

PROJETO DE MODELAGEM DE SISTEMA DE *SCHEDULING* DE PROCESSOS EM SISTEMAS PRODUTIVOS FLEXÍVEIS APLICANDO A NORMA ANSI/ISA S95¹

Victor Eduardo Pato PAULILLO²
Discente de Engenharia de Produção
IFSP/Campus São Paulo

Francisco Yastami NAKAMOTO³
Doutor em Engenharia Mecânica/USP
Docente do Dept. de Engenharia Mecânica
IFSP/Campus São Paulo

RESUMO

Atualmente, os avanços das inovações tecnológicas são fundamentais para que as indústrias possam manter-se competitivas e alcançar novos mercados. Por outro lado, a dinâmica deste mercado globalizado e extremamente competitivo requer agilidade por parte das indústrias para se adequarem à constante alteração das necessidades deste mercado. Consequentemente, torna-se imprescindível uma contínua política de otimização dos processos produtivos visando à redução de custos operacionais para garantir a viabilidade econômica de produtos e serviços cada vez mais customizados com a garantia da qualidade necessária. Entretanto para alcançar esse nível de indústria, é necessário promover a inserção das novas tecnologias emergentes como *Machine Learning*, *Artificial Intelligence* e *Big Data*, que podem se tornar a base do futuro da indústria da manufatura avançada. Para inserir tais tecnologias emergentes será necessário o desenvolvimento de novos paradigmas de modelagem que reflitam todos os aspectos envolvidos nessas mudanças. Neste artigo é apresentada a modelagem de um módulo do sistema de *Scheduling* de processos com bases na norma ANSI/ISA S95.

Palavras-chave: Produção. Indústria Flexível. *Big Data*. Inteligência Artificial.

Introdução

As tecnologias emergentes visam o atendimento da demanda de mercado de forma que auxiliem na evolução da produção no aspecto de eficiência e eficácia. Entretanto, aplicar essas novas tecnologias exige a adoção de novos paradigmas de projeto de sistemas de controle. Neste sentido, a ANSI/ISA S95 (ISA, 2010; 2013)

¹ Orientador Prof. Dr. Francisco Yastami Nakamoto.

² Endereço eletrônico: victor.paulillo@gmail.com

³ Endereço eletrônico: nakamoto@ifsp.edu.br

procura suprir ofertando um novo paradigma para promover a integração dos sistemas de informação com os sistemas de manufatura. Tal modelagem tem como base cinco níveis estruturais propostos pela norma ANSI/ISA S95. O nível 0 é o processo de produção físico, chão de fábrica; o nível 1 é a manipulação e compreensão do processo produtivo; o nível 2 é o monitoramento, controle supervisionado e controle automático do processo produtivo; o nível 3 é o controle dos procedimentos e das etapas da produção do produto desejado, analisando dados e otimizando a produção; o nível 4 é o planejamento da produção, da matéria-prima, das entregas, dos fornecedores e do controle do estoque procurando atender as necessidades mercantis e as vontades existentes, ou ainda inexistentes dos consumidores, visando o desenvolvimento de forma que compreenda todos os conceitos de um bom serviço prestado, aprimorando logísticas necessárias para se criar e vender a mercadoria.

Para atender a questão da agilidade na customização eficiente de produtos e serviços, um novo conceito é discutido no sentido de unir a manufatura enxuta com a *Manufacturing Execution Systems* (MES), Sistemas Produtivos Flexíveis e os Sistemas de Informação, ou seja, o conceito da Indústria 4.0. Neste contexto, o emprego dos métodos consagrados até então não é suficiente se não houver uma atenção grande para o uso racional dos recursos, base fundamental do conceito de *Lean Manufacturing* (HARRIS, 2004).

O sistema produtivo flexível exige tecnologias avançadas, dentre elas o reconhecimento de todas as combinações possíveis de produção e seu respectivo controle e organização. Isso é viabilizado com o *machine learning*, que necessita de uma amostra de dados corretos e incorretos, para a tomada de ação precisa, considerando que quanto mais dados e informações a máquina possuir como base, mais inteligente e precisa ela estará. Entretanto caso tenha a vontade de alterar os parâmetros de produção, considerando novos dados, que se opõem ao aprendizado anterior da máquina, será necessária atuação humana.

Assim, com a implantação do conceito de indústria 4.0, haverá uma diretriz em que todas as máquinas poderão tomar determinadas decisões sem a intervenção humana, ou seja, a autonomia em determinados níveis, auxiliando os operadores a otimizarem suas ações e agilizar os procedimentos facilitando a flexibilidade da manufatura e a customização das mercadorias, proporcionando e facilitando a evolução da indústria

para um sistema produtivo flexível. Outra possibilidade é em relação ao monitoramento via internet; com bases na internet das Coisas nas máquinas e a diversidade de dados desestruturados incluídos no *Big Data*, abre-se mais uma possibilidade para a efetiva implantação da manufatura virtual. Entretanto, faz-se necessária a aplicação da gestão da manutenção neste sentido. Conseqüentemente, as políticas de manutenção preditiva são fundamentais para a garantia da autonomia.

A contínua adequação de estratégias e customização indústrias por meio dos dados gerados pelos consumidores nas redes sociais e coletados pelo *Big Data* são de extrema necessidade. Entretanto, engenheiros, gestores e diretores deverão estar preparados para atender essa demanda do mercado e capacitado para compreender as devidas mudanças que ocorrerão cada vez mais frequentes e com maior intensidade. Portanto, o estudo das novas tecnologias deverá ser adquirido por todos os funcionários e donos de empresas que quiserem se manter competitivos.

Em suma, o objetivo é modelar um sistema industrial utilizando as tecnologias emergentes de modo a proporcionar uma customização e uma redução nos custos e solucionar as necessidades globais. Com a produção simultânea e execução dos múltiplos processos atribuídos aos mesmos maquinários inteligentes e operadores treinados e auxiliados pelas novas inteligências, haverá a necessidade do controle e organização de todo esse sistema, assim a norma pretende organizar e detalhar todo o processo de forma genérica e plausível.

