

UMA PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO DE DADOS PARA GESTÃO E CONTROLE INTELIGENTE DE UMA MANUFATURA DISTRIBUÍDA PARA PRODUTOS PERSONALIZADOS

Paulo Henrique Farias de Carvalho Filho

Programa de Pós-Graduação em Mecatrônica (PPGM), Universidade Federal da Bahia (UFBA) – Av. Milton Santos s/n, Ondina, CEP: 40170-110, Salvador, Bahia, Brasil.

paulofarias@ufba.br

Herman Augusto Lepikson

Programa de Pós-Graduação em Mecatrônica (PPGM) / SENAI CIMATEC – Av. Orlando Gomes, nº 1845, Piatã, CEP: 41650-010, Salvador, Bahia, Brasil.

herman.lepikson@fieb.org.br

Resumo: A manufatura discreta que tem como característica a fabricação de itens individuais e distintos em lotes de produção passa pelo desafio de atender uma alta demanda de produtos personalizados em meio a uma rede global distribuída de clientes. A produção em larga escala com o diferencial de atender às múltiplas necessidades de produtos exigidos pelos clientes implica na integração de diferentes sistemas produtivos. Estes apoiam o gerenciamento das atividades de forma colaborativa, por meio da interação e cooperação entre fornecedores, clientes, logística e sistemas de produção que podem estar em localidades geograficamente distintas e com sistemas organizacionais diferenciados. A gestão integrada das atividades nesse ambiente complexo requer um sistema de inteligência computacional adequado, capaz de analisar todos os aspectos críticos envolvidos e ajustar a produção em tempo hábil. O principal desafio é de como gerenciar a explosão de dados implicados para gerar informação num ambiente heterogêneo e, principalmente, o conhecimento necessário e compartilhamento entre os entes envolvidos para assertiva tomada de decisão pelas partes e tendo em conta o desempenho do todo. O presente trabalho apresenta um Sistema de Gestão de Informações de Processos com abordagem historiada e simultânea dos processos de manufatura, integrado aos Sistemas de Execução de Manufatura para o gerenciamento do controle do complexo de produção inerente a um modelo distribuído para produtos personalizados. A proposta abrange o compartilhamento de informações historiadas entre as áreas de relacionamento com o cliente, produção e logística que podem ser de locais distribuídos de empresas parceiras. Participam da cadeia implicada em cada pedido para planejar, gerenciar e controlar as atividades de cada parte tendo em conta o melhor desempenho do conjunto. Uma demonstração do método proposto é feita em uma planta piloto projetada para este fim, que possui as habilidades necessárias para integrar as práticas da produção com sistemas inteligentes e tecnologias avançadas.

Palavras-chave: Manufatura Inteligente; Sistemas Distribuídos; Gestão da Produção; Produtos Personalizados

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a indústria da manufatura ‘discreta’ que tem como objetivo a fabricação de itens individuais e distintos em lotes de produção enfrenta o desafio de atender uma alta demanda de produtos personalizados em meio a uma rede global distribuída de clientes. Para tal, as fábricas terão que adotar novas tecnologias que as adaptem às mudanças que necessitam ocorrer durante o processo de fabricação. Portanto, a ‘indústria 4.0’ defendida pelas iniciativas internacionais visa o desenvolvimento de uma produção eficiente e com atividades flexíveis para a produção personalizada (LU et al., 2020).

A produção em larga escala de apenas um tipo de mercadoria foi bastante utilizada na manufatura nos últimos anos. Trata-se de processos idênticos, centralizados, em que um componente controla todos os serviços e são padronizados às operações das máquinas. Esta é uma tendência que estará cada vez menos presente (PEIXOTO; PEREIRA, 2018, WANG et al., 2017). Produzir em grande quantidade com o diferencial de atender às múltiplas necessidades de produtos exigidos pelos clientes, é um processo que está embasado nos fundamentos da indústria 4.0. Aqui as operações são descentralizadas, inteligentes e distribuídas, os vários componentes trabalham em paralelo, integrados em rede de comunicação com capacidade de identificar, analisar e planejar os serviços de produção.

As novas abordagens inerentes aos serviços de fabricação personalizados permitem que haja uma interação dos sistemas produtivos com os clientes, em que são captados os requisitos por intermédio do sensoramento ‘inteligente’ e

integrados em uma base de dados, uma vez que podem fornecer histórico, o estado atual e o destino das próximas etapas da produção, para que as máquinas sejam instruídas a realizar as tarefas de modo rápido e eficaz (DIMITRIS; EKATERINI; ZOGOPOULOS, 2018, HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016). Para cumprir tais critérios de interação dos clientes com a produção é necessário que a produção seja colaborativa, ou seja, ocorra em ambiente propício para cooperação entre diferentes setores e sistemas que podem ser de localidades distribuídas. Por outro lado, o compartilhamento de informações é um desafio para as empresas de manufatura pela ausência efetiva de ferramentas que possam processar grandes quantidades de dados (*big data*) historiados dos processos e gerenciar a produção em rede global distribuída (VALILAI e HOUSHMAND, 2013).

Então, levantou-se a seguinte questão: Como um sistema de informações adequadamente historiadas contribui para o gerenciamento de uma produção personalizada e distribuída?

