

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CAMPUS PALMEIRA DAS MISSÕES  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS

Leandro Gabriel Flamino

**INOVAÇÃO E AS REVOLUÇÕES NA INDÚSTRIA**

Palmeira das Missões, RS  
2021

Leandro Gabriel Flamino

## **INOVAÇÃO E AS REVOLUÇÕES NA INDÚSTRIA**

Artigo de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Ciências Econômicas, da Universidade Federal de Santa Maria *campus* Palmeira das Missões (UFSM-PM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Bacharel em Ciências Econômicas**

Orientador: Professor Dr. Thales de Oliveira Costa Viegas

Palmeira das Missões, RS  
2021

**Leandro Gabriel Flamino**

**INOVAÇÃO E AS REVOLUÇÕES NA INDÚSTRIA**

Artigo de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Ciências Econômicas, da Universidade Federal de Santa Maria *campus* Palmeira das Missões (UFSM-PM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Bacharel em Ciências Econômicas**

**Aprovado em 03 de setembro de 2021:**

---

**Thales de Oliveira Costa Viegas, Dr. (UFSM)**  
(Presidente/Orientador)

---

**Claudio José Silva Leão, Dr. (UFSM)**  
(Avaliador)

---

**Fabiano Geremia, Dr. (UFFS)**  
(Avaliador)

Palmeira das Missões, RS  
2021

# INOVAÇÃO E AS REVOLUÇÕES NA INDÚSTRIA

## INNOVATION AND REVOLUTIONS IN INDUSTRY

**Leandro Gabriel Flamino<sup>1</sup>**

### **RESUMO**

O estudo possui o objetivo de verificar como a inovação evoluiu, dos pontos de vista teórico e histórico, o qual se manifesta no parque industrial global. Para tanto, este trabalho revisa a literatura sobre a evolução do que se entende por inovação, bem como os seus exemplos práticos ao longo de cada um dos períodos das revoluções na indústria. Pretende-se, ainda, identificar quais foram as práticas inovadoras e seus impactos em cada um dos períodos das revoluções, sintetizando as principais contribuições sobre o entendimento de inovação (teórico e prático) para cada período abordado. Muitos conceitos de inovação são neologismos ou derivações especialmente dos primeiros estudos de Schumpeter, o qual percebe o processo inovador como componente essencial do progresso capitalista. Após os aportes teóricos de Schumpeter surgiram novas contribuições para o entendimento do avanço técnico e do processo inovador. Tais esforços de pesquisa abordaram novas tecnologias e desenvolveram um marco teórico para a análise da mudança tecnológica, surgindo, nesse contexto, a corrente de pensamento neoschumpeteriana. O método empregado no estudo é exploratório e baseado em revisão bibliográfica. Constatou-se que cada "Era" de Revolução Industrial contém uma (ou mais) "ondas de inovação" ou revolução tecnológica, que possuem características próprias de seu desenvolvimento produtivo. Verifica-se, adicionalmente, uma forte relação de dependência da revolução imediatamente anterior, ou seja, a evolução da indústria e suas inovações constituem um processo codependente daquilo que se instaurou anteriormente.

**Descritores:** Inovação; Revolução Industrial; Revolução Tecnológica.

### **ABSTRACT**

The study aims to verify how innovation evolved from a theoretical and historical perspective and how its practice in the global industrial park was revealed. For that, the evolution of what is understood as innovation is verified along each of the periods of revolutions in the industry. It is also intended to identify which were the innovative practices and their impacts in each of the periods of the revolutions, summarizing the main contributions on the understanding of innovation (theoretical and practical) for each period covered. Many concepts of innovation are neologisms or deviations especially from the first studies by Schumpeter, in which the role of the innovative process is seen as an essential component to mesh the capitalist process. After Schumpeter's eruditions, numerous studies on his theory emerged, which gave rise to new alternatives of understanding regarding technical progress and the innovative process. Such studies are based on new technologies and such research efforts have developed a theoretical framework for change in the economy, emerging, in this context, schools of economic thought, which is known as the neo-Schumpeterian current. The method used in the study is exploratory and its classification is guided by using the bibliographic review technique. It was found that each "Era" of the Industrial Revolution is equipped with one or more "waves of innovation" and/or technological revolution that have characteristics specific to their productive development and that there is a strong relationship of dependence on the previous understood revolution, or that is, the evolution process of the industry and its innovations is a process codependent on what was established previously.