Portanto, todas as combinações de ações possíveis deverão ser compreendidas nesse modelo, já que o sistema flexível necessita dessa mobilidade e agilidade na tomada de decisão. Um auxiliar para essa tecnologia é o *machine learning* que, a partir de uma análise de diversos dados do maquinário e das atividades da máquina, que serão gerados e obtidos via sensores e as atividades do sistema, fará com que a máquina se antecipe à decisão e utilize as informações obtidas para uma alteração de estratégia e tática em tempo real, podendo assim tornar a produção flexível e combinatória independentemente. Entretanto, para isso será necessário implementar máquinas que atendam a essa programação com bastante inteligência já que o código irá dar autonomia para a máquina tomar as decisões com os dados analisados. Portanto, a supervisão humana é chave para essa transição da indústria.

Indústria 4.0

O conceito da Indústria 4.0 foi idealizado na Alemanha em um projeto em que reuniram-se empresas, universidades e o governo para promover o desenvolvimento das indústrias locais (HERMANN, 2015; RÜBMANN et al., 2015). Este conceito propõe inovações tecnológicas nos campos da tecnologia da informação, controle e automação, aplicadas aos processos de manufatura que serão a base para a quarta revolução industrial.

Os princípios estabelecidos pela Indústria 4.0 têm como alicerce os avanços tecnológicos para o atendimento das demandas do mercado global, permitindo a redução dos custos de manufatura com a máxima customização de produtos de acordo com as necessidades do consumidor.

Alguns desses princípios são:

- A capacidade de operação em tempo real e tomada de decisões em tempo real;
- Simulações em tempo real, por meio de sensores na fábrica;
- Produção de acordo com a demanda, oferecendo flexibilidade para alterar as tarefas das máquinas com facilidade;
- Cooperação entre softwares, máquina e funcionários, auxiliando na descentralização dos comandos e atividades na produção.

A efetiva implantação da Indústria 4.0 requer inovações e adaptações dos sistemas no planejamento e controle da produção. Conseqüentemente, os conceitos de *Lean Manufacturing*, que possuem como atributos fundamentais a flexibilidade e agilidade dos processos (COTTYN, 2011), associadas às tecnologias emergentes de *Machine Learning* (WUEST et al., 2016) e *Big Data* (LEAHY et al., 2015) e *Internet of Things* - IoT (GAITAN et al., 2015), vislumbram a possibilidade de tornar tangível o paradigma de *Cloud Manufacturing* (WU et al., 2013).

Big Data

Big Data é uma solução para as novas necessidades de armazenamento de dados (LEAHY et al., 2015). Atualmente há uma enorme quantidade de informações geradas por uma enorme quantidade de equipamentos utilizados a todo momento, meios

informacionais com mídias e textos, localização dos aparelhos conectados à internet, utensílios de segurança, como reconhecimento facial, digital, caligráfico (punho) e informações de sensores. Conseqüentemente, o armazenamento de enorme quantidade de dados necessita de um banco de dados que permita o acesso compartilhado e seguro frente à dinâmica exigida. Para isso, a captação dos dados exige alta tecnologia para aquisição e transmissão e segurança que o conceito de Indústria 4.0 exige para manter as máquinas conectadas à rede interna e externa.

Alcançando esse pré-requisito para captação dos dados, será necessária a organização dos dados, para torná-los úteis e eficientes. Assim a modelagem dos dados do *Big Data* é muito complexa e importante, pois cada biblioteca e tabela deverão possuir os seus identificadores criando vínculo entre todas as informações pertinentes à máquina e à produção. Considerando esse aspecto, a integração total da indústria que atenda às necessidades do planejamento da produção do sistema de produção flexível requer ainda o desenvolvimento de algoritmos inteligentes que possam identificar os indicadores na tomada de decisão dos sistemas inteligentes.

Tal tecnologia necessitará de inteligência analítica e de criação de dados na indústria, gerando novas oportunidades para essa categoria e uma grande dificuldade intelectual da compreensão industrial e tecnologia. Nesse sentido, a médio e longo prazos, vislumbra-se a necessidade de colaboradores especializados para suprir esta carência.

Machine Learning

Na programação computacional, um procedimento que já possibilita a tomada de ação do próprio código de programação a partir de uma situação pré-definida e explicitada é o alicerce para o *Machine Learning*. Para o efetivo aprendizado da máquina é necessária uma base de dados que são analisados pelo programa, máquina ou robô e com isso ele decide as ações futuras; depois de decidido, são inseridos os dados da decisão na base, assim gerando o aprendizado do programa. Posteriormente a máquina utilizará a base de dados, que contém as informações antigas e a mais recente captada pela própria máquina, criando assim um ciclo de aprendizado e um aprendizado do programa.

Para ser possível esse aprendizado, faz-se necessário o programa reconhecer os dados primários, interpretá-los e agir baseado nisso, além de, posteriormente, inserir os dados obtidos na ação e basear as futuras ações com os dados novos e antigos da base. Portanto, existe uma enorme expectativa de evolução com essa nova tecnologia e as ações possíveis. Uma dessas enormes expectativas de evolução é o aprendizado da própria máquina ou robô no aprendizado industrial e da tomada de ação, com os produtos customizados e a manufatura flexível. Isso acelera a flexibilidade e a inserção da indústria 4.0 na produção de muitos itens e mercadorias diversificadas. O *Machine Learning* criará o autoaprendizado ou a autoadaptação da produção, viabilizando uma customização ágil e a flexibilidade total.

