

Contribuição da Indústria 4.0 para a Gestão da Qualidade

Carlos Alberto Oian (IFSP) carlos_oian@yahoo.com.br
Francisco Inácio Giocondo Cesar (IFSP) giocondo.cesar@gmail.com
Ieda Kanashiro Makiya (UNICAMP/FCA) iedakm@gmail.com

Resumo:

A Indústria 4.0, também denominada, de 4º Revolução Industrial, mais do que uma revolução centrada na automação industrial, promove uma fusão entre tecnologias, interligando conceitos físicos, digitais e biológicos. A Indústria 4.0 (I.4.0) fomenta a fusão ou a conexão entre conceitos como inteligência artificial, robótica, impressão 3D, nanotecnologia, biotecnologia, os denominados produtos inteligentes, a indústria inteligente, a internet das coisas, a internet dos serviços, a internet dos dados e os sistemas ciberfísicos. O presente trabalho busca identificar os impactos destes novos conceitos dos sistemas ciberfísicos no controle de processos e, por consequência, na gestão da qualidade. Os resultados serão fundamentados em uma revisão bibliográfica exploratória, e a partir desta será realizada uma análise qualitativa entre o modelo tradicional e a nova abordagem implementada pela Indústria 4.0. O objetivo é identificar as novas oportunidades que a I.4.0 pode trazer para a gestão da qualidade.

Palavras-chaves: Indústria 4.0; Sistemas Ciberfísicos; Controle de Processos; Gestão da Qualidade.

Contribution of Industry 4.0 to Quality Management

Abstract:

Industry 4.0, also called the 4th Industrial Revolution, rather than a revolution centered on industrial automation, promotes a fusion of technologies, interconnecting physical, digital and biological concepts. Industry 4.0 (I.4.0) fosters the fusion or connection between concepts such as artificial intelligence, robotics, 3D printing, nanotechnology, biotechnology, so-called smart products, smart industry, internet of things, internet of services, internet of data and the cyberphysical systems. The present paper seeks to identify the impacts of these new concepts of cyberphysical systems in the control of processes and, consequently, in quality management. The results will be based on an exploratory bibliographic review, and from this will be carried out a qualitative analysis between the traditional model and the new approach implemented by Industry 4.0. The purpose is to identify the new opportunities that I.4.0 can bring to quality management.

Keywords: Industry 4.0; Cyberphysical Systems; Process control; Quality management.

1. Introdução

A indústria é a área da economia que produz bens materiais e serviços (principalmente bens) através de um processo de transformação utilizando como recursos básicos, máquinas e ferramentas, sendo responsável por cerca de 16% do PIB mundial (IEDI, 2016). Desde o início da industrialização, saltos tecnológicos têm levado a mudanças de paradigmas nos processos industriais, os quais foram denominados de “Revoluções Industriais”.

O termo Indústria 4.0 foi cunhado na feira de Hannover em 2011, e discutido no Fórum Econômico Mundial (2015), exibindo um alinhamento com os recentes estudos realizados na Alemanha. (SCHWAB, 2015)

Esta nova realidade trata de uma economia com forte presença digital e conectividade entre as pessoas (P2P), entre máquinas (M2M) e entre máquinas e pessoas (M2P), cujo foco principal é a troca de informação (comunicação de dados).

As três revoluções industriais anteriores tiveram início em países desenvolvidos e depois se espalharam pelo restante do mundo. A primeira iniciou-se no final do século XVIII, ocorreu basicamente na Inglaterra e fundamentou-se na introdução da energia hidráulica e a vapor, a segunda baseou-se no uso da energia elétrica e impulsionou a produção em massa, e a terceira baseou-se na aplicação de sistemas eletrônicos e na tecnologia da informação (TI) para melhorar a automação na manufatura.

A 4ª Revolução Industrial, também denominada de I.4.0 caracteriza-se pela hiperconectividade em tempo real, graças à internet, porém, alia-se às mudanças no sistema de produção e consumo decorrentes da introdução dos sistemas ciberfísicos (*Cyber-physical systems* - CPS), internet das coisas (*Internet of things* - IoT), internet dos serviços (*Internet of services* - IoS), internet de dados (*Internet of data* - IoD), *Big Data*, inteligência artificial e outros sistemas físicos, tais como robótica, manufatura aditiva, nanotecnologia e biotecnologia, entre outras.

