

Os discursos acerca dos desafios da siderurgia na indústria 4.0 no Brasil**The discussions about the challenges of steel industry 4.0 in Brazil**

DOI:10.34117/bjdv5n12-016

Recebimento dos originais: 10/11/2019

Aceitação para publicação: 03/12/2019

Ricardo Luiz Perez Teixeira

Doutor em Ciências, Engenharia Metalúrgica e de Materiais pela Universidade Federal do Rio de Janeiro

Instituição: Instituto de Engenharias Integradas da Universidade Federal de Itajubá
Endereço: UNIFEI Campus Itabira, Rua Irmã Ivone Drumond, 200 - Distrito Industrial II, Itabira – MG, Brasil
E-mail: ricardo.luiz@unifei.edu.br

Cynthia Helena Soares Bouças Teixeira

Doutora em Engenharia Metalúrgica e de Minas pela Universidade Federal de Minas Gerais
Instituição: Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais
Endereço: FACE, Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte – MG, Brasil
E-mail: cyrilet@gmail.com

Max Leandro de Araújo Brito

Instituição: Programa de pós-graduação em Administração, CERES, Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Endereço: R. Joaquim Gregório, s/n - Penedo, Caicó – RN, Brasil
E-mail: maxlabrito@gmail.com

Priscilla Chantal Duarte Silva

Doutora em Linguística e Língua Portuguesa pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Instituição: Instituto de Ciências Puras e Aplicadas da Universidade Federal de Itajubá
Endereço: UNIFEI Campus Itabira, Rua Irmã Ivone Drumond, 200 - Distrito Industrial II, Itabira – MG, Brasil
E-mail: priscillachantal@unifei.edu.br

RESMUMO

Com o avanço das tecnologias de informação, os processos produtivos têm transformado a indústria tradicional modificando sua forma de pensar, gerenciar e produzir, conduzindo a um novo patamar em termos de desenvolvimento. Com isso, urge uma nova forma de ensinar os discentes das Engenharias e da Administração de Empresas a se preparem para a nova

realidade. O objetivo deste estudo é investigar os caminhos da indústria 4.0 no Brasil, em especial no setor siderúrgico. Utiliza-se uma revisão bibliográfica a fim de investigar na literatura os principais componentes da indústria 4.0, sua evolução e os principais desafios para responder às exigências atuais, no intuito de preparar melhor os discentes para a nova realidade. Adota-se como ferramenta didática este novo cenário que apresenta paradigmas socioeconômicos importantes que podem afetar tanto o desenvolvimento industrial do mundo, quanto do Brasil com ele. Os resultados da investigação apontam para uma necessidade de atualização da indústria, bem como das universidades em preparar o futuro gestor e engenheiro para as novas tecnologias e à integração delas nos processos industriais. Conclui-se que ainda há muitos desafios, pois requer uma mudança de mentalidade, sobretudo. Como nas revoluções anteriores, surgirão novos processos de produção, novos produtos, novos paradigmas e conseqüentemente novos impactos socioeconômicos.

Palavras-chave: Administração; Clusters; Engenharia; Ensino Superior; Indústria 4.0; Siderurgia.

ABSTRACT

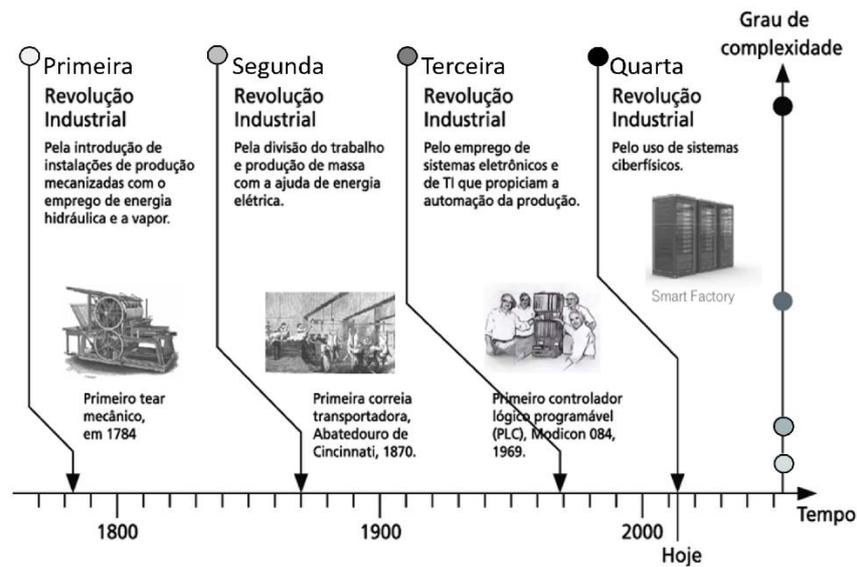
The innovation of information technologies and production processes has transformed traditional industry by changing its way of thinking, managing and producing, leading to a new level of development. Thus, a new way of teaching engineering and business administration students is needed to prepare for this new reality. The objective of this study is to investigate the ways of industry 4.0 in Brazil, especially in the steel sector. A literature review is used to investigate in the literature the main components of industry 4.0, its evolution and the main challenges to respond to current requirements, in order to better prepare students for the new reality. It is adopted as a didactic tool this new scenario that presents important socioeconomic paradigms that can affect both the industrial development of the world and Brazil with it. The research results point to a need to update the industry as well as universities in preparing the future manager and engineer for new technologies and their integration in industrial processes. It is concluded that there are still many challenges, as it requires a change of mentality, above all. As in previous revolutions, new production processes, new products, new paradigms and consequently new socioeconomic impacts will emerge.

Keywords: Business administration; Technological cluster; Engineering; Higher education; Industry 4.0; Steel industry.

