



V SINGEP

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability

ISSN: 2317 - 8302

A indústria 4.0 e o impacto na área de operações: Um ensaio

ROBERTO RAMOS DE MORAIS
UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE
rrmora@s@uol.com.br

ROGÉRIO MONTEIRO
Universidade Presbiteriana Mackenzie
monteiro.rogerio@globo.com



V SINGEP

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade

International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability

ISSN: 2317 - 8302

A INDÚSTRIA 4.0 E O IMPACTO NA ÁREA DE OPERAÇÕES: UM ENSAIO

Resumo

As recentes inovações tecnológicas nos meios de produção, distribuição de produtos e desenvolvimento de materiais estão promovendo grandes mudanças no setor produtivo. Esse conjunto de inovações é denominado Indústria 4.0 ou a Quarta Revolução Industrial. O objetivo deste artigo é estudar os principais aspectos da Indústria 4.0 e analisar seus impactos nos meios de produção de bens manufaturados e na cadeia de suprimentos. Para tanto, utiliza-se referencial bibliográfico referente à quarta revolução industrial (SCHWAB, 2009), Indústria 4.0 (KOCH, 2014) e administração da produção (SLACK, 2009). As considerações alcançadas nesse estudo servirão de base para pesquisas futuras sobre os desdobramentos das novas tecnologias na sociedade.

Palavras-chave: Indústria 4.0; Lote unitário; cadeia de suprimentos.

Abstract

Recent technological innovations in the means of production, product development and distribution materials are promoting big changes in the productive sector. This set of innovations is called Industry 4.0. The purpose of this article is to study the main aspects of Industry 4.0 and analyze their impact on the means of production of manufactured goods and the supply chain. Therefore, it uses bibliographic references relating to the fourth industrial revolution (SCHWAB, 2009), Industry 4.0 (KOCH, 2014) and production management (Slack, 2009). Considerations achieved in this study will form the basis for future research on the developments of new technologies in society.

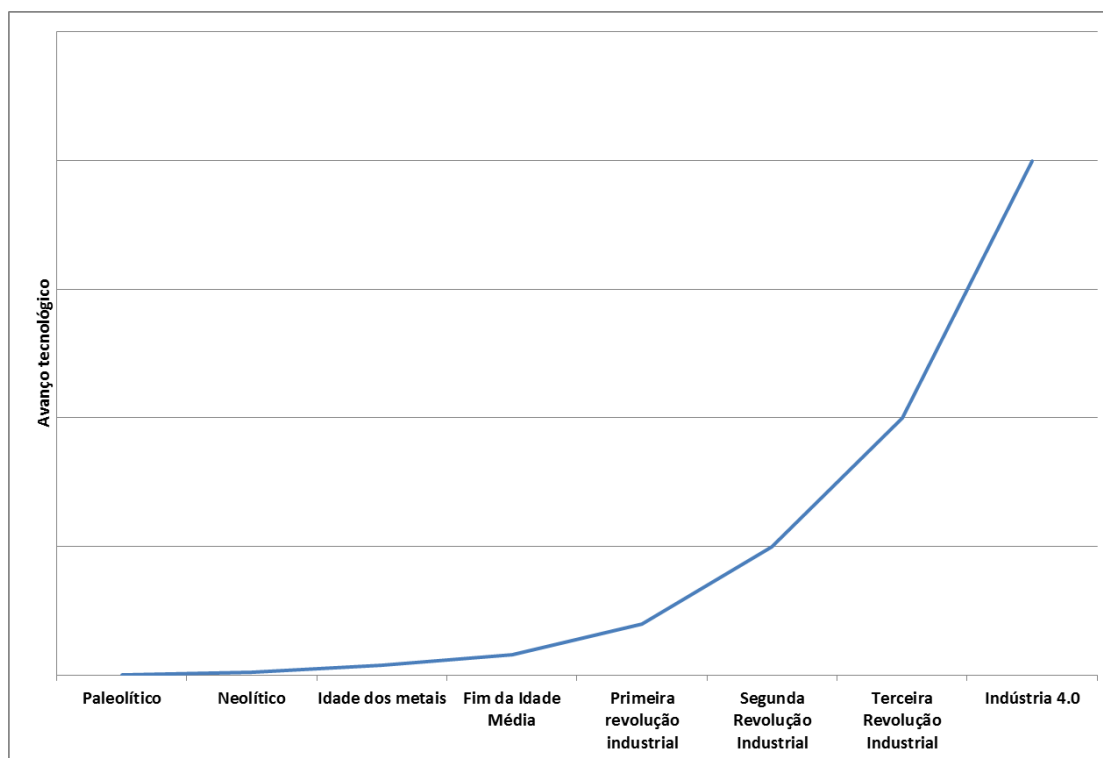
Keywords: Industry 4.0; Lot unit; Supply chain



