produção de carros [7]. Antes do produto final, alguns componentes dos carros passaram por processos de funilaria, pintura, inserção do motor, montagem final... todos esses processos formam o produto final, mas por se tratarem de muitos, podem ser considerados complexos.

B. Adaptação:

Como o próprio nome diz, são sistemas flexíveis. Segundo Groover (2011), através de Mancio e Sellitto (2017), se a produção anual de uma operação se encontrar entre 5 e 75 mil peças por ano, possivelmente células de manufatura e FMS seriam uma boa alternativa. Abaixo deste intervalo, vale mais um sistema do tipo job-shop; acima, um sistema do tipo flow-shop. Como exemplos, podemos citar a Volvo. Em 2019, a empresa produziu 14,5 mil unidades de caminhões. [8] ; Porém, com o agravamento da pandemia, o ritmo de produção precisou sofrer uma redução de 70% [9].. Graças à adoção de um Sistema De Manufatura Flexível, a produção pôde ser adaptada às diferentes demandas geradas pela pandemia, sem a necessidade de ser suspensa.

C. Emergência:

A característica de emergência se refere aos comportamentos que surgem após integração das partes. [10]. Para exemplificar esse tópico, vamos seguir uma linha de raciocínio:

Sistemas de Manufatura Flexíveis misturam partes de layouts de processo e de produtos. Como exemplo de layout de produtos, temos as famosas linhas de montagem. Nelas, o produto segue um fluxo, indo da primeira estação de trabalho para a segunda, e assim por diante, até a conclusão. O produto final surge devido à integração entre todas as partes. Portanto, podemos afirmar que esse tipo de sistema possui uma característica clara de emergência.

D. Indeterminismo

A característica de indeterminismo dos Sistemas de Manufatura Flexíveis pode ser exemplificada a partir do seguinte ponto: Apesar de uma grande parte dos processos de produção serem automatizados, a programação dos dispositivos utilizados é feita por pessoas. Como visto anteriormente, dos vários componentes de um FMS completo, temos a presença de Robôs (com características antropomórficas), Máquinas-Ferramentas Controladas Numericamente por Computador (CNC) e ainda, Máquinas de Inspeção programadas. Sendo assim, o comportamento dessas partes do processo não pode ser garantidamente o mesmo, pois equipes diferentes podem programá-los de formas diferentes. Ainda que o objetivo seja o

mesmo, no mundo da programação, ocorre que diferentes pessoas podem implementar diferentes soluções para um mesmo problema. Dessa forma, este tipo de S.I também possui uma característica de indeterminismo.

VII. EXPLORE COMO O SI ATUA PARA AJUDAR A ORGANIZAÇÃO QUE O USA A ATINGIR VANTAGEM COMPETITIVA.

Os Sistemas de Manufatura Flexíveis fazem com que as organizações que os adotem, se adaptem às mudanças do mercado. Por envolver seres humanos, as demandas do mercado não são fixas, portanto, as quantidades requisitadas de determinados produtos sofrem variações. Essa elevada adaptabilidade evita que a organização desperdice recursos, sejam eles, insumo, recursos humanos, ou afins. E, quando aplicado dentro do tamanho de organização sugerido, os SMF's são conhecidos pela sua alta eficiência. Além disso, devido às Máquinas CNC, pode-se adaptar facilmente à inovações tecnológicas e novas tendências de mercado. Com isso, a organização se torna referência de eficácia e passa a ter uma vantagem competitiva em relação à concorrência. Em suma, dentro do seu nicho, a adaptabilidade, além de prover incremento de produtividade, também proporciona uma maior capacidade de prosperar em situações não ideais de mercado como crises ou emergências diversas.