Inteligência Artificial

Esta tecnologia emergente causa muita polêmica devido ao seu potencial, entretanto os benefícios alcançáveis são tão grandes que ainda não foram descritos e imaginados completamente. Para a indústria, um robô que possui inteligência para aprender os procedimentos, processos e os métodos de uma produção tem a capacidade de substituir a ação humana no futuro. Com a evolução do *Big Data*, *Machine Learning* e Internet das Coisas todas as atividades exercidas pelas máquinas ou pelas pessoas serão mapeadas e usadas como embasamento, conteúdo de aprendizado. Isso trará um benefício sem precedentes para a indústria, de tal forma que a capacidade de customização e a flexibilidade da indústria serão otimizadas e facilitadas.

Internet of Things - IoT

Atualmente todos os componentes, como máquinas, equipamentos e ferramentas podem ser conectados à rede de computadores (internet), facilitando a observação da execução dos processos pelas máquinas, além da execução do controle eficiente da logística e da manutenção dos mesmos. O diagnóstico pontual, preciso e instantâneo de todos os componentes da manufatura poderá reduzir os tempos ociosos na produção e a pausa para manutenção para zero, ou seja, apresentará grandes benefícios para a

produção enxuta e flexível. Este é o conceito de *Internet of Things* (IoT), ou Internet das Coisas.

Outro aspecto importante do conceito de Internet das Coisas é a questão da mudança de paradigma do processo de manufatura, ou seja, a abordagem por funcionalidade será adotada em detrimento à abordagem por recurso. Basicamente, haverá a mudança da forma como o planejamento da produção executa as suas funções.

Manufacturing Execution Systems (MES)

O sistema de execução da manufatura ou *Manufacturing Execution System* (MES) é definido pela *Manufacturing Enterprise Solutions Association* (MESA, 2001) como sendo um sistema que estabelece comunicação entre o sistema de planejamento da produção ou *Enterprise Resource Planning* (ERP), o sistema de planejamento das necessidades de materiais ou *Material Requirement Planning* (MRP), o sistema de planejamento dos recursos de manufatura ou *Manufacturing Resources Planning* (MRP-II) e o chão de fábrica (WUBBOLT e PATTERSON, 2012). Além da comunicação, o sistema MES faz a gestão inclusive do fluxo de informações em tempo execução, desde a emissão da ordem de produção até o embarque dos produtos acabados, atuando efetivamente na lacuna entre o ERP e o chão de fábrica. Verifica-se, desta forma, a importância da precisão no tempo e no conteúdo da informação, uma vez que o sistema MES deve importar dados do sistema ERP, processar as informações e gerenciar as tarefas de produção sincronizando-as com o fluxo de materiais.

Sistemas Produtivos Flexíveis

Os Sistemas Produtivos Flexíveis (SPF) são sistemas que se adaptam rapidamente às condições de demanda imposta por um mercado globalizado e extremamente competitivo (NAKAMOTO, 2008). Considerando-se o processo como um conjunto de atividades que resultam em um produto ou uma prestação de serviço, os conceitos de eficiência e eficácia dos processos produtivos estão intimamente relacionados com a questão do melhoramento contínuo dos processos para a redução de custos e aumento da qualidade dos produtos. O uso racional dos recursos, base fundamental do conceito

de *Lean Manufacturing* (HARRIS, 2004), requer cada vez mais não apenas um controle efetivo da gestão de recursos, mas, inclusive, da gestão das informações que são compartilhadas nos diversos níveis do processo produtivo, do planejamento estratégico da empresa até o chão de fábrica.

Outra característica atribuída aos SPFs é quanto à execução simultânea dos múltiplos processos com um forte compartilhamento de um mesmo conjunto finito de recursos (NAKAMOTO, 2008), sendo que, para a análise e síntese dos sistemas de gerenciamento e controle de SPFs, requer o enquadramento de tais sistemas na classe de Sistema Dinâmico a Eventos Discretos (SDED) (CASSANDRAS E LAFORTUNE, 2007; GROOVER, 2007; MIYAGI, 1996). SDED são sistemas em que a evolução dos estados ocorre de forma assíncrona, baseada na ocorrência de eventos, que causam uma transição de estados de forma instantânea, sendo possível, inclusive, a ocorrência de conflito e concorrência de eventos.

Norma ANSI/ISA S95

A ANSI/ISA S95 é uma norma internacional da *American National Standards Institute* (ANSI) e da *International Society of Automation* (ISA) para a integração dos sistemas de gestão de negócios da empresa com os diversos sistemas de gestão e controle da produção (ISA, 2010; 2013). O objetivo da norma é prover um conjunto consistente de terminologias e modelos de informações para promover a comunicação entre os sistemas automatizados, bem como apresentar um modelo funcional e a dinâmica de como as informações são distribuídas e compartilhadas. A norma é aplicável em todo processo produtivo industrial em que há envolvimento de processos discretos, contínuos e/ou em batelada. Recentemente, a norma ANSI/ISA S95 foi tomada como base pela *International Electrotechnical Commission* (IEC) que apresentou a norma IEC 62264. A IEC é uma organização internacional que prepara e publica normas internacionais na área de elétrica, eletrônica e tecnologias relacionadas.

