

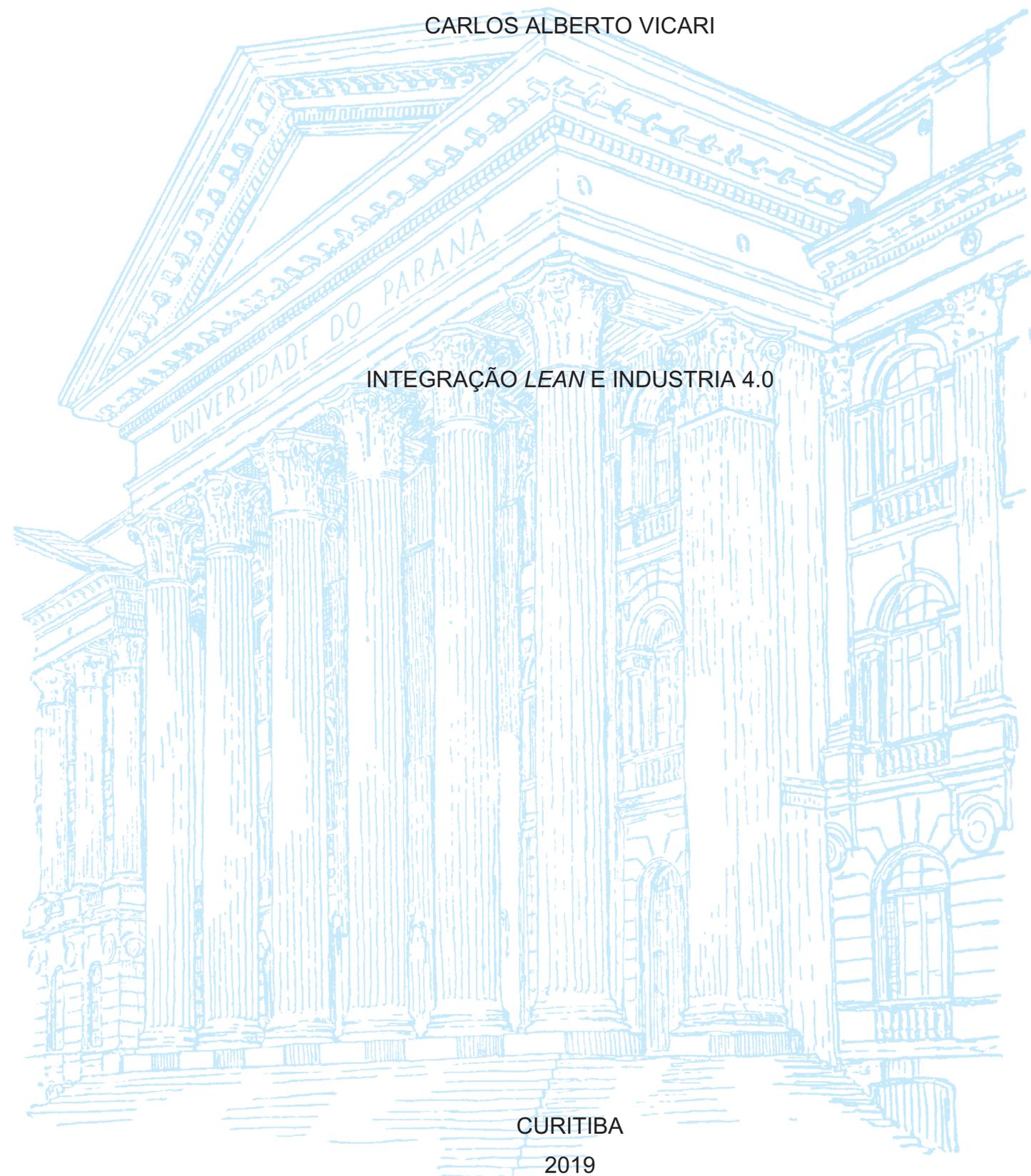
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CARLOS ALBERTO VICARI

INTEGRAÇÃO *LEAN* E INDÚSTRIA 4.0

CURITIBA

2019



CALOS ALBERTO VICARI

INTEGRAÇÃO *LEAN* E INDUSTRIA 4.0

Monografia apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Industrial 4.0, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Engenharia Industrial 4.0.

Orientador: Prof. Dr. Pablo Deivid Valle

CURITIBA

2019

INTEGRAÇÃO LEAN E INDÚSTRIA 4.0

Carlos Alberto Vicari

Universidade Federal do Paraná – Curitiba Paraná
carlos.vicari@ufpr.br / cvicari2004@yahoo.com.br

Resumo. A manufatura enxuta ou *Lean Manufacturing* como é conhecida internacionalmente teve sua origem após o fim da segunda guerra mundial no Japão mais precisamente na fábrica de automóveis Toyota sob o nome de Sistema Toyota de produção. Desenvolvida pelo engenheiro Taiichi Ohno e disseminada inicialmente pelos proprietários da empresa Toyota ela foi largamente adotada e adaptada em indústrias pelo mundo todo. A manufatura tem várias conceituações em diferentes aplicações, mas em síntese é o emprego de metodologias aplicadas a manufatura para produzir unidades de produtos de forma mais eficiente. Inicialmente, durante muitas décadas os métodos empregados para obter a manufatura enxuta usavam métodos de análise não dinâmicas e com poucas integrações tecnológicas para facilitar a obtenção de resultados. Com a chegada da quarta revolução industrial, denominada de Indústria 4.0 o emprego de novas tecnologias e até mesmo o reaproveitamento de tecnologias já existentes vem dando um novo dinamismo para a manufatura enxuta elevando o aproveitamento de informações de fontes diversas para obter um resultado mais eficiente e integrado a todas as áreas e etapas da manufatura. Desta forma esse artigo tem como objetivo identificar oportunidades de sinergia entre as tecnologias que Indústria 4.0 com as metodologias já consagradas da manufatura enxuta a fim de elevar os resultados e desempenhos produtivos.

Palavras chave: Indústria 4.0. Manufatura Enxuta. *Lean Manufacturing*.. Tecnologia. Revolução Industrial

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contexto

O emprego da manufatura enxuta foi muito mais do que o desejo de melhorar o rendimento e lucratividade de uma fábrica, ele sim, foi a sobrevivência da indústria face ao novo cenário comercial e industrial decorrente do fim da segunda guerra mundial.

Antes e durante o período da segunda guerra mundial a produção industrial dos países estava configurada de forma que desperdícios de tempo, estoque, falhas em processos e desorganização administrativa não representavam perdas econômicas e estavam baseadas no conceito de produção em massa implementado por Henry Ford em sua indústria automobilística. Segundo James P. Womack, em seu livro “A Máquina que mudou o mundo” (1990), até a final da segunda guerra mundial esse método de produção mostrou-se eficiente e sem grandes necessidades de ajuste, porém com a final da guerra a economia do Japão entrou em uma grande recessão e a implementação de um sistema de manufatura enxuta foi essencial para que esse país se reerguesse e voltasse a ser competitiva no cenário mundial.

Porém, mesmo após décadas de desenvolvimento da manufatura enxuta e tendo seu conceito amplamente difundido e implementado no mundo, ainda há um espaço enorme para melhorar e com o advento da Indústria 4.0, a quarta revolução industrial, vê-se uma oportunidade para acelerar a implementação do conceito de manufatura enxuta bem como de melhorar as técnicas atualmente empregadas com o uso das novas tecnologias ofertadas pela quarta revolução industrial.

O emprego da manufatura enxuta atingiu seu limite de emprego na forma tradicional, visto que está havendo um forte desvio nas demandas do mercado que conflitam com a nivelção na capacidade produtiva requerida da forma tradicional, onde hoje observa-se uma necessidade de ajustes mais rápidos e precisos no chão de fábrica de forma desassociadas das previsões do mercado (Erlach,2013).

O termo Indústria 4.0 foi inicialmente empregado pelo governo alemão para posicionar seu país como líder no emprego de tecnologia na área de manufatura (Kagermann et al., 2013).

Para Zühlke (2015) o uso das tecnologias de comunicação e integração (*Information and Communication Technologies* - ICT) bem como na implementação de Sistema Cyber Físicos (*Cyber Physical Systems* - CPS) definiram um renascimento dos conceitos de manufatura integrada a computação pois pode expandir os limites de integração e também definiu um patamar para as soluções de *Lean Manufacturing*.