1 INTRODUÇÃO

A importância das revoluções industriais para a aplicação e o desenvolvimento de soluções tecnológicas frente aos paradigmas industriais vivenciados pode ser percebida ao longo de mais de 200 anos de história. Na Figura 1, tem-se a representação esquemática das diversas revoluções industriais e o seu grau de crescente de complexidade das demandas, tecnologias e processos produtivos industriais.

Figura 1 – Revoluções industriais.



Adaptado de Calabrò (2019).

A 1ª Revolução Industrial teve grande importância na introdução da mecanização da produção. Com o emprego da máquina a vapor, trouxe um grande salto na produtividade industrial. Com a 2ª Revolução Industrial, o uso da eletricidade nas linhas de montagem possibilitou o início da produção em série (produção em massa), tornando possível também a divisão do trabalho. Essa revolução ficou conhecida como a revolução do Fordismo, devido à famosa linha de montagem de Henry Ford. Na 3ª Revolução Industrial, o grande diferencial foi a automação dos processos, através da introdução de técnicas de eletrônica e de tecnologia da informação, da introdução de computadores e eletrônicos nos processos industriais, trazendo novos conceitos como a produção enxuta (Enacom, 2019; Stearns, 2018). Já a 4ª Revolução Industrial, que é presente para alguns e está para acontecer para outros, traz como foco a digitalização, através de várias tecnologias e incrementos mecânicos, elétricos e eletrônicos para melhorar a inteligência, trazendo maior autonomia frente aos novos desafios da indústria (Agenda brasileira para a indústria 4.0, 2019; Enacom, 2019; Schwab, 2017).

As 3 primeiras revoluções industriais contribuíram para o desenvolvimento industrial trazendo a competição tecnológica como ponto central para o desenvolvimento econômico. Já a 4ª revolução industrial prevê um impacto bem superior, pois envolve um conjunto de tecnologias que permitem a fusão do mundo físico, digital e biológico (Schwab; Davis, 2018).

As principais tecnologias envolvidas na 4ª Revolução Industrial estão reunidas no Tabela 1. São elas: a Manufatura Aditiva (3D), a Inteligência Artificial (IA), a Internet das

Coisas (IoT), a Biologia Sintética (SynBio) e os Sistemas Ciber-Físicos (CPS) (Agenda brasileira para a indústria 4.0, 2019; Pinon et al., 2018; Pereira; Simonetto, 2018).

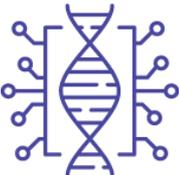
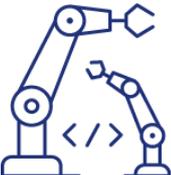
O nome Indústria 4.0 surgiu de um projeto de estratégia de alta tecnologia financiado pelo governo federal alemão, sendo mencionado pela primeira vez na feira de tecnologia de 2011 em Hannover. Dois anos depois, em 8 de abril de 2013, na mesma feira, um conjunto de recomendações de implementação foi apresentado ao governo federal alemão. Os princípios são (diferentemente da internet “para pessoas”, a que estamos usando atualmente) destinados à produção industrial.

Países como Estados Unidos, Alemanha e China estão entre os que mais avançam na renovação de suas indústrias para a Manufatura Avançada, destacando-se na liderança mundial nos esforços de implantação da indústria 4.0. Nesse contexto, o cenário internacional é, então, de grande movimentação como respostas a estas três grandes economias, que correspondem acerca de 35% (15%, 3,3% e 18% respectivamente) da economia mundial em PIB (PPC). Enquanto isso, o Brasil e outras nações investem de maneira menos “agressiva”, buscando, sobretudo, manterem-se competitivas face à nova realidade produtiva das três grandes economias mundiais. No Brasil, o atual desenvolvimento produtivo siderúrgico apresenta iniciativas de implantação da indústria 4.0 através de seus Clusters tecnológicos, principalmente, nas áreas de redução, de aciaria e de laminação.

A indústria 4.0 representa uma evolução natural dos sistemas industriais anteriores, desde a mecanização do trabalho ocorrida no século XVIII até a automação da produção nos dias atuais; Nos últimos anos e aplicação de automação e sistemas de informação como ERP (*Enterprise Resource Plannig*) e MES (*Manufacturing Execution System*) melhoraram significativamente a produtividade nas fábricas (Santos *et al.* 2018, p.115)

De um modo geral, a evolução no uso e aplicação das mais diversas tecnologias proporcionou um avanço na produção industrial. Além de se produzir em menos tempo, maior velocidade, e com menor custo, as tecnologias ainda auxiliaram na solução de problemas e melhoria na qualidade (Cheng *et al.* 2015).

Tabela 1 - Tecnologias relacionadas à Indústria 4.0.

	Manufatura Aditiva	Manufatura Aditiva ou Impressão 3D é a adição de material para fabricar objetos, formados por várias peças, constituindo uma montagem.
	Inteligência Artificial	É um segmento da computação que busca simular a capacidade humana de raciocinar, tomar decisões, resolver problemas, dotando softwares e robôs de uma capacidade de automatizarem vários processos.
	Internet das Coisas	Internet das Coisas representa a possibilidade de que objetos físicos estejam conectados à internet podendo assim executar de forma coordenada uma determinada ação. Um exemplo seriam carros autônomos que se comunicam entre si e definem o melhor momento (velocidade e trajeto, por exemplo) de fazer um cruzamento em vias urbanas.
	Biologia Sintética	É a convergência de novos desenvolvimentos tecnológicos nas áreas de química, biologia, ciência da computação e engenharia, permitindo o projeto e construção de novas partes biológicas tais como enzimas, células, circuitos genéticos e redesenho de sistemas biológicos existentes.
	Sistemas Ciber-físicos	Sistemas Ciber-Físicos sintetizam a fusão entre o mundo físico e digital. Dentro desse conceito, todo o objeto físico (seja uma máquina ou uma linha de produção) e os processos físicos que ocorrem, em função desse objeto, são digitalizados. Ou seja, todos os objetos e processos na fábrica tem um irmão gêmeo digital.