A partir da observação dos aspectos analisados, no qual os recursos digitais são aplicados nos sistemas produtivos e fundamentais para o modelo de fabricação personalizado e distribuído, o artigo propõe uma arquitetura de integração com base no histórico de dados para o Gerenciamento e Controle de Sistemas de Manufatura com características discretas distribuídas e com a finalidade de proporcionar impactos positivos para a produção personalizada. Para isso, pretende-se: (i) definir uma arquitetura para um sistema de manufatura distribuído para produtos personalizados; (ii) selecionar as abordagens mais promissoras a partir do historiamento dos dados para a gestão de processos distribuídos e integrados; (iii) desenvolver um modelo para a gestão da produção em ambiente IoT (*Internet of Things*) dessa manufatura distribuída.

O artigo é organizado da seguinte forma: na seção 1 desenvolve-se a introdução, na seção 2 é feita a revisão do estado da arte para subsidiar a seção 3, que aborda os materiais e os métodos dentro de um modelo de arquitetura para sistema de manufatura distribuído e, por fim, na seção 4 conclui-se com as considerações finais.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E TRABALHOS RELACIONADOS

Valilai e Houshmand (2013) explicam que as empresas de manufatura buscam novas estratégias para reduzir custos. As novas estruturas organizacionais são compostas por diferentes parceiros distribuídos globalmente que contribui com sua própria especialização no ciclo de vida do produto. Embora tenha avanços nas ferramentas de tecnologia da informação, o gerenciamento das informações de fabricação enfrenta obstáculos como: a alta demanda de produtos personalizados em meio a um mercado globalizado, flexibilidade da produção, pressão por maiores variedades de produtos. Todos esses aspectos mencionados anteriormente demandam um processo de fabricação colaborativo, onde os componentes ou parte do produto são distribuídos e as informações são adquiridas, interpretadas e compartilhadas entre empresas para o gerenciamento das operações. Além disso, é evidenciado a necessidade da implantação de ferramentas efetivas de gestão no que tange o processamento e o compartilhamento de enormes quantidades de informações e dados de fabricação entre as fábricas.

Romero e Vernadat (2016) mencionam que é uma tendência futura a integração de sistemas colaborativos que apoiam a cooperação dos trabalhos uns com outros. Tais sistemas auxiliam os processos na personalização do produto escolhido pelos clientes e ajudam a lidar com as rápidas mudanças de mercado. Além disso, colaboram com a gestão das operações de fábrica que envolve o processamento de grandes volumes de dados e informações entre diferentes setores e empresas parceiras como: fabricantes, fornecedores e varejistas.

Portanto, será apresentado nos tópicos posteriores estudos sobre ferramentas de gestão para contribuir na fabricação de produtos personalizados. Uma dessas ferramentas é o Sistema de Gestão de Informações de Processos (*Process Information Management System* – PIMS) que tem como funcionalidade a coleta e armazenamento de grandes quantidades de dados em tempo real de diferentes sistemas por um longo período de tempo em banco de dados e viabilizando para uma análise e consulta com funções também de resgate de históricos. Outra ferramenta é o Sistema de Execução de Manufatura (*Manufacturing Execution System* – MES) destaca-se pela aplicação de monitoramento, coordenação e gerenciamento de dados e informações dos processos. Também será apontado os principais procedimentos relacionados a comunicação, que servirá como base para a coleta dos dados e a integração entre as ferramentas de gestão.

2.1 PIMS

Seixas e Szuster (2003) apontam que a principal finalidade do PIMS é proporcionar uma visão unificada dos processos e eliminar as ilhas de informação. Os autores afirmam que o PIMS surgiu na indústria química e petroquímica para solucionar um problema de fragmentação de dados nos processos de fabricação contínua e se expandiu para outros segmentos, como processo de fabricação por batelada.

Myllyniemi (2021) contextualiza que a expansão do PIMS no mercado se deve ao interesse das empresas em desenvolverem a gestão de informações para aprimorarem seus processos. A autora explica que o PIMS tem como finalidade coletar e armazenar dados dos processos e disponibiliza-los como informações em gráficos de tendências históricas e relatórios estatísticos da produção. O conjunto de funcionalidades anteriormente comentado agregado nos processos possibilita aperfeiçoar o gerenciamento e a inteligência da produção.

Ademais, Mylluniemi, (2021) demonstra como o modelo de dados ajuda os profissionais a entenderem a estrutura dos dados dentro do ambiente de fabricação. A construção da modelagem dos dados pode seguir o padrão ISA-95,

(“*Enterprise-Control System Integration standards*”), já que modelos que podem ser usados na integração de diversos sistemas correlatos com vendas, produção, qualidade, manutenção, entre outros. Tal padrão é modelado com base na linguagem de modelagem unificada (*Unified Modeling Language – UML*), apropriado para o desenvolvimento de interfaces relacionadas à gestão da produção.