A norma ANSI/ISA S95 é dividida em cinco partes (ISA, 2010; 2013):

- Parte 1 - ANSI/ISA-95.00.01-2000, Enterprise-Control System Integration – Modelos e terminologias – apresenta as terminologias e os modelos de objetos, em uma estrutura hierárquica, nas quais podem ser utilizados para decisão de

como as informações podem ser compartilhadas. Os modelos auxiliam na definição das interfaces entre os sistemas de gestão da empresa com os sistemas de controle, identificando quais tarefas devem ser executadas pelas funções de controle e de que forma as informações são compartilhadas entre as aplicações;

- Parte 2 - ANSI/ISA-95.00.02-2001, Enterprise-Control System Integration – Atributos do modelo de objeto – apresenta a estrutura do modelo de objetos com os seus respectivos atributos, que permitem a integração entre o ERP e o sistema de controle;
- Parte 3 - ANSI/ISA-95.00.03-2005, Enterprise-Control System Integration – Apresenta as atividades executadas pelo Modelo de Operações da Manufatura (MOM). Basicamente, o foco são as atividades e funções executadas no nível 3 do sistema produtivo, ou seja, sistema MES. Descreve as boas práticas que devem ser aplicadas ao controle da manufatura;
- Parte 4 - ISA-95.04 Object Models and Attributes of Manufacturing Operations Management – Ainda em fase de desenvolvimento nas comissões internas da ANSI, apresenta uma padronização dos fluxos de dados entre os sistemas ERPs e MES, incluindo sistemas de manutenção, de armazenamento e de laboratório;
- Parte 5 - ISA-95.05 Business to Manufacturing Transactions – Ainda em fase de desenvolvimento nas comissões internas da ANSI, apresenta um protocolo de comunicação para a troca de informações apresentadas na parte 4.

A figura 1 apresenta os cinco níveis e funções do planejamento e controle da produção de acordo com a norma ANSI/ISA S95.

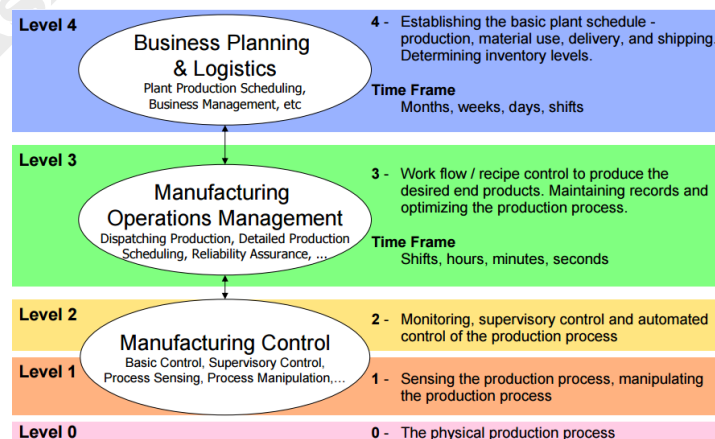


Figura 1. Níveis e funções do planejamento e controle da produção
Fonte: ISA, 2013

Para auxiliar e padronizar a integração entre os sistemas de gestão de informação, ISA e *American National Standards Institute* (ANSI) criaram comitê e propuseram a norma ANSI/ISA S95. Essa norma surgiu da necessidade de identificar as interações do processo produtivo, diferenciar os processos de negócios e processos de manufatura e normalizar o fluxo de troca de informações entre o nível de gestão e o chão de fábrica de forma estruturada e sistemática, conforme ilustra a figura 2.

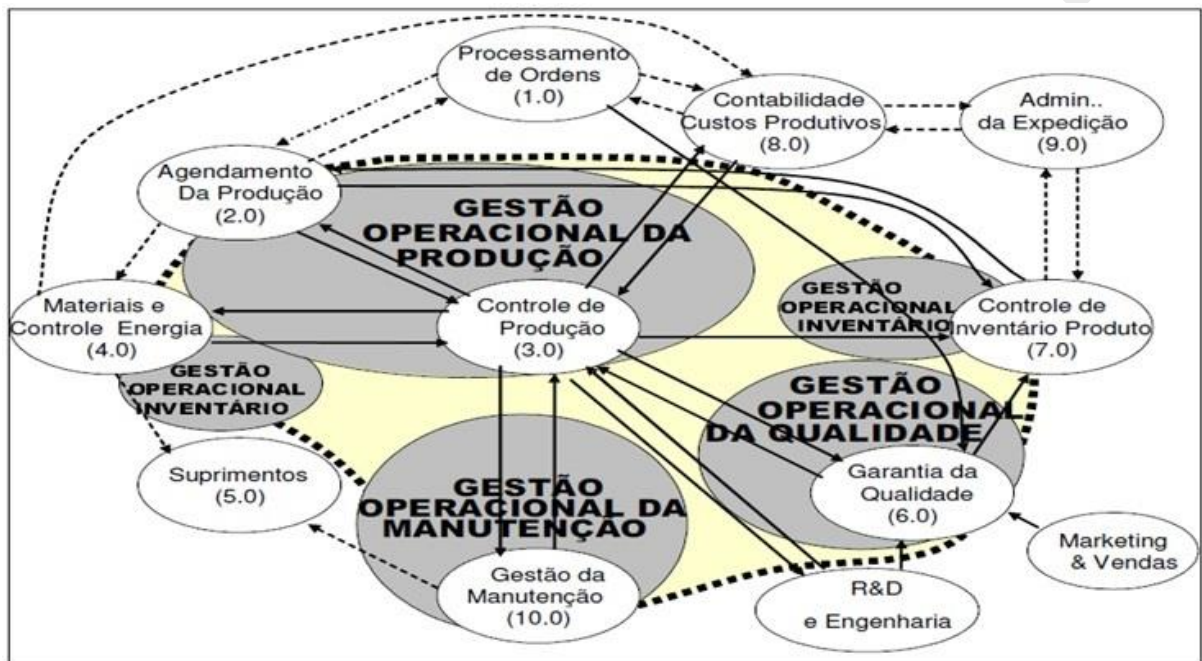


Figura 2. Esquemática da troca de informações sugerida pela norma ISA 95
Fonte: Adaptado de ISA, 2013

Ferramentas de Modelagem

Redes de Petri

A Redes de Petri (RdP) é uma técnica formal de modelagem de sistemas SDED (MURATA, 1989; MIYAGI, 1996; CASSANDRAS e LAFORTUNE, 2007). Foi proposta inicialmente por Carl Adam Petri em 1962 para modelar sistemas de comunicação (PETERSON, 1985).