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

---

<sup>1</sup>Autor, Graduando em Ciências Econômicas – Universidade Federal de Santa Maria *campus* Palmeira das Missões

## **LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

### **QUADROS**

Quadro 1 - Alguns entendimentos de inovação.....	10
Quadro 2 - Principais teóricos neo-schumpeterianos .....	17
Quadro 3 - Os tipos de revoluções na indústria e seus atributos .....	31

### **FIGURAS**

Figura 1 - As Revoluções Industriais .....	19
Figura 2 - As ondas e as inovações nos ciclos de revoluções tecnológicas da economia capitalista .....	28

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>INOVAÇÃO.....</b>	<b>8</b>
2.1	ENTENDIMENTOS DE INOVAÇÃO .....	8
2.2	SCHUMPETER E OS NEO-SCHUMPETERIANOS .....	12
2.2.1	<i>Inovação à luz de Schumpeter.....</i>	<i>12</i>
2.2.2	<i>Inovação à luz dos Neo-Schumpeterianos.....</i>	<i>15</i>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>18</b>
<b>4</b>	<b>(R)EVOLUÇÃO DAS INDUSTRIAS.....</b>	<b>18</b>
4.1	PERÍODOS DAS (R)EVOLUÇÕES INDUSTRIAIS .....	19
4.1.1	<i>Primeira Revolução.....</i>	<i>21</i>
4.1.2	<i>Segunda Revolução .....</i>	<i>22</i>
4.1.3	<i>Terceira Revolução .....</i>	<i>23</i>
4.1.4	<i>Quarta Revolução.....</i>	<i>24</i>
<b>5</b>	<b>ONDAS INOVATIVAS E CICLOS ECONÔMICOS .....</b>	<b>25</b>
<b>6</b>	<b>(R)EVOLUÇÃO NA INDÚSTRIA: INOVAÇÃO E SUAS ONDAS DE REVOLUÇÕES TECNOLÓGICAS .....</b>	<b>30</b>
6.1	PRIMEIRA ONDA .....	32
6.2	SEGUNDA ONDA .....	33
6.3	TERCEIRA ONDA.....	34
6.4	QUARTA ONDA .....	36
6.5	QUINTA ONDA .....	37
6.6	SEXTA ONDA .....	39
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>41</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>43</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Conhecimento e inovação são os principais fatores de crescimento, desenvolvimento e competição de uma nação. Landes (2005) argumenta que a integração das nações não é entendida como uma causa ou, tampouco, como uma ideologia, mas sim é uma busca para encontrar a riqueza. Nesse contexto, as (r)evoluções nas indústrias e seus processos, se desdobram a partir de uma nação rica e predominantemente mercantil: a Inglaterra.

O presente estudo possui como objetivo verificar como a inovação evoluiu em perspectiva teórica-histórica, e como foi revelada a sua prática na indústria. Para tanto, verifica-se a metamorfose do capitalismo naquilo que se entende como inovação ao longo de cada um dos períodos das (r)evoluções da indústria.

Pretende-se, ainda, identificar quais foram as práticas inovadoras e seus impactos em cada um dos períodos das (r)evoluções, sintetizando as principais contribuições sobre o entendimento de inovação - teórico e prático - para cada período atravessado.

Tal estudo é oportuno uma vez que a abordagem de inovação e seus desdobramentos coligados às revoluções industriais e tecnológicas, são encontrados na literatura com bastante frequência. Conteúdo sobre fatos históricos frequentemente são (re)visitados, (re)interpretados e (re)produzidos pelos pesquisadores que almejam uma melhor compreensão do presente, a fim de procurar entender qual expectativa a respeito da indústria para o futuro.

Neste contexto, surgem novas ondas tecnológicas cada vez mais integradas e, sendo assim, justifica-se entender a evolução dos fatos históricos, com o fito de melhor interpretar as novas e atuais (re)organizações e expectativas relativas à flutuante dinâmica econômica.

Dessa maneira, a presente pesquisa busca compreender os processos inovadores e evolutivos da indústria, inspirando-se em marcos teóricos e elementos empíricos, a fim de instigar novos estudos futuros com um olhar sistêmico sobre o papel da tecnologia e da inovação na economia.