Fonte: Agenda brasileira para a indústria 4.0 (2019).

As tecnologias digitais formam as bases para a transformação da Indústria 4.0. Essas tecnologias podem ser empregadas de diversas formas de acordo com o projeto da empresa gerando soluções específicas na resolução de problemas. Algumas tecnologias já são empregadas nas indústrias, porém a novidade está na integração de tecnologias e na possibilidade de soluções diferentes das já conhecidas Além das tecnologias citadas na Figura 2, algumas dessas e outras tecnologias que se podem abordar na transformação da Indústria 4.0 são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Tecnologias relacionadas à Indústria 4.0.

Sensores e Atuadores	Os sensores e os atuadores estão na base de processos de automação digital.
Internet das Coisas	São sistemas conectados entre si ou bens de consumo conectados com outros produtos.
Big Data	Disponer de grandes bases de dados necessária à personalização de um pedido também está na base da automação digital e da robotização de processos industriais nas quais os robôs autônomos tendem a assumir maior relevância.
Computação em Nuvem	Infraestrutura compartilhada e acessada através da internet, a partir de diversos dispositivos de acesso, tais como computadores, tablets e celulares.
Inteligência Artificial	A inteligência artificial viabiliza que produtos e processos produtivos tomem decisões sem a interferência humana.
Tecnologias de Comunicação sem Fio	São sistemas constituídos por equipamentos, dispositivos, componentes e por softwares que viabilizam a comunicação de voz e de dados sem fio em tempo real (tecnologia 5G).
Sistemas Integrados de Gestão	São diferentes softwares de gestão que integram diferentes atividades de uma unidade industrial, ou que aumentam a eficiência da gestão produtiva, comercial ou financeira da empresa, ou que integram diferentes unidades produtivas de uma mesma corporação.
Robótica	Os robôs são equipamentos de automação industrial controlados automaticamente, podendo ser programados e reprogramados a distância e com maior ou menor grau de autonomia no processo produtivo.
Manufatura Aditiva	É o processo de produção de peças através da deposição de materiais.
Novos Materiais	Há nova geração de materiais que podem ser nanoestruturados ou não, que possuem aplicações diversas e que estão contribuindo para o desenvolvimento das tecnologias apontadas necessárias à indústria 4.0.

Fonte: IEDI (2019).

A Indústria 4.0 tem uma forte base na digitalização que pode ser de processos, produtos, serviços, modelos de negócios e acesso aos clientes. Os dados e análises funcionam como bases para o processo de integração com as tecnologias de digitalização de dados, como apresentada na Figura 2. Os agrupamentos dessas tecnologias chaves dão origem a sete Clusters Tecnológicos: Inteligência Artificial, Big Data e Computação em Nuvem; Tecnologia de Redes de Comunicação Rápidas e Seguras; Internet das Coisas e dos Serviços; Produção

Inteligente e Conectada; Materiais Avançados; Nanotecnologia; Armazenamento e Coleta de Energia.

A Indústria 4.0 é um dos termos utilizados para descrever a estratégia de alta tecnologia promovida pelo governo alemão que está sendo implementada pela indústria. Abrange um conjunto de tecnologias de ponta ligadas à internet com objetivo de tornar os sistemas de produção mais flexíveis e colaborativos (Santos *et al.* 2018, p.112)

A integração entre o mundo físico e o mundo digital a partir dos sistemas ciber-físicos passa a ser um importante aspecto. Tais sistemas podem ser empregados quando sistemas físicos complexos precisam se comunicar com o mundo digital em busca de melhorar seu desempenho e eficiência. Cada vez mais, dados provenientes de processos são gerados e coletados, através de dispositivos como sensores que podem ser dispositivos móveis, plataformas de IoT (*Internet of Things*), tecnologias de localização ou sensores inteligentes. Tais tecnologias, uma vez conectadas à nuvem (*Cloud Computing*), tornam possível a análise e o processamento massivo de dados (*Big data Analytics*) (Bonilla, 2018; Chen, 2017).

No caso das plataformas de IoT, torna-se possível a integração de objetos físicos e virtuais em redes conectadas à Internet, permitindo a coleta, troca e armazenamento de enorme quantidade de dados, que uma vez processados e analisados, podem gerar informações e serviços em larga escala.

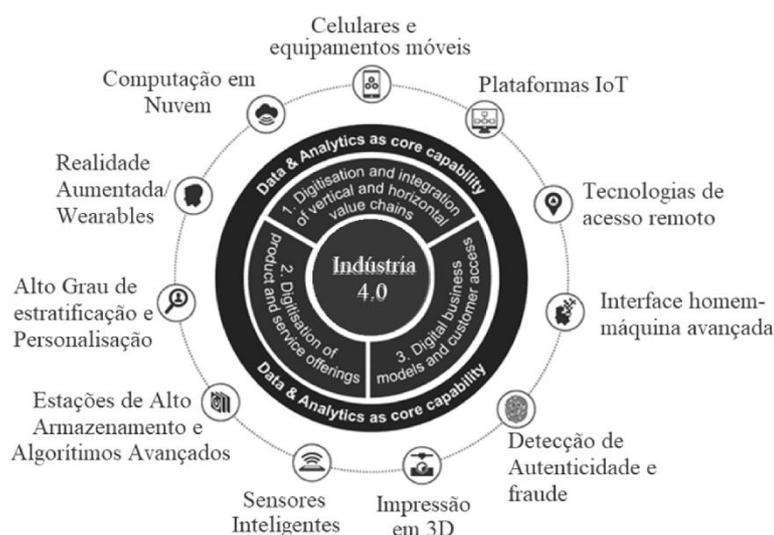
Atzori, Iera e Morabito (2010) afirmam que a principal força da ideia da IoT é o alto impacto que ela terá em vários aspectos, como no comportamento dos usuários e na vida cotidiana. A domótica, a vida assistida, a saúde, a aprendizagem avançada são apenas alguns exemplos de possíveis aplicações em que o novo paradigma exercerá um papel num futuro próximo. Na indústria, o discurso não é diferente.

