

## INOVAÇÃO E AS REVOLUÇÕES NA INDÚSTRIA

Leandro Gabriel Flamino<sup>1</sup>

**RESUMO:** Neste estudo, enfatiza-se a trajetória da inovação ao longo das eras da Revolução Industrial, destacando seu papel fundamental como motor do crescimento econômico e da transformação social. A análise percorre a evolução conceitual e prática da inovação, desde as fundações teóricas de Schumpeter até as abordagens neoschumpeterianas contemporâneas, sublinhando a sequência das ondas de inovação e das revoluções tecnológicas que marcaram cada período industrial. Investiga-se como a inovação não apenas promoveu o desenvolvimento produtivo, mas também reformulou o tecido social, com uma atenção particular ao modelo estabelecido pela Inglaterra, o berço da Revolução Industrial. Este trabalho identifica as dinâmicas das ondas de inovação e discute suas implicações tanto para a indústria quanto para a sociedade, reconhecendo as limitações de uma análise que pode não capturar todas as nuances específicas a diferentes contextos regionais ou industriais. Ressalta-se a necessidade de pesquisas futuras que explorem mais profundamente a inter-relação entre inovação, mudança social e desenvolvimento econômico, além do impacto das políticas públicas nas trajetórias de inovação. Conclui-se refletindo sobre o ritmo acelerado do progresso técnico-científico e a necessidade imperiosa de adaptabilidade e aprendizado contínuo, enfatizando a importância de direcionar a inovação para o bem comum e garantir que o avanço tecnológico beneficie toda a sociedade.

**Palavras-chave:** Inovação; Revolução Industrial; Revolução Tecnológica.

### INTRODUÇÃO

Em um mundo onde o conhecimento e a inovação são os principais vetores de crescimento e competitividade das nações, a busca incessante pela riqueza e desenvolvimento desdobra-se não como uma ideologia isolada, mas como uma integração de esforços coletivos que têm moldado o panorama econômico global desde a primeira Revolução Industrial.

A Inglaterra, berço da revolução industrial, emergiu como um epicentro de mudanças que reverberaram através dos séculos, definindo o curso da história econômica e estabelecendo padrões de inovação e industrialização. Desde a mecanização da indústria têxtil até a emergência da Indústria 4.0, cada onda de mudança tecnológica trouxe consigo novas formas de produzir, organizar e competir.

A busca incessante pelo progresso é um traço distintivo da humanidade, manifestando-se de maneira mais evidente nas sucessivas revoluções industriais que remodelaram sociedades e economias.

Na intersecção entre o passado e o futuro, a inovação se destaca como o catalisador das transformações sociais e econômicas mais profundas. A história da industrialização pode ser

---

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) *campus* Palmeira das Missões – RS – Brasil. Graduado em Ciências Econômicas. Integra o Núcleo de Pesquisa da Indústria e da Tecnologia (NPIT) da UFSM na linha de Pesquisa Economia Industrial e da Tecnologia. E-mail: flamino.leo@gmail.com

entendida, em essência, com a história da inovação, uma narrativa que se desdobra em capítulos marcados por revoluções tecnológicas, cada uma redefinindo o panorama das interações dos agentes econômicos, tal como produção e do trabalho humano.

Landes (2005) sugere que a riqueza de uma nação não é apenas uma consequência de suas inovações, mas também um motor para novas buscas e descobertas. Este pensamento é ecoado por Hobsbawm (2010), que destaca o impacto profundo da Revolução Industrial na vida do homem ocidental e na configuração das sociedades modernas.

A transição de um trabalho manual para a mecanização, conforme apontado por Loh (2016) e Rodrigues (2021), não foi apenas uma mudança técnica, mas uma transformação fundamental na própria estrutura do trabalho e da produção.

Tigre (2006) nos leva por uma jornada através das diversas fases da inovação industrial, desde a eletricidade até a era digital, enquanto Lasi *et al.* (2014) nos introduzem ao conceito emergente da Indústria 4.0, um período marcado pela integração de tecnologias avançadas.

Rojko (2017) amplia esta visão ao discutir como as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC's) estão estabelecendo a base para novas formas de produção e organização industrial.

A inovação, no entanto, não é um privilégio exclusivo das grandes corporações com departamentos robustos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Como Silva e Dacorso (2013) argumentam, as Pequenas e Médias Empresas (PME's) também são capazes de gerar inovações significativas, muitas vezes sem processos intensivos de P&D.

Este ponto é crucial para entender a disseminação da inovação além dos limites tradicionais dos laboratórios científicos, como Santos (2019) nos lembra ao destacar a importância das inovações sociais e de modelos de negócios.

O presente estudo visa compreender como as revoluções industriais moldaram as práticas inovadoras e seus impactos em cada período. Ao longo deste estudo, será dada atenção especial às contribuições teóricas que fundamentam a compreensão da inovação como um fenômeno multifacetado e essencial para o crescimento e desenvolvimento econômico.

Através deste prisma, este trabalho se esforça para traçar um panorama que não apenas esclareça os mecanismos pelos quais a inovação ocorre, mas também ilumine as consequências destas inovações na reconfiguração do tecido industrial e econômico.

Ao aprofundar-se nas ondas de inovação identificadas por autores como Schumpeter e seus sucessores neoschumpeterianos, busca-se discernir as características distintas de cada

revolução industrial e as "ondas de inovação" que as acompanharam. O objetivo é revelar a interdependência entre as revoluções, onde cada nova era se beneficia dos avanços da anterior e estabelece o terreno para futuras transformações.

A metodologia adotada neste estudo é exploratória, com base em uma abrangente revisão bibliográfica que visa aproximar um entendimento sobre os principais desdobramentos da inovação durante as revoluções que a indústria atravessou. As constatações apontam para um processo de inovação contínuo e co-dependente, onde cada revolução industrial não apenas contém "ondas de inovação" com características próprias, mas também é fortemente dependente das realizações e legados da revolução que a precedeu.

Este estudo é oportuno, pois permite uma reflexão sobre os processos inovadores e evolutivos da indústria e promove uma compreensão mais aprofundada do papel da tecnologia e da inovação na economia atual. Ao colocar em perspectiva histórica os avanços tecnológicos e suas implicações, este trabalho busca não apenas entender o presente, mas também antecipar as tendências futuras que moldarão a próxima fase da evolução industrial.

## **SCHUMPETER E OS NEO-SCHUMPETERIANOS**

Joseph Schumpeter realizou estudos com o fito de compreender os movimentos gerais da economia. Esforçou-se em compreender o destino de um modo particular de produzir em sociedade: o capitalismo. Ao contrário dos economistas clássicos, ele não considerou o crescimento da população tampouco o aumento da produção e o acúmulo de recursos como os fatores determinantes do desenvolvimento econômico (Costa, 2006).

Schumpeter é conhecido como fundador, ou pai, da inovação na economia que, em geral, influenciou as teorias econômicas e a origem do entendimento do que é inovação.

Considerou a inovação como elemento que impacta o desenvolvimento econômico, da qual, impulsionada pela inovação e através de um processo dinâmico em que a mudança tecnológica combinada a forças produtivas, resolve problemas nos negócios e substitui antigos modelos tecnológicos por novos processos (Kogabayev; Maziliauskas, 2017; Bernardo; Medeiros, 2021).

Schumpeter, apoiado por Foster e Kaplan (2002), viu as invenções tecnológicas como impulsionadoras das inovações empresariais, que, ao conquistarem o mercado e se difundirem, geram lucros. Este processo, conhecido como "destruição criadora", é caracterizado por

inovações radicais que substituem modelos antigos, gerando rupturas intensas e sem precedentes nas atividades econômicas, o que implica que as novidades mais eficientes suplantam seus concorrentes no mercado.

Nesta base conceitual iniciam-se os modelos da inovação desenvolvidos pelas ciências econômicas.

Schumpeter possui particularidades em relação à alguns pontos da análise econômica que o diferencia dos teóricos neoclássicos. Aquilo que o diferencia é a sua visão mais "geral" do processo de desenvolvimento e, também, o fato de ter se contraposto aos neoclássicos que buscavam explicações para o processo da variação econômica (Moricochi; Gonçalves, 1994).

Para os autores, as formulações revolucionárias de Schumpeter têm enorme contemporaneidade, demonstrando importância de suas reflexões na compreensão dos movimentos modernos.

Costa (2016) revela que Schumpeter em seu livro de 1911, "Teoria do Desenvolvimento Econômico", apresenta uma maneira sistemática e focada na inovação como a variável central na explicação do desenvolvimento econômico. Como fundamento da mudança econômica, ele chamou de "novas combinações". Nesse livro, Schumpeter apresenta um de seus primeiros entendimentos de inovação.

O autor ainda comenta que em outra obra de Schumpeter, intitulada "Capitalismo, Socialismo, e Democracia", publicada em 1942, que ali se aponta para a característica disruptiva da inovação no desenvolvimento capitalista, alternando períodos de expansão da produção, seguidos por períodos de depressão na produção.

Schumpeter (1961) analisou o papel da inovação como motor do desenvolvimento capitalista cuja análise inclui novidades de aberturas de mercados, introdução de mercadorias, técnicas, fontes de suprimento e, tipo de organização ou, ainda, abertura de novas fontes de suprimento de materiais, canais de distribuição e, reorganização da indústria.

O impulso fundamental do movimento capitalista vem dos novos bens de consumo, novos métodos de produção ou transporte, novos mercados, e novas formas de organização industrial que a empresa capitalista constrói. Novas combinações de recursos e forças - de forma descontínua - é a base do conceito schumpeteriano de desenvolvimento (Kupfer; Hasenclever, 2002).

Na sua elaboração da teoria do desenvolvimento econômico capitalista, Schumpeter (1988) argumentou que uma inovação - no sentido econômico - se completa só quando há uma transação comercial gerando riqueza (Bernardo; Medeiros, 2021).

Os meios de produção não estão ociosos aguardando uma nova produção para novos bens em novas combinações. Tais meios e recursos estão disponíveis em atividades que já compõem o fluxo circular econômico e, segundo Schumpeter, são as novas combinações e realocações em outras novas atividades que promovem o desenvolvimento econômico (Costa, 2006).

Schumpeter (1934) atribuiu ao empreendedor um papel central na economia, como o responsável por realizar novas combinações e inovações que transformam o ambiente de negócios. Essa capacidade de inovar, criar combinações e tomar a iniciativa de criar empresas sublinha a importância do empreendedor para o crescimento econômico e a manutenção do dinamismo da economia capitalista.

Entende-se, dessa maneira, que a inovação é um campo de estudos estratégicos para as economias modernas, pois é um fenômeno associado ao desenvolvimento econômico (Schumpeter, 1997).

Ainda que de notória importância atribuída ao tema dos processos de inovação, estes processos não são fenômenos compreendidos por um todo, aquilo que torna a busca por modelos que possam explicar a ocorrência das inovações um desafio para a ciência econômica e seus entusiastas (Léger; Swaminathan, 2006).

Dentre os processos, o agente econômico que implementa determinadas novas combinações, inserindo as inovações no sistema produtivo, é o chamado inovador, podendo esse ser, ou não, o inventor dessas novas combinações (Shikida; Bacha, 1998).

Para Schumpeter (1982, p. 62), “enquanto não forem levadas à prática, as invenções são economicamente irrelevantes”, diferenciando claramente invenção de inovação. A inovação, conforme discutido por L. Santos (2017), é uma ação econômica distinta da invenção técnica, tornando-se um fenômeno econômico somente quando efetivamente introduzida na esfera de atividades econômicas, estimulando a competitividade e o lucro no contexto capitalista.