Algumas pesquisas trazem diferentes aplicações do PIMS na literatura: Boyadzhiev (2017) elucida que o PIMS pode ser direcionado para o suporte de visualização 3D nos processos industriais devido as funcionalidades de coletar e armazenar dados historiados para que sirva de suporte para as ferramentas de visualização 3D; Zichici et al., (2020) revelam que a aplicação PIMS pode ser utilizada para o gerenciamento de informações pessoais por meio de acesso a dados em contratos inteligentes. Esses dados pessoais são armazenados em sistemas de arquivos distribuídos e incluem funcionalidades computacionais pelo uso do Blockchain; Bastistello et al., (2021) relatam que o PIMS também pode ser aplicado para gerenciar informações dos produtos por meio das funcionalidades de armazenamento e distribuição das informações nos setores de vendas e marketing. Os autores explicam que o uso do PIMS para o produto contribui para benefícios como: à variedade de produtos, velocidade de recuperação da informação, limpeza dos dados, evita erros ligados a logísticas do produto, redução nos custos e no tempo para chegar ao mercado.

Foi possível notar que o PIMS traz contribuições para diferentes contextos na gestão de dados e informações. No que tange aos processos de manufatura é encontrado na literatura que o PIMS é utilizado de duas formas. A primeira nos processos de fabricação contínuos e bateladas dos produtos, no entanto, esta não apresenta o compartilhamento das informações para áreas como vendas, *marketing*, fornecedores e logística. A segunda relacionada à comercialização dos produtos, entretanto esta não inclui distribuição das informações para áreas de processos de fabricação e fornecedores. Este trabalho consiste em modelar um PIMS para a manufatura discreta e distribuída como focada em produtos personalizados. Estes dados oriundos da aplicação PIMS serão analisados e integrados ao MES para o gerenciamento e controle da produção, que servirá de apoio para a produção e comercialização de produtos personalizados do mercado.

2.2 MES

Morgan et al., (2021) esclarecem que as tecnologias habilitadoras da indústria 4.0 proporcionaram um novo modelo de fabricação que inclui a interação e a conectividade entre diferentes sistemas de controle. Esses sistemas de controle são classificados como distribuídos, por estabelecerem troca de informações e coordenação das atividades dentro de uma rede global e como descentralizado, por agendar e organizar as atividades de modo paralelo entre os dispositivos. Os pesquisadores explicam que a inteligência aplicada nos sistemas de fabricação de forma coletivo pode ser considerada como uma espécie de ‘orquestrador’ devido a capacidade de coordenar o fluxo de eficiência da produção. Outro aspecto apontado é que embora o ‘orquestrador’ tenha a função de coordenar a produção dentro dos seus limites, ele deve manter relações de negociação com o MES para gerenciar a produção.

Jaskó et al., (2020) explicam que a operação e o controle dos sistemas de fabricação mudaram consideravelmente nos últimos anos. A produção centralizada para o controle de processos discretos passou por diferentes estágios de desenvolvimento para atingir seu nível de aplicação industrial. Ademais, os sistemas de fabricação passaram a ser mais digitalizados e complexos, e em consequência disto, o MES assume novos requisitos relacionados a indústria 4.0, tais como: informatização de suporte, controle baseado em computador de toda a produção; melhora da conectividade, os componentes são capazes de comunicar entre si e enviar informações em tempo real para o MES; visibilidade, disponibiliza o que ocorre na cadeia produtiva e identifica quais dados necessários por um tomador de decisão; transparência, identifica o motivo de algo e usa este conhecimento para melhorar o processo; aumento da capacidade preditiva, neste nível exige que o MES trabalhe em conjunto com aplicações de inteligência artificial para ampliar suas funcionalidades por meio de simulação e melhorias dos processos; melhorar adaptabilidade, o objetivo deste nível é utilizar dados para tomar decisão em tempo real com espaço curto de tempo, sendo que as decisões podem ser complexas ou simples.

Os autores supracitados mencionam que o MES, quando alinhado aos requisitos da indústria 4.0, apresenta novas atribuições como: autonomia, inteligência, descentralização e distribuição. Tais requisitos aplicados nos processos favorecem o planejamento eficiente da produção. Este trabalho, o MES exercerá a função de gerenciar as atividades da produção personalizada e distribuída.

2.3 Camada de comunicação

Lu, Xu e Wang (2020) contextualizam que a alta demanda por produtos personalizados no mercado exige que os sistemas de fabricação sejam integrados de forma colaborativa por meio do processamento de dados e da tomada de decisão nos processos. Outro aspecto analisado é que a integração de sistemas precisa ser capaz de trocar dados relacionados aos produtos durante a fabricação sem que haja problema de interoperabilidade. Os autores explicam que a comunicação industrial deve ser capaz de enviar, analisar, entender e receber as mensagens para que cada operação seja

efetuada dentro do contexto operacional. Além disso, as tecnologias de comunicação devem trocar dados industriais com confiabilidade, disponibilidade e comportamento crítico de tempo.

Pipan, Protner e Heraković (2019) esclarecem que à indústria 4.0 exige uma infraestrutura de comunicação confiável, segura e estável, porém devido à complexidade dos sistemas de fabricação não existe uma arquitetura padrão. Os estudiosos basearam-se no Modelo de Referência de Arquitetura para a Indústria 4.0 (*Reference Architecture Model Industry 4.0- RAMI 4.0*) para garantir os serviços de integração dos processos de fabricação inteligente e distribuído por meio do uso dos seguintes protocolos de comunicação:

- O de transporte de mensagens em fila para atividades de telemetria (*Message Queuing Telemetry Transport - MQTT*) tem como princípio estabelecer o transporte de mensagens entre máquinas (M2M), onde os dispositivos de rede são de baixa largura de banda, alta latência ou não confiáveis. Tal protocolo é recomendado para aplicativos móveis, o que não entra no escopo deste trabalho.