Logo, pode-se dizer que a I.4.0 apoia-se em dois pilares principais, a automatização nos negócios, nas indústrias e na vida privada, e na conectividade que elimina distâncias, reduz o tempo e consolida uma comunicação cada vez mais ampla e rápida. (UBS, 2016, apud CINTRA, 2016)

Para Schwab (2015), a 4ª Revolução Industrial promove uma “fusão de tecnologias, não deixando claro as linhas divisórias entre as esferas físicas, digitais e biológicas”.

Conforme Weckenmann et al. (2016), a história da gestão da qualidade mostra um desenvolvimento contínuo desde o início da produção em massa, há cerca de 100 anos atrás. Nesta época a qualidade focava o produto final, atualmente cuida de diferentes entidades, igualmente complexas, ou seja, produtos, processos, parceiros, fornecedores, clientes e empregados, além de suas inter-relações. Juntamente com a mudança nos paradigmas, métodos e ferramentas inovadoras de gestão são estabelecidas e continuamente aperfeiçoadas. As mudanças e suas necessidades são impulsionadas pela concorrência ou pela ação de visionários, os quais identificam problemas futuros, novas tendências ou tecnologias e sugerem soluções viáveis para estes problemas.

O objetivo deste artigo é abordar o recém-criado conceito de Indústria 4.0 (I.4.0) e suas interações e interfaces com a Gestão da Qualidade.

O tema em referência se justifica pelo interesse em se avaliar as contribuições, modificações ou evoluções trazidas pelos conceitos (Ferramentas e Técnicas) da I.4.0 à gestão da qualidade, qualificando possíveis ganhos.

2. Revisão bibliográfica

2.1 Gestão da Qualidade

De acordo com Marshall et al. (2012), apesar de disseminados a partir da década de 50, somente nas últimas décadas do século passado, os princípios norteadores da Gestão da Qualidade e dos Processos passaram a ser absorvidos pela maioria das organizações. Desde então, a qualidade começou a ser entendida, também, como um instrumento estratégico, cuja utilização passou a ser valorizada.

A Gestão da Qualidade integrou inicialmente o cotidiano das organizações, independentemente de seu porte, atividade e alcance de atuação (públicas ou privadas), em função da difusão de normas internacionais de qualidade (ISO 9000, por exemplo), do estreitamento das relações entre cliente e fornecedor (graças a aprovação de legislação em defesa do consumidor), do aumento da concorrência (formação de blocos econômicos como a União Europeia) e das crescentes pressões dos stakeholders.

Gestão da Qualidade não significa, apenas, o controle da qualidade daquilo que está sendo produzido, a qualidade intrínseca de bens e serviços, a aplicação de ferramentas e métodos de gestão, mas, numa visão ampliada, significa um modelo de gerenciamento que busca eficiência e eficácia.

A principal diferença entre a abordagem do início do século XX e a atual relaciona-se às necessidades e anseios dos clientes. Independentemente do porte da empresa, existem programas de melhoria da qualidade, no entanto, pouco importa produzir o melhor produto com o melhor processo, é necessário produzir o que o cliente deseja. (MARSHALL et al., 2012)

Hoje a competição está acirrada e o desempenho de produtos de diferentes fabricantes é similar, logo, a qualidade do serviço é o diferencial, a interface cliente-fornecedor tornou-se importante e a conectividade uma solução.

A I.4.0 é, atualmente, um dos temas mais discutidos tanto no meio acadêmico como por profissionais dos setores produtivos e de serviços, mas, paralelamente à discussão teórica é importante ressaltar que hoje, busca-se a produção ou a prestação de serviços de alta qualidade, objetivando-se manter a organização competitiva e, atender e satisfazer às crescentes exigências dos clientes. Portanto, a gestão da qualidade é um pré-requisito essencial e fundamental para o sucesso econômico e sustentável. (FOILDL e FELDERER, 2016)

Através de conceitos como *Smart Factory*, CPS, IoT, IoS, IoD, impressão 3D, *Big Data*, etc., a Indústria 4.0 oferece soluções e oportunidades promissoras para a Gestão da Qualidade.