A figura 3 apresenta os elementos de uma RdP. A mudança de estado dar-se-á a partir da ocorrência do evento, ou seja, satisfazer as pré-condições e pós-condições para sensibilizar a transição:

- Se há marcas em todos os lugares que adjacentes e anteriores à transição, então a pré-condição está satisfeita;
- Se não há marcas nos lugares posteriores à transição, então a pós-condição está satisfeita.

Uma vez que a transição está sensibilizada, ocorre o disparo da transição, isto é, consomem-se as marcas dos lugares adjacentes anteriores à transição e evoluem para os lugares adjacentes posteriores à transição.

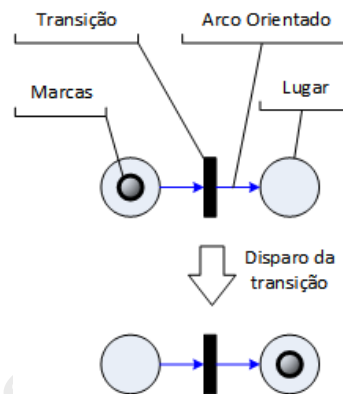


Figura 3. Elementos da Rede de Petri - Exemplo de disparo da transição

A RdP permite modelar paralelismo e sincronismo (Fig. 4), além de conflito (Fig. 5) e concorrência (Fig. 6) de eventos.

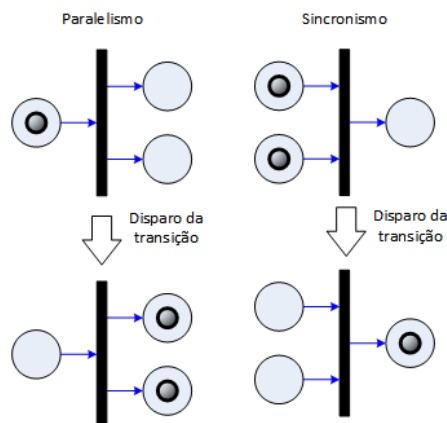


Figura 4. Exemplo de paralelismo e sincronismo em RdP

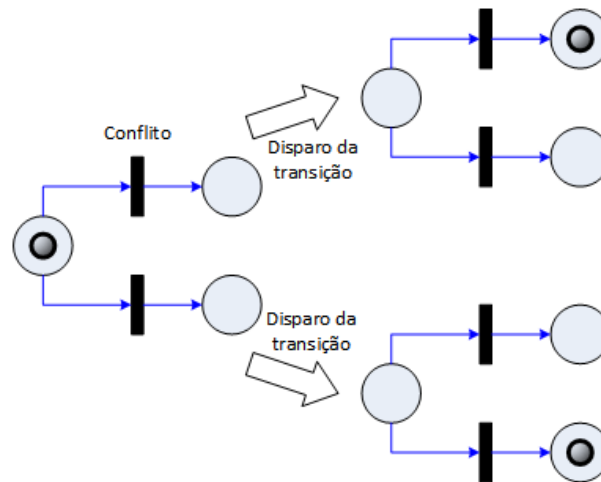


Figura 5. Exemplo de conflito em RdP

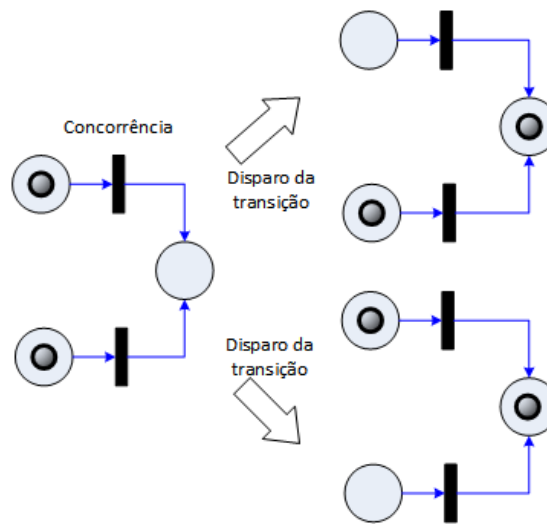


Figura 6. Exemplo de concorrência em RdP

Production Flow Schema (PFS)

A ferramenta gráfica *Production Flow Schema* (PFS) foi desenvolvida para modelar as atividades de um processo de produção (MIYAGI, 1996). O PFS possui três elementos: (i) Atividade, (ii) Distribuidor e (iii) Arcos Orientados (Fig. 7).

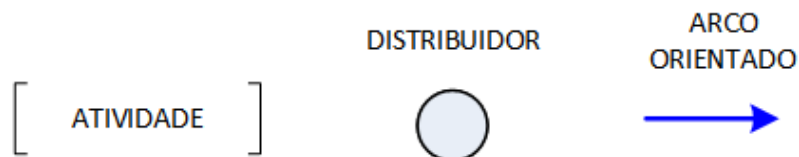


Figura 7. Elementos do PFS

O elemento atividade representa a ação que é aplicada ao objeto modelado, ou seja, é o elemento ativo, enquanto que o elemento distribuidor representa os diversos estados do objeto modelado e o arco orientado realiza a conexão entre os elementos. Além do sequenciamento, o PFS permite modelar o paralelismo/sincronismo e conflito/concorrência de atividades de um processo de produção (Fig.8).