- O de aplicação restrita (*Constrained Application Protocol - COAP*) tem como proposta ser um protocolo de transferência web em dispositivos e redes de internet por meio da camada de transporte de Protocolo de Transferência de Hipertexto (*Hypertext Transfer Protocol - HTTP*). O COAP é baseado no modelo de transferência de Estado Representacional (*Representational State Transfer - REST*). O COAP é destinado para aplicações em dispositivos de rede com recursos restritos, o que não entra no escopo deste trabalho.

- O de acesso a objetos (*Simple Object Access Protocol - SOAP*) pode ser usado em diferentes tecnologias de transporte e segue o modelo cliente-servidor. Uma das tecnologias mais utilizadas para aplicação do SOAP é o HTTP. Além disso, o SOAP tem como objetivo permitir a troca de informações entre dois sistemas via cliente-servidor em ambiente de fabricação descentralizado, distribuído e pode ser utilizada como uma opção para estabelecer a comunicação dos dados deste trabalho.

- O de comunicação aberta de arquitetura unificada (*Open Platform Communications Unified Architecture - OPC UA*) é definido como um modelo que permite a transferência de dados entre diferentes fabricantes e sistemas, de modo, confiável, estável e independente. O OPC UA permite o suporte a dois protocolos: o SOAP por meio do uso do HTTP e o binário que proporciona a facilidade na habilidade por meio de um *firewall*. Tal protocolo é considerado o mais apropriado para o escopo deste trabalho devido sua capacidade de estabelecer uma comunicação segura, estável, interoperável no ambiente de fabricação inteligente e distribuído.

Lu, Xu e Wang (2020) explicam que o OPC-UA permite a troca de dados entre dispositivos industriais e sistemas de modo estável e seguro. Além disso, o OPC-UA suporta a modelagem de informações orientadas a objetos. Outro protocolo semelhante ao OPC-UA é o MT-Connect, porém este é utilizado para processos de usinagem.

Neste trabalho o OPC-UA será peça fundamental para estabelecer a coleta de dados referente aos serviços da manufatura discreta e distribuída para a aplicação PIMS. Em seguida, o OPC-UA também será responsável para efetivar a integração dos dados históricos do PIMS para o MES gerenciar as operações de fabricação

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho propõe uma arquitetura de integração com base no histórico de dados para a gestão e o controle dos sistemas de manufatura com características discretas e distribuídas de produtos personalizados. A base de dados históricas do PIMS servirá como suporte para o MES controlar as atividades com a finalidade de obtenção de melhores resultados.

As ferramentas de gestão de informações são fundamentais para a integração de uma linha de produção personalizada em rede global distribuída. Os serviços relacionados ao cliente, produção e logística necessitam de sensoriamento inteligente para que sejam coletados, analisados e processados os dados com o propósito de obter informações para uma tomada de decisão assertiva. O relacionamento com o cliente demanda de informações para informar ao setor produtivo, tais como: pedido, prazo, entrega da matéria prima e envio do produto. A logística exige uma base de dados históricas para entender melhor o funcionamento dos armazéns, a quantidade de produtos que entra e sai do estoque em um determinado período para que seja planejada a cadeia de distribuição. A produção precisa do histórico de dados para compreender as informações que são relevantes durante o processo de fabricação. O intervalo de tempo em que produção foi interrompida, seja por falta de mão de obra ou manutenção de equipamento, tempo de ciclo, o período em que um produto foi fabricado e o custo que demanda cada processo, para que então seja planejada a produção e evite atrasos e desperdícios de recursos.

Em virtude da importância do gerenciamento de informações para os processos de fabricação personalizado, a proposta é apresentada nas seguintes etapas: no primeiro momento é proposto na figura 1 uma arquitetura de integração entre duas ferramentas coerentes para gestão e controle distribuídos dos processos; em seguida é estabelecido na seção 3.1 um modelo para o compartilhamento de dados entre sistemas conectados em rede global distribuída; e por fim é delineado na seção 3.2 uma modelagem para criação do banco de dados referentes aos serviços da manufatura personalizada.