Porém, como uma grande ressalva, conforme Baena et al (2017), a implementação da indústria 4.0 só é possível quando já existe uma base cultural no uso de ferramentas de manufatura enxuta, e sem ter trilhado o esse caminho de produção enxuta a implementação da indústria 4.0 irá trazer resultados desconexos e difícil compreensão.

1.2 Situação Problemática

Hoje, a *Lean Manufacturing* emprega o uso de técnicas e ferramentas para a gestão e melhoria de eficiência nos chamados 7 Desperdícios, sendo eles: Espera, Defeito, Transporte, Movimentação, Excesso de Estoque, Excesso de produção e o Super Processamento.

O uso dessas ferramentas são usadas baseando-se em utilizar sistemas de controle separados (não integrados), gestão visual (através de pintura e sinalizações estáticas) e também movimentações e fluxos através de técnicas como *Kanban*,

porém com a evolução das tecnologias e tempos de respostas mais curtos, continuar implementando soluções de *Lean* considerando a método tradicional não atende mais os requisitos da produção e novos conceitos devem ser adicionados as ferramentas tradicionais para garantir melhores resultados.

Considerando um chão de fábrica, onde as linhas de produção situam-se em uma área normalmente separada do local de armazenamento da matéria prima, pode-se imaginar que, qualquer erro na comunicação de entrega de matéria prima na linha e seu uso efetivo na produção gera perdas de tempo, sincronismo e em muitos casos problemas de produção devido a troca de matéria prima empregada no produto.

Da mesma forma, existem hoje muitos recursos para medir e qualificar os defeitos de produção, porém os tempos de identificação dos defeitos e as ações de correções para mitigar ou eliminar os erros não são imediatas e por consequência há uma maior produção de produtos com defeitos mesmo sendo possível identificar os mesmos.

Em muitos casos os processos enxutos, implementados de maneira tradicional, sem integração e aplicação dos conceitos de ICT e CPS atingiram seus limites e a melhoria contínua desses processos requer muito esforço para pouco ganho. Assim, para ultrapassar esses limites de forma consistente, continua e com ganhamos deve-se repensar os modelos de integração do chão de fábrica e usar os benefícios da indústria 4.0.

1.3 Justificativa

A aplicação desses conceitos e ferramentas já vem sendo implementados e desenvolvidos a décadas, porém o emprego de novas tecnologias definidas pela Indústria 4.0 pode ainda não estar presente em todos os processos possíveis, e desta forma é importante iniciar estudos e trabalhos no sentido de desenvolver as tecnologias, validar sua aplicação e extrair os potenciais resultados oriundos desses novos habilitadores.

Os princípios da *Lean Manufacturing*, embora ainda válidos, precisam ser expandidos para agregar agilidade e maior sinergia entre os diversos setores das indústrias, encontrando uma forma mais rápida e segura de relacionar eventos de produção com armazenagem e movimentação de matérias primas e produtos acabados

Na manufatura enxuta tradicional, mudanças nos processos de produção, estoques reguladores ou tempos de ciclo de produção exigem complexos e exaustivos ajustes dos cartões de Kanban (Dickmann, E., 2007). Assim, a adequação da *Lean Manufacturing* para ciclos de vida de produto mais curtos bem como para a produção individual de item único é limitada.

Por exemplo, a digitalização do sistema de cartões do Kanban já é conhecida a alguns anos com o nome de eKanban e vem gradativamente substituindo o sistema de cartões físicos (Lage Junior and Filho, 2010). O uso do eKanban já demonstra ganhos na movimentação de materiais no que diz respeito a assertividade dos processos e velocidade nas movimentações.

Ao longo das implementações ficam evidentes os benefícios e ganhos de aliar o uso da *Lean Manufacturing* com a indústria 4.0, portanto é necessário criar condições de implementação das novas tecnologias

Desta forma é necessário efetuar a revisão dos conceitos e ferramentas de manufatura enxuta já empregados e incluir elementos da Indústria 4.0 para melhor os benefícios da aplicação desses conceitos de certa forma, garantia uma melhor eficiência no processo.

1.4 Objetivos

Esse artigo tem por objetivo identificar alguns dos processos da manufatura enxuta em que a implementação da Indústria 4.0 pode trazer e as melhores práticas para facilitar a sinergia entre esses dois conceitos. Para Wolter, et al (2017) e Kolberg (2015) essa integração pode ser definida como Automação Enxuta ou *Lean Automation*

Neste contexto iremos abordar o uso das tecnologias da indústria 4.0 como habilitadores para tratar um dos sete desperdícios da Indústrias definidos na *Lean Manufacturing*.

Conhecendo esses sete desperdícios, o desperdício do transporte será tratado tendo como foco o uso de conceitos da Indústria 4.0 para eliminar o mesmo.

A transporte, tanto de peças produzidas bem como de matéria prima e ferramentas são em geral tratadas pelo setor de logística e o mesmo recebe as informações necessárias para suas movimentações da área de produção onde vê se que, no final do dia ambas têm metas diferentes e nem sempre são interligadas.

A manufatura enxuta resolve parte desse problema com o uso do Kanban por exemplo, o qual sincroniza toda a movimentação de material produtivo ou produzido, tanto no sentido de entrada no fluxo de produção ou de devolução de material em excesso, não aproveitado ou rejeitado. Aqui vê-se um grande potencial para o emprego das tecnologias sustentadas pelo ICT e CPS para melhorar significativamente esse processo trazendo benefícios como redução da movimentação de material e precisão na entrega dos mesmos.

2. ESTADO ATUAL

No passado, as empresas introduziram o *Lean Production Systems* (LPS) para criar sistemas eficientes e voltados a processos para enfrentar os desafios que a produção e concorrência demandavam. Assim, processos e procedimentos de fabricação atualmente são projetadas de acordo com os princípios do LPS ou *Lean Manufacturing*.

Conforme a Fig.1, observamos os principais marcos na evolução da manufatura, onde os processos foram aprimorados e com base no conceito de melhoria contínua (*Continuous improvement process - CIP*) trouxeram a produção até o momento de hoje.

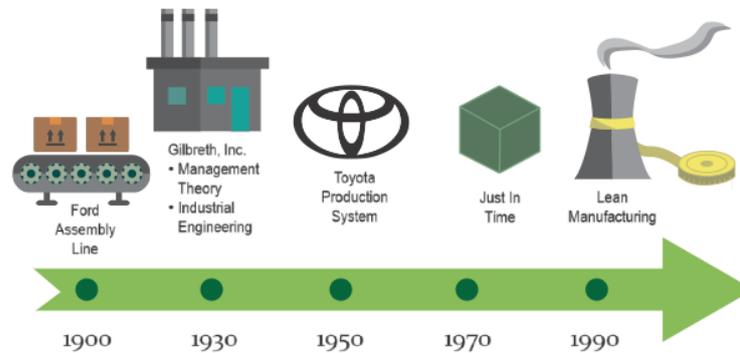


Figura 1 – Evolução Processos industriais (The ForgePress 2019)

O *Lean Manufacturing* tem como foco a produção enxuta, ou seja, a eliminação sistemática dos desperdícios (Shingo, 1996). Dessa forma opera para que o produto final seja produzido na quantidade e momento certo, conforme demanda do cliente, além de compor de um fluxo contínuo de materiais na produção.

O conceito de Manufatura Enxuta surgiu no Japão após o fim da segunda guerra mundial devido a necessidade de reestruturação do processo produtivo das indústrias automobilísticas devido à escassez de recursos para competir com as indústrias americanas que utilizavam o método de produção em larga escala (produção em massa) desenvolvido por Henry Ford (Rezende D, et al ???).

Em 1990, James P.Womack e Daniel T. Jones publicaram o livro intitulado “A máquina que mudou o mundo” e pela primeira vez cunharam o termo Manufatura Enxuta para o sistema de manufatura criado pelo engenheiro Taiichi Ohno para a empresa Toyota. Nesse livre James e Daniel mostram um estudo feito sobre as indústrias automobilísticas mundiais realizado nos anos 80 pela Massachusetts Institute of Technology (MIT) (Rezende D, et al ???).

Para Kolberg e Zühlke (2015) o processo de produção enxuta definisse pela manutenção contínua das melhorias, redução de desperdícios e deve ser focada na adição de valor na produção.