1. INTRODUÇÃO

A história pontua fatos que marcam alterações significativas nas áreas social, política e econômica. Estas mudanças são provocadas, em grande parte, por avanços tecnológicos, como apresentado na Figura 1.

Figura 1: Avanços tecnológicos ao longo do tempo



Fonte: Os autores (2016)

Passa-se ao detalhamento da Figura 1. O primeiro avanço ocorre no Paleolítico com o domínio do fogo (entre 50.000 e 40.000 anos a.C), o que possibilitou o aquecimento em noites frias, preparo de alimentos e como arma em caças e batalhas. No Neolítico (ao redor de 10.000 a.C), há o surgimento da agricultura e a domesticação de animais, o que fez com que a humanidade se fixasse em um local, deixando de ser nômade. Surgem as primeiras cidades.

Na idade dos metais (entre 5.000 e 4.000 a.C), o surgimento da fundição, inicialmente com o cobre, metal maleável e de baixo ponto de fusão. Em seguida o bronze, uma liga de cobre e, por fim o ferro, material versátil e resistente. A partir deste ponto, houve avanços incrementais até que no final da Idade Média (século XV) ocorre outro surto de desenvolvimento: a imprensa de Gutemberg, possibilitando a disponibilização de livros em uma escala maior do que os livros manuscritos; caravelas, bússola que permitiram navegações de longa distância, levando a descobertas de novos continentes e abertura de rotas comerciais.

No final do século XVIII, ocorre a primeira Revolução Industrial, na Inglaterra, com a mecanização da indústria, o surgimento da ferrovia e das embarcações a vapor. A segunda Revolução Industrial ocorre entre o final do século XIX e início do século XX, impulsionada pela eletricidade e meios de comunicação, como o rádio.



A Terceira Revolução Industrial, na segunda metade do século XX, com o avanço da informática e das telecomunicações e outras tecnologias eletrônicas.

O que se apresenta hoje é a Quarta Revolução Industrial, ou a Indústria 4.0, o foco deste trabalho.

Este trabalho tem o caráter de um ensaio, baseando-se em alguns autores significativos do tema e uma análise teórica sobre os impactos esperados pela consolidação da Indústria 4.0.

2. Conceitos

Neste tópico são apresentados os conceitos que nortearam o desenvolvimento deste ensaio.

2.1 Inovação

Inovação diz respeito a desenvolver novas formas de atender a necessidades de mercados estabelecidos, impactando bens, serviços e processos. A Inovação é movida pela habilidade de estabelecer relações, detectar oportunidades e tirar proveito delas, utilizando tecnologia e conhecimento para atingir estes objetivos.

Conforme a classificação de Tidd, Bessant e Pavitt (2005), a inovação pode ser de 4 categorias:

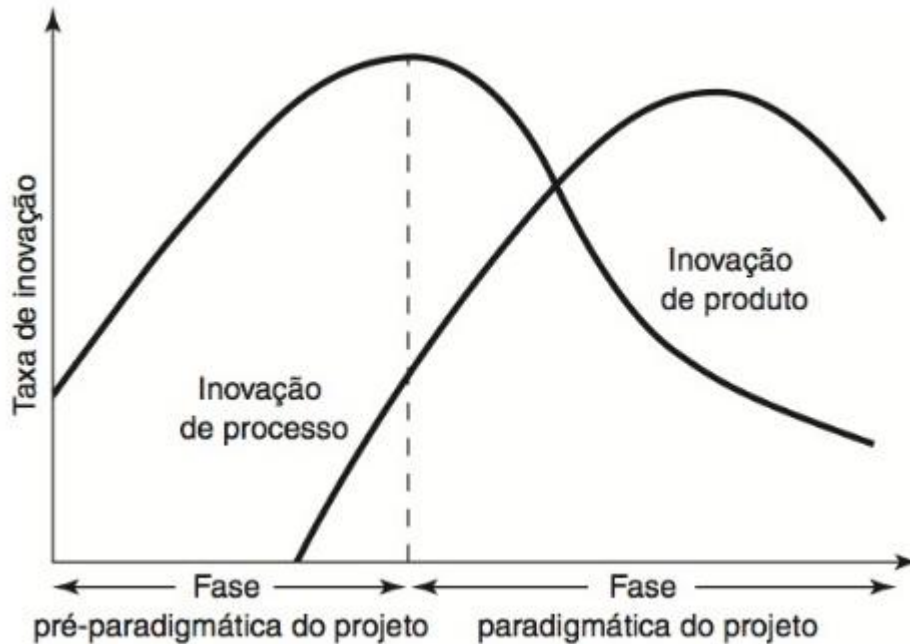
- Inovação de produto
- Inovação de processo
- Inovação de posição
- Inovação de paradigma