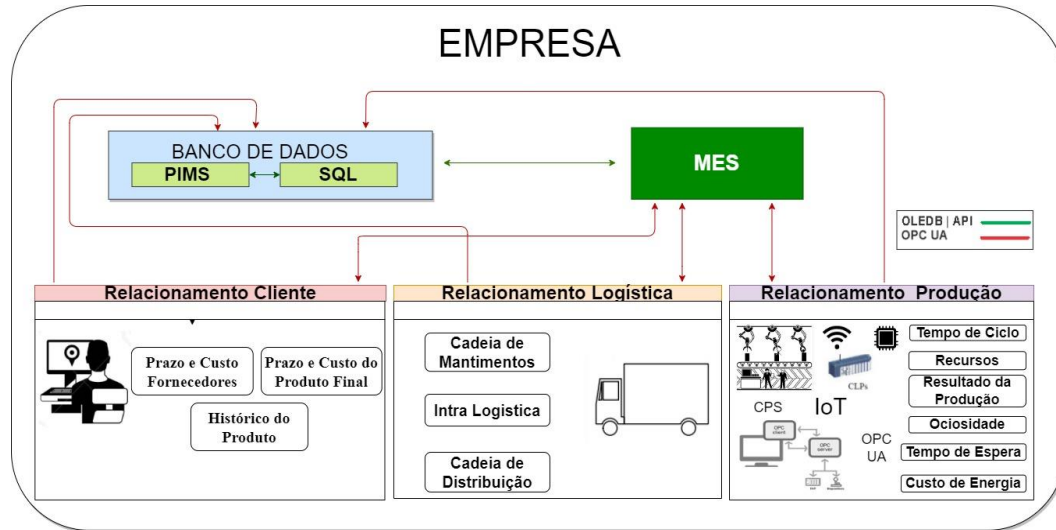


Figura 1. Arquitetura Proposta
(Elaborado pelos autores, 2023)

A arquitetura consiste em desenvolver um banco de dados historiado para o gerenciamento dos processos de fabricação discreto e distribuído. Os dados inseridos no banco são oriundos dos serviços de relacionamento com o cliente, produção e logística. O PIMS tem como objetivo coletar, organizar, armazenar e historiar dados da produção personalizada que ocorre em ambiente de fabricação colaborativo, no qual é propício para a interação e a cooperação entre diferentes setores e sistemas que podem ser de localidades distribuídas. O MES busca essas informações no PIMS para fazer o planejamento e o controle das tarefas produtivas. A linguagem padrão definida para o banco de dados é o SQL devido as funções de inserir, registrar e consultar dados.

Outro aspecto presente na figura 1 é o modelo de comunicação do banco de dados com o MES que é efetivada pelo padrão aberto de comunicação industrial OPC-UA com suporte do protocolo (TCP/IP). Já a comunicação das instâncias SQL e PIMS é realizada via aplicação API ou por meio do drive Vinculação e incorporação de objetos do banco de dados (*Object Linking and Embedding Database – OLEDB*) dadas as suas características aptas a suportar todas as formas de armazenamento de dados. Uma API é utilizada para integrar o banco de dados historiado com o MES.

3.1 Gestão dos dados distribuídos

A figura 2 apresenta um modelo de conectividade e compartilhamento de dados em rede global que tem como finalidade uma produção personalizada e colaborativa entre diferentes setores da empresa ou de empresas parceiras que participem do processo. Outro aspecto presente na figura 2 é a presença de um banco de dados próprio para cada empresa gerenciar suas atividades locais de modo independente.

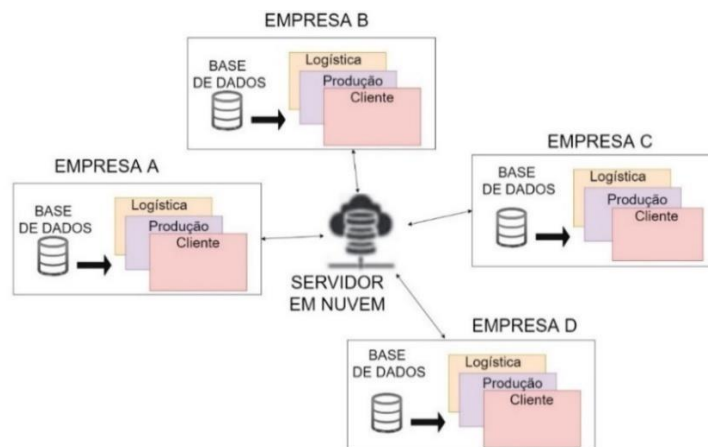


Figura 2. Sistema de Fabricação Distribuído
(Elaborado pelos autores, 2023)

Pode-se constatar que cada empresa é considerada um nó de conexão em rede com um servidor em nuvem que tem o papel de receber dados de uma empresa e permitir o acesso destes dados para outras empresas adequarem e planejarem as etapas da sua produção de forma independente. Esta comunicação poderá ser realizada por meio de um serviço Web estabelecido pelo protocolo de comunicação OPC-UA que agrega suporte para o protocolo de transporte SOAP.

3.2 Modelagem do Banco de Dados

A elaboração do banco de dados consiste em delinear os serviços da manufatura personalizado que estão presentes nas figuras 1 e 2. O banco de dados segue a norma ISA-95, tendo como padrão de modelagem o UML. O UML organiza o fluxo dos dados por meio de diagramas e tem como componentes: a classe, que corresponde aos blocos de construção; o atributo, que é definido como um conjunto de variáveis; o método, que tem como objetivo estabelecer as funções dos objetos de uma classe; a visibilidade, na qual tem a função de definir a acessibilidade de um atributo ou método; relacionamentos, que tem o papel de estabelecer as relações entre as classes.

A figura 3 apresenta a modelagem referente ao relacionamento com o cliente com o objetivo indicar quais dados serão coletados e as relações existentes entre as áreas: produção e logística.