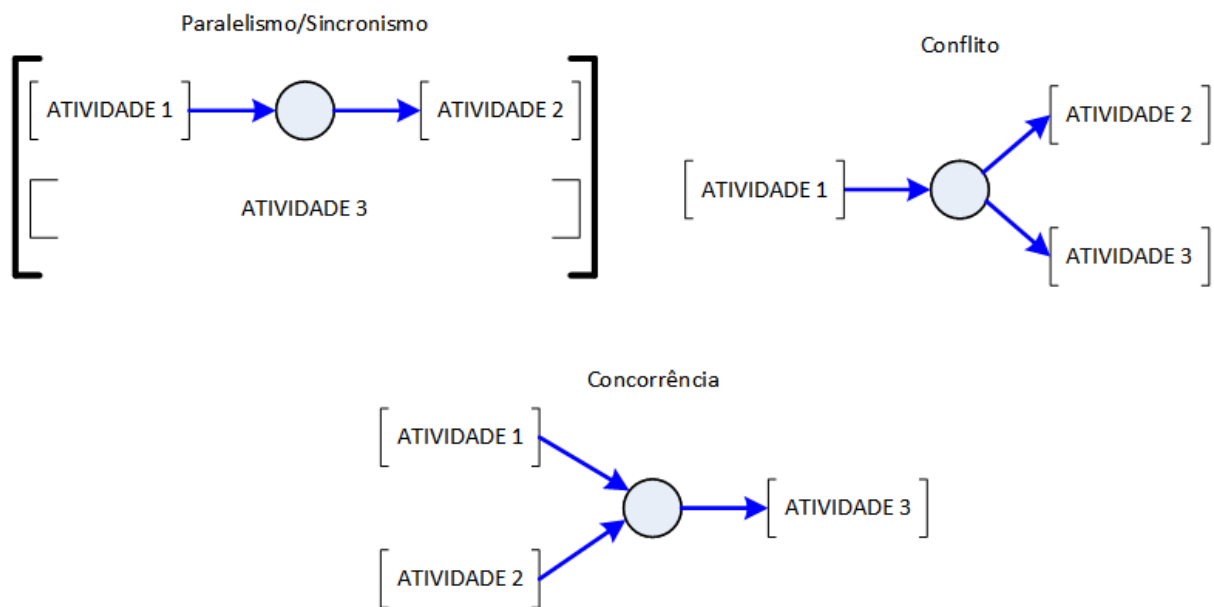


Figura 8. Paralelismo/sincronismo e conflito/concorrência no PFS

Outra característica do PFS é em relação ao próprio processo de modelagem, uma vez que permite a abordagem *top-down* por refinamento sucessivo de atividade e/ou distribuidor (Fig. 9). A partir do modelo PFS de um processo, aplica-se a metodologia PFS/RdP para o mapeamento em RdP (NAKAMOTO, 2008).

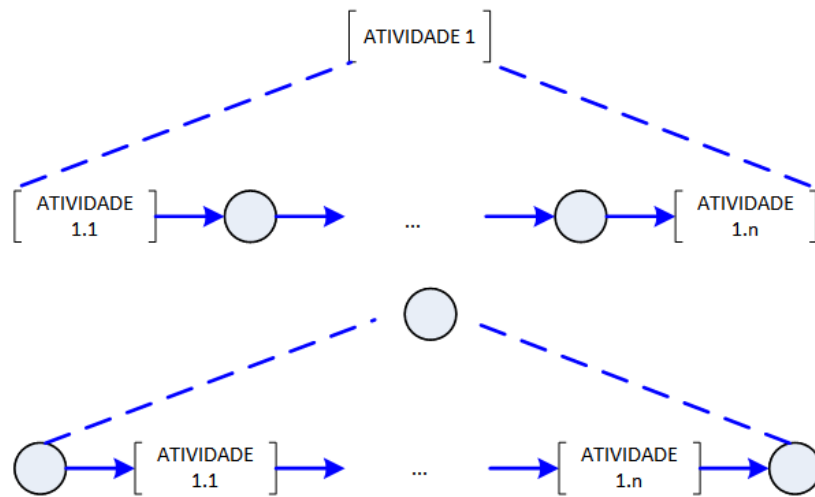


Figura 9. Abordagem Top-Down do PFS

Desenvolvimento

O modelo ANSI/ISA S-95 é muito importante para suportar plenamente as diversas aplicações das tecnologias emergentes na indústria. E a ferramenta de modelagem para criar as etapas do sistema é a Redes de Petri

Guirro et al. (2016) propôs um modelo PFS para o nível 3 da norma ANSI/ISA S95 que trata da gestão operacional da manufatura (Fig. 10).

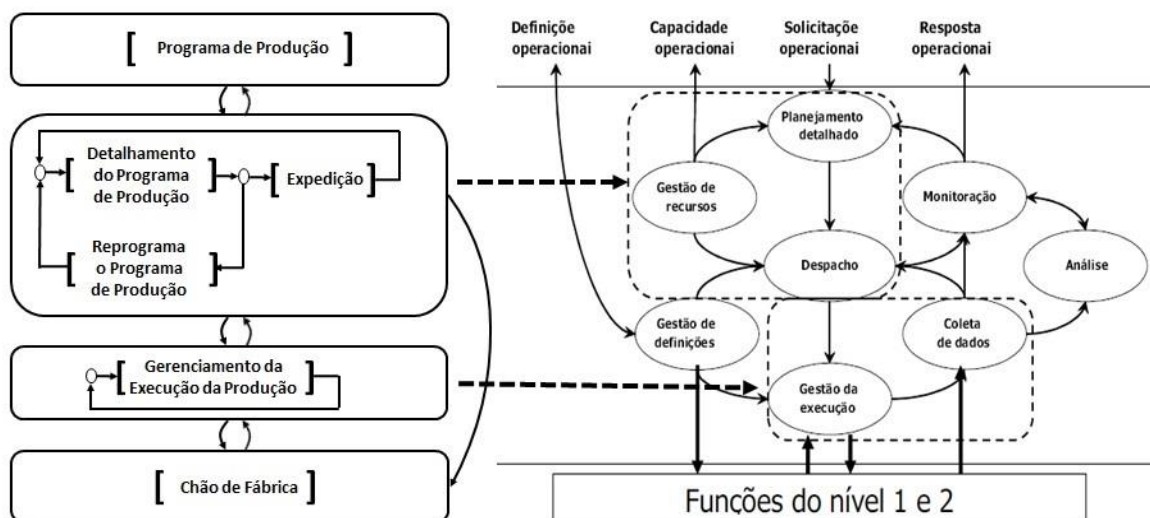


Figura 10. Representação das funções da arquitetura e do modelo de comunicação da ANSI/ISA S95