Ao se abordar a inovação trazida pela indústria 4.0, os quatro tipos de inovação se fazem presentes. As inovações de produto e processo ocorrem de maneira muito próxima, já que a primeira leva a segunda. A forma como os produtos são introduzidos (posição) no mercado e os paradigmas da empresa são alterados, mudando-se as estruturas de desenvolvimento, divulgação e distribuição dos produtos e serviços.

Na Figura 2, são apresentadas as relações entre estas inovações ao longo da vida do produto. Ao se inovar o produto, os paradigmas vigentes são confrontados, até que após um ápice na inovação, este se torna o novo paradigma. Para isto, o processo passa também a ser inovado na busca de reduzir custos e se ganhar de escala, além do processo de aprendizagem (BURGELMAN; CHRISTENSEN; WHEELWRIGHT, 2012).



Figura 2: Inovação no ciclo de vida do produto



Fonte: Burgelman; Christensen; Wheelwright (2012)

A inovação pode, ainda, de acordo com sua velocidade e impacto, ser incremental ou de ruptura. A inovação incremental ocorre de forma descontínua, envolvendo a otimização ou eliminação de erros, sem que se altere o conceito do produto, do processo, da posição e dos paradigmas.

A inovação de ruptura, conceito desenvolvido pelo pesquisador Clayton Christensen, surge como uma exigência do mercado ou surgimento de novos mercados com necessidades e expectativas significativamente diferentes, por meio dos avanços ou rupturas tecnológicas. Segundo esta teoria, o surgimento da ruptura se dá como um negócio marginal e, como o tempo, torna-se comum, usual, e muda as regras da forma de operação (BURGELMAN; CHRISTENSEN; WHEELWRIGHT, 2012).

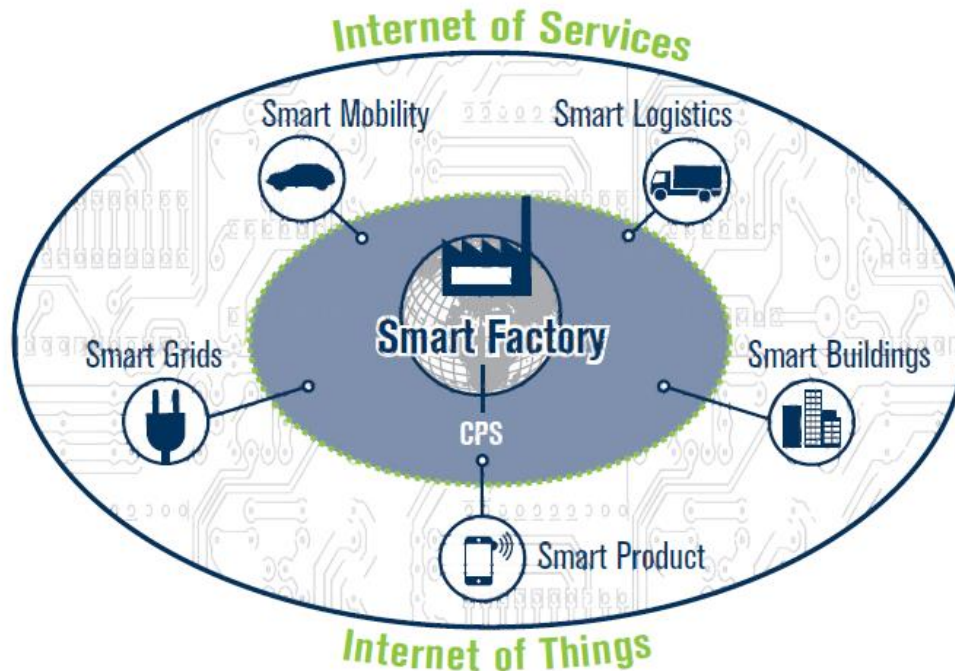
2.2 A Indústria 4.0

A partir destes conceitos de inovação, a Indústria 4.0 surge como um conjunto de inovações de ruptura que apresentam grandes impactos nos conceitos de operações.