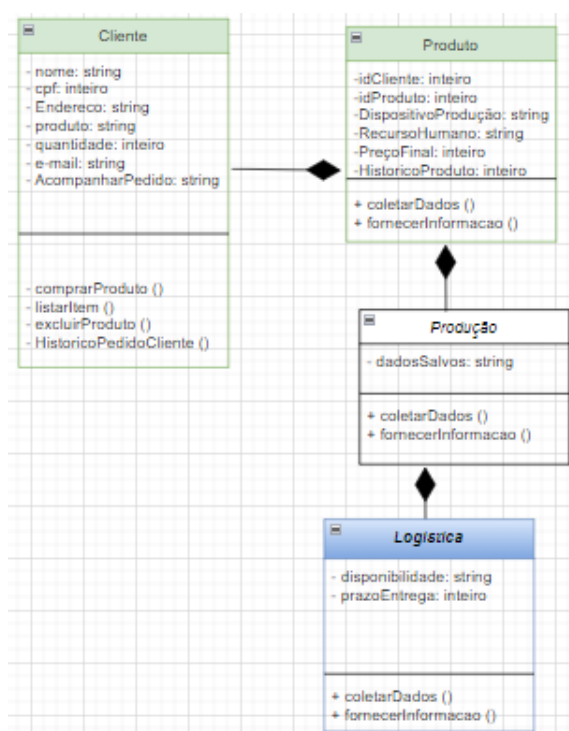


Figura 3. UML Cliente

(Fonte: Elaborado pelos autores, 2023)

As relações definidas entre as classes da figura 3 são do tipo ‘composição’ que ocorrem quando um objeto secundário não consegue existir sem o objeto primário. A relação composição é justificada na modelagem devido as características da manufatura discreta que tem como objetivo fornecer dados e informações ao cliente do produto, produção e logística. Além disso, pode-se notar que alguns dados representados na figura 3 precisam ser historiados, como histórico do produto, preço e prazo.

A figura 4 representa a modelagem dos parâmetros referentes aos serviços de relacionamento da produção com a finalidade de designar quais dados coletados e as relações existentes entre os dispositivos envolvidos no processo.

Percebe-se que os parâmetros de tempo e custo implicados na modelagem precisam de historiameto, em razão do alto índice de dados obtidos durante o processo, o que irá ajudar no planejamento de áreas da produção. A relação entre as classes foi definida como ‘composição’ devido as características de um evento (manutenção, operação, transporte, fornecimento matéria prima e recurso humano) e pela existência de uma classe primária (produção).

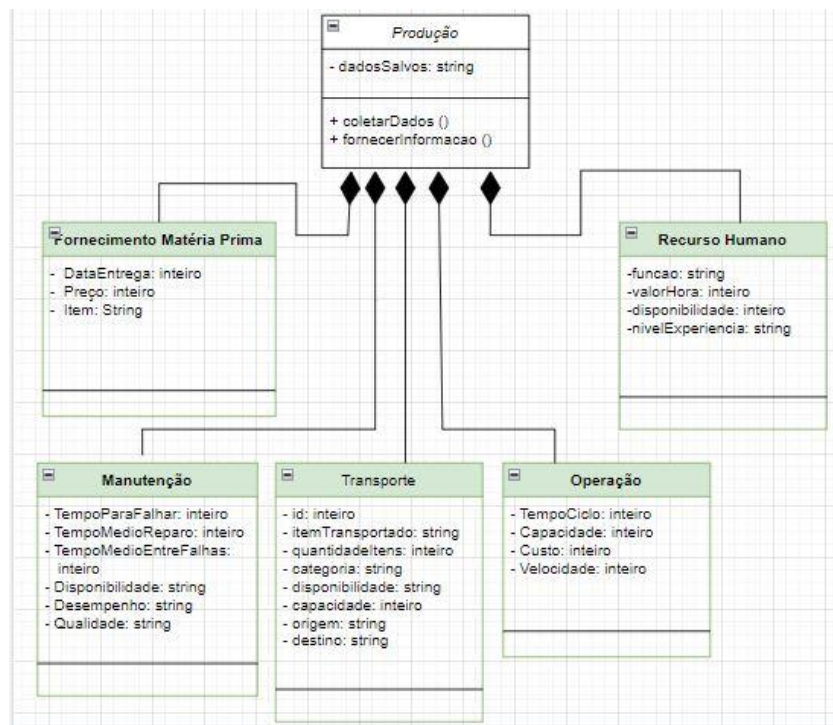


Figura 4 - UML Produção
(Fonte: Elaborado pelos autores, 2023)

A figura 5 apresenta a modelagem da logística com o propósito de indicar quais dados serão coletados e as relações que abrangem o processo. Foi percebido que os dados de disponibilidade das estações, tempo de transporte, capacidade do estoque, velocidade da produção e prazo de entrega de determinado produto precisam de historiamento devido ao volume no qual é obtido na logística de saída do produto.