A arquitetura é definida nos itens (GUIRRO et al., 2016):

- Programa de Produção: é definido pelo planejamento baseado nas vendas e estratégia da empresa;
- Detalhamento do Programa de Produção: detalha a sequência de produção e verifica os recursos disponíveis para atender o programa;
- Reprograma o Programa de Produção: Caso exista uma mudança estratégica ou falta de recurso para atender o programa de produção, o modelo retorna para o detalhamento da produção;
- Expedição: Envia os materiais necessários para atender o programa de produção para o chão de fábrica conforme sequência especificada pelo detalhamento do programa selecionando e movendo as unidades de trabalho (por exemplo, lotes ou sublotes) na sequência correta para produzir fisicamente o produto;
- Gerenciamento da execução da Produção: Envia e recebe os comandos operacionais para atender o programa de produção de acordo com a execução da produção;
- Chão de Fábrica: Executa os comandos do gerenciamento da execução da produção de acordo com as funções do nível 1 e 2 da norma.

Desenvolvimento do módulo de gerenciamento da execução da produção

Os requisitos do módulo de execução da produção são (Fig. 11):

- Receber as listas dos cronogramas detalhados de produção;
- Consultar informações sobre o processo detalhado de fabricação no banco de dados do sistema ERP;
- Definir a prioridades de produção;
- Enviar as ordens de produção para as máquinas no chão de fábrica;
- Receber respostas das ordens de produção enviadas ao chão de fábrica e atualizar o banco de dados do MES.

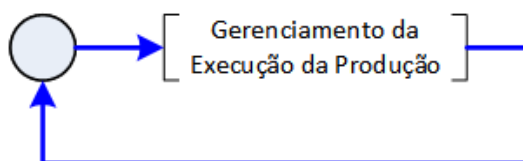


Figura 11. Módulo de Gerenciamento da Execução da Produção proposto por Guirro et al. (2016)

A partir do PFS inicial do módulo de Gerenciamento da Execução da Produção, foi aplicado o refinamento sucessivo mediante abordagem top-down. Considerando-se que as três macros atividade a serem desenvolvidas pelo módulo são (i) a definição da prioridade de cada lista de cronograma de produção, (ii) a atualização do banco de dados do sistema ERP e (iii) o envio da ordem de produção para os equipamentos do chão de fábrica, foi gerado o modelo PFS, conforme apresentado na figura 12. Observa-se que as atividades (i) e (ii) ocorrem de forma sequencial e de forma mutuamente exclusiva com a atividade (iii). A figura 13 apresenta o modelo Rdp do Módulo de Gerenciamento da Execução da Produção.