A Indústria 4.0, caracterizada pela crescente digitalização e interconexão de produtos, cadeias de valor e de modelos de negócios, centra-se na produção inteligente de produtos, métodos e processos (*Smart Production*). Um elemento importante da Indústria 4.0 é a fábrica inteligente (*Smart Factory*). A Fábrica Inteligente domina a complexidade, é menos suscetível a interferências e aumenta a eficiência da produção. Na fábrica inteligente comunicar-se com as pessoas, máquinas e recursos será tão natural como em um contexto de rede social. A mudança de paradigma necessária para a indústria 4.0 é um projeto de longo prazo e está somente em um processo gradual. O recebimento de ações de valor dos sistemas de produção já instalados tem um papel central. (FORSCHUGSUNION, 2013; KOCH et al, 2014)



Figura 3: Conexões da Indústria 4.0



Fonte: FORSCHUGSUNION (2013)

Schwab (2016) indica que a indústria 4.0, ou Quarta Revolução Industrial, vai além de sistemas e máquinas conectadas. A diferença desta revolução em relação às anteriores é a fusão e interação de tecnologias de várias áreas do conhecimento, como físicas, digitais e biológicas.

2.3 Novas tecnologias

Focando nas tecnologias mais próximas à área de operações (produção/manufatura, logística), destacam-se as seguintes tecnologias que surgiram recentemente e que apresentam perspectiva de grande evolução para os próximos anos, a partir de indicações de Schwab (2016):

- **Veículos autônomos:** veículos que não dependem de um condutor já são uma realidade, existindo alguns protótipos e modelos já em operação. Além de carros de passeio autônomos, que serão utilizados para o transporte de passageiros como um sistema de táxi, caminhões também já possuem projetos para atuarem de forma autônoma. Drones já são utilizados para entregas, e esta utilização só tende a crescer.
- **Impressão 3D e 4D:** o processo de impressão 3D apresenta a vantagem de acrescentar material na confecção do produto, em vez de retirá-lo, como nos processos de usinagem convencionais (torneamento, fresamento, retificação, furação, etc.). Os materiais hoje utilizados neste processo vão desde polímeros a metais e concreto (construção civil). O processo 4D, em desenvolvimento, trabalha com materiais que reagem a condições ambientais, como calor, umidade ou necessidade de adaptação ao espaço de uso.



- **Robôs:** o avanço dos robôs será cada vez mais veloz, assumindo tarefas mais operacionais, hoje executadas por seres humanos. As tecnologias de inteligência artificial os tornarão mais flexíveis e adaptáveis às mudanças de atividades ou situações que exijam decisões.
- **Nanomateriais:** materiais mais leves e resistentes (como o grafeno) mudarão o conceito de estruturas e processos de fabricação, substituindo materiais hoje em uso, como o aço.

Restringindo-se a estas inovações, pois o trabalho ficaria por demais extenso, analisam-se, agora, mudanças em alguns processos e paradigmas da área de operações.

2.4 Quebras de paradigma

Neste tópico são estudados conceitos da área de produção e cadeia de suprimentos que norteiam as práticas da indústria manufatureira até os dias atuais, isso porque, com o advento da Indústria 4.0, tais conceitos passam a ser revisitados.