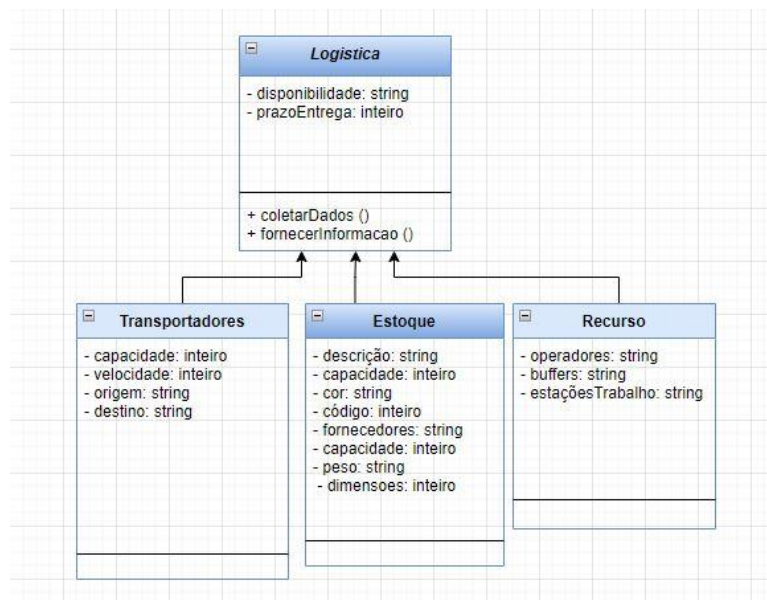


Figura 5. UML Logística
(Elaborado pelos autores, 2023)

Percebe-se que a relação entre as classes foi definida do tipo ‘herança’, pois as classes (transportadores, estoque e recurso) herdaram os métodos e atributos da classe primária (logística).

A figura 6 exibe a modelagem referente ao relacionamento de fornecimento de matéria prima, que tem como objetivo estabelecer o fluxo de dados e definir quais serão historiados.

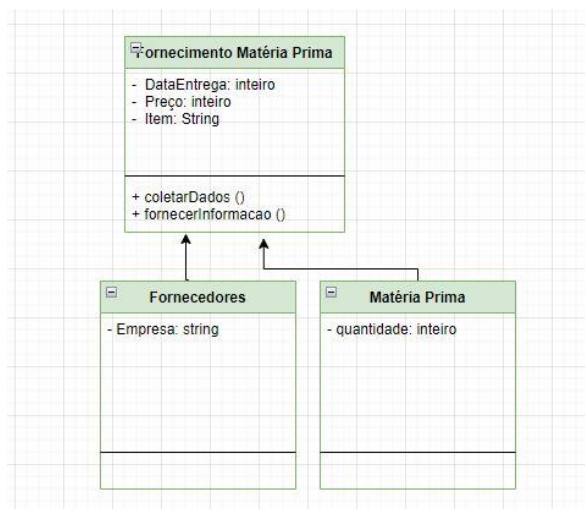


Figura 6. UML Fornecimento Matéria Prima
(Elaborado pelos autores, 2023)

Pode-se observar na figura 6 a relação entre as classes é do tipo ‘herança’, pois são herdados os atributos e métodos da classe primária (fornecimento matéria prima). Além disso, alguns dados: DataEntrega e Preço precisam ser historiados devido a quantidade exigida durante o processo da produção representado por meio das relações na figura 4.

A proposta apresentada consiste no desenvolvimento de integrar dados para o gerenciamento da produção personalizada. Os dados são organizados em uma modelagem para que seja elaborado o banco de dados e definido quais são historiados. O processo de historiamento é realizado durante o processo de fabricação e os dados são submetidos a métodos de filtragem, média, correlação de tempo, o que favorece o seu armazenamento por um longo período. Em seguida, é compartilhado os dados para diferentes sistemas da produção que participam do processo de fabricação personalizado em diferentes localidades distribuídas geográficas. O trabalho visa trazer impactos positivos para a produção personalizada.

4. CONCLUSÃO

Neste trabalho investigou-se os principais conceitos e orientações presentes no estado da arte da manufatura distribuída à produção personalizada. Constatou-se que existem desafios como: gerenciar dados da produção para que sejam transformados em informação e consequentemente em conhecimento; compartilhamento de informações entre as empresas de manufatura; enorme quantidade de informações; falta efetiva de ferramentas de gestão para integrar informações distribuídas. Então, como objetivo é proposto uma arquitetura com base no histórico de dados para o Gerenciamento e Controle de Sistemas de Manufatura com características discretas distribuídas e com a finalidade de trazer contribuições para a produção personalizada.

A arquitetura integra as ferramentas de gestão PIMS e MES, gerenciando as etapas críticas dos processos como coletar, integrar e historiar dados do PIMS para o MES, para que este possa efetivamente planejar e gerenciar as atividades das diversas áreas envolvidas dentre eles: clientes, fornecedores e produção. A proposta abrange o compartilhamento das informações historiadas entre diferentes empresas participantes. O método proposto é feito em uma planta piloto que possui as habilidades necessárias para integrar as práticas da produção com sistemas inteligentes e tecnologias avançadas. O trabalho visa trazer uma melhor qualidade para o gerenciamento e controle das atividades da produção personalizada com o conhecimento adequado do processo.

5. AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pelo financiamento deste estudo e ao Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia (SENAI-CIMATEC) por disponibilizar o laboratório de Manufatura Avançada para realização do experimento.