VIII. EXPLORE QUESTÕES ÉTICAS, SOCIAIS E POLÍTICAS ENVOLVIDAS COM O USO DO SI.

a) *Questões Éticas* : Dentro das questões éticas, que estão na esfera individual, está o comprometimento da empresa com critérios de segurança. porém, outros valores como carga de trabalho do operador, motivação e outros riscos também devem ser considerados [11]

b) *Questões Sociais* : Sobre as questões levantadas pela implementação dos sistemas flexíveis de manufatura temos os impactos atrelados a automatização e mecanização da área. Dentro das esferas de impacto do FMS, a maior questão se encontra na esfera social, a mecanização do setor secundário e o aumento de produtividade tem como consequência uma diminuição no número de empregos assim como a mudança no tipo de qualificação do empregado necessário, a implementação em massa do FMS pode acarretar no aumento da taxa de desemprego e a precarização do emprego do funcionário fabril médio. Os aumentos nos níveis de produção são conseguidos basicamente através de inovações tecnológicas e reestruturações de nível organizacional, que não representam necessariamente aumentos na força de trabalho. Pelo contrário, as inovações têm permitido a automação cada vez maior dos processos de produção, o que diminui o número de empregos e contribui para a formação de um inédito percentual da força de trabalho sem perspectivas de aproveitamento. Não se tratam de desempregados em função de crises cíclicas vividas pelo capitalismo, mas de pessoas que tiveram seus postos de trabalho definitivamente eliminados pela automatização via informática (ROMERO

E. 2004). Isto vem ocorrendo, por exemplo, com a indústria automobilística brasileira, que entre os anos de 1992 e 1994 aumentou sua produção de veículos em quase 50% (de 1.070.000 para 1.582.000 veículos) mantendo praticamente os mesmos níveis de emprego (MORENO, 1995)

c) *Questões Políticas* : Quanto às questões políticas no Brasil, a automação robótica ainda não apresenta regulamentação apesar do art. 7º, da Constituição Federal, que estabelece o direito de o trabalhador urbano e rural ter “proteção em face da automação, na forma da lei”. Existem projetos de lei com a intenção de realizar a regularização legal como o projeto de Wolney Queiroz apresentado em 2019 [12]. Porém nenhum foi de fato sancionado até agora.

IX. CARACTERIZAÇÃO DAS ORGANIZAÇÕES USUÁRIAS DE SMF's.

Em sua categorização os FMS's, Por serem aplicados em indústrias, com o intuito de auxiliar o setor de manufatura, pode-se afirmar que os Sistemas de Manufatura Flexíveis atuam dentro de organizações tradicionais, mesmo que seja um novo tipo de sistema manufatureiro.

As áreas dessas organizações que geralmente usam esse tipo de sistema são chamadas de “Setor de Operações”, ou ainda, “Setor Operacional” [13]. Apenas o nível operacional da organização faz uso de SMF.

X. EXEMPLO DO TIPO DE SI QUE SMF's SÃO (CONSIDERANDO OS TIPOS BÁSICOS/TRADICIONAIS DE SI – SPT, SIG, SAD, SAE)

Os sistemas de manufatura flexíveis são considerados Sistemas de Processamento de Transações (SPT), pois atendem somente ao setor de produção e manufatura à nível operacional. O principal fator que sustenta as indústrias, é a fabricação de produtos, que é realizada diariamente. Por definição, os Sistemas de Processamento de Transações são projetados especificamente para atender a transações que ocorrem de maneira diária.

Como exemplo, temos que: o ritmo de produção industrial também depende da disponibilidade de insumo em estoque. Sendo assim, a quantidade do mesmo deve, sempre que checado, estar atualizado e preciso para que o processo como um todo não sofra com imprevistos, assim como o monitoramento de estoque de peças e produtos. Essas características, disponibilização de informação atualizada, precisa e de fácil acesso, são características próprias de um SPT, pois são aplicadas em atividades diárias da empresa.

Ainda temos que dentro dos FMSs a flexibilidade do sistema é o fator mais importante. Assim, atividades corriqueiras como a mudança do setor ou função do maquinário é registrado e controlado pelo sistema, função típica de um SPT da área de manufatura.

XI. TIPO DE ARQUITETURA COMPUTACIONAL NECESSÁRIA PARA SUPORTAR O SI.

O FMS por se tratar de um SPT moderno necessita de uma arquitetura computacional corporativa no mínimo, para que possa se comunicar com diversos outros setores e SIs dentro de uma empresa e também se comunicar com a internet para o contato com clientes, fornecedores e outras empresas parceiras. Contudo, é altamente adaptável podendo ser portado para novas tecnologias como arquitetura em cloud assim aumentando a sua flexibilidade tornando o sistema independente de um forte poder de processamento computacional local. A terceirização do poder computacional aumenta as vantagens já exemplificadas flexibilizando os gastos e os escalando junto à demanda, assim como diminui a dependência de espaço para hardware apenas mantendo a edge e fog, equipamento necessário para as operações e comunicação com a cloud.