Além desses processos de melhoria contínua um dos principais conceitos preconizados pelo uso de manufatura enxuta é evitar e prevenir um conjunto de sete desperdícios representados na Fig. 2.

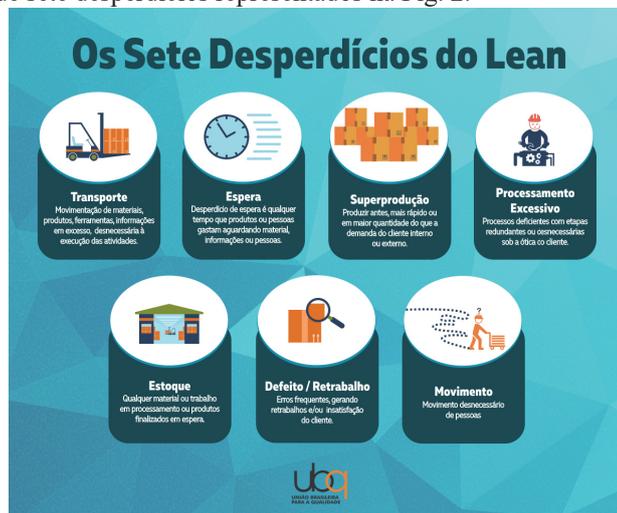


Figura 2 – Os Sete Desperdícios do *Lean* (União Brasileira para a Qualidade – 2018)

Esses sete desperdícios são definidos da seguinte forma:

1. Produção em excesso/Superprodução

A produção em excesso é determinada quando a empresa produz mais do que seus clientes demanda, isso gera um acúmulo de estoque de produtos concluídos bem como ocupação de recursos produtivos simplesmente para gerar estoque o que não agrega valor à produção. Esse é considerado como um desperdício chave visto que ele acaba agravando os demais O que deve ser feito é produzir o mais próximo possível da demanda dos clientes para assim atender somente o que for necessário.

2. Espera

O sistema *lean* indica que todos os processos devem ocorrer de forma contínua e ordenada para que a produção ocorra sem interrupção e que o cliente seja atendido o mais rapidamente possível. Quando alguma parte no processo não executa sua atividade no prazo ou tempo determinado há uma interrupção na cadeia de produção o que faz com que recursos de produção fiquem ociosos, matéria prima fique parada sem uso e eventualmente os prazos de entrega aos clientes não sejam cumpridos. Um dos principais motivos dessas esperas são a instabilidade (quebra de equipamentos, falta de matéria prima, entre outras fontes) e o desbalanceamento entre as fases de produção e isso requer ajustes manuais nos processos.

3. Processamento desnecessário

São os processos ou etapas de produção que são considerados desnecessários e que se forem eliminados não irão afetar a produção. Dentre esses processos estão as conferências de processos anteriores, tratamentos estéticos de componentes não visíveis ou que proteções adicionais no processo.

4. Estoque

Manter estoque de matéria prima e de produto acabado sem efetuar a conversão do estoque em lucro causa um grande custo financeiro uma vez que que estoque parado não gera valor nem capital e algumas vezes o dinheiro investido em estoque é necessário para outras ações como pagamentos de fornecedores, capital humano ou expansão do negócio.

5. Transporte

O transporte de matéria prima para abastecer a linha de produção requerer um trabalho e planejamento cuidadoso para evitar com que esse trabalho gere custos adicionais sem necessidade. Isso significa que, entregar matéria prima na linha em momentos errados ou em quantidade acima ou abaixo do planejado irá gerar custos adicionais ao projeto e esse desperdício deve ser evitado. Nesse desperdício também analisamos o uso de estoques intermediários para mitigar as falhas ou quebras no planejamento.

6. Movimentação

O desperdício da movimentação consiste no uso do tempo de um recurso em locomoções internas na fábrica em ações que não são usadas para a produção. Nessas movimentações estão inclusas a busca de ferramentas e a localização distante de postos de trabalhos devido a um *layout* de produção não planejado levando as distâncias em consideração.

7. Defeito/Retrabalho

Existem vários tipos e classificações de defeitos de produção, porém nenhum deles é aceitável. Desta forma técnicas e ajustes devem ser implementados a fim de evitar produzir produtos com defeitos. Produtos com defeitos irão requerer retrabalhos e custos com correções do produto já entregue ao cliente. Esse é um custo que deve ser evitado.

Esses conceitos são amplamente aplicados em vários segmentos das fábricas dentre eles na manufatura (produção/linhas de montagem), logística (transporte de matérias primas e produtos acabados) e mais recentemente essas práticas estão sendo aplicadas também nas áreas administrativas no chamado *Lean Office*.

Mais especificamente, na área de logística vemos a cadeia de suprimentos onde são abordados vários conceitos e aplicações em diferentes áreas da produção.

Conforme a Fig 3, vemos que a cadeia de abastecimento inclui os aspectos das logísticas de suprimentos, logísticas da produção e logística de distribuição.

Esse artigo tem como objetivo detalhar os aspectos da manufatura enxuta e indústria 4.0 somente no que chamamos de logística da produção, porém os mesmos conceitos podem ser empregados ao longo de toda essa cadeia e quanto mais abrangente for sua implementação, maiores serão os benefícios alcançados.

A logística da produção abrange desde o recebimento da matéria prima, que é em geral tratada por sistemas específicos como WMS (*Warehouse Management System*) que são responsáveis pela gestão da entrada e armazenamento (localização dos componentes em espaços específicos de estoque) e sistemas de qualidade, responsáveis por garantir a qualidade da matéria prima recebida.

Normalmente os sistemas de controle da qualidade somente atuam de forma pontual, para segregar matéria prima que não está dentro dos parâmetros especificados e garantir que esse material não seja usado em produtos novos, porém não controlam de forma integrada com os demais sistemas de qualidade e de produção, recebendo informações de parâmetros de matérias primas já usadas em produtos, onde de forma proativa e automatizada, bloquear lotes de peças defeituosas ou fora dos padrões exigidos.

No meio desse processo temos o planejamento e controle de produção, onde esse processo inicial com o PCP (Planejamento e Controle da Produção) que, baseado em dados de projeção de vendas, o responsável por esse processo faz a análise da capacidade produtiva para determinados tipos de produtos, atividade que é executada exclusivamente em sistemas de suporte a produção o que controla o inventário de recursos de produção e também tem a lista de materiais necessários para a produção de cada produto (*Bill of material* - BOM).

Com base nessas análises os dados são consultados de forma dessincronizada com o sistema de controle de estoque de matéria prima e a partir desse momento, verificado se haverá matéria prima para produzir a quantidade de produto esperado.

Em certos casos, os sistemas são capazes de trabalhar com previsão futura de recebimento de matéria prima o que pode garantir uma previsibilidade de produção mesmo sem ter a matéria prima disponível no momento da decisão. -



Figura 3. Cadeia de suprimentos/abastecimento (Guia do transportador 2014)

Após essas decisões tomadas, uma carta de produção é gerada indicando os horários de produção e em que momento qual material deve abastecer a linha em cada ponto de abastecimento, esse processo é em geral controlado por planilha e sistemas periféricos, que não olham para o estado imediato da produção, o que pode causar perda de sincronismo no abastecimento da linha em relação a produção atual.

Permeando o processo de produção diversos sistema de controle de qualidade são conectados e, devido as características de seus testes e necessidades específicas esses sistemas são desenvolvidos por empresas diferentes e não são integrados, assim a garantia da qualidade é individualizada e sem integração com os demais sistemas, fazendo com que o reflexo o emprego de matéria prima não adequada demora a ser difundido entre os sistemas e bloqueando de forma tardia a manufatura de produtos com material com defeitos ou fora de especificação.

Uma das principais perdas de produtividade observadas estão na constante alimentação dos componentes, matérias primas e kits de montagem, sem um padrão de tempo de alimentação das linhas, ou que ocorrem de forma descoordenada com o *real timing* da produção o acúmulo de componentes nos bordos de linha, bancadas de trabalho, e carros que não facilitavam o fluxo contínuo e nivelado dos abastecimentos.

Dentro desse contexto destacamos os processos e melhorias implementados pelo Sistema Toyota de Produção, que foi o precursor da manufatura enxuta no mundo.