Dalenogare *et al.* (2018) afirmam que as normas da concorrência têm tomado outros rumos, baseando-se em novos paradigmas, pois os modelos de negócios das empresas estão sendo reformulados pela adoção de conceitos de IoT e digitalização de fábricas.

Outro conceito interessante é o da “Internet dos Serviços” que é basicamente a utilização da Internet para criar alternativas de valor para o setor de serviços. Assim, têm-se as “Fábricas Inteligentes”, que representam as unidades nas quais os sistemas ciber-físicos comunicam-se entre si e com outras entidades, por meio da “Internet das Coisas” e da “Internet dos Serviços”, auxiliando máquinas e pessoas na execução de suas tarefas (Salah, 2019; Leusin, 2018).

No campo da interface homem-máquina, essa interação é fundamental, podendo-se citar como exemplo a utilização de roupas robóticas, o que possibilita que pessoas possam realizar trabalhos que por si só seria impossível como carregar grandes quantidades de peso. Outra relação homem-máquina é pelo uso da realidade virtual, *Augmented Reality*, que nada mais é do que transformar informações do mundo digital visíveis ao mundo real. Outra possibilidade é a criação de novos objetos através da Impressão 3D, o que permite alcançar um grau de complexidade de formas jamais vista pelos métodos convencionais de conformação plástica de materiais. Complementando, quanto à questão de segurança, os mecanismos de autenticação e detecção de fraude (*Authentication and Fraud Detection*) podem trazer novos recursos de segurança frente às novas tecnologias (Barreto; Amaral; Pereira, 2017).

Figura 2 - Tecnologias relacionadas à Indústria 4.0.



Fonte: Adaptado de Enacom (2019).

A transformação tecnológica da Indústria 4.0 que ora lança novas tecnologias, ora funde tecnologias já existentes, tem um forte apelo no ganho gerado pela redução de custos. O processo de transformação das indústrias necessita de investimentos e somente cada empresa pode definir individualmente, de acordo com suas possibilidades financeiras, alinhada à sua estratégia qual caminho seguir (Tidd; Bessant, 2018).

As tecnologias da Indústria 4.0 podem impactar tanto os processos industriais, quanto os produtos, e, tanto a empresa em si, quanto a cadeia produtiva. Os impactos também podem

variando de acordo com o tipo de indústria, se de processos contínuos ou discretos. No primeiro caso, incluem-se em geral empresas de grande faturamento, com elevadas escalas de produção, altos volumes de matérias-primas e insumos, como as indústrias siderúrgica e química. No Brasil, esses segmentos são os que estão mais próximos da tendência mundial, contando com elevada automação em processos (Martins, 2019; Liao *et al.*, 2018).

No caso da indústria de processos discretos, incluem-se empresas de tamanhos variados e de maior ou menor capital e planta industrial, cujas cadeias produtivas podem ser mais extensas e complexas, tendo em vista que o produto final depende de várias partes, componentes ou peças, tais como: as indústrias automotiva, de máquinas e equipamentos. Para esse tipo de indústria, os impactos da indústria 4.0 são maiores, devido as maiores possibilidades de flexibilização do processo, permitindo uma maior customização da produção. Algumas tecnologias que podem viabilizar a customização são a integração das atividades produtivas (engenharia de produto, engenharia de processo, planejamento da produção, programas de gestão da produção), integração da empresa montadora com fornecedores, a integração da empresa montadora com sistemas de distribuição e comercialização, bem como integração das máquinas, equipamentos e sistemas (IEDI, 2019).

As empresas são capazes de oferecer produtos e serviços de maior valor agregado com base na maior capacidade de customização de produtos e na maior assertividade dos serviços oferecidos. Assim, modelos de negócios inteligentes integram novas alternativas tecnológicas, podendo ocasionar mudanças no mercado, dificultando a entrada de concorrentes ou o estabelecimento de novos grupos de negócios através de fusões e parcerias (Zhong, 2017).

Com a transformação tecnológica da indústria 4.0, a indústria torna-se capacitada para atender diferentes demandas dos clientes através de uma programação de produção eficiente. Esse ganho em flexibilidade é mais viável na indústria de processos discretos devido à menor rigidez de seus processos (Lu, 2017).

Os impactos da Indústria 4.0 podem ser variados como a melhoria da eficiência de processos: com o uso de mais sensores e variáveis de processo controladas automaticamente; com a economia de energia devido ao uso de máquinas, equipamentos ou programas de controle mais inteligentes; com a melhoria de qualidade de produtos devido à redução de imperfeições, com o uso de máquinas e equipamentos mais inteligentes com sensores e atuadores mais dedicados; com a redução dos custos de produção devido à integração de equipamentos e otimização da produção; a redução do tempo de *setup* de máquinas e equipamentos com o processo de automação; a redução dos custos de manutenção e de paradas

não previstas, devido ao maior e melhor controle de parâmetros, podendo viabilizar a manutenção preditiva com o uso da inteligência artificial; a redução de custos administrativos e estoques, com otimização da logística, através da integração entre departamentos, plantas, fornecedores, prestadores de serviços e clientes; a redução de tempo no desenvolvimento de novos produtos, através do uso da inteligência artificial; o uso de programas de gestão da produção também poderão simular alternativas de processo em busca da melhor eficiência; uso de programas de simulação e de realidade aumentada poderão ser empregados no desenvolvimento de novos produtos, entre outras possibilidades (Zennaro *et al.*, 2019).