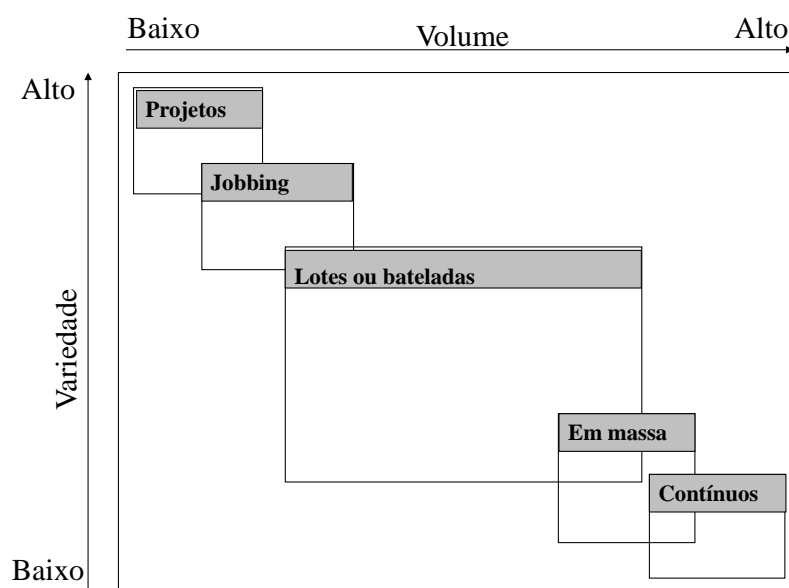
2.4.1 Lote Único

Também conhecido como Lote Unitário, permaneceu como meta inatingível ao longo de décadas, seja no ambiente corporativo da indústria manufatureira, seja em discussões acadêmicas na área de produção e operações.

O binômio Volume e Variedade de Saída dos sistemas produtivos tradicionais impõe elevado custo unitário de produção para a fabricação de um item isoladamente. Nesse sentido, fica economicamente impraticável a fabricação de um lote unitário.

Tradicionalmente, os sistemas de produção são representados pelos processos de Projetos, *Jobbing*, Lote, Massa e Contínuo (SLACK, CHAMBERS, JOHNSTON, 2009), conforme a Figura 4.

Figura 4: Tipos de Sistemas de Produção em Manufatura



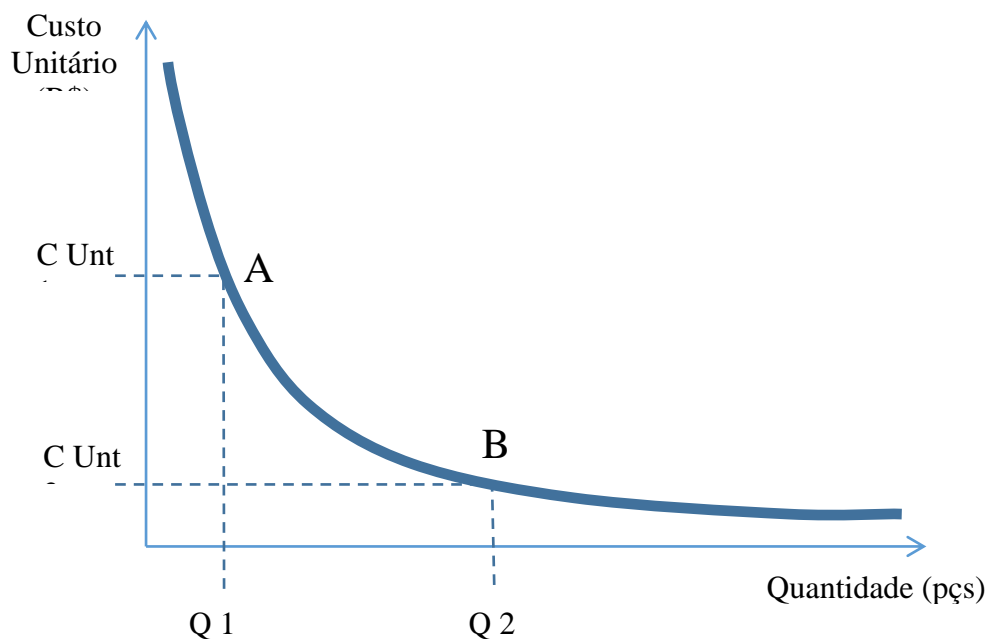
Fonte: Adaptado de Slack, Chambers, Johnston (2009, p.93)



Cabe observar que a redução da variedade de saída passa, necessariamente, pelo aumento do volume de saída (produção). Dessa forma, o tomador de decisões na indústria manufatureira precisa identificar a variedade e do volume de saída que se pretende alcançar para, somente então, decidir pelo processo de produção mais adequado a ser implementado na empresa.