Enquanto nas revoluções anteriores o cenário de mudança estava dentro das fábricas, na 4^o Revolução Industrial (I.4.0), os principais impulsionadores são o desenvolvimento das redes sociais e dos dispositivos inteligentes (*smart products*), os quais atraem a atenção e o interesse da mão-de-obra.

Conforme estudo realizado por Garbie (2016), muitos temas e tópicos estão incorporados na I.4.0, tais como a globalização e questões internacionais, questões emergentes, sociedade, bem-estar social e impactos ambientais. A I.4.0 é considerada uma revolução industrial mais abrangente, pois envolve todas as questões de nossas vidas desde as econômicas até as socioambientais.

2.2 Indústria 4.0

O termo I.4.0 tornou-se conhecido, publicamente, a partir de 2011, quando representantes das áreas acadêmicas, de negócios e do governo alemão o promoveram como parte da estratégia governamental alemã para manutenção e desenvolvimento da competitividade da indústria de transformação alemã. (HERMANN et al., 2015)

Conforme Bloem et al. (2014) e Anderl (2014), nos encontramos na quarta etapa da revolução industrial, a qual caracteriza-se pelo CPS, os quais são uma consequência da integração da produção, da sustentabilidade e da satisfação dos clientes, formando a base dos sistemas inteligentes. Hoje é fácil conectar aparelhos, máquinas, coisas, fábricas, ambientes e processos industriais através da IoT, e os robôs foram promovidos a assistentes dos homens e realizam atividades de forma colaborativa.

O termo I.4.0 refere-se a um novo estágio de desenvolvimento na organização e gestão de todo o processo da cadeia de valor, envolvida na indústria de transformação, e dentre suas características principais destacam-se a integração horizontal e vertical, a engenharia em toda a cadeia de valor e a adoção de tecnologias exponenciais, tais como a manufatura aditiva. (DELLOITE, 2014)

Conforme Heng (2014), as empresas que embarcaram na I.4.0 devem prestar atenção especial às integrações horizontal e vertical, e a digitalização da informação ao longo da cadeia de valor. A I.4.0 abrange, não apenas, a criação de valor, mas também a organização do trabalho e de modelos de negócios e serviços, e esta abrangência dá-se através da TI utilizada na conexão entre as áreas de produção, logística e marketing.

Para Shrouf et al. (2014) a arquitetura das *Smart Factories* é baseada na IoT e há forte interação entre dispositivos, máquinas, processos e logística, e a análise do *Big Data* resultará em oportunidades de aperfeiçoamento dos produtos e processos.

O desenvolvimento dos CPS na I.4.0 foi impulsionado pelos avanços tecnológicos e alguns dos pontos que merecem destaque são a expansão da IoT e da IoS, o processamento de dados em nuvem com métodos *Big Data*, a realidade aumentada, a virtualização e a modelagem digital, e a manufatura aditiva. (AICHHOLZER et al., 2015)

2.3 Ferramentas e Técnicas da Indústria 4.0

Com base na revisão realizada no item 2.2, serão abordadas as principais Ferramentas e Técnicas (F&T) da I.4.0 que serão empregadas nesta análise.

Integração Horizontal

Conecta através de sistemas ciberfísicos (CPS) diferentes plantas distribuídas ao redor do mundo, cada uma responsável por uma etapa ou fase do processo produtivo (BLOEM, 2014).

Integração Vertical

Busca conectar através de sistemas digitais as máquinas e os processos desde a matéria-prima ao consumidor final, de modo que a produção possa ser monitorada e acompanhada *on line* e em tempo real (BLOEM, 2014).