Ainda, Schumpeter argumenta que embora os empresários possam ser inventores, não desempenham tal papel em razão da aptidão e função de “ser empresário”, porém pode ocorrer de desempenharem ambas as funções por "coincidência" do ofício.

Assim sendo, a inovação é relevante na economia atual e pode ser tratada como um diferencial para o crescimento da empresa, assim como ao desenvolvimento local e regional, visto que impulsiona a economia e transformação social do entorno (Schimitz et al., 2017).

Schumpeter (1934) vinculou os períodos de prosperidade diretamente à inovação, gerada pelo empreendedor inovador que não apenas cria produtos, mas também ativa a economia através dos investimentos em inovações. Essas inovações, uma vez absorvidas pelo mercado, incentivam a imitação por empreendedores não inovadores, intensificando a competição capitalista e promovendo um desenvolvimento econômico dinâmico e em constante transformação devido ao caráter assimétrico das inovações (Shikida; Bacha, 1998).

Para os autores, as ondas de inovação e mudanças econômicas tendem a se concentrar nos setores mais fortes e desenvolvidos da economia, cujo processo de difusão é desigual e as firmas com maior probabilidade de inovar vão se manter na dianteira do progresso técnico, introduzindo novas inovações para não se tornarem vítimas desse processo inovativo.

Ainda com os autores, é possível interpretar que o lucro tem origem na inovação, e que é a parte básica da fortuna capitalista. Entende-se, então, que é a “acumulação primitiva” da teoria Schumpeteriana.

Tal relação entre lucro vs função empresarial vs inovação, revoluciona a estrutura econômica. Lucrar através da inovação é fundamental na passagem e transformação do processo estático para processo dinâmico. Sem o lucro, não há nenhuma acumulação de riqueza e, portanto, não pode haver, por consequência, nenhum desenvolvimento econômico.

## **INOVAÇÃO À LUZ DOS NEO-SCHUMPETERIANOS**

Diante dos impactos econômicos, sociais e políticos dos chamado “novos paradigmas tecnoeconômicos<sup>2</sup>”, as ideias de Schumpeter foram retomadas pela corrente do pensamento que veio a ser conhecida como “evolucionista” ou neoschumpeteriana (Tigre, 2006).

A metodologia neoschumpeteriana combina teoria, história, e evidências empíricas, recusando determinismos tecnológicos ou econômicos e valorizando as possibilidades de intervenção social nos processos históricos. Ela enfatiza a natureza endógena do processo

---

<sup>2</sup> Em geral são mudanças profundas nos sistemas tecnológicos, podendo gerar grandes efeitos que influenciam o comportamento econômico como um todo. O efeito “influyente” da mudança tecnológica na economia é notório já que afeta (in)diretamente a maioria dos ramos da economia.

inovativo como interventor na evolução, e não só das firmas, mas também das estruturas industriais de mercado e, inclusive, de regiões e nações (Felipe, 2008).

Tem-se um menor nível de abstração da realidade atribuída à corrente teórica neoschumpeteriana, a qual adota uma metodologia elevando e estreitando uma ligação com a história que considera os contextos sociais, econômicos, tecnológicos e institucionais (e suas evoluções), já que são fundamentais para explicar as trajetórias do sistema econômico (Freeman; Perez, 1988; Freeman, 2004).

Com base de metodologia na escola historicista alemã, a corrente endossa e aperfeiçoa as interpretações sobre o fenômeno do desenvolvimento econômico. Busca-se estabelecer um marco analítico focado em como as inovações são determinadas e disseminadas no desenvolvimento do capitalismo, através de sua dinâmica evolutiva e levando em conta sua natureza histórica (Tigre, 2006; Costa, 2016; Oliveira, 2017).

Os autores enfatizam que o método neoschumpeteriano, como destacado por Kupfer e Hasenclever (2002), é fundamental para analisar a era econômica atual, que questiona as teorias convencionais sobre a firma e retoma a investigação clássica das causas da riqueza econômica. Esta abordagem ressalta a relevância de compreender as transformações econômicas contemporâneas.

De acordo com Vieira (2010), a mudança tecnológica é identificada como o motor do desenvolvimento capitalista, com a firma sendo o principal cenário para o empresário inovador. A inovação é vista como o principal determinante da dinâmica econômica, afetando produtos, processos e a organização da produção, reforçando a centralidade da inovação no desenvolvimento econômico.

A corrente neoschumpeteriana, conforme discutido por Tigre (2006), Felipe (2008) e Vieira (2010), rejeita o paradigma de equilíbrio de mercado da análise neoclássica, argumentando que a inovação, ao contrário de ser um elemento exógeno, é endógena ao sistema econômico e vital para o desenvolvimento econômico.

Contrapondo-se à análise estática e ao equilíbrio otimizado, a corrente neoschumpeteriana, conforme discutido por autores como Tigre (2006) e Felipe (2008), enfatiza um ambiente dinâmico onde o progresso técnico e a tecnologia são impulsionados por inovações endógenas. O desequilíbrio é visto como uma característica natural deste processo, refletindo a interação contínua entre a estratégia empresarial e a estrutura de mercado.

Nelson e Winter (1982) argumentam que a inovação tecnológica e o desequilíbrio são cruciais para o desenvolvimento econômico, desafiando a noção tradicional de equilíbrio. Eles destacam que a competição capitalista, ao criar um ambiente de vencedores e perdedores, perpetua a dinâmica de instabilidade estrutural e mantém a diversidade e as assimetrias competitivas como características do sistema econômico.

Ao desafiar as teorias neoclássicas e de organização industrial, a corrente neoschumpeteriana, conforme elucidado por Kupfer e Hasenclever (2002) e Tigre (2009), enfatiza três princípios fundamentais: a assimetria técnico-econômica, a variedade tecnológica e a diversidade comportamental entre agentes. Esses princípios oferecem uma visão mais complexa e dinâmica do desenvolvimento econômico, sublinhando a importância da inovação e da diversidade tecnológica.

Kupfer e Hasenclever (2002) reforçam que três conceitos sustentam os princípios neoschumpeterianos: a natureza apropriável, cumulativa, tácita e irreversível da tecnologia; a incerteza nos resultados de esforços tecnológicos; e a existência de paradigmas e trajetórias tecnológicas que orientam o progresso técnico. Estes conceitos evidenciam que a inovação é um processo deliberado e intrinsecamente ligado à dinâmica econômica.

Leske (2013) e Costa (2016) identificaram que os autores pioneiros nessa tradição da corrente neoschumpeteriana, corroboram que a inovação é vista como o motor da economia e endógena ao sistema econômico, resultante de um processo complexo e dinâmico, partindo de um emaranhado de relações envolvendo pesquisa, tecnologia, produção, feedbacks, aprendizado, conhecimento (tácito e implícito), inteirando as instituições e caracterizado como um processo evolucionário e sistêmico.

Assim como Schumpeter em “Capitalismo, Socialismo e Democracia”, os economistas neo-schumpeterianos, ou evolucionários, entendem que a economia capitalista se movimenta em desequilíbrio - em formato de ondas - alternando períodos de expansão e de depressão da atividade econômica (Tigre, 2009).

O rejuvenescimento dos mercados é a causa dessas ondas, saturando-se por fatores como a maturidade das tecnologias em uso; introdução de novidades radicais na produção; matérias-primas (fontes de energia utilizadas); novos bens e serviços comercializados e consumidos. Os neo-schumpeterianos aceitam que há inovações radicais e incrementais, mas avançam para mais além em novas categorias analíticas, incluindo os de “sistemas tecnológicos”, os “paradigmas tecno-econômicos”, e os “sistemas nacionais de inovação” (Costa, 2016).



Nesse contexto, Mazzucato (2011) aponta que os neo-schumpeterianos criticam o modelo endógeno de crescimento, trazendo elementos característicos do sucesso de inovação pelo recurso de P&D realizadas nas empresas. Ainda comenta que a economia evolucionária aborda de maneira sistêmica o progresso técnico, o crescimento e os diferentes atores na promoção da inovação, haja vista incertezas que caracteriza a atividade inovativa.

## **REVOLUÇÃO DAS INDÚSTRIAS**

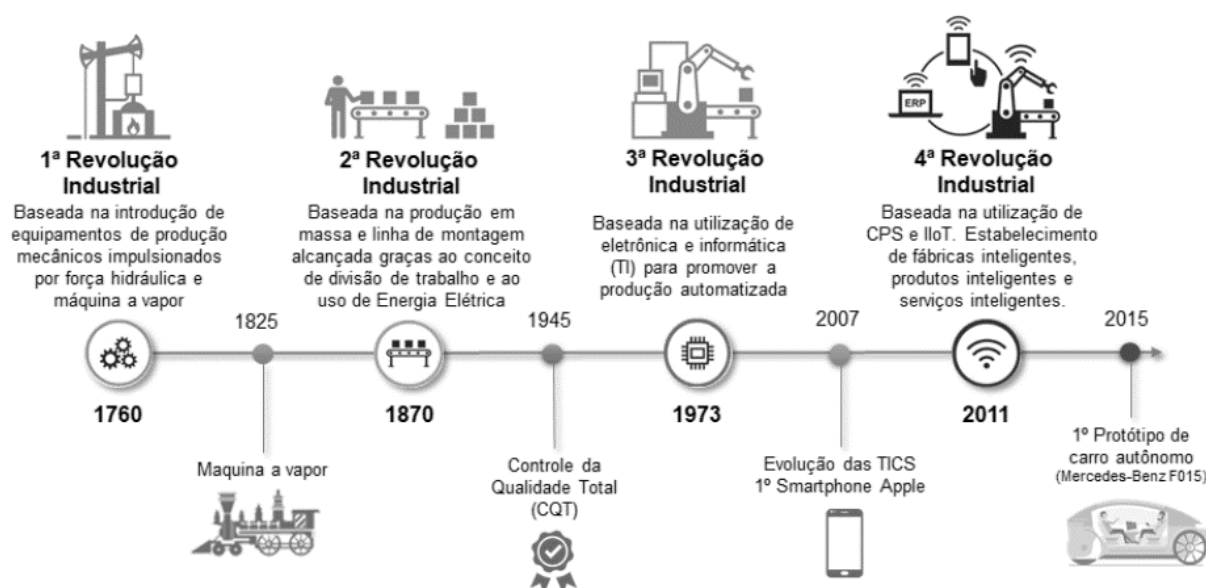
### **PERÍODOS DAS REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS**

A Revolução Industrial marcou a transição do capitalismo comercial para o industrial, simbolizando uma verdadeira "aceleração da história" impulsionada pelo crescente poder econômico. Essa transformação revolucionária do capitalismo redefiniu radicalmente o tecido social e as relações que o constituem (Marx; Engels, 1998).

Historicamente, a indústria passou por transformações marcantes, caracterizadas por importantes marcos no processo de industrialização, conhecidos como Revoluções Industriais, e nos avanços tecnológicos paralelos, frequentemente referidos como Revoluções Tecnológicas.

A Revolução Industrial assinala a mais radical transformação da vida humana já registrada e não foi uma mera aceleração do crescimento econômico, mas uma aceleração de crescimento em virtude da transformação econômica e social. (Hobsbawm, 2010, p. 9).

#### **Figura 1 - As Revoluções Industriais**



Fonte: Rodrigues (2021, p.32).