Outra importante observação sobre os sistemas produtivos tradicionais é a relação das alternativas descritas anteriormente com a curva de ganho de escala, a qual é apresentada na Figura 5.

Figura 5 – Curva do ganho de escala



Fonte: Os autores (2016)

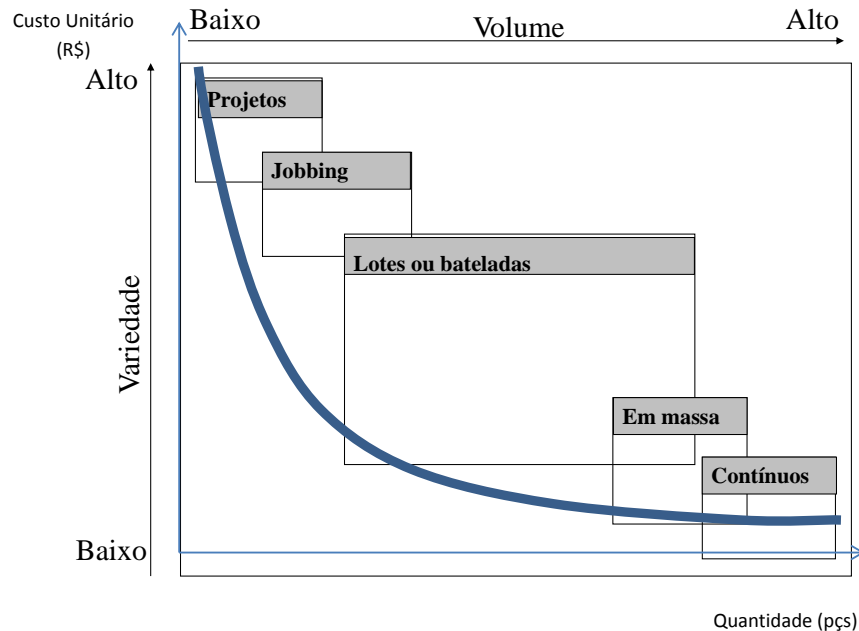
A curva do ganho de escala relaciona o custo unitário de fabricação com o volume produzido (volume de saída).

O ponto A da Figura 5 demonstra que baixos volumes de produção proporcionam elevado custo unitário de fabricação de um produto. Já o ponto B apresenta um elevado volume de produção e, como consequência, baixo custo unitário de fabricação.

A análise simultânea dos sistemas de produção (Figura 4) e da Curva de ganho de escala (Figura 5) é apresentada na Figura 6



Figura 6 – Análise simultânea



Fonte: Os autores (2016)

O comparativo desenvolvido na figura 6 permite compreender a dificuldade de se alcançar a fabricação de lotes em volumes reduzidos a baixo custo, uma vez que a lógica do ganho de escala pressupõe a produção de grandes volumes de produtos para se alcançar custos reduzidos, como pode ser visto nos sistemas contínuos (e ininterruptos) de produção.

2.4.2 Automação Flexível

Também conhecida como Automação Programável, trata de situações em que é relativamente fácil mudar a sequência de operações. Utilizando base técnica eletrônica e microeletrônica, a sequência de operações pode ser mudada via programa de computador que controla o movimento ou as funções do meio de trabalho. Pode-se dizer que a automação flexível é conseguida através do acoplamento das máquinas com os computadores e a informática.

Monteiro (1998) considera que a flexibilidade é a habilidade que um Sistema de Manufatura possui de dominar as mudanças efetivamente. Independentemente do tamanho, nível de automação ou outros fatores, um Sistema de Manufatura é considerado flexível somente quando um ou mais de seus componentes possuem os atributos físicos desejáveis, como por exemplo, a habilidade de processar diferentes tipos de peças/componentes, respostas rápidas, múltiplas rotinas e variedade de controles.

Os avanços nos sistemas de manufatura, bem como da automação, deram origem aos Sistemas Flexíveis de Manufatura (*Flexible Manufacturing Systems – FMS*). O FMS utiliza máquinas acionadas por Controle Numérico Computadorizado (CNC) e de um Sistema de Transporte e Manuseio de Materiais Automatizado, sob a supervisão de um Sistema de



integrado de controle computacional. Esse aporte tecnológico permite minimizar o tempo de preparação de máquina (setup) permitindo a fabricação de lotes de tamanhos reduzidos de maneira econômica.