Manufatura Aditiva

A produção de peças por meio de impressoras 3D (manufatura aditiva) refere-se a um conjunto de tecnologias que produzem objetos por meio da adição de material, no lugar da remoção mecânica ou da conformação. Este processo envolve a construção de um produto em camadas pela deposição de um pó, muito fino, ou de um material líquido, o qual é então fundido ou solidificado. (DELLOITE, 2014)

Manutenção Preditiva

Produtos e máquinas inteligentes e conectados estão transformando a cadeia de valor, e como consequência as organizações estão redefinindo e repensando tudo o que fazem, pois com estas conexões é importante que as máquinas exibam o menor número possível de falhas. (PORTER et al, 2015).

A manutenção preditiva é um método aplicado com a finalidade de indicar as condições reais de funcionamento das máquinas com base em dados que informam seu desgaste ou processo de degradação. Consiste em monitorar regularmente as condições mecânicas, eletrônicas, pneumáticas, hidráulicas e elétricas dos equipamentos e, adicionalmente, o rendimento operacional de seus processos. Como resultado desse monitoramento, observa-se um aumento dos intervalos dos reparos por quebras (manutenção corretiva) e dos reparos programados

(manutenção preventiva), bem como um aumento de rendimento no processo, uma vez que estes estarão disponíveis por um tempo maior para a operação. (CYRINO, 2016)

Smart Factory

A fusão dos mundos virtual e físico através dos CPS e a consequente fusão dos processos técnicos e administrativos abriram caminho para a criação do conceito de *smart factory*. Além da automação, a palavra de ordem é flexibilização e otimização em tempo real, graças à conectividade. (SHARMA, 2016)

Internet das Coisas (IoT)

A IoT consiste em conectar máquinas e produtos, através de dispositivos e sensores, tais como RFID, código de barras, QR code, Bluetooth, entre outros, à rede de computadores, possibilitando a automação e centralização do controle e da produção (ANDERL, 2014).

Internet de Serviços (IoS)

A IoS fornece uma base comercial e técnica, onde prestadores de serviços e consumidores formam redes de negócios para fornecimento e consumo de serviços. Conforme Cardoso (2009), hoje há uma clara transição de uma economia baseada na manufatura para outra baseada em serviços, e é aí que a IoS se estabelece num ecossistema fundamentado na web e na TI.

Internet de Dados (IoD)

A IoD permite transferir e armazenar grandes quantidades de dados de forma adequada e fornece métodos de análise para interpretar os dados em massa. (ANDERL, 2014)

Big Data

Big Data é um grande banco de dados que contém informações úteis para a tomada de decisão, porém, este banco exhibe como diferencial o fato de que estas informações são dinâmicas, ou seja, os resultados das análises variam em tempo real de acordo com as alterações externas. (VENTURELLI, 2016)

2.4 Princípios da Indústria 4.0

Interoperacionalidade

Significa que os CPS existentes em uma fábrica ou ambiente industrial, mesmo que manufaturados por fornecedores diversos, são capazes de se comunicar uns com os outros através das redes. (HERMANN et al., 2015)

Virtualização

Possibilita que os dados obtidos dos CPS nos produtos e equipamentos físicos sejam transmitidos aos modelos virtuais e em simulações, espelhando comportamentos reais no ambiente virtual. (HERMANN et al., 2015)

Descentralização

A crescente demanda por produtos customizados torna cada vez mais difícil controlar os sistemas de maneira centralizada. Os processos produtivos com computadores embarcados em conjunto com a internet das coisas (IoT) habilitam os CPS a tomarem decisões por conta própria e em tempo real. (HERMANN et al., 2015)

Adaptação da produção em tempo real

Uma vez que os dados são analisados no instante em que são coletados, é possível que a produção seja realocada ou transferida para outras linhas ou máquinas em caso de falhas ou na hipótese de ser necessária a produção de bens customizados. (HERMANN et al., 2015)

Orientação aos serviços

Dados e serviços são disponibilizados em rede aberta, tornando a internet de serviços (IoS) mais robusta. Dessa forma, a customização de processos de produção exhibe maior flexibilidade de adaptação de acordo com as especificações dos clientes. (HERMANN et al., 2015)