Olhando para Sistema Toyota de Produção vemos que ele considera que a movimentação dos materiais é um custo que não agrega valor ao produto (Shingo, 1996). Sendo assim o fluxo contínuo dos materiais, de forma ordenada e sincronizada é uma meta para manter o abastecimento da linha, reduzindo o máximo possível de materiais disponíveis e parados na linha com o objetivo de reduzir o tempo de espera e produção e garantir a entrega do produto final no momento certo.

As industrias vem ao longo do tempo investindo em estratégias para otimizar esse transporte de matéria prima e uma das técnicas da manufatura enxuta quem ajudando nessa tarefa é o Kanban, porém esse não deve ser considerado o único conceito a ser utilizado, embora seja um dos principais conceitos adotados a fim de garantir as entregas corretas de materiais nas linhas de produção.

O abastecimento contínuo e coordenado através do Kanban tornou mais fácil a administração do transporte de matéria prima e de controle de estoque.

O maior complicador dessa atual abordagem é que para que o Kanban tenha sucesso completo em sua implementação ele deve ser capaz de sincronizar a puxada da linha e o fornecimento do estoque de forma on-line afim de evitar com que sejam criados espaços entre os abastecimentos, ocasionando falta de matéria prima ou excesso de abastecimento.

Essa falta de sincronismo é causada porque em geral, hoje em dia, os sistemas que controlam a produção e os sistemas que controlam o estoque não são interligados de forma on-line, assim o planejamento e controle do transporte de matéria prima faz-se com suporte em algumas técnicas como no Kanban, com o uso de planilhas eletrônicas, cartões Kanban, *picking list* e também de outras formas de suporte.

Como último ponto da situação atual podemos observar que o fator humano, presente em todas as indústrias tem por objetivo principal, na parte referente ao chão de fábrica, fornecer o esforço físico e implementar procedimentos manuais. Com isso os recursos humanos não estão preparados para adequar-se as mudanças que serão impulsionadas pela Indústria 4.0.

Atualmente o foco das contratações e capacitações são com base em fatores como as experiências passadas do recurso, capacitação física e perfil de fidelidade ao emprego.

Esses fatores, com a velocidade empregada na transformação digital não são mais prioritários e novos fatores em linha com os novos conceitos devem ser incorporados nas seleções. Além disso o atual quadro de recursos humanos deve ser reanalisado e recapitado dentro de uma nova realidade.

3.METODOLOGIA

Para Kargemann et al., (2013), a evolução da Internet e o avanço do processamento computacional que trouxe microcomputadores autônomos embarcados em sistemas de produção proporcionou uma revolução radical na forma que vivemos e trabalhamos.

A implementação e uso do conceito de Indústria 4.0 já é uma realidade em várias empresas, porém um dos grandes desafios encontrados por elas é implementar uma infraestrutura de rede de dados capaz de interligar os diversos dispositivos da indústria em um único ambiente que seja robusto e disponível a fim de prover a comunicação em tempo real bem como largura de banda suficiente para que não haja gargalos de comunicação ou perda de informação. Desta maneira, iniciar o desenvolvimento da infraestrutura de rede considerando os fatores de disponibilidade, crescimento, segurança e segregação de funções são primordiais para que a implementação do conceito de indústria 4.0 seja bem-sucedido.

Como o conceito de Indústria 4.0 é muito amplo iremos concentrar os estudos em conceitos que irão juntos, somar para a implementação e transformação do atual conceito de manufatura enxuta para um conceito mais dinâmico e alinhado com a nova indústria.

3.1 MODELO DE REFERÊNCIA ISA -95

Para um melhor entendimento dos componentes de Tecnologia da informação e da Tecnologia de Operação que devem ser considerados nesse contexto, o modelo ISA -95 Enterprise - *Control System Integration* é o primeiro conceito que deve ser entendido e aplicado a fim de poder compreender onde estão localizados os elementos da indústria 4.0 em uma fábrica.

O modelo ISA – 95 é um modelo dividido em camadas onde processos e funções são definidas e separadas com a finalidade de facilitar a interconexão dos sistemas e garantir um maior controle do fluxo de informação e dos estágios de tomadas de decisões.

O uso e implementação desse modelo forma uma base importante para o desenvolvimento de sistema de controle de conexão nos vários níveis de decisão das empresas.

Para He D. et all(2012), o fluxo de informação nos sistemas de informação atualmente implementados nas industriais cresce termos de quantidade e complexidade de relacionamento com demais sistemas, assim no momento implementação do sistema de informações da fábrica seguem o princípio de serem implementados unicamente para suas finalidades sem se preocupar com integrações e necessidades de comunicação com outros padrões, , ou seja, há falta de um modelo de referência para guiar a implementação dessas várias tecnologias e garantir que essa integração seja possível e é nesse conceito que o modelo ISA-95 serve como base para garantir o suporte adequado as implementações da Indústria 4.0.

A Fig 4 mostra a divisão desses níveis e seus limites de interação.

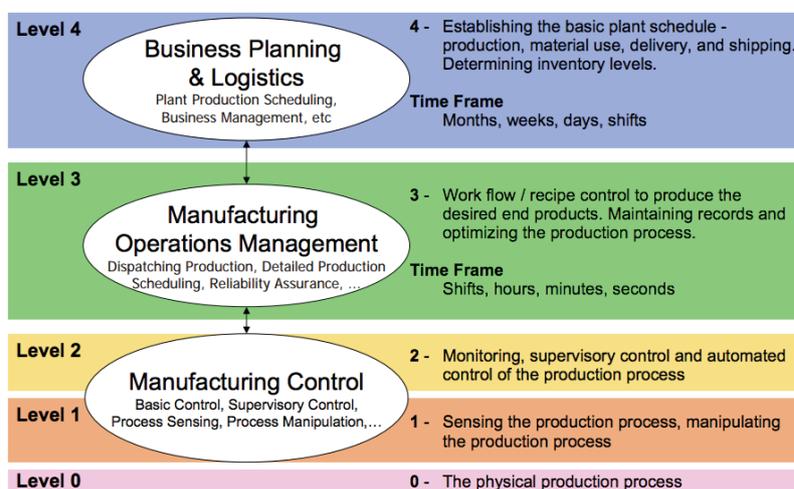


Figura 4 Modelo ISA – 95 (Tulip Coop – Why So many Standards)

Analisando o modelo ISA-95, de seu nível mais alto para o mais baixo, vemos que o nível 4 compreende as funções de mais alto nível, as quais compreendem os planejamentos de produção macro(mensal, semanal ou diário), os processos em que a empresa necessita com interação com empresa externas bem como o planejamento estratégico da empresa estão inclusos nesse nível. Isso quer dizer que sistemas como o ERP (*Enterprise resource planning*) da empresa está incluso nesse nível.

No nível 3 vemos inclusos as rotinas de controles diárias, onde os fluxos de produção, turnos, disponibilidade de matéria prima e controle de produção são implementados. Em geral os sistemas que fazem parte desse nível são os sistemas MES (*Manufacturing Execution System*).

Os níveis 2, 1 e 0 representam as funções de controle específico da produção, onde os sistemas conectam diretamente com os equipamentos e fazem a gestão dos processos de produção. Nesses níveis temos os sistemas SCADA(*Supervisory Control and Data Acquisition*), que fazem o controle supervisorio das plantas, os sistemas de inspeção da qualidade, que testam as funcionalidades dos equipamentos bem como os sistemas ou programações específicas de controle operacional de equipamentos, como os códigos fontes inclusos em CLPs (Controladores Lógicos Programáveis) que fazem a manipulação e controle físico dos equipamentos.

Tendo em vista essa abordagem em níveis ou camadas, um dos primeiros passos para a implementação dos conceitos da indústria 4.0 é identificar as tecnologias já existente em cada um desses níveis e como são feitas suas interações a fim de poder classificar e mapear como deve ser feita a cadeia de comunicação entre os vários conceitos inclusos em cada nível.

Outro ponto é que a implementação direta da indústria 4.0 traz grandes desafios para a adoção das novas tecnologias e um dos pontos críticos para a implementação das novas tecnológicas é a interconectividade física entre os vários equipamentos e sistemas desde o chão de fábrica até os grandes datacenters das empresas. Como visto no Modelo ISA-95 não conseguimos implementar um sistema de controle integrado sem que haja comunicação entre os vários elementos dos vários níveis.