O FMS passou a ser fortemente utilizado na indústria a partir da crescente demanda dos consumidores por maior variedade de produtos e, conseqüentemente, tamanhos de lotes menores. Tal constatação exigia uma solução altamente tecnológica para conciliar as inovações da manufatura integrada com os benefícios da padronização de processos, da automação e da robotização. Esse conjunto de soluções tecnológicas permite a redução dos custos de fabricação, mesmo efetuando elevado número de paradas para trocas de ferramentas.

2.5 Mudanças na cadeia de suprimentos

Cadeia de suprimentos é definida por Mentzer et al. (2001) como sendo o conjunto de três ou mais organizações diretamente envolvidas nos fluxos a montante ou a jusante de produtos, serviços, financeiros e de informação, desde a fonte primária até o cliente final.

Empresas participantes de cadeias de suprimentos necessitam demonstrar habilidade para atender às novas demandas do mercado, tais como gerenciar grande variedade de produtos, competência para processar pequenos tamanhos de lotes, habilidade para distribuir produtos por diferentes canais e capacidade para colocar produtos no mercado de forma capilarizada.

Fortemente relacionada à movimentação e armazenagem de matérias primas, produtos em processo (*Work In Process – WIP*) e produtos acabados, a cadeia de suprimentos evoluiu ao longo dos tempos no sentido de minimizar os custos dessas atividades.

Tais melhorias se devem a práticas como consolidação de cargas, roteirização, estudos de lotes econômicos de compras (LEC) e de fabricação (LEF), localização de instalações, dimensionamento de armazéns e centros de distribuição, além de métodos de simulação.

Com o advento das tecnologias de Internet (*Internet Protocol – IP*), produtos que outrora necessitavam fortemente de atividades de transporte e armazenagem como CDs/DVDs, livros e documentos, passaram a ser transferidos digitalmente dos fornecedores para os clientes por meio da rede de telecomunicações, diminuindo o fluxo de bens na cadeia de suprimentos.

A Indústria 4.0 propõe, dentre outras inovações, a intensificação de tecnologias de prototipagem rápida (impressoras 3D). Tal como os exemplos anteriores, a impressão 3D possibilita uma drástica redução do fluxo e da armazenagem de produtos acabados, haja vista que muitos produtos passarão a ser gerados no ponto de venda, ou seja, diante dos olhos dos clientes, minimizando as pressões por atividades logísticas na cadeia de suprimentos.

3. Considerações finais

Neste ensaio foram apresentados alguns aspectos da indústria 4.0 e seus impactos nos processos de operações e na configuração das cadeias de suprimentos. Com a disseminação das tecnologias esses processos sofrerão mudanças profundas ou darão lugar a novos processos, os quais permitirão a produção de lotes pequenos e, até mesmo, lotes unitários a custos baixos e com elevados níveis de flexibilização. As referidas mudanças viabilizam economicamente a fabricação de produtos customizados, bem como a redução dos custos de distribuição dos mesmos.



V SINGEP

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability

ISSN: 2317 - 8302

Constata-se, portanto, que a Indústria 4.0 impõe ao meio produtivo um grande salto de desenvolvimento tecnológico, de modo que os setores de produção passem a vivenciar um ambiente denominado inovação de ruptura.

Outros aspectos, como impactos de novos materiais, fusões de áreas de conhecimento, relações entre mão de obra, máquinas e empresas, serão tratados em trabalhos futuros.

Referências Bibliográficas

- BURGELMAN, R. A.; CHRISTENSEN, C. M.; WHEELWRIGHT, S. C. **Gestão Estratégica da Tecnologia e da Inovação: Conceitos e Soluções**. 5. ed. AMGH. Porto Alegre, 2012.
- FORSCHUNGSUNION. **Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0**. Alemanha. 2013.
- KOCH, V. et al. **Industry 4.0: Opportunities and challenges of the industrial internet**. PWC. 2014
- MENTZER, John T. **Gerenciamento logístico e distribuição física**. São Paulo: Thomson, 2001.
- MONTEIRO, R. **Indicadores de Automação: Um Estudo de Casos**. Dissertação de Mestrado, Campinas: FEM / UNICAMP, 1998.
- SCHWAB, K. **A Quarta revolução industrial**. Edipro. São Paulo. 2016.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- TIDD, J.; BESSANT, J.; PAVITT, K. **Gestão da inovação**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman. 2005.