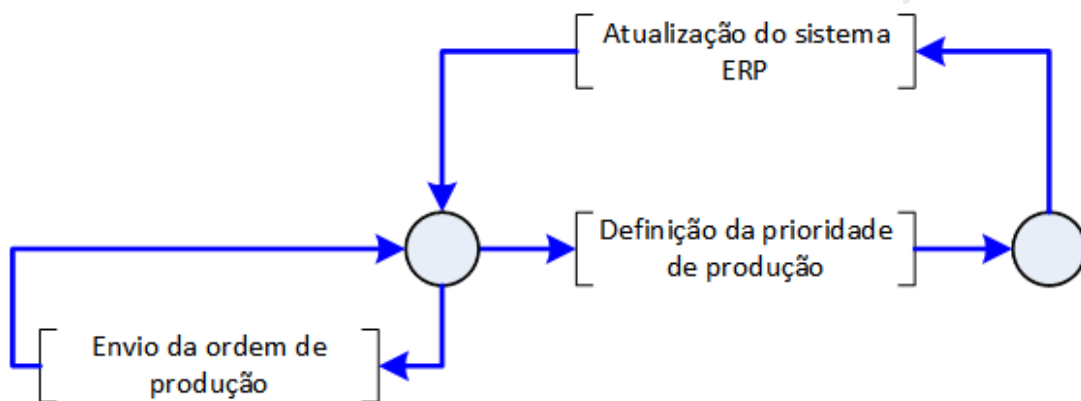


Figura 12. Refinamento do Módulo de Gerenciamento da Execução da Produção

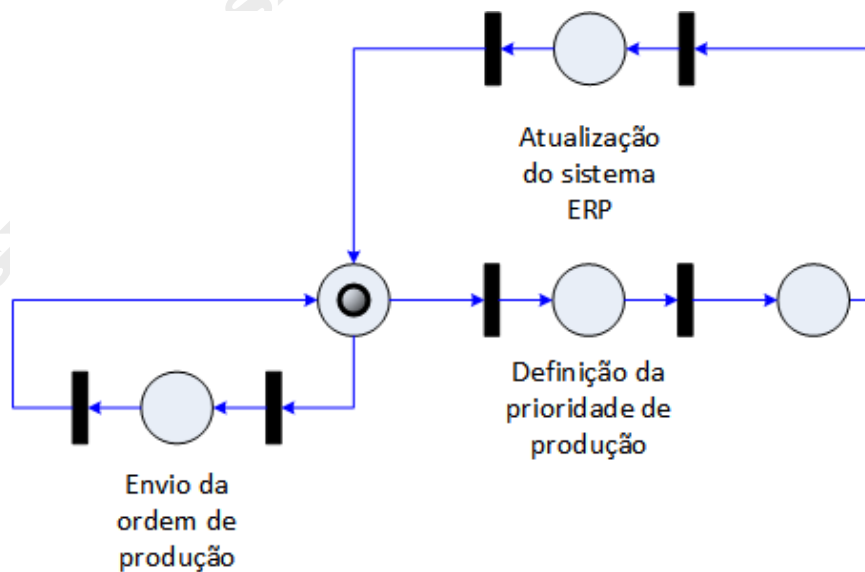


Figura 13. Rdp do Módulo de Gerenciamento da Execução da Produção

Conclusão

As novas tecnologias necessitarão de um modelo que compreenda todas as diferentes partes de um sistema de produção flexível, pois cada item do modelo exige programações, dados e inteligências específicas. Há uma enorme complexidade do comportamento do modelo para atender as necessidades da indústria 4.0; tais desafios estão centrados na questão do atendimento às demandas do mercado de forma eficaz e com o uso eficiente dos recursos. Outro aspecto importante é quanto ao aprimoramento contínuo dos processos produtivos e a assimilação das novas tecnologias de forma dinâmica e eficiente, que recai na questão da integração dos sistemas de informação e dos sistemas de manufatura.

O presente trabalho apresentou as principais tecnologias que serão os alicerces do conceito de Indústria 4.0 e as ferramentas de modelagem com bases nas Redes de Petri (RdP). Apresentou também a modelagem do Módulo de Gerenciamento da Execução da Produção realizado inicialmente por Guirro et al. (2016) e uma proposta de refinamento. Como trabalhos futuros, propõe-se a modelagem dos módulos de gestão da manutenção, gestão da qualidade e da logística interna e externa dos SPFs.

Referências

CASSANDRAS, C. G.; LAFORTUNE, S. *Introduction to Event Discrete System*. New York: Springer Verlag, 2007.

COTTYN, J. A Method to Align a Manufacturing Execution System with Lean Objectives, *International Journal of Production Research*, Taylor & Francis, 2011, pp.1.

GAITAN, N. C., GAITAN, V. G., UNGUREAN, I. A Survey on the Internet of Things Software Architecture. (IJACSA) *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 2015.

GROOVER, M. P. *Automation Production Systems and Computer Integrated Manufacturing*. Prentice Hall, 2007.

GUIRRO, D. N., ASATO, O. L., SANTOS, G. A. dos, NAKAMOTO, F. Y. Utilização das Redes de Petri na Modelagem das Atividades de Operações da Manufatura da norma ANSI/ISA S95. IX Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, 21 a 25 de agosto de 2016, Fortaleza/CE. 2016.

HARRIS, A. Lesson in Lean, IEE Manufacturing Engineer - Manufacturing Magazine, outubro/novembro 2004. pp.16-19. 2004.

HERMANN, M. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review, Technische Universität Dortmund Fakultät Maschinenbau Audi Stiftungslehrstuhl Supply Net Order Management, 2015.

ISA - The International Society of Automation. ANSI/ISA-95.00.02-2010 (IEC 62264-2 Mod) Enterprise-Control System Integration - Part 2: Object Model Attributes, 2010.

ISA - The International Society of Automation. ANSI/ISA-95.00.03-2013 Enterprise-Control System Integration - Part 3: Activity Models of Manufacturing Operations Management, 2013.

LEAHY, K., BRUTON, K. O'SULLIVAN, D. T. J. Big data in manufacturing: a systematic mapping study. Journal of Big Data. 2015. pp.2-22.

MESA International, Definition of MES, MESA. [Online]. Disponível em: <http://www.mesa.org/html/overview.html>, 2001.

MIYAGI, P. E. *Controle Programável - Fundamentos do Controle de Sistemas a Eventos Discretos*. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda., 1996.

MURATA, T. *Petri Nets: Properties, Analysis and Applications*. Proceeding of the IEEE, vol. 77 n° 4, 1989.

NAKAMOTO, F. Y. *Projetos de Sistemas Modulares de Controle para Sistemas Produtivos*, 2008, Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

PETERSON, J. L. *Petri Net Theory and the Modeling of Systems*. Englewood cliffs, Prentice-Hall. 2909p. 1981. REISIG, W.; *Petri Nets: An Introduction*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. 1985.

RÜßMANN, M., LORENZ, M. GERBERT, P., WALDNER, J. J., ENGEL, P., HARNISCH, M. *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*. The Boston Consulting Group, 2015.

WU, D., GREER, M.J., ROSEN, D.W., SCHAEFER, D. *Cloud manufacturing: Strategic vision and state-of-the-art*. Journal of Manufacturing Systems. PP.564-579. 2013.

WUBBOLT, C., PATTERSON, J. T. *Considerations for Validation of Manufacturing Execution Systems*. Journal of Validation Technology, vol:18, pp 80-84, 2012.

WUEST, T., WEIMER, D., IRGENS, C., THOBEN, K. D. *Machine learning in manufacturing: advantages, challenges, and applications*. Production & Manufacturing Research, 4:1, 23-45, 2016.

INTRODUCTION TO THE CONCEPTS OF NEW TECHNOLOGIES IN THE INDUSTRIAL CONTEXT OF STANDARD ANSI/ISA S95

ABSTRACT

Currently the technology advance are fundamentals for the industries continues to be competitive and reach new markets. On the other hand, the dynamics of the global and extremely competitive Market, requires agility by the industry to adequate the constant change in the needs of the Market. Consequently, becomes indispensable the continues optimization policy of the production process, to reduce the operational costs to guarantee the economic viability of products and services increasingly customized with the guarantee of the quality required. However to reach this level of industry, is needed to introduce new technologies with that the Machine Learning, Artificial Intelligence and the Big Data are fundamentals to the future of industry and to the competitive Market. To insert these due emerging technologies is necessary a model that understand all aspects involved in these changes. This model is proposed by the standard ANSI/ISA S95, with the objective to combine all the Technologies evolutions with the purpose of attending in a generic way the complexity of the flexible industry.

Keywords: *Production, Flexible Industry, Big Data, Artificial Inteligence.*

Envio: setembro/2017

Aceito para publicação: dezembro/2017