Desta forma, um dos princípios da Industria 4.0 e explorado em todas as literaturas é a conectividade entre os dispositivos, e é uma das primeiras etapas a serem alcançadas é prover essa camada operacional é essencial.

3.2 INTERCONEXÃO DA REDE DE DADOS

A mudança de um conceito de indústria 3.0 para a indústria 4.0 passa, obrigatoriamente, pela necessidade de prover conectividade entre os elementos já existentes ou a serem incluídos no chão de fábrica a uma rede de dados que possa utilizar informações

Uma das formas de abordar essa conectividade física é estruturando a integração das redes de dados com base em um framework de interconexão de redes e a empresa Cisco em parceria com a empresa Rockwell Automation desenvolveram o *Converged Plantwide Ethernet* (CPwE), que é um *framework* de rede que olha para os níveis desenhados pelo modelo ISA-95 e para os elementos de rede e define uma forma de interconexão robusta que atende tanto requisitos de velocidade, disponibilidade, segurança e organização lógica.

Observamos na Fig 5 a topologia definida pelo CPwE e seus elementos, onde os níveis hierárquicos do modelo ISA-95 estão representados.

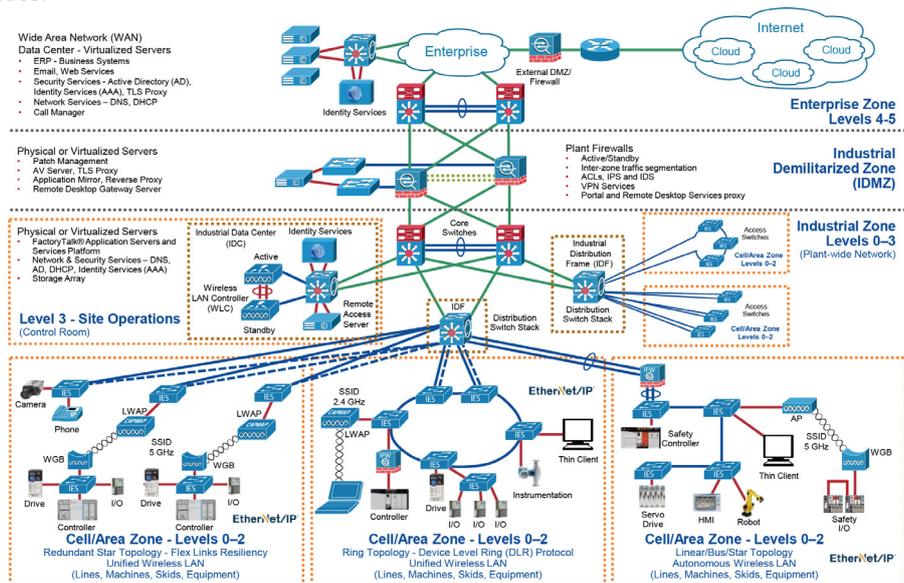


Figura 5 - Converged Plantwide Ethernet (CPwE) – Cisco

Dentro desse modelo também se observa as novas tecnológicas de rede que são habilitadoras para os conceitos de Indústria 4.0 como redes *Wifi* que irão permitir a implementação de dispositivos IIoT (*Industrial Internet of Things*) e a rede com protocolos de rápida convergência para desenvolver aplicações críticas em *real time mode*.

Como habilitadores adicionais elencamos uma lista de tecnologias a serem implementadas ou interligadas na rede para permitir que a *lean manufacturing* obtenha sucesso.

Com a chegada das tecnologias habilitadoras da indústria digital ou indústria 4.0 pela primeira vez foi possível conectar todas as máquinas de um sistema produtivo e criar uma única cadeia de valor interligadas. Os diversos sistemas conectados formam um sistema ciber-físico que não apenas interagem entre si através da rede local ou internet, mas também podem analisar dados críticos, fazer previsão de falhas e efetuarem ajustes e mudanças para melhorar a eficiência do sistema e minimizar riscos. Desta forma a implementação da conectividade com os recursos advindos da Indústria 4.0 está transformando a produção e elevando a produtividade o que está mudando as relações tradicionais da manufatura, tanto em processos internos bem como na relação com fornecedores, clientes e principalmente entre seres humanos e máquinas.

3.3 INTEGRAÇÃO VERTICAL E HORIZONTAL DE SISTEMAS

Com a conectividade de rede estabelecida, a integração entre os diversos níveis de sistemas produtivos deve ser estabelecida de forma que os sistemas possam tanto compartilhar dados de maneira instantânea bem como permitir que decisões locais possam ser tomadas com base em informações já existentes.

A integração e auto-otimização são os principais mecanismos empregados nas organizações industriais. A integração estabelecida pela Indústria 4.0 é essencialmente definida por três tipos de integração sendo, a integração horizontal em toda a rede, interligando todos os elementos ciber-físicos da cadeia de valor, a integração vertical dos sistemas de manufatura que estão em rede e pôr fim a integração fim a fim em todo o ciclo de vida do produto (Vaidyaa S, Ambadb P, Bhosle S, 2018).

Como parte da integração vertical temos o conjunto de protocolos OPC (OLE for Process Control), conforme a Fig, 6 vemos uma forma de efetuar a interligação entre as máquinas e seus dispositivos de controle é através do uso do protocolo OPC.

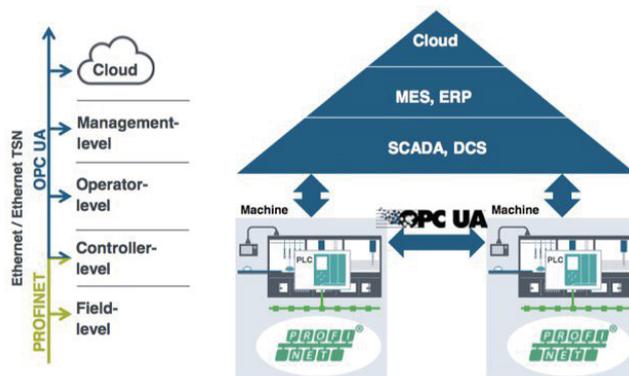


Figura 6 – Gráfico de interligação protocolo OPC UA – Automation World

O OPC é uma especificação técnica que define um conjunto de interfaces de software industriais padrão baseadas na tecnologia OLE/COM da empresa Microsoft. O uso da especificação OPC possibilita a troca de dados e a interoperabilidade entre sistemas e dispositivos de campo, sistemas de automação e software de gerenciamento de manufatura (Zheng Li, Nakagawa H., 2002).

O uso desse protocolo de comunicação é chave para possibilitar a interligação de equipamentos legados com baixa capacidade de processamento com sistemas de controle e troca de sistemas de informação mais sofisticados.

Pelo lado da integração horizontal, que é responsável pela integração entre os sistemas de gestão e controle do nível 4 do modelo de referência ISA-95, temos os sistemas *broker* (corretores), que são sistemas que fazem a tradução de protocolos de sistema proprietários e controlam o fluxo de informações entre os diversos sistemas.

3.4 HABILITADORES INTELIGENTES PARA A INDÚSTRIA 4.0

O conceito de máquinas inteligentes, que são máquinas desenvolvidas de forma a permitir que a informação ocorra de ponta a ponta entre os sistemas de armazenamento, sistemas de instalações de produção e em demais sistemas da cadeia de suprimentos garante a criação de uma melhor cooperação e coordenação entre processos e gestores no universo da Indústria 4.0 (Kagermann, et all, 2013).

Essas máquinas trazem a capacidade de informar, de maneira *on-line* e em *real time* dados de quantidade de itens produzidos, quantidade de recursos consumidos bem como seu estado de funcionamento, indicando necessidades de manutenção e modos de operação.

Para dar inteligência a essa máquina, podemos tratar de duas abordagens diferentes;

- 1) Nos casos de equipamentos mais antigos e já instalados nas plantas, um *retrofit* é necessário, onde é primordial atingir um nível satisfatório de sensoriamento capaz de identificar a contagem de produção, o consumo de matéria prima bem como os estados operacionais do equipamento (ligado, desligado, produzindo, em manutenção, em *setup*, entre outros) além da possibilidade adicional de, sempre que possível, obter sensoriamentos para tratar de forma inteligente a manutenção preditiva da máquina, onde sensores que identifiquem desgastes, por exemplo, devem ser incorporados a mesma. Adicionalmente a esses recursos deve ser incorporado processamento a máquina para que ela seja capaz de comunicar, via rede, com elementos dos níveis 3 do modelo ISA 95 bem como ser capaz de, localmente tomar decisões com base em informações internas.
- 2) Nos casos de novos equipamentos, todos esses recursos citados no *retrofit* devem já ser especificados nos novos equipamentos a fim de prover a conectividade e informações essenciais para os sistemas já em seu comissionamento inicial.