Modularidade

Sistemas modulares são capazes de adaptar-se com flexibilidade às mudanças nos requisitos, substituindo ou expandindo módulos individuais, portanto, os sistemas modulares (equipamentos e linhas produtivas) podem ser facilmente ajustados em caso de flutuações sazonais ou em eventuais adaptações das características dos produtos. (HERMANN et al., 2015)

2.5 Benefícios gerados pela utilização das F&T da I.4.0 na Gestão da Qualidade

Com o objetivo de realizar um *crosschecking* entre o conceito de Gestão da Qualidade e as F&T da I.4.0, será adotado o modelo de TQC – *Total Quality Control* detalhado por Feingenbaun (1991).

Conforme Feingenbaun (1991), o TQC é um sistema eficaz para integrar os esforços de desenvolvimento, manutenção e de melhoria da qualidade dos vários grupos ou áreas de uma organização, permitindo que produtos e serviços com níveis mais econômicos satisfaçam plenamente os clientes. Trata-se de uma abordagem consagrada e com significativas contribuições às empresas na busca da excelência e de padrões internacionais de qualidade.

Para facilitar a análise, a Tabela 1 exhibe nas colunas as Atividades da Qualidade conforme o TQC e nas linhas citam-se as principais F&T da I.4.0, conforme Aichholzer et al. (2015), Anderl (2014), Bloem et al. (2014), Deloitte (2014), Geissbauer et al. (2016), Heng (2014) e Hermann et al (2015).

Princípios, Ferramentas e Técnicas da Indústria 4.0		Atividades da Qualidade								
		Vender	Projetar	Planejar	Comprar	Receber e Inspeccionar	Fabricar	Inspeccionar e Testar	Distribuir	Manter e Instalar
CPS (Cyber Physical Systems)	Integração Vertical	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Integração Horizontal	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Manufatura Aditiva		X	X	X	X	X	X		X
	Manutenção Preditiva						X			X
	Smart Factory	X	X	X	X	X	X	X	X	X
IoT (Internet of Things)		X	X	X	X	X	X	X	X	X
IoS (Internet of Services)		X	X	X	X	X	X	X	X	X
IoD (Internet of Data)		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Big Data (Big Data)		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Interoperacionalidade		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Virtualização			X	X	X	X	X			
Descentralização			X				X	X	X	
Adaptação da produção em tempo real				X			X	X	X	X
Orientação aos serviços		X		X			X	X	X	
Modularidade		X		X			X	X		

Tabela 1 - Relação entre Atividades da Qualidade e Ferramentas e Técnicas da I.4.0

Nos sistemas inteligentes ao invés das pessoas tomarem decisões e monitorarem processos, são os sistemas que informam, automaticamente, se algo está saindo fora dos padrões, possibilitando assim que as pessoas sejam alertadas em tempo real. Isto otimiza o tempo de produção, minimiza as rejeições e os tempos inativos.

Mas, I.4.0 significa ainda mais do que isto, significa conexão ou integração, via rede, em nível horizontal e vertical, significa internet das coisas (IoT), *Big Data*, manufatura aditiva, e muito mais.

Na sequência, serão abordadas cada um dos princípios, ferramentas e técnicas da Indústria 4.0 e como estas podem agregar valor à Gestão da Qualidade.

3. Análise dos resultados

Integração Vertical

Permite que as plantas reajam rapidamente às mudanças de demanda ou falhas. Caso a inspeção final, por exemplo, detecte vários itens com falha dimensional, o sistema detecta o erro e remete uma mensagem para o responsável pela produção, que mesmo, eventualmente em viagem, e com apenas um toque, pode interromper o processo, interditar estoques de produtos acabados ou de matérias-primas, acionar uma equipe de análise, corrigir o problema e retomar a produção.