6. REFERÊNCIAS

- ALVES DE ARAUJO JUNIOR, Carlos Antonio et al. Digital Twins of the Water Cooling System in a Power Plant Based on Fuzzy Logic. *Sensors*, v. 21, n. 20, p. 6737, 2021.
- BATTISTELLO, Loris et al. Implementation of product information management systems: Identifying the challenges of the scoping phase. *Computers in Industry*, v. 133, p. 103533, 2021.
- BOYADZHIEV, Dimitar et al. Modern process visualization techniques in process data management systems. 2017.
- Dimitris, M.; Ekaterini, V.; Zogopoulos, V. An IoT-based platform for automated customized shopping in distributed environments. *Procedia CIRP*, v. 72, p. 892-897, 2018.
- Hermann, M.; Pentek, T.; Otto, B.. Design principles for industrie 4.0 scenarios. In: 2016 49th Hawaii international conference on system sciences (HICSS). IEEE, 2016. p. 3928-3937.
- Jaskó, S. et al. Development of manufacturing execution systems in accordance with Industry 4.0 requirements: A review of standard-and ontology-based methodologies and tools. *Computers in industry*, v. 123, p. 103300, 2020.
- LU, Yuqian; XU, Xun; WANG, Lihui. Smart manufacturing process and system automation—a critical review of the standards and envisioned scenarios. *Journal of Manufacturing Systems*, v. 56, p. 312-325, 2020.
- Morgan, J. et al. Industry 4.0 smart reconfigurable manufacturing machines. *Journal of Manufacturing Systems*, v. 59, p. 481-506, 2021.
- MYLLYNIEMI, M. Data modeling in implementing process information management system. [2021].
- PEIXOTO, João Alvarez; PEREIRA, Luisa Muller. Indústria 4.0 na auto-organização dos sistemas produtivos. *Revista Eletrônica Científica Da UERGS*, v. 4, n. 3, p. 525-538, 2018.
- PIPAN, Miha; PROTNER, Jernej; HERAKOVIĆ, Niko. Integration of distributed manufacturing nodes in smart factory. In: International Workshop on Service Orientation in Holonic and Multi-Agent Manufacturing. Springer, Cham, 2018. p. 424-435.
- Romero, D.; Vernadat, F. Enterprise information systems state of the art: Past, present and future trends. *Computers in Industry*, v. 79, p. 3-13, 2016.
- SEIXAS FILHO, Constantino e SZUSTER, Marcelo, Programação concorrente em ambiente Windows - Uma visão de automação; PIMS - Process Information Management System – Uma introdução- Cap. 6, Editora da UFMG, em 1993. [Lançado em maio de 2003]
- Valilai, O.F.; Houshmand, M. A collaborative and integrated platform to support distributed manufacturing system using a service-oriented approach based on cloud computing paradigm. *Robotics and computer-integrated manufacturing*, v. 29, n. 1, p. 110-127, 2013.
- WANG, Yi et al. Industry 4.0: a way from mass customization to mass personalization production. *Advances in manufacturing*, v. 5, n. 4, p. 311-320, 2017.
- ZICHICHI, Mirko et al. Personal data access control through distributed authorization. In: 2020 IEEE 19th International Symposium on Network Computing and Applications (NCA). IEEE, 2020. p. 1-4.

7. RESPONSABILIDADE DAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.

A DATA INTEGRATION PROPOSAL FOR INTELLIGENT MANAGEMENT AND CONTROL OF DISTRIBUTED MANUFACTURING FOR CUSTOMIZED PRODUCTS

Paulo Henrique Farias de Carvalho Filho

Graduate Program in Mechatronics (PPGM), Universidade Federal da Bahia (UFBA) – Av. Milton Santos s/n, Ondina, CEP: 40170-110, Salvador, Bahia, Brazil.
paulofarias@ufba.br

Herman Augusto Lepikson

Graduate Program in Mechatronics (PPGM) / SENAI CIMATEC University Center – Av. Orlando Gomes, nº 1845, Piatã, CEP: 41650-010, Salvador, Bahia, Brazil.
herman.lepikson@fieb.org.br

Abstract: *Discrete manufacturing, which is characterized by the manufacture of individual and distinct items in production batches, faces the challenge of meeting a high demand for personalized products in the midst of a distributed global network of customers. Large-scale production with the differential of meeting the multiple needs of products demanded by customers implies the integration of different production systems. These support the management of activities collaboratively, through interaction and cooperation between suppliers, customers, logistics and production systems that may be in geographically different locations and with different organizational systems. The integrated management of activities in this complex environment requires an adequate computational intelligence system, capable of analyzing all the critical aspects involved and adjusting production in a timely manner. The main challenge is how to manage the explosion of implied data to generate information in a heterogeneous environment and, mainly, the necessary knowledge and sharing between the entities involved for assertive decision making by the parties and taking into account the performance of the whole. This work presents a Process Information Management System with a historical and simultaneous approach to manufacturing processes, integrated with Manufacturing Execution Systems for managing the control of the production complex inherent to a distributed model for customized products. The proposal covers the sharing of historical information between the areas of customer relationship, production and logistics that can be from distributed locations of partner companies. They participate in the chain involved in each order to plan, manage and control the activities of each part taking into account the best performance of the whole. A demonstration of the proposed method is made in a pilot plant designed for this purpose, which has the necessary skills to integrate production practices with intelligent systems and advanced technologies.*

Keywords: *Smart Manufacturing; Distributed systems; Production Management; Customized Products*

RESPONSIBILITY NOTICE

The following text, properly adapted to the number of authors, must be included in the last section of the paper:

The author(s) is (are) the only responsible for the printed material included in this paper.