O método empregado neste estudo é de natureza exploratória e sua classificação norteia-se por utilizar técnica de levantamento bibliográfico. O esforço de pesquisa procura aproximar um entendimento dado questionamento: Quais foram os principais desdobramentos da inovação, durante as (r)evoluções que a indústria atravessou?

Das constatações, tem-se que cada Revolução Industrial atravessa (r)evoluções tecnológicas que contém pelo menos uma, ou mais, "onda de inovação", as quais possuem características próprias de seu desenvolvimento produtivo, dado seus fatores-chaves no período.

Sabe-se que o momento atual é de transição e compreensão sobre o esgotamento da Terceira Revolução Industrial, para a incipiente Quarta Revolução Industrial.

Existe uma forte relação de dependência entre uma (r)evolução e a sua antecedente, ou seja, os processos de (r)evoluções na indústria e suas inovações, constituem um processo codependente daquilo que emergiu e se instaurou, cujo fato se nota no processo da chamada Indústria 4.0 naquilo que é entendido como combinação de tecnologias habilitadoras.

O estudo está estruturado em sete sessões. Nesta primeira seção, o tema é introduzido rapidamente. Na segunda seção é apresentada a primeira parte da fundamentação sobre o que se entende por inovação.

A terceira seção é dedicada à metodologia. Na quarta seção são apresentados a segunda parte da fundamentação teórica, tratando da (r)evolução das indústrias.

A quinta seção discute as ondas inovativas e os ciclos econômicos. Na sexta seção é apresentado os períodos e a (r)evolução na indústria, pautando inovação e as ondas tecnológicas.

Por fim, a última seção se dedica às conclusões sobre os corolários da pesquisa aqui apresentada.

## 2 INOVAÇÃO

Para construir a fundamentação daquilo que é entendido por inovação, entendeu-se necessário apresentar alguns entendimentos desta categoria analítica para ampliar sua compreensão.

Entender inovação é uma tarefa difícil em vista seus diferentes entendimentos existentes que a caracteriza. Para minimizar a dificuldade, é suficientemente necessário uma abordagem a partir de uma perspectiva histórica sobre o termo (RICCINI, 2001).

### 2.1 ENTENDIMENTOS DE INOVAÇÃO

Tem-se que alguns entendimentos de inovação estão fortemente associadas à noção de tecnologia e, inclusive, os termos “inovação” e “tecnologia” chegam a ser usados como sinônimos (ROGERS, 2003) ou até mesmo como termos intercambiáveis.

“Cabe ressaltar, assim, que a associação à tecnologias parece ter restringido o conceito de inovação, o qual em seu formato original pode ocorrer com ou sem o uso de tecnologia, de forma que o aparato tecnológico, em si, constitui apenas mais uma ferramenta de impulso à inovação, mas não a única” (SILVA e DACORSO, 2013).

Reforça-se que inovação não depende necessariamente da tecnologia<sup>2</sup>. Quando há um processo inovador, podem ocorrer inovações econômicas, sociais, tecnológicas, organizacionais, estratégicas, dentre tantas outras, que provêm e se desenvolvem, a priori, distintamente uma das outras (CANTÚ e ZAPATA, 2006).

Os autores, ainda assim, compreendem que é possível diferenciar **inovação de inovação tecnológica**, quando discutem que o termo “inovação” é empregado para descrever a introdução e disseminação de produtos e processos novos ou aprimorado. E quando se trata de “inovação tecnológica”, tem-se que é usada, e se refere, como o corpo de conhecimento relacionado às técnicas; ou aos avanços no conhecimento.

Naquilo que se trata especificamente de “inovação”, encontra-se na literatura internacional - e no arcabouço legislativo brasileiro - várias buscas de entendimento, e de diferentes evoluções, na compreensão e emprego do termo ao passar dos anos.

No Brasil é possível encontrar na *Lei da Inovação* de 2006 - principal marco legal brasileiro sobre o tema - em seu Artigo 2º, inciso I, o entendimento de inovação como:

“Introdução de novidade ou aperfeiçoamento no ambiente produtivo ou social que resulte em novos produtos, processos ou serviços” (BRASIL, 2006).