Integração Horizontal

Caso problemas qualitativos sejam detectados em uma determinada unidade fabril, independentemente da localidade, os mesmos são rapidamente disseminados na rede, e eventuais reprogramações são implementadas de forma que não ocorram atrasos ou se afete o cliente final. O histórico de cada produto é registrado e pode ser acessado a qualquer momento, assegurando rastreabilidade constante, cria-se assim uma transparência e flexibilidade desde o processo de compra dos insumos até a venda do produto final. (DELLOITTE, 2014)

Manufatura Aditiva

A grande vantagem deste processo reside na agilidade e na capacidade de manufaturar protótipos, peças de reposição e projetos complexos, através da elaboração de um desenho em CAD em um local, sua fabricação, após recepção do projeto via rede, em outro, e sua utilização em um terceiro local sem necessidade de deslocamento entre as partes envolvidas, gerando ganhos de qualidade e no atendimento às necessidades e prazos do cliente.

Manutenção Preditiva

A implementação de sensoriamento remoto que monitoram o desempenho, o desgaste, a temperatura, a tensão, as vibrações, entre outras características em uma máquina possibilitam a implementação da manutenção preditiva, a qual permite ganhos consideráveis de produtividade e na qualidade do produto final, pelo simples fato de não permitir a manufatura de produtos em uma máquina não-conforme.

Adicionalmente, o consumo de energia de cada máquina é registrado, e quando combinado com os dados dos produtos em processamento é possível determinar o consumo de energia por produto, e pontos de economia de energia podem ser identificados.

Smart Factory

Muitas fábricas gastam grandes quantidades de energia durante as pausas na produção (finais de semana e feriados), algo que poderia ser evitado com o advento das fábricas inteligentes (*Smart Factories*), as quais trabalham com base em CPS, integradas e que dispensam a participação direta do homem.

A automatização das áreas produtivas com máquinas e equipamentos integrados e que produzem conforme programas de produção flexíveis, cria flexibilidade e customização.

Internet das Coisas (IoT)

Empregando-se o conceito de IoT é possível que numa determinada linha de produção, cada produto possa ser identificado com um chip ou código. Ao ser processado em uma máquina específica, o produto é escaneado e recebe informações adicionais de qualidade, as quais podem ser acessadas em qualquer parte do mundo.

Internet de Serviços (IoS)

Graças à IoS é possível que uma organização adquira matérias-primas de qualidade, independentemente da localização do fornecedor, e ao mesmo tempo é possível efetuar uma distribuição, entrega, instalação e manutenção eficiente, graças à comunicação rápida entre as partes.

Internet de Dados (IoD)

Nos dias de hoje, as organizações estão enfrentando desafios para lidar com grandes quantidades de dados e utilizá-los para ganhos de produtividade e tomada de decisões. Qualitativamente, os dados obtidos a partir das inspeções intermediárias e finais, podem fornecer um feedback para a gestão do sistema, que consequentemente podem ser empregados na melhoria da qualidade dos produtos através da análise e correção das falhas.

Big Data

A *Big Data* dentro das empresas, ajuda a otimizar a qualidade na produção, a utilização dos recursos e gera economia de energia. Se um operador, em treinamento, realiza a montagem de diferentes modelos de um determinado produto, e se a tela de sua estação de trabalho exibe vídeos orientativos, destacando as características mais importantes, com base no *login* do referido operador, o sistema identifica quais modelos já são familiares e quais são novidade e merecem um tratamento especial, ou seja, mais cuidadoso e com maior detalhamento.

Interoperacionalidade

Facilita a integração das linhas de produção e equipamentos de teste e/ou ensaios manufaturados por diferentes empresas, assegurando integração, ganhos de produtividade e de qualidade, o que no passado não seria possível em função da dificuldade de comunicação entre os diferentes fabricantes.

Virtualização

Proporciona ganhos tanto na qualidade do produto final, através de ensaios virtuais, como no tempo total de desenvolvimento de um novo produto, pois é possível simular num ambiente 3D o comportamento do produto montado, mesmo sem se dispor de todas as partes manufaturadas ou adquiridas de terceiros. É possível, também, verificar as condições gerais de montagem, a existência de atritos, folgas e o desempenho geral do produto.

Descentralização

Possibilita que máquinas e dispositivos de produção e/ou ensaios tomem decisões por conta própria, gerando ganhos de produtividade e a eliminação de tempos improdutivo.