Com efeito, pode-se notar que a implantação da indústria 4.0 traz muitos benefícios para o desenvolvimento da produção brasileira. Contudo, como seu sucesso depende de uma série de processos tecnológicos, tem-se, pois, as necessidades de as universidades preparem o discente para o domínio dessas tecnologias e da integração entre elas no período de formação do engenheiro.

Os ganhos são diversos, conforme apontados anteriormente podendo gerar desde a redução de custos de produção, aumento da flexibilidade dos processos produtivos, ganhos de eficiência, aumento da produtividade, redução de custos com manutenção de equipamentos e consumo de energia, aumento desenvolvimento tecnológico de produtos, processos até a geração de novos produtos e modelos de negócio (Hammer, 2017).

Cada indústria em busca da transformação deve estipular seus objetivos e traçar metas para construir a indústria do futuro. Através dos desafios da 4ª revolução industrial, a indústria se torna capaz de utilizar de forma mais eficiente seus próprios recursos a fim de oferecer produtos e serviços mais competitivos no mercado.

2 O CONTEXTO BRASILEIRO

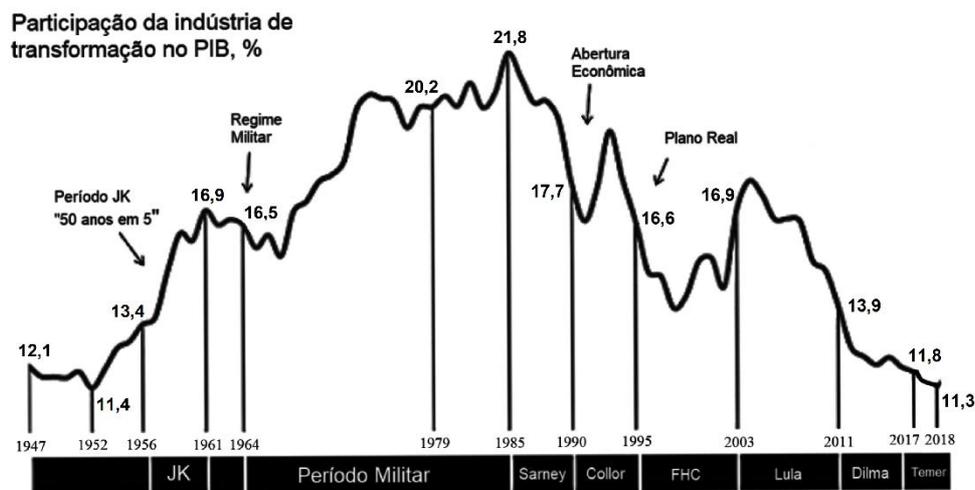
Os paradigmas e desafios do setor industrial e da economia brasileira como um todo são grandes, o que não abandona a 4ª revolução industrial como uma grande oportunidade para o país. Trata-se mais do que uma questão de avançar, trata-se de estar ou não preparado ou se preparar para as mudanças necessárias (Evans, 2018; Tortorella; Fettermann, 2017).

O setor industrial brasileiro representa grande importância na economia do país, gerando riquezas e empregando pessoas, e por outro lado, exigindo investimento. Ao mesmo tempo, retrações na economia afetam a indústria, provocando consequências desagradáveis para o setor. Dessa forma, a relação entre o setor industrial e a economia pode ser analisada através de índices como: a participação da indústria de transformação no Produto Interno Bruto

(PIB), o Índice Global de Inovação (IGI), a Produtividade da indústria, o Índice Global de Competitividade da Manufatura e o Produto Interno Bruto (PIB).

A participação da indústria de transformação brasileira no PIB (Produto Interno Bruto) atingiu cerca de 27% na década de 1980, estando na presente década (dados até 2018) reduzida a cerca de 11%, ou seja, o valor mais baixo da série histórica. Essa participação tem apresentado uma redução nos últimos anos (Figura 3), o que revela um afastamento do Brasil frente a revolução tecnológica industrial, e, perante as grandes economias mundiais: Estados Unidos, Alemanha e China, cujas participações da indústria no PIB mundial somam cerca de 35%. Em última análise essa queda é resultado se deve às mudanças na estrutura produtiva do país, política e dos novos modelos de negócios trazidos pela evolução (disrupção) tecnológica (Agenda brasileira para a Indústria 4.0, 2019; Gilpin, 2018; Kumar; Sundarraj, 2018; Fukuyama, 2017).

Figura 3 - Gráfico da participação da indústria de transformação brasileira no PIB para o período de 1948 a 2018.

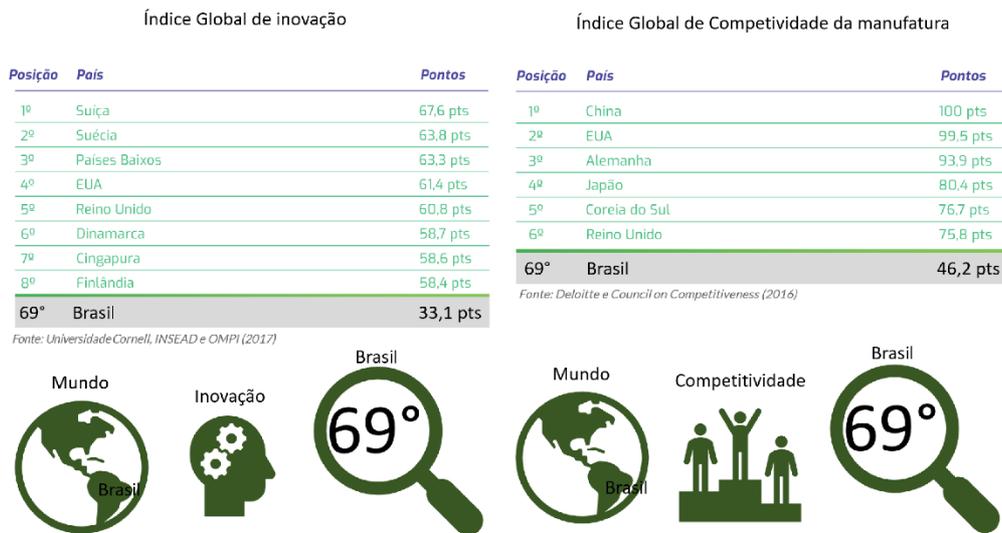


Adaptado de Infonews (2018).