Embora as inovações, invenções e descobertas de novas máquinas, equipamentos e fontes de energia não sejam os únicos explicadores das Revoluções Industriais, sem dúvida constituem elementos essenciais que impulsionaram o desenvolvimento econômico ao longo dos últimos dois séculos e meio.

Marson (2014) argumenta que, historicamente, a indústria tem sido o motor mais potente do crescimento econômico, exercendo uma influência significativa sobre os setores econômicos, bem como sobre o ambiente institucional e social. Os avanços tecnológicos desempenharam e continuam a desempenhar um papel crucial nas evoluções industriais.

A adoção generalizada de máquinas, conhecida como maquinismo, é uma característica distintiva deste período. A indústria tem sido um elemento fundamental para o desenvolvimento econômico dos países, passando por transformações significativas que revolucionaram os métodos de fabricação de produtos (Hobsbawm, 2010).

As revoluções industriais representam mudanças radicais que permeiam todos os aspectos de uma sociedade, incluindo o político, econômico, cultural e social, estabelecendo assim uma nova ordem. Metaforicamente, uma revolução indica uma ou várias transformações profundas.

Essas revoluções são viabilizadas pelas revoluções tecnológicas, que abalam profundamente a dinâmica socioeconômica e desvendam o acúmulo histórico do conhecimento, desafiando a sociedade a se adaptar e responder às inovações emergentes.

A meta e os métodos das revoluções industriais visam sustentar um processo de competitividade avançado tecnologicamente, almejando a prosperidade econômica, tanto no que se refere ao acúmulo de riqueza das nações quanto ao seu desenvolvimento contínuo.

Landes (2005) observa que a Revolução Industrial teve início na Inglaterra e se espalhou de forma desigual para outros países. Em apenas duas gerações, esse processo alterou profundamente a vida no Ocidente, a estrutura da sociedade e as relações internacionais.

Durante a Primeira Revolução Industrial, o carvão era a principal fonte de energia, e essa era foi marcada pela transição do trabalho manual para o uso de máquinas e motores a vapor. Essa mudança começou na indústria têxtil e pavimentou o caminho para a produção em massa (Loh, 2016; Rodrigues, 2021).

A Segunda Revolução Industrial destacou-se pela adoção da eletricidade nos processos produtivos, consolidando ainda mais a produção em massa. A eficiência foi elevada com a implementação da linha de montagem e a introdução de práticas de gestão da qualidade em processos e produtos (Tigre, 2006; Loh, 2016; Rodrigues, 2021).

Conforme os mesmos autores, a gestão da qualidade trouxe maior organização à indústria, e o aprimoramento dos sistemas elétricos permitiu o desenvolvimento de semicondutores, preparando o terreno para a subsequente revolução industrial.

A Terceira Revolução Industrial foi definida pelo uso intensivo de eletrônica e Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), que elevaram a automação a novos patamares com a introdução do primeiro Controlador Lógico Programável, possibilitando a programação digital e a flexibilidade dos sistemas de automação (Hobsbawm, 2010; Rodrigues, 2021).

A sinergia de tecnologias avançadas, especialmente com o surgimento da internet, está mais uma vez transformando o panorama industrial, sinalizando o amanhecer de uma nova era revolucionária na indústria (Lasi et al., 2014).

A Quarta Revolução Industrial foi desencadeada pelo avanço sofisticado das TICs, particularmente no âmbito da inteligência artificial, que serve de alicerce para a integração de tecnologias disruptivas, frequentemente denominadas tecnologias habilitadoras (Rojko, 2017).

As revoluções industriais já reconfiguraram numerosas nações e sociedades, embora de maneira desigual. Prevê-se que o futuro reserve ainda mais transformações, trazendo novos contornos ao processo industrial e alterando a dinâmica econômica global.

## **Primeira Revolução**

A Inglaterra emergiu como a primeira potência a transformar o capitalismo comercial em industrial, uma mudança significativa que começou a se desdobrar durante o final do século XVIII e prosseguiu ao longo do século XIX, entre 1760 e 1860. Esse fenômeno, em pleno desenvolvimento, não apenas caracterizou uma época de transição, mas também se difundiu para outras nações, incluindo França, Bélgica, Holanda, Rússia, Alemanha e Estados Unidos (Dezordi, 2008).

A Primeira Revolução Industrial marcou a transição dos métodos de produção artesanais (produção domiciliar), para processos de produção mecanizados (sistema de produção em fábricas), os quais estavam atrelados ao conhecimento técnico da indústria têxtil algodoeira, antes tracionada pela energia hidráulica e, logo em seguida, pela energia a vapor (Santos et al., 2018; Lima; Gomes, 2020).

Tais mudanças revolucionaram não somente o sistema econômico, mas também a organização social da vida cotidiana das pessoas. A partir dessa revolução, a malha industrial de todas as nações tem experimentado transformações no sistema de produção e de gestão até os dias atuais (Santos et al., 2018).

Esse período foi o grande precursor do capitalismo, conduzindo a passagem de muitas nações saindo do capitalismo comercial para o fenômeno do capitalismo industrial. Mudou significativamente a vida das pessoas daquela época e, até os dias atuais, tais reflexos dessa revolução continuam transformando o dia a dia com seus desdobramentos até as revoluções tecnológicas. Pode-se interpretar, também, que a Primeira Revolução Industrial foi a Revolução Tecnológica à sua época (Hobsbawm, 2010).

O fenômeno ficou conhecido por importantes mudanças que provocaram uma grande evolução no setor produtivo e transporte. A ciência avançou propondo uma utilidade ao carvão como fonte de energia e, a partir do então, momento que evidenciou o desenvolvimento da máquina à vapor na fábrica, pelas construções de ferrovias, e da locomotiva como transporte (Schwab, 2016; Venturelli, 2017).

Antes da indústria, a produção era em pequena escala e produzida artesanalmente (conhecimentos práticos e habilidades pessoais) aquilo que não supria as necessidades da população, que crescia significativamente. Como o capitalismo se baseia em obtenção de

lucros, tinha-se como meta a produção mais rápida e em maior quantidade, uma vez que a produção manual já não era interessante para o capitalista (Cavalcante; Silva, 2011).

O período viveu a difusão das inovações, inicialmente lenta e concentrada na indústria têxtil e, em menor medida, também na fabricação de ferro. O núcleo central da revolução é a introdução da maquinaria e da divisão do trabalho na indústria têxtil, em que um efeito combinado de invenções e inovações à época, acabaram por ter um impacto radical nos processos produtivos, caracterizando esse fenômeno (Tigre, 2006).

Tal característica revolucionou a época e ocorreu a transição do sistema de produção manufatureiro para o sistema de “maquinofatura” no setor têxtil, fazendo uso e emprego do tear mecânico (tecelagem) e da máquina de fiar (fição), período o qual logo sofreu maior impulso com o aperfeiçoamento para a máquina a vapor e seu uso no sistema produtivo (Iglésias, 1984).

O número de novas patentes subiu de 39 entre 1800 e 1820, para 156 na década de 1840, na indústria do algodão. Nas etapas iniciais desse período, as inovações eram de natureza essencialmente prática e desenvolvidas por mecânicos, ferreiros, e carpinteiros engenhosos praticamente sem formação científica (Tigre, 2006; Hobsbawm, 2010).

O autor ainda acrescenta que a relação entre ciência e tecnologia começou a se fortalecer na Europa com a fundação da Escola Politécnica por Napoleão Bonaparte em 1794, na França. No entanto, foi na revolução subsequente que essa interconexão se tornou mais evidente, período o qual se tem uma clareza desse estreitamento entre ciência e tecnologia., estabelecendo um novo padrão para o desenvolvimento tecnológico e a inovação industrial.

## **Segunda Revolução**

Em 1870, diante da nova demanda tecnológica e movida por inovações, desdobra-se a Segunda Revolução Industrial. O período teve como característica o uso da ciência como maneira de aumentar a produtividade e otimização (maximização) do lucro no processo industrial. Seu desdobramento expandiu-se da Inglaterra e ocorreu, notoriamente, em nações tais como Estados Unidos, França e Alemanha (Tigre, 2006; Cardoso, 2016).

As inovações do período provocaram uma revolução nos transportes e nas comunicações. A chegada da ferrovia e do telégrafo (inovação radical), facilitaram um aumento substancial tanto no volume quanto na velocidade da produção na indústria (Tigre, 2006).

Ainda com o autor, além das revoluções nos transportes e comunicações, três sistemas de inovações contribuíram significativamente - gerando novos modelos de firmas e mercados - para alterar a estrutura da indústria: (a) a eletricidade; (b) o motor a combustão; (c) as inovações organizacionais conhecidas como “fordistas-tayloristas”.

Além do avanço da produtividade industrial com o uso da eletricidade, o petróleo também marcou o período. Outro destaque característico, é a racionalidade no processo produtivo com a divisão do trabalho nas linhas de produção (Cardoso, 2016).

A energia elétrica e a luz elétrica, fizeram com que a lucratividade se elevasse, permitindo o acelerado crescimento industrial. Motores e máquinas de tamanhos menores e a eletrônica avançada, permitiram o desenvolvimento de muitas utilidades domésticas que foram os bens de consumo duráveis da época e, juntamente com o automóvel, constituem os maiores símbolos da sociedade moderna no período (Tigre, 2006; Cardoso, 2016).

Foi com o objetivo da produção em massa e oferta de produtos a preços baixos (para conquistar consumidores) que Henry Ford criou um modelo de linha de produção com esteiras transportadoras. Tal modelo, em 1914, ficou conhecido como “Fordismo” e tinha em vista racionalizar a produção capitalista por meio de inovações técnicas, unindo ciência e tecnologia (Cardoso, 2016; Sakurai; Zuchi, 2018).

Outro modelo racional de produção foi criado em 1911 por Frederick Taylor, do qual ficou conhecido por “Taylorismo”. Tal modelo de administração científica, dividia o trabalho para o operário se especializar em uma determinada parte do processo de produção. A busca do método ótimo para o modelo com os movimentos do operário e procedimentos de operação, foram estudadas detalhadamente para disciplinar e evitar movimentos desnecessários para não perder tempo na tarefa (Cardoso, 2016).

A característica emergente da indústria no desenvolvimento das tecnologias, demandava e conduziu avanços no conhecimento científico. A indústria aumentou as escalas de produção e o tamanho das empresas, causando impacto de aglomeração industrial e, conseqüentemente, nos novos padrões de concorrência (Lima; Gomes, 2020).

Do ponto de vista tecnológico, o período é caracterizado pela rápida difusão da máquina a vapor, metalurgia (ferro e aço), ferrovias, e das novas práticas na indústria química. A energia a vapor difundiu-se em massa quando novas fontes de energia (carvão mineral) ficaram disponíveis (Tigre, 2006; Freeman; Soete, 2008).

O aço se tornou uma das matérias-primas mais valiosa do período, pois se refere tanto ao insumo para criar máquinas quanto contribui para a produção de energia a partir de fontes como o carvão e o petróleo (Cardoso, 2016).

Para os autores, do ponto de vista científico - no segmento químico e de materiais eletivos - surgiram laboratórios de P&D cuja transversalidade de determinadas inovações, deram origem a um período intenso em desenvolvimento científico, desenvolvimento tecnológico e, conseqüentemente, econômico (Tigre, 2006; Freeman; Soete, 2008).