Outra iniciativa no Brasil, já na “*Lei do Bem*” de 2005, em seu Artigo 17, parágrafo primeiro, encontra-se o entendimento por inovação - inovação tecnológica - como:

“Considera-se inovação tecnológica<sup>3</sup> a concepção de novo produto ou processo de fabricação, bem como a agregação de novas funcionalidades ou características ao produto ou processo que implique melhorias incrementais e efetivo ganho de qualidade ou produtividade, resultando maior competitividade no mercado” (BRASIL, 2005).

<sup>2</sup>Em Silva (2003) pode-se entender que tecnologia é a combinação de conhecimento científico ou empírico para produzir e comercializar bens e serviços. Em um sentido fabril, é uma sinergia entre objetos físicos e operações técnicas - mecanizadas ou manuais - para obter produtos. Também é entendido como os conhecimentos aplicados ou recursos da ciência.

<sup>3</sup>O termo “**inovação tecnológica**” utilizado no corpo de texto da “*Lei do Bem*”, é empregada de maneira intercambiável para os termos: “**inovação**” e “**inovação tecnológica**”.

Em um outro novo esforço para um entendimento e emprego do que é inovação no Brasil, foi através do *novo Marco Legal de Ciência, Tecnologia e Inovação* de 2016, que naquela oportunidade entendeu inovação como:

“Introdução de novidade ou aperfeiçoamento no ambiente produtivo e social que resulte em novos produtos, serviços ou processos ou que compreenda a agregação de novas funcionalidades ou características a produto, serviço ou processo já existente que possa resultar em melhorias e em efetivo ganho de qualidade ou desempenho” (BRASIL, 2016).

Adotando o Manual de Oslo<sup>4</sup> como uma referência mundial para a pesquisa sobre inovação, tem-se que o manual apresenta parâmetros para a coleta de dados sobre inovação e diretrizes para aferir e permitir um comparativo das atividades tecnológicas em indústrias de diferentes países. Em sua 3ª edição de 2005, encontra-se o seu entendimento de inovação.

De acordo com o manual:

“Uma inovação é a implementação de um produto (bem ou serviço) novo ou significativamente melhorado, ou um processo, ou um novo método de marketing, ou um novo método organizacional nas práticas de negócios, na organização do local de trabalho ou nas relações externas” (OCDE, 2005, p. 55).

O Manual de Oslo permite comparar estatísticas internacionais e serve como referência para a pesquisa da União Europeia sobre a temática de inovação. Além do mais, serviu de inspiração no Brasil para a Pesquisa de Inovação (PINTEC), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que possibilitou novas linhas de pesquisas, então pouco exploradas, na literatura econômica brasileira.

Por sua vez a PINTEC<sup>5</sup>, tem por objetivo gastar esforços no levantamento de informações para a construção de indicadores nacionais sobre as atividades de inovação das empresas brasileiras, compatíveis com as recomendações internacionais em termos conceituais

---

<sup>4</sup>O Manual de Oslo - elaborada pela Organização para Cooperação Econômica e Desenvolvimento (OCDE) - apresenta parâmetros para a coleta de dados sobre inovação e diretrizes para aferir e comparar as atividades tecnológicas em indústrias de diferentes países. É um documento de referência mundial que consolida conceitos e definições sobre as atividades de inovação, em que amplia-se a abrangência do Manual Frascati, também elaborado pela OCDE, a qual se restringia somente a monitorar as atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). O manual tem sido uma das principais referências para as atividades de inovação na indústria brasileira. Antes de publicar a primeira versão do Manual de Oslo, uma versão inicial publicada é datada de 1990. Em 1991 aprimorou as discussões em uma nova publicação. Em 1992, lançou-se a 1ª edição do Manual de Oslo que tratava da inovação tecnológica de produto e processo (TPP). Em 1997, lançou-se a 2ª edição do Manual no qual se expande o tratamento para o setor de serviços. Em 2005, o Manual de Oslo chega a sua 3ª edição que incrementa a questão da inovação não tecnológica (inovação de *marketing* e organizacional) no seu conteúdo. Ressalta-se que o termo “inovação tecnológica” não é utilizado, por exemplo, pelo Manual de Oslo de 2005 (3ª edição). Na 3ª edição do Manual de Oslo, o termo “tecnológico” é removido nos entendimentos, pois abre margem para empresas do setor de serviços interpretarem “tecnológica”, como tendo de ser uma empresa detentora de plantas e equipamentos de alta tecnologia, e assim sendo, não se entendendo como aplicável à muitas de suas inovações em produtos e/ou processos” (OCDE, 2005, p. 24). Também incluiu-se uma discussão “não tecnológica” em referência às inovações organizacionais e de *marketing* (LAZZAROTTI; DALFOVO; HOFFMANN, 2011).