O Índice Global de Inovação busca avaliar critérios de performance de diferentes países no quesito inovação. Esse índice avalia quesitos como crescimento da produtividade, investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D), educação, exportações de produtos de alta tecnologia, dentre outros tópicos (Feng; Reich; Sheng, 2018; Kumar; Sundarraj, 2018). Quanto à inovação, segundo a Agenda brasileira para a indústria 4.0 (2019), o Brasil ocupa a 69ª colocação no Índice Global de Inovação e tem apresentado perda de produtividade e

competitividade, conforme Figura 3 e Figura 4, decorrentes do modelo socioeconômico, da utilização da regra de ouro para o controle das contas públicas e perdas de investimentos externos da indústria manufatureira nos últimos anos (Pires, 2019; Callegari; Melo; Carvalho, 2018).

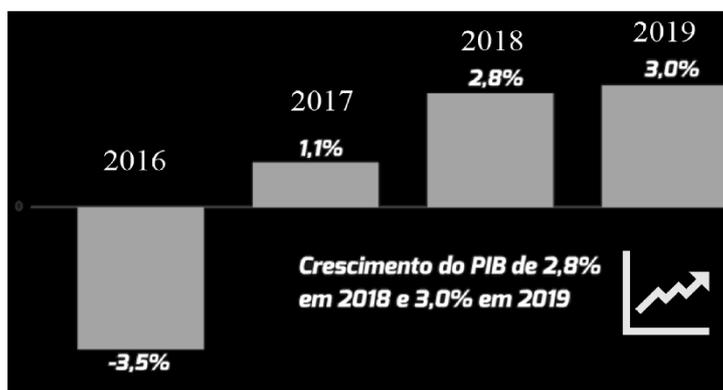
Figura 4 - Índice Global de Inovação e Competitividade da Manufatura.



Adaptado de Agenda brasileira para a indústria 4.0 (2019).

Nos últimos 3 anos, o governo brasileiro buscou melhorar a economia pela austeridade fiscal, diminuição da burocracia direcionados a certas áreas produtivas de exportação e busca de parcerias externas que, entre outras iniciativas, têm fomentado uma retomada do crescimento econômico do Brasil, conforme apresentado na Figura 5. Esse crescimento impacta diretamente os investimentos da indústria brasileira (Iedi, 2019; Santos; Basso; Kimura, 2018, Alban, 2018).

Figura 5 – Crescimento do PIB brasileiro



Fonte: Adaptado de Agenda brasileira para a indústria 4.0 (2019).

3 SIDERURGIA BRASILEIRA E A INDÚSTRIA 4.0

Nos postulados de Martins e de Tropa (2017) é possível verificar estudos sobre os desafios da implantação da indústria 4.0 no setor siderúrgico, bem como as principais mudanças em nível de relações na cadeia produtiva, organização geral da empresa, organização da produção e do trabalho com a constituição da Indústria 4.0. Como resultados pode-se concluir que as expectativas são otimistas quanto à produtividade, integração de processos e acesso às informações das operações. Entretanto, há questões preocupantes com relação às consequências laborais, segurança da informação e novos perfis de mão de obra (Martins, 2019). Esse é o discurso mais comum a respeito dos efeitos da implementação da indústria 4.0 no cenário brasileiro.

No Quadro 1 resumem-se as principais perspectivas frente às mudanças nos parâmetros organizacionais (Tropa, 2017). Assim como as relações na cadeia produtiva, a organização da empresa, da produção e do trabalho requerem mudanças para adequação às novas exigências, bem como novas posturas e objetivos estratégicos mais inovadores nas empresas.

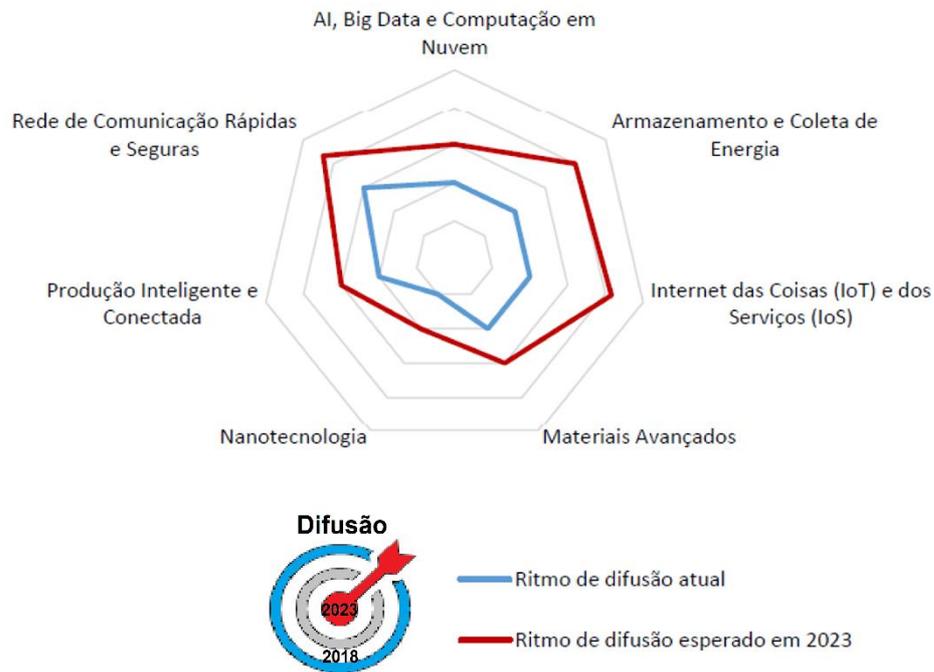
Quadro 1 - Perspectivas comuns aos entrevistados em relação aos parâmetros organizacionais