Adaptação da produção em tempo real

Como todo sistema produtivo se encontra integrado e interligado, os dados são analisados *on-line*, logo, caso ocorra uma falha em uma máquina, é possível se deslocar a produção para outra, preservando a integridade ou a qualidade do produto e assegurando a produtividade.

Orientação aos serviços

A IoS permite que o cliente tenha interface direta com a empresa, logo, a customização faz parte do cotidiano e exige da empresa flexibilidade no atendimento das exigências e requisitos dos clientes. Portanto, a satisfação do cliente é assegurada.

Modularidade

É útil na hipótese de ocorrer uma alteração nas características dos produtos, pois proporciona uma resposta rápida, gerando ganhos em produtividade e qualidade, descarta a utilização de operações adicionais não planejadas e se adequa a eventuais reduções ou incrementos de produção (Sazonalidade).

4. Considerações Finais

Conforme discutido anteriormente, os benefícios gerados pela aplicação das F&T da I.4.0 junto à gestão da qualidade são inegáveis, seja pela melhoria na integração inter e intrasites, exemplificada pela integração vertical (dentro do site, envolvendo máquinas, equipamentos e processos) e horizontal (entre sites, conectando plantas em diferentes cidades e/ou países), como pelos ganhos de produtividade e eficiência devido à redução no número de falhas e paradas, e aí merece destaque a implementação da manutenção preditiva, a qual amplia o intervalo de tempo entre as manutenções preventivas e elimina as manutenções corretivas.

Outro benefício importante consiste na implementação das *Smart Factories*, as quais possibilitam a produção ininterrupta, sem a intervenção humana, graças à conectividade entre máquinas, homens e homens-máquinas, e num sentido mais amplo envolve fornecedores, fabricantes e clientes.

Além disso, é possível se empregar dados atualizados em tempo real na análise e solução de problemas, customizar produtos conforme requisitos do mercado e a própria produção às sazonalidades.

Em termos de projeto do produto é possível avaliar, virtualmente, alterações ou modificações em produtos, antes das mesmas entrarem, efetivamente, em produção e corrigir falhas ou discrepâncias.

Um exemplo prático e funcional da aplicabilidade da I.4.0 é a indústria automobilística, aonde é possível ver a montagem de diferentes modelos em uma mesma linha de montagem de maneira sequencial e integrada com a logística de materiais e a programação de máquinas e robôs.

Portanto, a I.4.0 não afeta e gera, apenas, uma evolução no processo produtivo, mas, também, na Gestão da Qualidade, integrando e otimizando processos, reduzindo perdas e assegurando a satisfação do cliente.

Referências

AICHHOLZER, G.; et al. *Industry 4.0: Background paper on the pilote project – “Industry 4.0: Foresight & Technoogy Assessment on the social dimension of the next industrial revolution”*. ITA - Institute of Technology Assessment. AIT – Austrian Istitute of Technology, 2015.

ANDERL, R. (2014) *Industrie 4.0 – Advanced engineering of smart products and smart production*. Disponível em < <http://www.researchgate.net/publication/270390939>> Acesso em: 02 nov. 2016.

BLOEM, J.; VAN DOORN, M.; DUIVESTIEN, S.; EXCOFFIER, D.; MAAS, R.; VAN OMMEREN, E. (2014) *The Fourth Industrial Revolution: things to tighten the link between It and OT*. Disponível em < <http://www.fr.sogeti.com/globalassets/global/downloads/reports/vint-research-3-the-fourth-industrial-revolution>> Acesso em: 02 nov. 2016.