<sup>5</sup>A PINTEC é realizada a cada três anos. Cobre setores da indústria, de serviços e de eletricidade e gás. Busca-se construir de indicadores nacionais sobre as atividades de inovação. A importância da PINTEC se reflete em vários aspectos já que seus resultados têm sido amplamente utilizados pela comunidade acadêmica, associações de classe, empresas e órgãos governamentais de diversas esferas e regiões. Foram realizadas até o momento, sete pesquisas oficiais. São elas: Pesquisa Industrial: inovação tecnológica (2000); Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica (2003); Pesquisa de Inovação Tecnológica (2005); Pesquisa de Inovação Tecnológica (2008); Pesquisa de Inovação (2011); Pesquisa de Inovação (2014); e, Pesquisa de Inovação (2017).

e metodológicos. Tem-se que da PINTEC 2014, cuja sua publicação ocorreu em 2016, aponta seu entendimento de inovação como:

“Inovação se refere a produto e/ou processo novo (ou substancialmente aprimorado) para a empresa, não sendo, necessariamente, novo para o mercado/setor de atuação, podendo ter sido desenvolvida pela empresa ou por outra empresa/instituição” (IBGE, 2016, n. p.).

Além destes entendimentos adotados no marco legal brasileiro, e por outros entendimentos das organizações de pesquisas aqui mencionadas, encontra-se, também, as demais contribuições na literatura econômica, por diversos autores ao longo desta busca da fundamentação para uma aproximação do **entendimento conceitual** de inovação.

Partindo de que a inovação passou a desempenhar um papel importante nas discussões econômicas e nas discussões acadêmicas, diversos autores se debruçaram sob entendimentos conceituais, fornecendo suas contribuições ao longo do tempo de forma que a maioria dos autores destacam e apresentam elementos que assim julgaram mais relevantes (CANTÚ e ZAPATA, 2006; SILVA e DACORSO, 2013).

Os autores revelam um foco para a inovação como um mecanismo transformador e gerador de desenvolvimento, assim como de um processo de aquisição de conhecimento que é capaz de permitir um ambiente para parir a inovação.

Os entendimentos de inovação, em uma perspectiva histórica, são forjados nas transformações sociais e nos momentos de conjunturas econômicas em que se encontram que, por sua vez, os esforços de pesquisadores de escolas ou de correntes de pensamentos sobre inovação, devem buscar o entendimento de inovação conforme atributos ao fenômeno em movimento, para uma aplicabilidade em seus períodos abordados, separadamente, ainda que codependente uns dos outros.

Dessa maneira, os entendimentos e fundamentações de inovação apresentam interconexões históricas e (co)evoluem de várias maneiras.

Esses desdobramentos são possíveis de entender em um estudo de Van der Kooy (1988), do qual averiguou setenta e seis entendimentos de inovação, e chegou a uma conclusão de que os aspectos de atribuição relevantes para cada autor do tema, mudam com o passar do tempo.

Nesse contexto, alguns entendimentos estão resumidos no Quadro 1 abaixo.

Quadro 1 - Alguns entendimentos de inovação

(continua)

Autores	Entendimentos de inovação
Schumpeter (1934)	Aplicação comercial ou industrial de algo novo - um novo produto, processo ou método de produção; um novo mercado ou fonte de suprimento; uma nova forma de organização comercial, empresarial ou financeira.
Lange (1943)	As inovações são tais mudanças na função de produção, isto é, nas escalas de produção que indicam a relação entre a entrada de fatores de produção e a saída de produtos que possibilitam à firma aumentar o valor descontado do lucro máximo efetivo obtido sob determinada condição mercado
Drucker (1954)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Novos produtos ou serviços que são necessários para atingir objetivos de <i>marketing</i>;</li> <li>2. Novos produtos ou serviços que serão necessários devido a mudanças tecnológicas que possam tornar os produtos atuais obsoletos;</li> <li>3. Melhorias no produto necessárias para atingir os objetivos do mercado e antecipar as mudanças tecnológicas esperadas;</li> <li>4. Novos processos e melhorias em processos antigos necessários para satisfazer as metas de mercado;</li> <li>5. Inovações e melhorias em todas as principais áreas de atividade, de modo a acompanhar os avanços em conhecimento e habilidade.</li> </ol>
Rogers (1962)	A inovação, mais do que a criação de algo novo, constitui um processo pelo qual uma ideia criativa é difundida na sociedade.