Níveis	Percepções
Relações na cadeia produtiva	<p>Maior integração das unidades de negócio e dinamismo para as operações.</p> <p>Formação de parceria com os fornecedores.</p> <p>Riscos quanto ao compartilhamento de informação.</p> <p>Orientação aos serviços e flexibilidade.</p>
Organização da empresa	<p>Redução de níveis hierárquicos e menor dependência de profissionais que detêm o controle de informações.</p> <p>Revisão dos processos de recrutamento e seleção devido às exigências de habilidade e perfil da mão de obra atual.</p>
Organização da produção	<p>Flexibilidade no direcionamento de ordens de produção.</p> <p>Controles mais assertivos de processos de produção devido ao desenvolvimento de máquinas mais robustas e manutenções preventivas.</p>
Organização do trabalho	<p>Transformações no chão de fábrica tanto na garantia da profissão quanto no escopo de trabalho.</p> <p>Uma dependência maior da interface homem-máquina e exigência de novos treinamentos para adequar os trabalhadores atuais para novos papéis.</p>

Fonte: Tropicia (2017).

Segundo Martins (2019), o desenvolvimento de Clusters tecnológicos da indústria 4.0 na siderurgia pode ser dividido atualmente em três níveis: “1) Muito Baixo: Nanotecnologia; 2) Baixo: Internet das Coisas e dos Serviços, Inteligência Artificial, Big Data e Computação em Nuvem, Produção Inteligente e Conectada, Materiais Avançados, e Armazenamento e Coleta de Energia; 3) Moderado: Tecnologia de Redes de Comunicação Rápidas e Seguras. A Figura 6 apresenta o ritmo de difusão dos Clusters tecnológicos da indústria 4.0 na siderurgia brasileira. Esse ritmo é ditado pela busca de maiores retornos em ganhos em eficiência nos processos, produtividade e competitividade para melhores patamares produtivos.

Figura 6 - Ritmo de difusão de Clusters tecnológicos na siderurgia brasileira.



Adaptado de Martins (2019).

Conforme Martins (2019), a hipótese da presença de Clusters Tecnológicos da Indústria 4.0 tende a fomentar as inovações de processos de produtos, a diminuir os custos e a demanda de matérias primas na siderurgia brasileira. Quanto à aplicação das novas tecnologias no processo produtivo, prevê-se que as etapas de redução, aciaria (refino) e laminação estão mais aptas a incorporar um número maior de Clusters Tecnológicos. Segundo Martins (2019), “Os resultados demonstram que a etapa de refino do aço é a única fase do processo produtivo que pode se beneficiar de todos os Clusters investigados, enquanto a etapa de redução somente não se beneficiaria da Nanotecnologia. Já as aplicações nas etapas de preparação das cargas e laminação estariam concentradas em alguns campos da Indústria 4.0”. Segundo *Anonymous* (2017), os Clusters tecnológicos tendem a fortalecer os pontos fortes da siderurgia brasileira e não revolucionar o setor.

Conforme Segundo *Anonymous* (2017), as siderúrgicas brasileiras que não aderirem à indústria 4.0 sofrerão com o ambiente competitivo, isto é, com a concorrência e, possivelmente, não resistirão às pressões de mercado. No Brasil, a aplicação de tecnologias digitais e sistemas cada vez mais complexos (Clusters tecnológicos) demanda transformações nas linhas industriais, como também nas estruturas organizacionais além de uma melhor

segurança para eles. Além disso, tem-se também a necessidade de alta qualificação de mão de obra para as tecnologias trazidas pela indústria 4.0.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a indústria brasileira, a implementação das tecnologias da Indústria 4.0 carece, num primeiro momento, de uma maior difusão, do dimensionamento da importância dessas tecnologias perante a competitividade industrial, da divulgação dos ganhos de seu uso que vão além da redução de custos e do aumento de produtividade, da relação custo/benefício, do retorno do investimento. Algumas tecnologias já estão sendo utilizadas pela produção industrial, tais como sistemas modernos de gestão, a automação eletrônica de processos produtivos e robotização, a comunicação móvel, sensores e atuadores etc.

A indústria siderúrgica brasileira, integrada à economia global, deve buscar condições para se manter competitiva nos mercados interno e externo. Com isso, sente-se a necessidade de atualização da indústria, de incorporação das novas tecnologias, a fim de capacitar-se frente à competitividade global. A adaptação para a Indústria 4.0 ainda tem um longo caminho a percorrer, bem como paradigmas sociais e econômicos a resolver para sua real implantação. Para pesquisas futuras, sugere-se uma pesquisa-ação a fim de propor uma intervenção no ensino de engenharia nas universidades, no intuito de levar ao conhecimento dos discentes as novas exigências da indústria.

REFERÊNCIAS

Agenda Brasileira para a Indústria 4.0 (2019). *O Brasil preparado para os desafios do futuro*. Ministério da Indústria, Comércio e Serviços. Governo Federal. Recuperado de: <http://www.industria40.gov.br/>.

Alban, M. (2018). *The degradation of Brazilian socioeconomics*. Brazilian Journal of Political Economy, 38(1), 167-183.

Anonymous (2018). *Industry 4.0 – the steelmaker's view*. Steel Times International; Redhill, 42(6), 10-11. Recuperado de: <https://search.proquest.com/docview/2210886422?pq-origsite=gscholar>.

Atzori, L.; Iera, A. & Morabito, G. (2019). *The Internet of Things: A survey*. *Computer Networks*. Recuperado de:

<<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.719.9916&rep=rep1&type=pdf>>.