### **Terceira Revolução**

Com início em meados de 1960, tem seu grande marco introdutório com a Tecnologia da Informação (TI) prosperando em meio as atividades dos processos produtivos nas fábricas (Duarte, 2017).

A Terceira Revolução Industrial, também chamada de Revolução Técnico-Científica e Informacional, introduziu novidades tecnológicas relacionadas à microeletrônica, robótica, computação e informática nos processos industriais, contribuindo significativamente para os ganhos de produtividade da indústria (Tigre, 2006).

O período atravessou a emergência do “complexo eletrônico” e de novos produtos e serviços interligados com as TICs. Os avanços na microeletrônica, na informática e na robótica de precisão viabilizaram inovações nas telecomunicações, com maiores capacidades de captação, processamento, armazenamento, transmissão e distribuição das informações (Coutinho, 1992).

As TIC's combinam tecnologias, que oportunizam inovações secundárias das quais revolucionaram a indústria e a organização do sistema produtivo global. Nas empresas e organizações, a difusão das TICs deu-se pela abertura de novas trajetórias de inovações organizacionais, com características de modelos de gestão intensivos em informação e conhecimento (Tigre, 2006).

Foi nesse novo processo de revolução que surgiram novas tecnologias e termos como os da informática, robótica e computação, que antes não eram atributos para as empresas e organizações industriais, e tampouco eram empregadas nas atividades produtivas (Freitas, 2018).

Frente às grandes descobertas e às inovações tecnológicas, o período é caracterizado por meio dos processos de inovação tecnológica, ao passo que são marcados pelos avanços no campo da informática, robótica, das telecomunicações, dos transportes, da biotecnologia, da química fina, e da nanotecnologia (Cardoso, 2016).

Integrar cadeias globais de suprimentos, alinhar fornecedores e usuários e acessar informações em tempo real através de multimídia independentemente de onde se encontrem armazenadas endossam o desenvolvimento de uma nova infraestrutura, de novos modelos de negócios, e viabiliza inovações organizacionais impossíveis sem a era da informação e das comunicações digitais (Tigre, 2006).

A produção em massa deu espaço à produção em lotes para atender a demanda e, por consequência, reduzir e estabilizar o controle dos estoques. O período balizou os produtos que obtinham maior valor agregado para compensar a P&D dos processos (Cardoso, 2016).

Tais tecnologias do período, alavancaram produções e baixaram os custos com a menor mão-de-obra necessária, habilitados por um melhor gerenciamento do sistema de produção devido à otimização da produção que não desperdiçava tempo ou matéria-prima (Freitas, 2018).

O final do século XX atravessou uma onda de revolução tecnológica marcada pelo sofisticado desenvolvimento e difusão das TIC's, intensiva em produção de informações e novos conhecimentos (Tigre, 2006).

Em Silveira (2019), a característica central desse período da Terceira Revolução Industrial é o processo industrial com grande crescimento na pesquisa. Dessa maneira, tem-se notório aumento de conhecimento nos processos industriais, sendo envolvido beneficiamentos e valores de capitais maiores do que nas revoluções anteriores.

Castells (2005) e Schwab (2016) permitem entender que as TICs apontam como fundamentos da Revolução Técnico-Científica Informacional, das quais causam rupturas à Terceira Revolução Industrial, porque cada vez mais estão sendo sofisticadas e integrada, portanto, transformando a sociedade e a economia global.

### **Quarta Revolução**

A Indústria 4.0, conceito apresentado na Alemanha durante a Feira de Hannover em 2011, representa a quarta revolução industrial, marcada pela integração sinérgica entre as Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) e a automação industrial. Esta integração



visa explorar o potencial das tecnologias que fundem o físico ao digital, criando sistemas produtivos inteligentes (Rojko, 2017).

Originada da iniciativa alemã “Industrie 4.0”, essa abordagem promoveu um debate amplo sobre como fortalecer a competitividade da manufatura alemã. Isso se dá por meio de uma transformação digital que abrange desde a otimização de processos até a implementação de sistemas de produção avançados, visando a eficiência e a inovação (Lima; Gomes, 2020).

Conforme Lima e Gomes (2020) destacam, a indústria contemporânea enfrenta um período de transição impulsionado por inovações significativas. Estas inovações, ainda em desenvolvimento, prometem modificar os processos produtivos, a organização da produção e a interação entre os diversos agentes econômicos, estabelecendo um novo paradigma industrial.

Neste contexto, a adoção de soluções integradas e serviços de alto valor agregado, habilitados por softwares, não apenas otimiza processos como também permite a produção de bens personalizados. Esta abordagem reflete a capacidade da Indústria 4.0 de responder às demandas específicas do mercado com eficiência e flexibilidade.

Para Lasi *et al.* (2014, p.240, tradução nossa):

indústria 4.0 refere-se coletivamente para uma ampla gama de conceitos atuais [...] os conceitos são: fábrica inteligente [...] sistemas *ciberfísicos* [...] auto-organização [...] novos sistemas de distribuição e compras [...] novos sistemas no desenvolvimento de produtos e serviços [...] adaptação às necessidades humanas e responsabilidade social corporativa [...]

O *Federal Ministry of Education and Research* (2016) alemão, entende Indústria 4.0 como uma organização dos processos produtivos baseados em tecnologia que se comunicam autonomamente na cadeia de valor. Reconhece que uma capacidade instalada - fábricas inteligentes - possui sensores que monitoram processos físicos. Podem ter um gêmeo digital do mundo físico e as decisões são descentralizadas com base em mecanismos de auto-organização.

Um entendimento para Indústria 4.0, é de que se integra vários conceitos tecnológicos simultaneamente, ou, se integra e combina diferentes tecnologias habilitadoras. Tais conceitos são bases tecnológicas que, quando reunidas, formam uma nova modalidade de produção de bens muito mais rápidos e confiáveis, impactando diretamente na atual organização industrial e na sociedade como um todo (Pasquini, 2020).

As tecnologias habilitadoras podem ser consideradas os pilares da Indústria 4.0. São adotadas nove: (1) Internet das Coisas (IoT)<sup>3</sup>; (2) Segurança cibernética<sup>4</sup>; (3) Big Data and Analytics<sup>5</sup>; (4) Computação em Nuvem<sup>6</sup>; (5) Robótica Avançada<sup>7</sup>; (6) Integração de Sistemas<sup>8</sup>; (7) Manufatura Digital<sup>9</sup>; (8) Manufatura Aditiva<sup>10</sup>; (9) Realidade Aumentada<sup>11</sup> (Rubamann et al., 2015; Sakurai; Zuchi, 2018).

Com as tecnologias habilitadoras dispostas, o impacto na indústria fica a cargo das comunicações e integrações das múltiplas tecnologias que forçam as empresas a repensarem nas maneiras de gestão de negócios e dos processos, bem como a se posicionar na cadeia de valor e no desenvolvimento de novos produtos que serão introduzidos no mercado, levando em conta o ajuste necessário do marketing e de sua nova redistribuição (Coelho, 2016).

A digitalização do ambiente de manufatura, segundo Sakurai e Zuchi (2018), é o pilar fundamental deste novo modelo industrial. Ao conectar máquinas, sistemas e ativos, cria-se uma rede inteligente capaz de controlar autonomamente os módulos de produção, otimizando a eficiência e a resposta às demandas do mercado.

Finalmente, a Indústria 4.0 representa uma transição para um sistema de produção que valoriza a descentralização e a autorregulação. Esta mudança, apoiada por conceitos e tecnologias inovadoras, prepara a indústria para enfrentar os desafios da produção futura de maneira eficiente e sustentável (Lima et al., 2018).

## **ONDAS INOVATIVAS E CICLOS ECONÔMICOS**

A análise da economia, caracterizada por sua natureza flutuante, fundamenta-se no desequilíbrio e na história. Este processo revolucionário reflete padrões históricos em sua

---

<sup>3</sup> Relação entre coisas e pessoas através da conexão de plataformas e tecnologias. Possuem sensores e atuadores para gerar dados.

<sup>4</sup> São meios de comunicação cada vez mais confiáveis e sofisticados.

<sup>5</sup> Estruturas de dados extensos e complexos, com abordagem de captura, análise e gerenciamento de informações integradas.

<sup>6</sup> É o banco de dados e o aumento da capacidade de aumentar a velocidade de processamento, sendo acessado de qualquer lugar.

<sup>7</sup> São robôs mais adaptáveis e flexíveis; interagindo com outras máquinas de maneira autônoma.

<sup>8</sup> Sistemas de TIC's interligados, integração de dados entre máquinas e sistemas na lógica da empresa. Em sentido vertical e horizontal, toda a cadeia produtiva fica conectada à para facilitar análises de dados e tomada de decisões.

<sup>9</sup> Utiliza informações obtidas em tempo real. São feitos testes de otimização de parâmetros com atribuições em modelos "gêmeos digitais".

<sup>10</sup> Princípio básico de funcionamento é a geração de objetos tridimensionais (impressões 3D).

<sup>11</sup> Sobreposição visual de objetos reais e virtuais que mistura conteúdo digital com físico para construir uma realidade mista em tempo real e que poderá facilitar a operação de máquinas e serviços de manutenção.

dinâmica cíclica, evidenciando a influência de eventos passados nas tendências econômicas atuais.

Schumpeter foi pioneiro ao destacar a inovação como a força motriz por trás das transformações globais, posicionando-a como o principal vetor de desenvolvimento nacional. A busca incessante por diferenciais competitivos, capazes de gerar bens únicos no mercado, emerge como estratégia indispensável para que as nações alcancem crescimento significativo e se diferenciem no panorama internacional (Varella; Medeiros; Silva Junior, 2012).

A inovação é fundamental na teoria do desenvolvimento econômico do modelo capitalista no início da revolução industrial. Foi nesse período da revolução na indústria que Schumpeter diferenciou invenção de inovação.

uma invenção é uma ideia, esboço ou modelo para um novo ou melhorado artefato, produto, processo ou sistema. Uma inovação, no sentido econômico somente é completa quando há uma transação comercial envolvendo uma invenção e assim gerando riqueza. (Schumpeter, 1988, p. 108).

A invenção é a criação de um processo, de uma técnica, ou de um produto percebido como novo que ainda não foi introduzido no mercado, mas que pode ser industrializado ou comercializado (Pacheco, 2010).

O autor complementa que inovação vai desde a invenção de um produto novo passando por um processo de desenvolvimento, até chegar à sua, efetiva, comercialização, o que implica no seu uso, consumo, e aceitação pela sociedade.

Conforme Schumpeter, o conceito original de inovação não distingue entre inovação incremental e radical. Para ele, a inovação representa algo sem precedentes, essencialmente novo para o mercado. Assim, sob essa ótica, a inovação incremental parece não ter lugar, prevalecendo a natureza radical da inovação (Lazzarotti; Dalfovo; Hoffmann, 2011).

Esta visão, contudo, é complementada pela perspectiva de Freeman (2003), que reconhece o papel significativo da inovação incremental no desenvolvimento econômico.

Para Freeman (2003), a reavaliação do papel da inovação incremental no renascimento schumpeteriano estabeleceu uma clara distinção entre os empresários inovadores dos imitadores.

A inovação manifesta-se em diferentes dimensões, variando conforme o grau de novidade introduzido. A inovação incremental refere-se ao aprimoramento do desempenho de componentes ou processos já existentes. Em contraste, a inovação radical caracteriza-se por

mudanças significativas que introduzem novos paradigmas no mercado, como a emergência de um componente de mercado inovador (Tidd; Bessant; Pavitt, 2008).