- CARDOSO, J.; VOIGT, K.; WINKLER, M.** (2009) *Service Engineering for the Internet of Services*. Disponível em: < http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-00670-8_2#page-1 > Acesso em: 20 nov. 2016.
- CINTRA, M.** (2016) *A crise econômica mundial e a quarta revolução industrial*. Disponível em: < <http://www.cartacapital.com.br/blogs/blog-do-grri/a-crise-economica-mundial-e-a-quarta-revolucao-industrial> > Acesso em: 10 out. 2016.
- CYRINO, L.** (2016) *Conceitos e aplicação da manutenção preditiva*. Disponível em: < <http://www.manutencaoemfoco.com.br/manutencao-preditiva> > Acesso em: 19 dez. 2016.
- DELLOITTE.** (2014) *Industry 4.0 – Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies*. Disponível em: < http://www.industrie2025.ch/fileadmin/user_upload/ch-en-delloite-industry-4-0-24102014.pdf > Acesso em: 06 nov. 2016.
- FEIGENBAUN, A. V.** *Total Quality Control*. Mc Graw- Hill, 1991.
- FOIDL, H.; FELDERER, M.** (2016) *Research challenges of industry 4.0 for quality management*. Disponível em: < <http://www.researchgate.net/publication/300319076> > Acesso em: 10 out. 2016.
- GARBIE, I.** *Sustainability in manufacturing enterprises. Concepts, Analysis and Assesments for Industry 4.0*. 1º Edição. Springer, 2016.
- GEISSBAUER, R.; VEDSO, J.; SCHRAUF, S.** (2016) *A strategist´s guides to industry 4.0*. Disponível em: < <http://www.strategy-business.com/article/A-Strategists-Guide-to-Industry-4.0?gko=7c4cf> > Acesso em: 10 out. 2016.
- HENG, S** (2014) *Industry 4.0 Upgrading for Germany´s industrial capabilities on the horizon*. Disponível em: https://www.dbresearch.de/PROD/DBR_INTERNET_EN_PROD0000000000333571/Industry+4_0%3A+Upgrading+of+Germany%E2%80%99s+industrial+capabilities+on+the+horizon.PDF Acesso em: 30 nov. 2016.
- HERMANN, M.; OTTO, B.** (2015) *Design Principles for Industry 4.0 Scenarios: A Literature Review*. Disponível em: << https://www.researchgate.net/publication/307864150_Design_Principles_for_Industrie_40_Scenarios_A_Literature_Review >> Acesso em 29 nov. 2016.
- EDI – Instituto de estudos para o desenvolvimento industrial.** (2016) *O Brasil no mapa da indústria mundial*. Disponível em: <http://www.iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_749.html > Acesso em: 25 nov. 2016.
- MARSHALL JUNIOR, I; ROCHA, A.; MOTA, E.; QUINTELLA, O.** *Gestão da qualidade e processos*. 1º Edição. Rio de Janeiro: FGV Editora, 2012.
- PORTER, M.; HEPPELMANN, J.** (2015) *How smart, connected products are transforming companies*. Disponível em: <<http://lp.servicemax.com/rs/020-PCR-876/images/HBR-Connected-Products-Summary.pdf> > Acesso em: 20 nov. 2016.
- SCHWAB, K.** *A quarta revolução industrial*. 1º Edição. São Paulo: Edipro, 2016.
- SHARMA, A.** (2016) *Smart Factory*. Disponível em: < <https://industrie4.0.gtai.de/INDUSTRIE40/Navigation/EN/Topics/Industrie-40/smart-factory.html> > Acesso em: 02 dez. 2016.
- SHROUF, F.; MIRAGLIOTTA, G.; ORDIERES, J.** (2014) *Smart Factories in Industry 4.0: A Review of the Concept and of Energy Management Approached in Production Based on the Internet of Things Paradigm*. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/274249276_Smart_Factories_in_Industry_40_A_Review_of_the_Concept_and_of_Energy_Management_Approached_in_Production_Based_on_the_Internet_of_Things_Paradigm > Acesso em: 29 nov. 2016.
- VENTURELLI, M.** (2014) *Industria 4.0 – O protocolo profinet e a indústria 4.0*. Disponível em: <<https://mhventurelli.wordpress.com/2014/09/02/industria-4-0/>> Acesso em: 02 nov. 2016.
- WECKENMANN, A.; AKKASOGLU, G.; WERNER, T.** (2015) *Quality management and manufacturing metrology*. Disponível em: < <http://www.emeraldinsight.com/1754-2731.htm> > Acesso em: 11 out. 2016.