Da mesma forma que devemos dar certa inteligência e conectividade para as máquinas, também devemos preparar as linhas de montagem para terem o mesmo nível de automação integrada com os sistemas.

A Fig 7 dá uma visão macro de como temos as conexões das linhas de produção atualmente e também como a integração, considerando os conceitos de Indústria 4.0 deve ser implementado.

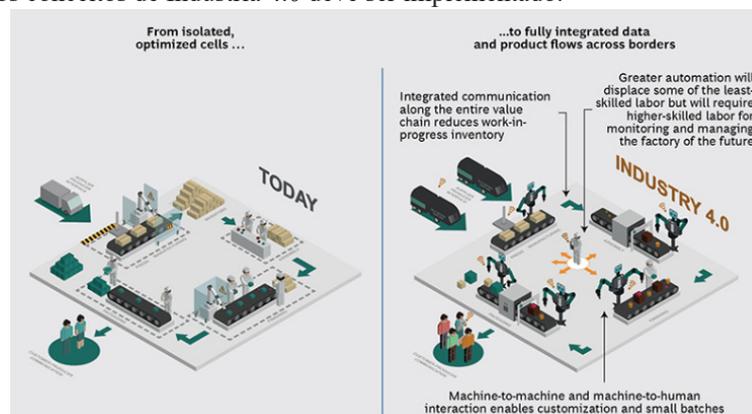


Figura 7 –*Changing Traditional Manufacturing Relationships* BCG – Boston Consulting Group

Com essa perspectiva devemos preparar as linhas de montagem de forma com que, a cada execução de ação individual ou bloco de ações,

A maioria dos sistemas de TI de hoje não está totalmente integrada. Empresas, fornecedores e clientes raramente estão interligados. Nem mesmo os departamentos de engenharia, produção e serviço como logística, abastecimento e recursos humanos tem uma interligação. As funções da empresa ao nível de chão de fábrica não estão totalmente integradas. Mas, com o Indústria 4.0, as empresas, departamentos e funções tornar-se muito mais coesas, à medida que as redes de integração de dados entre empresas evoluírem e permitirem cadeias de valor verdadeiramente automatizadas.

Vê-se que hoje essas redes já estão presentes e disponíveis para uso, bastando somente prover das devidas conexões dentro do arranjo proposto pelo CPwE.

3.5 FATORES HUMANOS PARA A INDÚSTRIA 4.0

Com um mundo globalizado e com processos altamente interconectados, as empresas enfrentam novos desafios para tratar. Com concorrentes no mundo toda a capacidade de inovação e necessidade de atender o mercado em um curto tempo tornam-se essencial (Hecklauer, Fabian, 2016). Ademais a isso os mercados estão se tornando progressivamente volátil e heterogêneo devido às constantes mudanças nas expectativas e necessidades dos clientes, como produtos personalizados sob demanda (Hecklauer, Fabian, 2016). Para cumprir essas expectativas, sistemas inteligentes de produção são implantados para criar a agilidade necessária. Desta forma os processos monótonos estão sendo automatizados e outros processos se tornam mais complexos e interligados. Desta forma aprimorar as estratégias de qualificação para os recursos humanos atuais é necessário.

Os funcionários precisam se capacitar para assumir estratégias mais estratégicas, atividades coordenadoras e criativas. Além disso, a alteração social valores dos funcionários e mudança demográfica em direção a envelhecimento acelerado da sociedade cria mais necessidade de ação.

O processo de seleção também precisa ser modificado e o fator de adaptabilidade e potencial de desenvolvimento deve ser analisado e priorizados no processo seletivo.

4. ESTADO FUTURO

Com base nesses conceitos e considerando o objetivo de melhorar o desempenho do desperdício do transporte, a implementação das tecnologias indicadas na metodologia devem ser orquestradas de forma com que suas aplicações consigam prover o melhor sincronismo entre o consumo de matéria prima e a entrega da mesma no bordo de linha.

Para que haja um sincronismo perfeito é necessário que um sistema seja capaz de enxergar ao mesmo tempo os passos e processos das camadas de produção tendo a percepção da produção, segundo a segundo, olhar para o sistema de ERP e ter a visão de planejamento a longo prazo e também ser capaz de observar e controlar o estoque de matéria prima e de produtos acabados.

É claro que um só sistema não é capaz de fazer todas essas atividades então elencamos o sistema MES como o centro de coordenação e principal articulador de processos entre os demais sistemas.

O sistema de MES faz parte do nível 3 do modelo ISA-95 então ele está posicionado no meio da estrutura, desta forma ele fica estrategicamente posicionado para poder atender tanto as demandas de gestão de longo prazo (anual, mensal, semanal) bem como para auxiliar na programação de curto prazo (diária, horária) e isso é estratégico para a sincronização dos eventos da Indústria 4.0.

Como parte do nível 4, sistemas de ERP devem estar conectados com o sistema de MES para que os mesmos possam gerar relatórios gerenciais de longo prazo. Essa conexão e sua transferência de dados não precisa ser feita em tempo real e sim ela pode ser efetuada de forma assíncrona e em períodos de tempo não tão frequentes como em tempo real. Já por sua vez os sistemas de WMS que também fazem parte do nível 4 do modelo ISA 95 devem ter suas comunicações com as camadas inferiores estabelecidas de forma mais frequentes e síncronas para garantir que sempre haja disponibilidade de informações a respeito dos níveis de estoque bem como para efetuar operações de liberação de matéria prima conforme necessário. Mesmo sendo necessário esse sincronismo e disponibilidade imediata, não é necessário que essa integração seja feita de forma *on-line* (tempo real).

Para os sistemas e elementos do chão de fábrica (pertencentes aos níveis 0, 1 e 2) a comunicação de informação deve ser estabelecida em tempo real com o sistema de MES, esse que será o responsável por processar toda a informação advinda dos níveis inferiores e efetuar toda a tomada de decisão necessárias para garantir que o sincronismo entre os processos seja imediato.

Para que essa comunicação seja possível da forma mais imediata e sincronizada uma camada adicional deve ser incluída através do OPC Server. Ele, além de garantir a robustez necessária torna transparente a comunicação entre o nível 3 e as camadas inferiores, visto que nos níveis 1 e 2 os dispositivos físicos com CLPs e outros sensores são fornecidos por diferentes fabricantes os quais implementam suas lógicas e processos de forma não padronizada.

Como elemento adicional ao modelo ISA 95 é um *firewall* de rede que deve ser introduzido entre os elementos do nível 3 e os níveis inferiores para garantir um nível de segurança tecnológica adicional a fim de permitir que possíveis invasores posicionados em uma rede de dados corporativa não cheguem inadvertidamente nos elementos dos níveis 1 e 2 e prejudiquem intencionalmente ou não os processos produtivos.

Com essa segregação de redes, teremos um cenário onde os processos produtivos e operações de produção são executadas localmente nos níveis 0,1 e 2, porém nesse caso, é necessário separar as operações de execução de processos e em equipamentos separados dos responsáveis pela comunicação com as camadas superiores (OPC Server em geral). Isso significa que, o controle das operações de robôs, por exemplo é será executado em um CLP e somente eventos de início e fim de operação devem subir nas camadas. Desta forma iremos garantir que somente dados relevantes trafeguem na rede.

Para trafegar essa informação, desde os CLPs locais para o nível de OPC foi criado um elemento chamado de “Painel Concentrador” que é responsável por coletar os dados de início e fim de operação e coleta de quantidade de peças produzidas. Essa informação é lida dos CLPs locais e organizadas em um CLP concentrador que deve manter a fila de informação dos eventos para que sejam compartilhadas

Assim garantimos um elo forte entre os níveis 0,1 e 2 com o nível 3. Para atender a esses requisitos uma topologia de rede, conforme Fig 8 é proposta para tal.