Durante a difusão de uma inovação, outras melhorias podem ser feitas tanto em produtos e processos, como em inovações financeiras e organizacionais das quais são necessárias para a aberturas de novos mercados. O automóvel é um exemplo que nunca teria difundido amplamente se permanecesse o mesmo produto e se não houvesse transformação social desde seu início (Freeman, 2003).

Tem-se que a inovação não se refere somente à introdução de novidades em termos efetivamente de produtos, processos e serviços, já que ela pode ser o resultado de melhorias incrementais (secundárias) sobre produtos ou atividades e processos já existentes (Santos, L., 2017).

O autor cita que, um exemplo é uma inovação organizacional que implementa um novo método nas práticas de negócios na organização do seu local de trabalho ou nas relações externas da empresa.

Um primeiro momento de inovação organizacional, que rompeu o limite do crescimento da firma, foi a integração vertical de atividades encadeadas em unidades distintas, a exemplo da indústria do petróleo que adotou essa medida de organização (Tigre, 2006).

O autor comenta que um segundo momento foi nos anos 20, e foi na organização multidivisional em que as diferentes áreas de atividades da empresa eram separadas em unidades de negócios distintas, ou seja, integração horizontal.

As inovações principais (radicais) são indutoras de inovações adicionais. Uma inovação radical como exemplo da televisão, estimula o surgimento das indústrias que fabricam equipamentos de transmissão. A televisão estimulou a transformação das indústrias que produzem publicidade, filmes, a música e outros setores criativos da economia (Perez, 2010).

A autora traz outros exemplos de inovações adicionais, ainda que em tempos diferentes de adoção generalizada, tem-se que percorreram 24 anos, desde 1954, para o ar-condicionado ser incorporado em 90% dos veículos produzidos nos EUA, enquanto os pneus radiais, introduzidos em 1970, demorou menos de 8 anos para atingir os mesmos 90% do mercado.

Pesquisas, incluindo o trabalho de Hollander (1965), destacaram a importância das inovações de processo, tanto incrementais quanto adicionais, equiparando-as às inovações de produto em termos de contribuição para a produtividade industrial (Freeman, 2003).

O movimento dinâmico na economia não se dá através de aperfeiçoamentos produtivos contínuos do dia a dia (inovações incrementais), mas sim se faz através das novidades de caráter radical (inovações disruptivas), já que alteram a trajetória do movimento e geram rupturas e descontinuidades no processo de crescimento econômico (Costa, 2016).

Para o autor, trata-se de uma mudança de natureza mais qualitativa do que quantitativa, pois parte de dentro da própria estrutura do sistema econômico.

Nota-se que a inovação de processos (incrementais) preocupa-se, então, com a introdução de novos elementos nas operações, como entradas de materiais, especificações de tarefas, mecanismos de fluxo de trabalho, informações e equipamentos usados para produzir prestar um serviço (Kogabayev; Maziliauskas, 2017).

A inovação é muito mais do que a só criação de produtos e serviços, recaindo, primeiramente, na capacidade de inovar em seus processos já que visa dar dinâmica e preparo de suporte ao receber as inovações que serão rentáveis à organização através de novas e flexíveis práticas de atividades que serão desempenhadas (Silva; Dacorso, 2013; Tigre, 2006).

Ainda com os autores, as novidades (inovações) aceleravam a obsolescência dos meios de produção e dos próprios bens de consumo - ainda em funcionamento - na medida em que eles se tornam caducos e pouco competitivos.

Na fase competitiva do capitalismo, até o final do século XIX, as novas empresas que realizavam inovações substituíam antigas empresas ao passo que, no capitalismo monopolista contemporâneo (ou trustificado), as inovações são principalmente realizadas dentro das grandes e robustas empresas cuja competição de mercado ocorre por meio da competição de preços e, principalmente, de inovações tecnológicas (Kupfer; Hasenclever, 2002).

Os autores ainda permitem entender que manter ou expandir parcelas de mercado se traduz em inovar e engajar-se num processo de inovação tecnológica, porque, de outra forma, empresas concorrentes afetarão a estrutura de seu mercado e toda a dinâmica econômica

Nesse contexto, o princípio teórico de concorrência neoclássica considera, em geral, os produtos ou processos como essencialmente homogêneos, enquanto, na prática, a competição se acentua cada vez mais na diferenciação, tornando a inovação como pedra angular da competição (Tigre, 2006, 2009).

Novos produtos e processos desafiam os estabelecidos, oferecendo vantagens em eficiência. Para sustentar sua posição no mercado, as empresas são compelidas a investir em inovações, deixando para trás métodos de produção convencionais (Tigre, 2006).

O autor ainda destaca que dessa maneira a competitividade da indústria provoca a morte de determinadas tecnologias e de empresas mais tradicionais que não souberam absorver lidar com as novidades.

As inovações tecnológicas e a abertura de novos mercados desencadeiam transformações significativas na organização industrial e instabilidade no sistema capitalista. Essas mudanças, ocorrendo de maneira descontínua e substituindo estruturas obsoletas com inovações, exemplificam o processo de "destruição criadora" de Schumpeter (1961).

Um exemplo contemporâneo desse processo pode ser observado na transição da indústria de mídia física para plataformas digitais, onde a inovação não apenas substituiu tecnologias antigas, mas também remodelou o mercado e os padrões de consumo.

Para Perez (2002), a “destruição criadora” ocorre em períodos de forte e acentuada revolução tecnológica na indústria, desencadeadas por um “fator chave” que tem a capacidade de originar uma “constelação” de outras novas inovações ao seu entorno.

A inovação promove obtenção de monopólio temporário e a firma que inova atrai, cedo ou tarde, concorrência por seus imitadores que, por sua vez, provocam queda dos preços dos novos produtos inovadores (Tigre, 2006, 2009).

Assim, o monopólio temporário permite margens de lucro acima da média e um acúmulo de capital em escalas superiores aos concorrentes (Tigre, 2006).

Esse processo que não é harmônico e de contínua mutação industrial, revoluciona a estrutura econômica endogenamente, destruindo o que é antigo e cria elementos novos, sendo um processo básico para se entender o capitalismo, e a ele deve se adaptar toda a empresa capitalista para sua permanência de atividades (Kupfer; Hasenclever, 2002).

As revoluções estruturais são marcadas por sua natureza descontínua e disruptiva, historicamente manifestando-se em ciclos explosivos e sistemáticos, espaçados a cada 50 ou 60 anos (Perez, 2002). Este padrão cíclico ilustra a dinâmica evolutiva da economia, refletindo a alternância entre períodos de estabilidade e transformação.

A autora nos permite elucidar que essas explosões cíclicas representam uma ruptura do estado tecnológico anterior, provocando reações localizadas e adaptativas que promovem profundas mudanças em toda a economia.

Nesse contexto, Vieira (2010) permite entender que se desenvolvem processos econômicos em formatos cíclicos e que possuem uma característica que é dada pela ascensão

de um pequeno conjunto de firmas capazes de inovar. Tal maneira, permite a sobrevivência de empresas que se adequam e promovem falências às outras empresas que permanecem obsoletas.

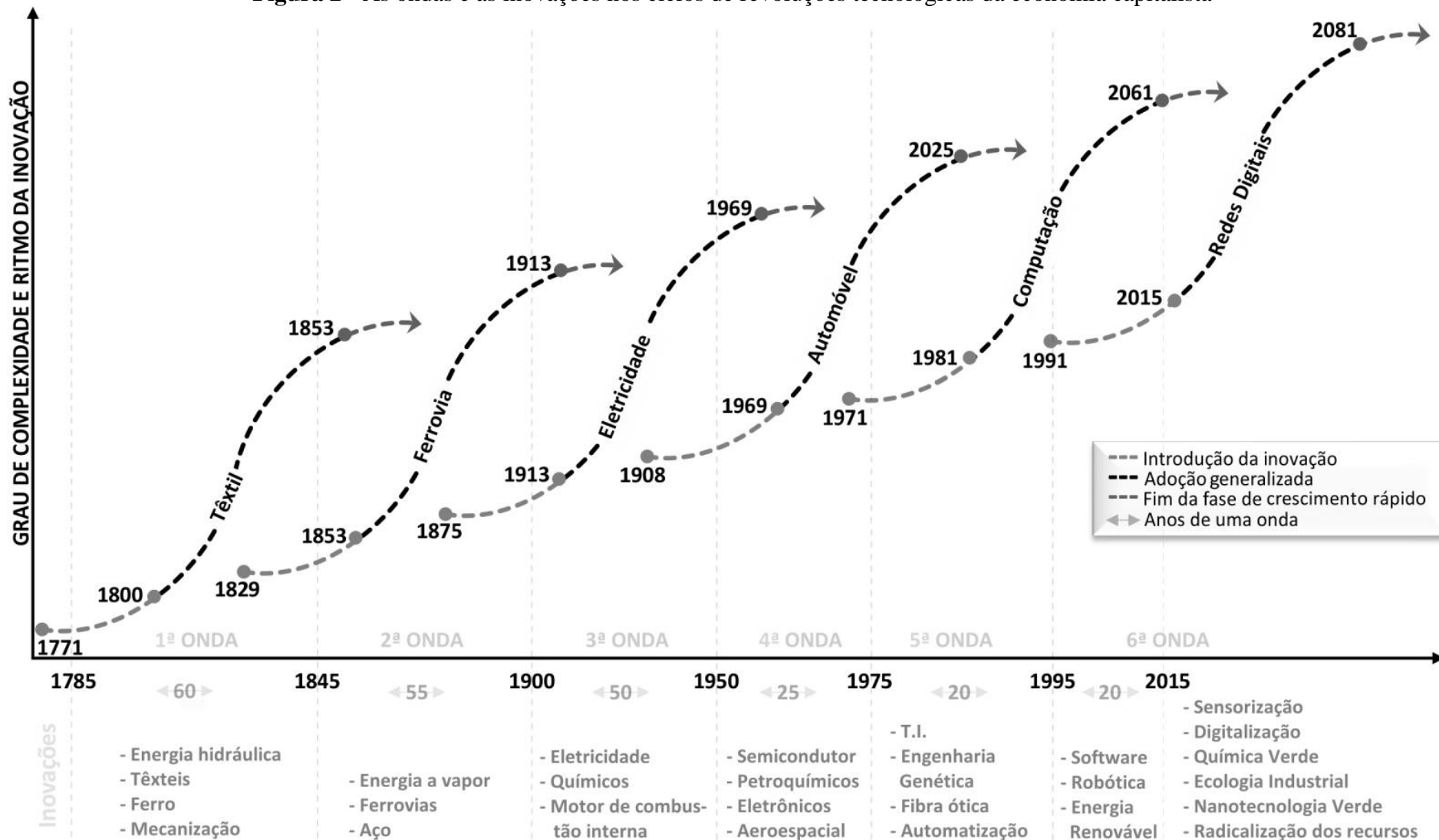
Dessa maneira, o processo que movimenta o capitalismo e as mudanças bem como as revoluções tecnológicas que modificam a estrutura econômica, atua criando e inserindo elementos novos na dinâmica econômica, minimizando a atuação e cessando a hegemonia dos modelos e processos fabris anteriores, falecendo e destruindo o que é o antigo.

Nos estudos de Perez (2002), ainda se tem que a economia capitalista tem sido transformada por cinco ondas de desenvolvimento, determinadas por sucessivas revoluções tecnológicas.