XII. CONCLUSÃO

Os Sistemas de Manufatura Flexíveis tem como proposta a otimização dos processos de fabricação de produtos dentro do contexto industrial. A implementação desse tipo de sistema, com todas as características descritas nesse artigo é um, dentre as mais diversas inovações na indústrias trazidas pela tecnologia, desde o seu surgimento, na década de 60, até os dias de hoje, passando pela adoção da chamada "Indústria 4.0". A partir das evidências reunidas e expostas ao longo do documento, é possível inferir que, dentro do intervalo proposto, o uso de um SMF é extremamente benéfico, uma vez que permite a adaptação das empresas à diferentes contextos, necessidade esta, claramente exposta pela conjuntura que o mundo vive atualmente.

REFERENCES

- [1] A. R. Rodrigues, "Engenharia de materiais e manufatura - sistemas de manufatura," 2017. [Online]. Available: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3206278/mod_resource/content/1/Sistemas%20de%20Manufatura.pdf
- [2] n1.Vagner Gerhard Mancio e n2.Miguel Afonso Sellito, "Sistemas flexíveis de manufatura: Definições e quadro de trabalho para futura pesquisa," 2017. [Online]. Available: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3206278/mod_resource/content/1/Sistemas%20de%20Manufatura.pdf
- [3] Unknown, "Sistema de manufatura flexível - componentes de um fms," 2013. [Online]. Available: <http://sistemamanufaturaflexivel.blogspot.com/2013/11/componentes-de-um-fms.html>
- [4] —, "O que é uma máquina-ferramenta," 2012. [Online]. Available: <https://www.mecanicaindustrial.com.br/571-o-que-e-uma-maquina-ferramenta/>
- [5] n1.Vagner Gerhard Mancio e n2.Miguel Afonso Sellito, "Sistemas flexíveis de manufatura: Definições e quadro de trabalho para futura pesquisa," 2017. [Online]. Available: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3206278/mod_resource/content/1/Sistemas%20de%20Manufatura.pdf
- [6] C. B. Silveira, "Os 6 principais tipos de robôs industriais," 2019. [Online]. Available: <https://www.citisystems.com.br/tipos-de-robos/>
- [7] I. Carvalho, "Como funciona uma linha de montagem d automóveis?" 2017. [Online]. Available: <https://quatorrodas.abril.com.br/noticias/como-funciona-uma-linha-de-montagem-de-automoveis/>
- [8] J. Estigarribia, "Volvo caminhões anuncia investimentos de R\$ 1 bilhão no Brasil," 2020. [Online]. Available: <https://exame.com/negocios/volvo-caminhoes-anuncia-investimentos-de-r-1-bilhao-no-brasil/>
- [9] V. Econômico, "Volvo e Scania anunciam redução da produção devido ao agravamento da pandemia," 2021. [Online]. Available: <https://g1.globo.com/economia/noticia/2021/03/22/volvo-e-scania-anunciam-reducao-da-producao-devido-ao-agravamento-da-pandemia.ghtml>
- [10] M. Fantinato, "Sistemas de informação – aula 2 – características de sistemas de informação," 2016. [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=GSL_2KanAzk&list=PLxI8Can9yAHczVm37Sw-UssyYdd0FMMyR0&index=2&ab_channel=UNIVESP
- [11] n1.Marie-Pierre Pacaux-Lemoine e n2.Frank Flemisch, "Human-cyber-physical system integration (hsi) in industry 4.0: design and evaluation methods," 2021. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/352645097_Human-Cyber-Physical_System_Integration_HSI_in_Industry_40_design_and_evaluation_methods
- [12] W. Queiroz, "Projeto de lei," 2019. [Online]. Available: https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1714381&filename=PL+1091/2019
- [13] A. Mesquita, "Setores de uma empresa: Quais os principais? o que fazem?" 2021. [Online]. Available: <https://www.oitchau.com.br/blog/setores-de-uma-empresa-e-o-que-eles-fazem/#ancora07>