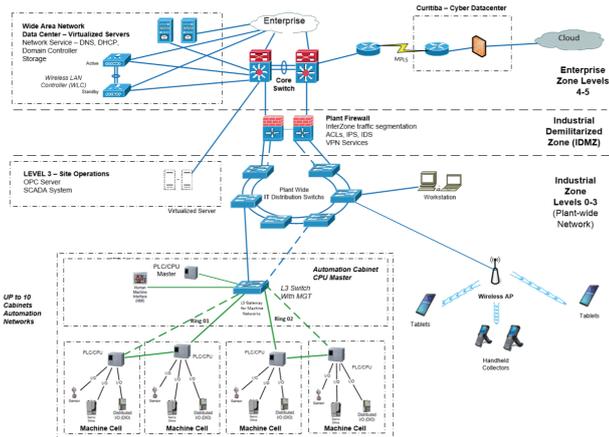


Figura 8 – Topologia de rede baseada no CPwE Cisco – Carlos Vicari / Felipe Nanci

Após estabelecida essa estrutura, os dados devem ser tratados pelo sistema de MES de forma online a fim de garantir o sincronismo entre os processos.

É nessa camada e nessa fase que todo o sincronismo dos processos, tanto os processos produtivos (de manufatura) bem como os processos de transporte devem ser sincronizados.

O sistema MES deve ser capaz de ler as informações do sistema de armazenamento e controle de estoque (WMS) para saber a quantidade de peças em estoque para, ao receber uma ordem de produção, fazer as consultas de matéria prima no estoque, validar se existem componentes suficientes para atender aquele pedido e posteriormente coordenar as chamadas de matéria prima para seus devidos locais na borda da linha de produção.

Para que esse ambiente tenha uma alta disponibilidade, uma estrutura de infraestrutura de TI deve ser implementada considerando redundância em todos os níveis, e complementando a topologia de rede em anéis do CPwE, a duplicação das funções de servidores em dois CPDs (Centro de processamento de Dados) com redundância ativa-ativa é sugerida.

A Fig. 9 propõem uma duplicação de CPDs em que cada um tem um nível diferente de proteção e algum detalhamento adicional dos níveis que devem ter sua redundância implementada.

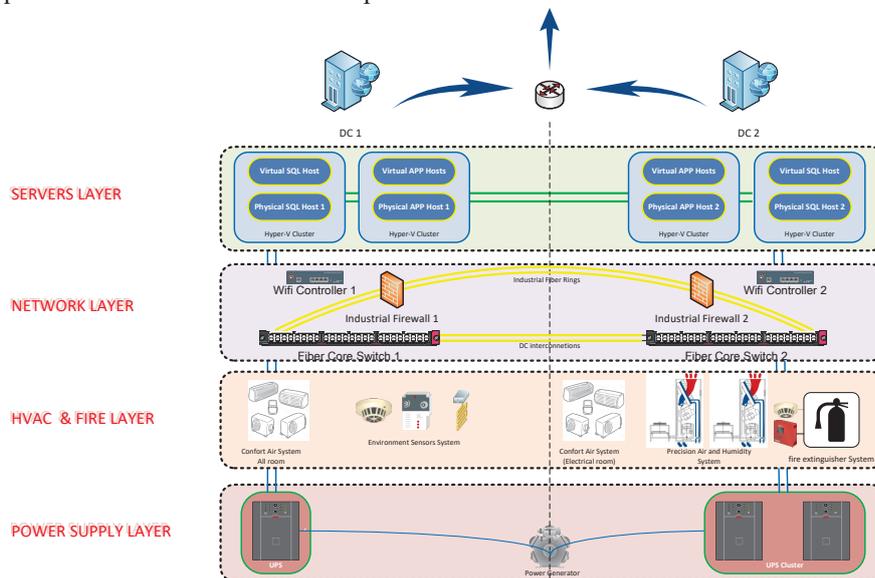


Figura 9 – Topologia de CPDs – Carlos Vicari

Como uma das características principais o sistema MES deve ser capaz de receber as ordens de produção em um horizonte de um dia e poder fazer a preparação da produção para esse período, consultando a disponibilidade de equipamentos e de matéria prima para a confecção do produto. Ele também deve ser capaz de, em caso de falta de matéria prima, comandar a solicitação de produção ou compra dessas matérias para poder atender a demanda o mais breve possível e sempre replanejando a produção em caso de impossibilidade de produção. Para que isso aconteça é necessário que os cadastros de peças, BOM (*bill of material*) de cada produto, e os processos de produção estejam sempre corretos, pois somente assim será possível fazer o planejamento de forma correta.

Esse é uma função importante para o sistema porque ele irá garantir vários aspectos da manufatura enxuta como a redução do estoque de matéria prima (excesso de estoque), reduzir a movimentação de matérias primas (transporte) visto que somente matérias primas que serão usadas no momento correto irão ter sua movimentação liberada.

Outro ponto do sistema MES é que ele deve ser capaz de monitorar os tempos de produção, a quantidade de peças produzidas e suas qualidades. Isso não se limita somente a itens produzidos na linha de montagem, mas também pode (e deve) ser incorporado ao maquinário que produz peças individuais. Com isso será possível medir o OEE(*Overall equipment efficiency*) dos equipamentos e assim garantir, de forma sincronizada a produção de matéria prima para atender a linha de produção sem criação de estoque adicional bem como possibilitar o planejamento em melhor uso da máquina, produzindo de forma eficiente.

Adicionalmente a essa estratégia devemos incorporar o máximo de elementos digitais a essa transformação, sendo que alguns deles tem papel fundamental na Indústria 4.0.

Um deles é a distribuição de painéis indicadores de produção e de qualidade pelas áreas de produção. Esses painéis serão compostos por um hardware processador de dados e uma tela (Monitor ou Televisão) e deverão apresentar os dados relevantes para a posição onde forem instalados. Desta forma os colaboradores poderão ter acesso, de forma visual, ao estado corrente e imediato de produção, podendo saber qual modelo de produto está sendo produzido, qual a quantidade produzida, a quantidade faltante bem como os indicadores de tempo para essa produção, permitindo saber se a produção está adiantada ou atrasada e assim facilitar a tomada de decisões.

Como esses indicadores não são itens críticos para a produção não há a necessidade de eles terem atualizações em tempo real, porém devem respeitar o máximo possível o TAKT *Time* (compasso de produção) para não mascarar os indicadores. O ideal é que esses painéis sejam distribuídos próximos os inícios e fins de processos. Como esses dispositivos podem sofrer mudanças de *layout* de acordo com os ajustes de linhas é possível que os mesmos sejam conectados à rede por tecnologia WiFi e, devido a característica de necessitar de baixo processamento, usar equipamentos como o Raspberry P é indicado para redução de custos e assim viabilizar o uso dos painéis em mais locais.

Outro controle digital a ser implementado é o de mobilidade.

A mobilidade pode ser fornecida através do uso de dispositivos como Smartphones ou Tablets, sendo que os mesmos devem ser escolhidos cuidadosamente para não impactar na operação. Isso significa que, fornecer tablets para operadores que não tem condições de carregar o mesmo será contraproducente, sendo assim, o mais indicado para esses casos é utilizar Smartphones com tamanho adequado a operação, onde seja possível o usuário fazer o uso e depois guardar facilmente o mesmo.

Na outra ponta estão, por exemplo, a necessidade de um supervisor de ter mais informações a respeito do que está ocorrendo em sua supervisão e nem sempre um Smartphone tem display suficiente para mostrar todas as informações e prover interação para todas as ações necessárias, assim o Tablet é mais indicado para esses casos.

O fator humano é outro ponto que deve ser levado em consideração.

Devido a mudança, tanto no modo de operar como no modo de planejar, os colaboradores envolvidos diretamente e indiretamente nessas implementações devem ser capacitados e também devem passar por um processo de transformação cultural para aderirem as novas implementações e cooperarem sem medo.

Com a implementação da automação e melhora nos processos introduzidos com a implementação da indústria 4.0 ficará evidente falhas de operação manual bem como o desperdício de tempo na produção. Com isso haverá um remanejamento de funções e será necessário preparar essa força de trabalho para novas atividades. Adicionalmente a preparação deverá ser feita, não para uma atividade em específico, mas sim preparar o colaborador para que ele possa assumir novos e constantes desafios a fim de sempre estarem preparados para atuar em novas tecnologias.