Ainda que neste estudo de Perez encontra-se cinco ondas, a progressiva complexidade de “fatores chave” descritas pela autora são entendidos como elementos característicos e centrais das ondas de revolução tecnológicas naquilo que se pode entender como cíclico econômico - não equilibradas - da inovação.

É importante notar que, seguindo a tradição neo-schumpeteriana, a dinâmica da economia capitalista é percebida como um processo de desequilíbrio, caracterizado por ciclos econômicos ou "ondas". Esses ciclos destacam o desenvolvimento econômico como um fenômeno cíclico, impulsionado por "fatores chave", ilustrados na Figura 2.

**Figura 2** - As ondas e as inovações nos ciclos de revoluções tecnológicas da economia capitalista



**Fonte:** Baseado em Cuel *et al.* (2004); Conceição (2007); Lucca, Daros (2017); Nefiodow, Nefiodow (2014), e Grinin, Grinin (2014).



No coração das ondas cíclicas de inovação, encontra-se a difusão de novidades como o principal motor econômico, emergindo em momentos de saturação de mercado. A partir das análises de Schumpeter, observa-se que o capitalismo avança em grandes ondas impulsionadas por ciclos de inovações ou revoluções tecnológicas.

Quando o mercado atinge um ponto de saturação, a estrutura de mercado é compelida a mudar, acelerando o processo de "destruição criadora". Nesse cenário, uma única inovação pode desencadear repercussões significativas nos ciclos econômicos (Felipe; Martins, 2016).

Este processo de mudança, embora descontínuo, ganha complexidade e ritmo à medida que evolui. A transformação industrial, que articula recursos e forças existentes, é um elemento fundamental para compreender o desenvolvimento do capitalismo monopolista.

Tigre (2006) ressalta que Schumpeter baseou sua teoria de desenvolvimento na ideia de monopólio temporário, onde o inovador almeja lucros extraordinários, uma vez que os retornos "normais" de produtos diferenciados não são suficientes para motivar investimentos significativos. Schumpeter também criticou as teorias econômicas clássicas por sua visão estática do funcionamento da economia e da estrutura de mercado.

No processo de expansão empresarial, o paradigma tecnológico vigente guia as inovações, criando oportunidades para aumentos de produtividade e diferenciação de produtos. As inovações, juntamente com as instituições, estabelecem um novo paradigma tecnocômico que orientará as decisões de investimento e a dinâmica econômica por um período extenso (Costa, 2016).

Dentro deste quadro, o avanço do capitalismo é impulsionado pela "destruição criadora", onde posições de mercado monopolistas, embora temporárias, são alcançadas. Geralmente, as grandes empresas lideram o processo inovativo, aproveitando-se dos lucros extraordinários e mitigando os riscos associados a essa atividade (Kupfer; Hasenclever, 2002).

As inovações organizacionais tornaram-se mais frequentes nas grandes corporações. L. Santos (2017) observa que o crescimento da pesquisa e desenvolvimento (P&D) industrial nas grandes empresas acelerou durante as guerras mundiais, período em que Schumpeter identificou a transição para uma "administração burocrática das inovações", em detrimento do "empreendedorismo individualista".

Neste contexto das grandes empresas, Schumpeter percebeu que o papel do empresário como inovador diminuía, uma vez que a inovação aplicada exigia recursos financeiros substanciais e conhecimento especializado, tornando desvantajoso enfrentar grandes corporações individualmente, dada a crescente especialização e complexidade das pesquisas e o gerenciamento das incertezas inerentes (Kupfer; Hasenclever, 2002; Santos, L., 2017).

No início do século XX, as grandes empresas consolidaram-se e formalizaram o financiamento da P&D em laboratórios industriais. Após 1940, a P&D americana começou a se diferenciar das demais nações, com pequenas empresas emergindo como entidades importantes no desenvolvimento de tecnologias, muitas vezes em colaboração com universidades, como as do Vale do Silício (Tigre, 2006).

Contudo, a inovação não é exclusividade de empresas com robustos departamentos de P&D. As PME's, mesmo sem processos intensivos de P&D, conseguem realizar inovações significativas. Isso desafia a noção de que apenas grandes corporações são capazes de gerar inovações de impacto, evidenciando a realidade de empresas que, mesmo com investimentos mais modestos em P&D, conseguem inovar e se posicionar de forma competitiva no mercado (Silva; Dacorso, 2013).

A inovação transcende os laboratórios de P&D e as publicações científicas, apresentando-se em um espectro mais amplo que inclui inovações sociais, modelos de negócios inovadores e avanços nas técnicas de produção. Essa abordagem mais holística e integrada reflete a natureza multifacetada da inovação na dinâmica contemporânea (Santos, R., 2019).

## **REVOLUÇÃO NA INDÚSTRIA: INOVAÇÃO E SUAS ONDAS DE REVOLUÇÕES TECNOLÓGICAS**

Desde os primórdios da Primeira Revolução Industrial, as ondas de inovação tecnológica têm sido o motor do desenvolvimento econômico e do avanço capitalista. O surgimento da mecanização industrial movida a energia hidráulica marcou a primeira onda, com o algodão como seu principal fator chave. A segunda onda continuou a mecanização com a introdução da energia a vapor, modernizando o transporte e colocando o ferro e o carvão no centro da transformação industrial (Conceição, 2007).

Essas duas ondas iniciais não apenas revolucionaram suas respectivas eras, mas também lançaram as bases para as mudanças subsequentes, estabelecendo a gênese do capitalismo industrial. A indústria têxtil, as transformações na mineração e nos transportes ferroviários e marítimos são exemplos de como invenções e inovações técnicas e organizacionais convergiram para caracterizar o período emergente do capitalismo (Cavalcante; Silva, 2011).

Nesse contexto, emergiram três princípios de inovação que sustentaram um aumento progressivo e autossustentado na produtividade e na renda, motivando um fluxo constante de

investimentos em tecnologia (Tigre, 2006). Esses princípios incluíram a substituição do esforço humano por máquinas, a transição de fontes de energia animal para máquinas capazes de converter calor em trabalho e o uso de matérias-primas minerais em vez de vegetais ou animais.

Com a chegada da terceira e da quarta onda durante a Segunda Revolução Industrial, a eletrificação e a expansão ferroviária, seguidas pela motorização do transporte e pelo processamento de petróleo e gás, moldaram um novo cenário industrial. A eletricidade, o aço e o cobre foram os protagonistas da terceira onda, enquanto a quarta onda viu a consolidação do automóvel e dos derivados do petróleo como elementos centrais (Conceição, 2007).

As características distintivas dessas ondas refletiram as respostas às necessidades de um mundo em rápida mudança. A descoberta da eletricidade, a transformação do ferro em aço, a modernização dos transportes e os avanços na comunicação e na indústria química exemplificam o dinamismo e a adaptabilidade do período (Sakurai; Zuchi, 2018).

Ao final do século XX, o modelo econômico "fordista-taylorista" começou a mostrar sinais de esgotamento. A escassez de recursos naturais, a rigidez organizacional e o advento da microeletrônica deram início a uma nova onda de inovações impulsionada pelas Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), reacendendo o ciclo de "destruição criadora" (Tigre, 2006).

A quinta onda de revolução tecnológica, marcada pelo chip de circuito integrado, atravessou a Terceira Revolução Industrial e revolucionou as telecomunicações, informatizando a economia global (Conceição, 2007; Anderson, 2012).

Essa onda preparou o terreno para a Quarta Revolução Industrial, que, embora oficialmente inaugurada em 2011 com o plano de ação High-Tech Strategy 2020 do governo alemão, tem suas raízes nas inovações da era anterior (Santos et al., 2018).

A sexta revolução tecnológica, que Albuquerque (2019) identifica como tendo começado em 1991, é vista como o "big bang" de uma nova fase, construindo sobre o esquema das cinco revoluções anteriores. Este período ilustra a co-dependência evolutiva das revoluções tecnológicas, onde cada nova era é uma extensão da anterior, com inovações que são cada vez mais imprevisíveis e radicais (Albuquerque, 2019).

Estudar estas revoluções tecnológicas emergentes é, de fato, uma tarefa complexa, dada a incerteza em relação ao potencial e ao impacto das inovações tecnológicas, especialmente aquelas de natureza radical (Albuquerque, 2019).

**Quadro 1 - Os tipos de revoluções na indústria e seus atributos**

Revolução Industrial	“Big-Bang” da Rev. Industrial	Revolução Tecnológica	“Big-Bang” da Rev. Tecnológica	Período - País	Tecnologias e indústrias novas ou redefinidas	Organização Industrial	Infraestruturas nova ou redefinida (inovação na capacidade instalada)
Primeira (1784)	Primeiro tear mecânico	Primeira - (1771)	Moinho de Arkwright abre em Cromford	Toda a Primeira Revolução Industrial - Inglaterra	Energia hidráulica em transformação / Indústria de algodão (têxtil) mecanizada / Ferro forjado / Maquinaria.	Pequenas Empresas Locais	Canais e vias navegáveis / Estradas com pedágio / Energia hidráulica (rodas d'água altamente aprimoradas).
		Segunda - (1829)	Teste da locomotiva 'Rocket' para a ferrovia Liverpool -Manchester	Era do Vapor e das Ferrovias - Inglaterra, espalhando para o Continente e Estados Unidos da América (EUA)	Motores a vapor e maquinaria (fabricados em ferro / alimentados a carvão) / Mineração de ferro e carvão (que agora desempenha um papel central no crescimento) / Construção ferroviária / Produção de material circulante / Potência a vapor para muitas indústrias (incluindo têxteis).	Empresas pequenas; Crescimento das Sociedades Anônimas	Ferrovias (uso de motor a vapor) / Serviço postal universal / Telégrafo (principalmente nacional, ao longo das linhas ferroviárias) / Grandes portos, grandes depósitos e navios à vela em todo o mundo / Gás na cidade.
Segunda (1870)	Primeira correia transportadora; Primeira linha de montagem, Abatedouro de Cincinrati	Terceira - (1875)	Planta produtora de aço (siderúrgica) Carnegie Bessemer, abre em Pittsburgh, Pensilvânia - EUA	Era do aço, eletricidade e engenharia pesada - EUA e Alemanha avançando e ultrapassando a GB	Aço barato (especialmente o processo de Bessemer) / Desenvolvimento completo do motor a vapor para navios de aço / Química pesada e engenharia civil / Indústria de equipamentos elétricos / Cobre e cabos / Conservas e alimentos engarrafados / Papel e embalagem de alimentos.	Monopólios	Transporte mundial em navios a vapor rápidos (uso do Canal de Suez) / Ferrovias transcontinentais e em todo o mundo (uso de trilhos e parafusos de aço baratos em tamanhos padrão) / Grandes pontes e túneis / Telégrafo Mundial / Telefone (principalmente nacionalmente) / Redes elétricas (para iluminação e uso industrial).
		Quarta - (1908)	Lançamento do primeiro modelo Ford-T sai da fábrica da Ford em Detroit, Michigan	Era do petróleo, do automóvel e da produção em massa - EUA (Alemanha primeiro lugar disputando a liderança mundial), depois se espalhando na Europa	Automóveis produzidos em massa / Combustíveis de petróleo e derivados (óleo) baratos / Petroquímicos (sintéticos) / Motor de combustão interna para automóveis, transporte, tratores, aviões, tanques de guerra e aparelhos de eletricidade / Eletrodomésticos / Alimentos refrigerados e congelados.	Competição oligopolista e crescimento das Multinacionais	Redes de estradas, rodovias, portos e aeroportos / Redes de oleodutos / Eletricidade Universal (indústria e residências) / Telecomunicações analógicas em todo o mundo (telefone, telex, telegrama e cabogravura), com e sem fio.
Terceira (1969)	Primeiro controlador lógico programável (PLC), Modicon 084	Quinta - (1971)	Lançamento do primeiro microchip comercial. O microprocessador Intel é anunciado em Santa Clara, Califórnia	Era das Informações e das Telecomunicações - EUA (espalhando para a Europa e Ásia)	A revolução da informação: Microeletrônica barata / Computadores, Software e Redes Digitais / Controle de Telecomunicações / Instrumentos de Biotecnologia assistida por computador e novos materiais.	Redes de Firmas	Telecomunicação digital mundial (cabo, fibra ótica, rádio e satélite) / Internet / correio eletrônico e outros serviços eletrônicos / Fonte múltipla, uso flexível, Redes de eletricidade de alta velocidade / Ligações de transporte físico multimodais (por terra, ar e água).
Quarta 4.0 (2011)	Apresentação da Mercedes F015 Luxury In Motion	Sexta - (1991)	world.wide.web (WWW)	Era da Internet, do Big Data e Sensorização - (possível pela integração de nações) - EUA (Internet) Alemanha (Indústria 4.0); China e mundo	Baseadas sensoras autônomas / Big Data / Sistemas Cyber-físicos (CPS) / Internet das Coisas (IoT) / Internet dos serviços (IoS) / Fábrica Inteligente	Fábricas Inteligentes	<b>Físicas</b> (veículos autônomos, impressão 3D ou manufatura aditiva, robótica avançada, novos materiais etc.) / <b>Digitais</b> (Internet Of Things - IOT, big data, tecnologia blockchain, cloud computing, realidade virtual e aumentada, cybersecurity) / <b>Biológicas</b> (biotecnologia e genética).