Barreto, L.; Amaral, A. & Pereira, T. (2017). *Industry 4.0 implications in logistics: an overview*. *Procedia Manufacturing*, 13, 1245-1252.

Bonilla, Silvia *et al.* (2018). *Industry 4.0 and sustainability implications: A scenario-based analysis of the impacts and challenges*. *Sustainability*, 10(10), 3740.

Calabrò, V. (2019). *Work 4.0: What is it and why does it matter?* Recuperado de: <https://www.coople.com/uk/future-of-work/work-4-0/>.

Callegari, J.; Melo, T.M. & Carvalho, C. E. (2018). *The peculiar insertion of Brazil into global value chains*. *Review of Development Economics*, 22 (3), 1321-1342.

Chen, Y. (2017). *Integrated and intelligent manufacturing: Perspectives and enablers*. *Engineering*, 3(5) 588-595.

Cheng, C. *et al.* (2015). *Semantic degrees for industrie 4.0 engineering: deciding on the degree of semantic formalization to select appropriate technologies*. In: EUROPEAN SOFTWARE ENGINEERING CONFERENCE AND THE ACM SIGSOFT SYMPOSIUM ON THE FOUNDATIONS OF SOFTWARE ENGINEERING, 10., 2015, Bergamo. Proceedings. Nova York: ACM New York, 2015. p.1010–1013.

Dalenogare, L. S. *et al.* (2017). *The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance*. *International Journal of Production Economic*, 6, 2017, p. 1–10.

Enacom (2019). *Afinal o que é a indústria 4.0*. ENACOM da Ciência ao produto. Recuperado de: https://www.enacom.com.br/blog-post.html?slug=afinal-o-que-e-a-industria-4-0&gclid=EAIaIQobChMI5fWskc3e4AIViQSRCh0Vwgt7EAAyAAEgLUYvD_BwE.

Evans, P. B. (2018). *Dependent development: The alliance of multinational, state, and local capital in Brazil*. Princeton University Press.

Feng, W.; Reich, R. W. & Sheng, S. Y. (2018). *Factors of Global Innovation Index*.

Fukuyama, F (2017). *The great disruption*. Profile Books.

Gilpin, R. (2018). *The challenge of global capitalism: The world economy in the 21st century*. Princeton University Press.

Hammer, M. et al. (2017). *Profit per hour as a target process control parameter for manufacturing systems enabled by Big Data analytics and Industry 4.0 infrastructure*. *Procedia Cirp*, 63, 715-720.

Iedi (2019). *Políticas para o desenvolvimento da indústria 4.0 no Brasil*. Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial (IEDI). Recuperado de: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/15486>. Acessado em: 05/05/20019.

Infonews (2018). *Panorama da indústria de transformação brasileira 2018*. E-Business Consultoria. Recuperado de: <https://www.ebusinessconsultoria.com.br/infonews/panorama-da-industria-de-transformacao-brasileira->.

Kumar, V.; Sundarraj, R. P. (2018). *The Value of Disruptive Innovations*. In: *Global Innovation and Economic Value*. Springer, New Delhi, 189-256.

Leusin, M. et al. (2018). *Solving the Job-Shop Scheduling Problem in the Industry 4.0 Era*. *Technologies*, 6 (4), 107.

Liao, Y. et al. (2018). *The impact of the fourth industrial revolution: a cross-country/region comparison*. *Production*, 28.

Lu, Y. (2017). *Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues*. *Journal of Industrial Information Integration*, 6, 1-10.

Martins, M. S. (2019). *Inovações Tecnológicas da Indústria 4.0: aplicações e implicações para a siderurgia brasileira*. 2019. 110 f. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2019.932>.

Pereira, A.; Simonetto & de Oliveira, E. (2018). *Indústria 4.0: conceitos e perspectivas para o Brasil*. Revista da Universidade Vale do Rio Verde, 16 (1).

Pinon, M. M. B. *et al.* *Indústria 4.0: desafios e oportunidades*. Revista Produção e Desenvolvimento, 4 (1), 111-124.

Souza Silva, V. L. (2018). *Applications and Advantages of the Internet of Things (IoT) at Industry (189-194)*. Journal of Engineering and Technology for Industry Applications, 4 (15), 189-194.

Pires, M. (2019). *An analysis of Brazilian Golden rule*. Brazilian Journal of Political Economy, v. 39(1), 39-50.

Salah, B. *et al.* (2019). *Virtual Reality-Based Engineering Education to Enhance Manufacturing Sustainability in Industry 4.0*. Sustainability, 11(5), 1477.

Santos, D. F. L.; Basso, L. F. C. & Kimura, H. (2018). *The trajectory of the ability to innovate and the financial performance of the Brazilian industry*. Technological Forecasting and Social Change, 127, 258-270.

Schwab, K. (2017). *The fourth industrial revolution*. Currency.

Schwab, K.; Davis, N. (2018). *Shaping the future of the fourth industrial revolution*. Currency.

Stearns, P. N. (2018). *The industrial revolution in world history*. Routledge.

Tidd, J.; Bessant, J. R. (2018). *Managing innovation: integrating technological, market and organizational change*. John Wiley & Sons.

Tortorella, G. L.; Fettermann, D. (2018). *Implementation of Industry 4.0 and lean production in Brazilian manufacturing companies*. International Journal of Production Research, 56 (8), 2975-2987.

Tropia, C. E. Z.; Silva, P. P. & Dias, A. V. C. (2017). Indústria 4.0: Uma caracterização do sistema de produção. In: XVII Congresso Latino-Iberoamericano de Gestão Tecnológica. ALTEC 2017.

Zennaro, I.; Finco, S.; Battini, D. & Persona, A. (2019). *Big size highly customised product manufacturing systems: a literature review and future research agenda*. International Journal of Production Research, 1-24.

Zhong, R. Y. et al. (2017). *Intelligent manufacturing in the context of industry 4.0: a review*. Engineering, 3(5), 616-630.