Na Fig. 8 vemos uma ilustração de uma planta conectada, onde vê-se os *displays*, as máquinas conectadas, elementos de mobilidade e a nova forma de operar os equipamentos.

Observa-se na ilustração de que as tecnologias funcionam em sincronismo e harmonia e que a interação humana faz-se na gestão da operação e não mais operando diretamente os componentes.



Figura 8 – Visão da Indústria 4.0 - QLEP Academy

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A implementação da indústria 4.0 conforme conceitos apresentados nesse trabalho visam trazer ganhos de produtividade em diversos pontos da indústria.

Os ganhos dessas novas tecnologias vão desde um melhor controle do processo, com indicadores atualizados e organização nos processos, até levar os níveis de perdas aos seus limites.

Como resultado principal podemos indicar que os 7 desperdícios da manufatura enxuta serão melhor identificados e terão melhores ações corretivas.

Pequenos vários ganhos serão observados em vários pontos do sistema de produção: 1) haverá ganhos na redução de estoque de matéria prima, visto que o controle da produção será dividido em vários níveis, desde de o controle da produção mensal, diária até a produção por hora, assim não haverá necessidade de manter estoques preventivos e de segurança, e devido a inteligência no sistema, caso haja falta de algum componente para a manufatura de um produto, facilmente poderá ser rearranjada a produção para outro produto também necessário, 2) a movimentação de matéria prima será reduzida e precisa, assim haverá melhoria nessa atividade também, um outro ponto será, devido ao monitoramento constante dos equipamentos será possível fazer ajustes e 3) melhorias pontuais para melhorar a produtividade da manufatura.

O fator principal dessa abordagem é que ela garante uma implementação estruturada e faseada com preservação de investimento, visto que a forma de apresentação, em separação das funções por níveis permite a conexão de novos elementos sem necessitar que a estrutura da solução seja refeita. Isso quer dizer que, pode-se incluir novas linhas de produção, novos equipamentos e até mesmo novos sistemas com novas funções podem ser conectados a essa estrutura sem grandes alterações. Esse deve ser considerado o principal fator pró dessa implementação.

Como fator contra, temos o alto custo de implementação dessa estrutura. Como todo o sistema produtivo será interconectado e estará trabalhando em sincronismo deverá haver uma alta disponibilidade de toda a rede, sendo assim toda a infraestrutura de suporte ao ambiente deve ter alta disponibilidade através de redundâncias e duplicidades. Isso encarece a solução, porém é fácil de justificar os custos quando calcular as perdas de produção versus esse custo. Esse fator sempre deve ser levado em consideração na construção desse ambiente.

Uma forte limitação dessa implementação é que a cultura da empresa como um todo deve ser repensada para trabalhar em conjunto e com sinergia para somar os ganhos. Isso deve-se basicamente porque, em geral as empresas são estruturadas para trabalhar com ganhos em centro de custos e isso cria competição e faz com que em alguns casos ações individuais, sem um olhar geral sejam implementadas.

6. CONCLUSÃO

Vemos essa abordagem como mais vantajosa devido a ser uma metodologia que prevê uma estrutura que permite uma integração total da indústria através da criação de camadas de funções e desta forma, ajustes podem ser feitos em pequenas partes sem comprometer a estrutura como um todo.

Como risco dessa metodologia vemos que o investimento inicial, para preparar o ambiente é alto, o que, para indústrias sem recursos financeiros disponíveis, um maior esforço preparatório deve ser tomado e também será necessário que as topologias sejam ajustadas para minimizar os investimentos iniciais.

Como sugestão de continuação desse trabalho é sugerido que sejam criados formulários guias para identificação dos elementos de cada nível em uma indústria padrão e com base em relatório ser criada a melhor estratégia de implementação para cada tipo de indústria.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Erlach, K.; 2013. *Value stream design: The way towards a lean factory*, Berlin, New York, Springer.
- James P. Womack , 1990. *A máquina que mudou o mundo*. New York, Macmillan Publishing Company
- Kagermann H., Helbig J., Hellinger A., and Wahlster W., 2013. *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry; final report of the Industrie 4.0 Working Group*. Forschungsunion.
- Junior L, Filho G., 2010 - *Variations of the kanban system* - International Journal of Production Economics
- Daiane Maciel Rezende, Jessica Freitas da Silva, Sheila Marcela Miranda, Anderson Barros - *Lean Manufacturing: Redução de desperdícios e a padronização do processo* - Faculdade de Engenharia de Resende
- Dazhuang He, Andrei Lobov, Jose L. Martinez Lastra Fast, 2012 *ISA-95 Tool for Enterprise Modeling* - Lab, Department of Production Engineering Tampere University of Technology
- Hecklauer, Fabian; Galeitzka, Mila; Flachsa, Sebastian; Kohlb, Holger; 2016 Holistic approach for human resource management in Industry 4.0, 6th CLF - 6th CIRP Conference on Learning Factories
- Li Zheng ; H. Nakagawa, 2002 OPC (OLE for process control) specification and its developments, IEEE - Proceedings of the 41st SICE Annual Conference. SICE.
- Saurabh Vaidyaa, Prashant Ambadb, Santosh Bhosle, 2018, Industry 4.0 – A Glimpse - 2nd International Conference on Materials Manufacturing and Design Engineering
- Shingo, Shigeo, 1996. *O Sistema Toyota de produção do ponto de vista da Engenharia de Produção*. 2ª Ed. Porto Alegre: Bookman.
- Zühlke, D., Kolberg D. 2015. *Lean Automation enabled by Industry 4.0 Technologies*, IFAC Papers Online.
- Wolter, Marc Ingo; Mönnig, Anke; Hummel, Markus; Schneemann, Christian; Weber, Enzo; Zika, Gerd; Helmrich, Robert; Maier, Tobias; Neuber-Pohl, Caroline , 2015 *Industrie 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Wirtschaft. Szenario-Rechnungen im Rahmen der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen*. IAB Research Report 8/2015, Nuremberg.



Integração *Lean* e Indústria 4.0



Testes & Resultados

Essa metodologia teve como base vivência na implementação do conceito de indústria 4.0 em uma fábrica de eletrodomésticos, sendo que todos os conceitos aqui elencados foram implementados e seus resultados foram comprovados com significativa melhoria em todos aspectos produtivos, desde a melhora no controle de produção e estoque, redução de produtos com defeito, simplificação de processos, rastreabilidade e melhoria qualidade e quantidade dos dados gerencias

equipe

Carlos Alberto Vicari

User Experience & Público Alvo

- Empresas de manufatura em estágio inicial de implementação da indústria 4.0
- Empresas com metodologia *Lean* já implementada e com necessidade de melhoria
- Áreas de logística de empresas
- Consultorias em tecnologias industriais
- Empresas de automação industrial

produto

Com o advento dos conceitos da Indústria 4.0, novas perspectivas para a implementação de conceitos antigos, como o da manufatura enxuta, apareceram.

Essa apresentação tem como objetivo indicar uma metodologia de uso desses novos conceitos da Indústria 4.0 a fim de prover uma real integração entre os elementos de produção e conceitos da manufatura enxuta, garantindo que os conceitos sejam integrados de forma estruturada e planejada para maximizar o benefícios e reduzir o riscos de implementações erradas.

Monetização e/ou Investimento

Como o conceito desse trabalho é definir uma metodologia e servir de roteiro seguro de implementação da Indústria 4.0 os retornos de investimentos irão depender exclusivamente do local e das premissas de implementação a serem usadas, porém é certo de que, se seguida essa estratégias vários benefícios econômicos serão obtidos, porém o retorno financeiro virá na forma de redução de custos operacionais e aumento de produtividade, não vislumbrando um incremento direto de valor agregado ao produto final.

Plano de Negócio

A estratégia de abordagem para esse trabalho é fazer com que o público alvo tenha contato uma estrutura e metodologia de implementação organizada e validade. Com base nesse framework o interessado na implementação terá um guia que irá facilitar o entendimento de todo o contexto da indústria 4.0 e como estruturar a implementação faseada ou de forma paralela porém evitando sobreposição de esforços. Com esse guia o implementador poderá traçar uma estratégia própria de implementação com base em sua realidade, porém sempre baseando-se em conceitos científicos validados em uma real implementação



CANVAS produto



Pós UFPR: um futuro melhor para as crianças



CANVAS produto