**Fonte:** Baseado em Freeman, Louçã (2001, p. 141); Perez (2002, p. 14); Lima, Gomes (2020), e Albuquerque (2019).

Cada onda de inovação não é apenas um testemunho das mudanças tecnológicas, mas também um reflexo das alterações estruturais na economia e na sociedade.

A mecanização, a eletrificação e a informatização surgem não apenas como fenômenos tecnológicos, mas como agentes de uma evolução maior que transcende as fábricas e invade o cotidiano social, alterando desde as dinâmicas de trabalho até as interações humanas.

Este quadro evolutivo nos permite observar a tessitura fina da história industrial, onde cada inovação serve de alicerce para a próxima. As transições de cada revolução industrial, destacam os pontos de inflexão que caracterizam a passagem de uma era para outra.

O esgotamento de um modelo econômico dá lugar à emergência de outro, impulsionado por um novo conjunto de tecnologias e práticas inovadoras. A ascensão das TICs, por exemplo, não apenas revolucionou a maneira como as informações são processadas e compartilhadas, mas também preparou o terreno para a integração de sistemas ciberfísicos na Quarta Revolução Industrial, redefinindo a natureza da produção e do trabalho.

É essencial reconhecer o papel instrumental das ondas de inovação em moldar o curso da história industrial. A jornada através das revoluções industriais não é apenas uma retrospectiva histórica; é uma preparação para antecipar e compreender as futuras transformações que aguardam na fronteira do conhecimento e da inovação.

As conclusões a seguir procura sintetizar estas reflexões, oferecendo uma perspectiva sobre o impacto contínuo das inovações tecnológicas no desenvolvimento humano e industrial.

## **CONCLUSÕES**

Ao finalizar esta análise, constata-se que a indústria tem sido o vetor mais vigoroso de aceleração do crescimento e do desenvolvimento econômico, gerando impactos diretos e indiretos em diversas esferas. A inovação, por sua vez, emerge como a principal força motriz desse desenvolvimento, impulsionando a economia e reconfigurando continuamente o tecido social.

Neste estudo, examina-se como novas tecnologias se tornaram essenciais para o avanço e a modernização das empresas, aumentando seus lucros e ampliando as possibilidades de investimento em novas modalidades tecnológicas. Observa-se que a Inglaterra, como pioneira da Revolução Industrial, estabeleceu um modelo que muitas nações seguiram, impulsionando inovações e revoluções tecnológicas.

Conclui-se que os objetivos propostos foram alcançados: identificaram-se as dinâmicas das ondas de inovação e revolução tecnológica e discutiram-se suas implicações para a indústria

e a sociedade. No entanto, reconhece-se que a abrangência desta análise pode não capturar todas as nuances específicas a cada contexto regional ou industrial, revelando uma limitação que futuras pesquisas poderiam endereçar.

Destaca-se a necessidade de estudos adicionais que explorem a inter-relação entre inovação, mudança social e desenvolvimento econômico em diferentes contextos, assim como a influência das políticas públicas na modulação das trajetórias de inovação. Ademais, a contribuição de pequenas empresas e startups nas revoluções tecnológicas contemporâneas constitui um campo fértil para investigação adicional.

Reflete-se sobre o ritmo acelerado do progresso técnico-científico e a consequente redução dos ciclos de inovação em comparação com períodos anteriores. Esse fenômeno é um reflexo da velocidade com que o conhecimento e a tecnologia se integram na indústria atual, estabelecendo novos paradigmas tecno-econômicos que desafiam as estruturas vigentes e fomentam novas ordens institucionais e organizacionais.

A Quarta Revolução Industrial, em particular, está reformulando a natureza do trabalho e do emprego, exigindo uma revisão de como as habilidades e competências são desenvolvidas e valorizadas. As implicações sociais dessa mudança são significativas, demandando uma análise cuidadosa sobre como assegurar uma transição para novos modos de produção que seja inclusiva e equitativa.

Em suma, este estudo salienta que a inovação, embora desestabilizadora por natureza, é também uma fonte de novas oportunidades e renovação. No cerne da evolução industrial, descobre-se não apenas a promessa de progresso, mas também o imperativo de adaptabilidade e aprendizado contínuo. Avança-se, portanto, com a necessidade vital de manter um debate aberto e crítico sobre como as forças da inovação podem ser direcionadas para o bem comum, garantindo que o avanço técnico-científico seja sinônimo de progresso para toda a sociedade.

## **INNOVATION AND REVOLUTIONS IN INDUSTRY**

**ABSTRACT:** In this study, the trajectory of innovation throughout the various eras of the Industrial Revolution is emphasized, highlighting its fundamental role as a driver of economic growth and social transformation. The analysis traverses the conceptual and practical evolution of innovation, from Schumpeter's theoretical foundations to contemporary neoschumpeterian approaches, underlining the sequence of innovation waves and technological revolutions that marked each industrial period. The investigation reveals how innovation not only promoted productive development but also reshaped the social fabric, with particular attention to the model established by England, the cradle of the Industrial Revolution. This work identifies the dynamics of innovation waves and discusses their implications for both industry and society, recognizing the limitations of an analysis that may not capture all the nuances specific to different regional or industrial contexts. The need for future research to explore more deeply

the interrelation between innovation, social change, and economic development, in addition to the impact of public policies on innovation trajectories, is highlighted. The conclusion reflects on the accelerated pace of technical-scientific progress and the imperative need for adaptability and continuous learning, emphasizing the importance of directing innovation towards the common good and ensuring that technological advancement benefits all of society.

**Keywords:** Innovation; Industrial Revolution; Technological Revolution.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, E. da M. e. Capitalismo pós-www: uma discussão introdutória sobre uma nova fase na economia global. **Cadernos do Desenvolvimento**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 24, p. 131-154, jan.-jun. 2019.

ANDERSON, C. **Makers: a nova revolução industrial**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2012.

BERNARDO, A. A. C.; MEDEIROS, W. G. de. Model for characterizing the innovation process in design. **International Journal of Innovation**, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 158-179, 2021.

CARDOSO, M. de O. **Indústria 4.0: a quarta revolução industrial**. 2016. 45 f. Monografia (Especialização em Automação Industrial) - Universidade Federal Tecnológica do Paraná, 2016. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/13156>. Acesso em: 10 ago. 2021.

CASTELLS, M. **A sociedade em rede: a era da informação - economia, sociedade e cultura**. 8. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2005. v. 1.

CAVALCANTE, Z. V.; SILVA, M. L. S. da. A importância da Revolução Industrial no mundo da Tecnologia. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA, 7., 2011, Maringá. **Anais eletrônico**, Maringá: Ed. CESUMAR, 2011. p.1-6. Disponível em: [https://www.unicesumar.edu.br/epcc-2011/wp-content/uploads/sites/86/2016/07/zedequias\\_vieira\\_cavalcante2.pdf](https://www.unicesumar.edu.br/epcc-2011/wp-content/uploads/sites/86/2016/07/zedequias_vieira_cavalcante2.pdf). Acesso em: 12 jun. 2018.

COELHO, P. **Rumo à Indústria 4.0**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia e gestão Industrial). Departamento De Engenharia Mecânica, Universidade de Coimbra, 2016.

CONCEIÇÃO, C. S. **Divergência e convergência nas ondas longas: uma perspectiva teórica evolucionária**. 2007. 102 f. Dissertação (Mestrado em Economia do Desenvolvimento) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

COSTA, A. B. da. Teoria econômica e política de inovação. **Revista de Economia Contemporânea**, [S. l.], v. 20, n. 2, p. 281-307, 2016.

COSTA, A. B. da. O desenvolvimento econômico na visão de Joseph Schumpeter. **Cadernos IHU Idéias**, São Leopoldo, v. 5, n.47, p. 1-16, 2006.

COUTINHO, L. A Terceira Revolução Industrial: as tendências das mudanças. **Economia e Sociedade**, Campinas, v. 1, n. 1, ago. 1992.

CUEL, R. *et al.* Knowledge web technology roadmap the technology roadmap of the semantic web. **Knowledge Web**. 2004. Disponível em: <http://knowledgeweb.semanticweb.org/o2i/menu/KWTR-whitepaper-43-final.pdf> Acesso em: 16 abr. 2024.

DEZORDI, L. L. A Primeira Revolução Industrial e o pensamento de Adam Smith. *In*: DEZORDI, L. L. **Fundamentos de Economia**. Curitiba: IESDE Brasil, 2008. p. 17-24. Disponível em: <http://www2.videolivrraria.com.br/pdfs/9692.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2021.

DUARTE, A. Y. S. **Gerenciamento da demanda em TI**. 2017. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2017.

FEDERAL MINISTRY OF EDUCATION AND RESEARCH. **What is Industry 4.0**. 2016. Disponível em: [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL\\_STU\(2016\)570007\\_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU(2016)570007_EN.pdf). Acesso em: 7 ago. 2021.

FELIPE, E. S. As instituições e os neo-schumpeterianos: a noção de aprendizado a partir do pilar cognitivo das instituições. **Pesquisa & Debate**, São Paulo, v. 19, n. 1, p.15-32, jan.-jun. 2008.

FELIPE, E. S.; MARTINS, E. C. S. Inovação e destruição criadora e os desafios atuais e institucionais da indústria musical. *In*: ENCONTRO DA NACIONAL DE ECONOMIA INDUSTRIAL E INOVAÇÃO, 1., São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Blucher, 2016. p. 802-822. (Blucher Engineering Proceedings, v.3 n.4). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/engpro-1enei-045>. Acesso em: 1 mar. 2024.

FOSTER, R.; KAPLAN, S. **Destruição criativa**. Rio de Janeiro: Campus, 2002.

FREEMAN, C. A Schumpeterian Renaissance? **Science Policy Research**, Brighton, n. 102, p.2-19, 2003.

FREEMAN, C. The national system of innovation in historical perspective. **Revista Brasileira de Inovação**, Rio de Janeiro, v. 3. n. 1, p. 15-24, jan./jun. 2004. Publicado originalmente em Cambridge Journal of Economics. n. 19, p. 5-24. Feb.1995

FREEMAN, C.; LOUÇÃ, F. **As time goes by**: from the industrial revolutions to the information revolution. Oxford: Oxford University, 2001.

FREEMAN, C.; PEREZ, C. Structural crises of adjustment business cycles and investment behaviour'. *In*: DOSI *et al.* (ed.). **Technical change and economic theory**. Londres: Pinter, 1988. p.38-66.

FREEMAN, C.; SOETE, L. **A economia da inovação industrial**. Campinas: Ed. da Unicamp, 2008.



FREITAS, A. de P. P. **Análise bibliométrica da produção científica sobre indústria 4.0.** 2018. 28 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Estatística) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

GRININ, L.; GRININ, A. The sixth kondratieff wave and the Cybernetic Revolution. *In:* GRININ, L.; DEVEZAS, T. C.; KOROTAYEV, A. (ed.). **Kondratieff waves: juglar – kuznets.** Volgograd: Uchitel Publishing House, 2014. p. 354-377

HOBBSAWM, E. J. **A era das revoluções: 1789-1848.** São Paulo: Ed. Paz e Terra, 2010.

HOLLANDER, S. **The sources of increased efficiency: a study of Du pont rayon plants.** Cambridge: MIT Press, 1965.

IGLÉSIAS, F. **A Revolução Industrial.** 5. ed. São Paulo: Ed. Brasiliense, 1984.

KOGABAYEV, T.; MAZILIAUSKAS, A. The definition and classification of innovation. **HOLISTICA: Journal of Business and Public Administration**, Varsóvia, v. 8, n.1, p. 59-72, Apr. 2017.

KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. Introdução. *In:* KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. (org.). **Economia industrial: fundamentos teóricos e práticos no Brasil.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2002. p. xxi-xxix.

LANDES, D. **Prometeu desacorrentado: transformação tecnológica e desenvolvimento industrial na Europa ocidental, de 1750 até os dias de hoje.** 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2005.

LASI, H. *et al.* Business & information systems engineering. **The International Journal of WIRTSCHAFTSINFORMATIK**, [S. l.], v.6, n.4, p.239-242, 2014.

LAZZAROTTI, F.; DALFOVO, S. M.; HOFFMANN, V. E. A bibliometric study of innovation based on Schumpeter. **Journal of Technology Management & Innovation**, [S. l.], v. 6, n. 4, p. 121-134, 2011. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84721487017>. Acesso: 14 ago. 2021.

LÉGER, A.; SWAMINATHAN, S. Innovation theories: relevance and implications for developing countries. **German Institute for Economic Research: discussion papers of DIW**, Berlin, n.743, nov. 2006.

LESKE, A. D. C. **Inovação e políticas na indústria de defesa brasileira.** 2013.197 f. Tese (Doutorado em Economia) - Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.

LIMA, F. R.; GOMES, R. Conceitos e tecnologias da Indústria 4.0: uma análise bibliométrica. **Revista Brasileira de Inovação**, Campinas, v. 19, p. e0200023, 2020.

Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/rbi/article/view/8658766>.  
Acesso em: 10 ago. 2021.

LIMA, F. V. R. *et al.* Análise bibliométrica da produção científica relacionada à quarta revolução industrial (indústria 4.0). **ISTI/SIMTEC**, Aracaju, v. 9, n.1, p. 608-616, set. 2018.

LOH, S. **A história da inovação e do empreendedorismo no Brasil**: e comparações com outros países. Porto Alegre: Autor, 2016.

LUCCA, A.; DAROS, C. A inovação sob a ótica do design sustentável: uma revisão da literatura. **e-Revista LOGO**, [S. l.], v. 6, p. 41-58, 2017. Disponível em: 10.26771/e-Revista.LOGO/2017.1.03. Acesso em: 10 jun. 2021

MARSON, M. D. A industrialização brasileira antes de 1930: uma contribuição sobre a evolução da indústria de máquinas e equipamentos no estado de São Paulo, 1900-1920. **Estud. Econ.**, São Paulo, v.45, n.4, p.753-785, out.-dez. 2014.

MARX, K.; ENGELS, F. **Manifesto Comunista**. Rio de Janeiro: Ed. Garamond, 1998.

MAZZUCATO, M. **The entrepreneurial state**. London: Demos, 2011.

MORICOCHI, L.; GONÇALVES, J. S. Teoria do desenvolvimento econômico de Schumpeter: uma revisão crítica. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 24, n. 8, p. 27-35, 1994.

NEFIODOW, L.; NEFIODOW, S. **The sixth kondratieff: the new long wave of the World Economy**. Rhein-Sieg-Verlag: Sankt Augustin, 2014.

NELSON, Richard R.; WINTER, Sidney G. **An evolutionary theory of economic change**. Cambridge (MA): The Belknap Press of Harvard University Press, 1982.

OLIVEIRA, E. R. Teoria evolucionária da mudança técnica de nelson e winter: uma análise bibliográfica. **A Economia em Revista - AERE**, [S. l.], v. 25, n. 2, p. 39 - 49, 29 nov. 2017.

PACHECO, E. R. de M. **Mapeamento do fomento à inovação tecnológica no Brasil**. 2010. 153 p. Dissertação (Mestrado) - Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, 2010.

PASQUINI, N. C. As revoluções industriais: uma abordagem conceitual. **Revista Tecnológica da Fatec Americana**, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 29-44, 2020. Disponível em: <https://fatecbr.websiteseuro.com/revista/index.php/RTecFatecAM/article/view/235>. Acesso em: 1 mar. 2021.

PEREZ, C. Technological Revolutions and Techno-Economic Paradigms. **Journal of Economics**, Cambridge, v. 34, n.1, p.185-202, 2010.

PEREZ, C. **Technological revolutions and financial capital**: the dynamics of bubbles and golden ages. Cheltenham: Edward Elgar, 2002.

RODRIGUES, T. V. **Proposição de um modelo para mensurar o nível de prontidão de uma indústria para a implementação da indústria 4.0**. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2021.

ROJKO, A. Industry 4.0 Concept: background and overview. **International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)**, [S. l.], v. 11, n. 5, p.77-90, jul. 2017. Disponível em: <https://onlinejour.journals.publicknowledgeproject.org/index.php/i-jim/article/view/7072>. Acesso em: 27 ago. 2021.

RUBMANN, M. *et al.* **Industry 4.0: the future of protuctivity and growth in manufacturing industries**. Boston: The Boston Consulting Group, 2015. p. 5-20. Disponível em: [https://web-assets.bcg.com/img-src/Industry\\_40\\_Future\\_of\\_Productivity\\_April\\_2015\\_tcm9-61694.pdf](https://web-assets.bcg.com/img-src/Industry_40_Future_of_Productivity_April_2015_tcm9-61694.pdf). Acesso em: 1 mar. 2024.

SAKURAI, R.; ZUCHI, J. D. As revoluções industriais até a industria 4.0. **Revista Interface Tecnológica**, [S. l.], v. 15, n. 2, p. 480-491, 2018. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/386>. Acesso em: 10 ago. 2021.

SANTOS, B. P.; ALBERTO, A.; LIMA, T. D. F. M.; CHARRUA-SANTOS, F. M. B. Industry 4.0: challenges and opportunities. **Revista Produção e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 111–124, 2018. Disponível em: <https://revistas.cefet-rj.br/index.php/producaoedesarvolvimento/article/view/e316>. Acesso em: 1 mar. 2024.

SANTOS, L. dos. **A capital da inovação: arranjos institucionais do empreendedorismo inovador no polo tecnológico de Florianópolis**. 2017. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/183599/psop0596-t.pdf?sequence=-1&isallowed=y>. Acesso em: 22 jun. 2020.

SANTOS, R. A.-H. V. dos. **Três ensaios em Economia da Inovação**. 2019. Tese (Doutorado em Economia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.

SCHMITZ, R. *et al.* Dimensões da inovação e capacidades organizacionais: a percepção dos colaboradores das empresas no norte do Rio Grande do Sul. **Revista Eletrônica Gestão e Serviços**, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 2059-2079, 2017.

SCHUMPETER, J. A. **Teoria do Desenvolvimento Econômico**. São Paulo: Nova Cultura, 1997.

SCHUMPETER, J. A. **A Teoria do Desenvolvimento Econômico**. São Paulo: Nova Cultural, 1988.

SCHUMPETER, J. A. **Teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico**. São Paulo: Abril Cultural, 1982

SCHUMPETER, J. A. **Capitalismo, Socialismo e Democracia**. Editado por George Allen e UnwinLtd., traduzido por Ruy Jungmann. Rio de Janeiro: Ed. Fundo de Cultura, 1961.

SCHUMPETER, J. A. **The theory of economic development**. Cambridge: Harvard University Press, 1934.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2016.

SHIKIDA, P. F. de A.; BACHA, C. J. C. Notas sobre o modelo schumpeteriano e suas principais correntes de pensamento. **Revista Teoria e Evidência Econômica**, [S. l.], v. 5, n. 10, p.107-126, 1998.

SILVA, G.; DACORSO, A. L. R. Perspectivas de inovação na micro e pequena empresa. **Revista Economia & Gestão**, [S. l.], v. 13, n. 33, set./dez. 2013.

SILVEIRA, D. de M. **Desafios da indústria da moda: uma abordagem sob a quarta revolução industrial**. 2019. Monografia (Bacharel no Curso de Tecnologia em Design de Moda) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2019. Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/handle/1/8679>. Acesso em: 22 jun. 2021.

TIDD, J.; BESSANT, J.; PAVITT, K. **Gestão da inovação**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

TIGRE, P. B. Paradigmas tecnológicos e teorias econômicas da firma. **Revista Brasileira de Inovação**, Campinas, v. 4, n. 1, p. 187-223, 2009. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/rbi/article/view/8648911>. Acesso em: 27 ago. 2021.

TIGRE, P. B. **Gestão da inovação: a economia da tecnologia no Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

VARELLA, S. R. D.; SILVA JUNIOR, M. T. da; MEDEIROS, J. B. S. de. O desenvolvimento da teoria da inovação schumpeteriana. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - ENEGEP, 32, 2012, Bento Gonçalves. **Anais [...]**. Bento Gonçalves: ABEPRO, 2012. Disponível em: [https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2012\\_TN\\_STO\\_164\\_954\\_21021.pdf](https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2012_TN_STO_164_954_21021.pdf). Acesso em: 05 abr. 2024.

VENTURELLI, M. Indústria 4.0: uma visão da automação industrial. **Automação Industrial**, nov. 2017. Disponível em: <https://www.automacaoindustrial.info/industria-4-0-uma-visao-da-automacao-industrial>. Acesso em: 10 jul. 2019.

VIEIRA, R. M. Teorias da firma e inovação: um enfoque neo-schumpeteriano. **Cadernos de Economia**, Chapecó, v. 14, n. 27, jul./dez. 2010. Disponível em: <http://bell.unochapeco.edu.br/revistas/index.php/rce/article/view/1180>. Acesso em: 13 abr. 2016.