(continuação)

Freeman (1979)	A inovação diz respeito a um conjunto de processos, nos quais algumas mentes imaginativas interligam ciência, tecnologia e mercado, no intuito de desenvolver novas tecnologias e produtos.
Drucker (1985)	A inovação é a ferramenta específica dos empreendedores, o meio pelo qual eles exploram a mudança como uma oportunidade para um negócio ou serviço diferente. É capaz de ser apresentada como uma disciplina capaz de ser aprendida e capaz de ser praticada. A inovação, então, é um termo econômico ou social em vez de um técnico. Inovação é uma prática que não é ciência ou artes.
Dosi (1988)	É busca e descoberta, experimentação, desenvolvimento, imitação e adoção de novos produtos, novos processos de produção e novos arranjos organizacionais.
Porter (1990)	As empresas obtêm vantagem competitiva por meio de inovações. Eles abordam a inovação em seu sentido mais amplo, incluindo novas tecnologias e novas maneiras de fazer as coisas.
Tidd; Bessant; Pavitt (1997)	A inovação pode ser considerada uma habilidade em estabelecer relações, detectar as oportunidades e tirar proveito das mesmas, de forma a criar um processo baseado no conhecimento, por meio do qual é possível realizar uma série de combinações e extrair diferentes vantagens competitivas e de aprendizado.
Chesbrough (2003)	A atual configuração do cenário competitivo tem exigido que as organizações transponham seus limites organizacionais e busquem conhecimento externo que se alie ao conhecimento interno que possuem, a fim de gerar inovações.
OCDE (2005)	É a implementação de um produto novo ou significativamente melhorado (bem ou serviço) ou processo, um novo método de <i>marketing</i> ou um novo método organizacional nas práticas de negócios, organização do local de trabalho ou relações externas.
John Kao (2007)	Inovação é um conjunto e combinação de habilidades que permitem conduzir a realização de um futuro desejado.
Salunke; Weerawardena; Mccoll-Kennedy (2011)	Num ambiente marcado por constantes mudanças as empresas tentam capturar do meio recursos que propiciem estratégias e processos mais adequados a essa dinâmica. Esse novo formato de perceber o negócio e o ambiente que o circunda tem no aprendizado por meio dos múltiplos conhecimentos adquiridos o principal motor da inovação organizacional tal qual essa se apresenta nos dias atuais.
World Economic Forum (2015)	Comercialização com sucesso de ideais inovadoras, incluindo novos produtos, serviços, processos ou modelos de negócio, que se traduzam numa melhor experiência para o cliente ou aumento de produtividade das empresas que as usam.
Manual de Oslo (2018)	É um novo produto ou processo aprimorado (ou combinação deles) que difere significativamente dos produtos ou processos anteriores que foi disponibilizado a usuários em potencial (produto) ou colocado em uso pela unidade (processo).

Fonte: Elaborada pelo autor (2021), com base em CHOI (2011); SILVA e DACORSO (2013); SHAVER (2014) e COELHO (2016).

Desde as primeiras aparições escritas que tratam de inovação, até os dias atuais, percebe-se que o seu entendimento, a sua aplicabilidade, e a utilização do termo, se ampliaram e se multiplicaram em diferentes áreas do conhecimento. O uso do termo, praticamente indiscriminado, não raro, tem levado à uma compreensão equivocada do que seja inovação (LAZZAROTTI; DALFOVO; HOFFMANN, 2011).

Em várias circunstâncias, inovação tornou-se um termo aparentemente vago, que vem a descrever tudo aquilo que seja novo, fazendo uso e emprego do termo desde automóveis à colchões (CARDON; MCHENRY; CLINE, 2016).

A inovação hoje é um retrato de expressão cotidiana de valor positivo que representa crescimento e prosperidade. Fato curioso que, diferente de um passado recente, chegou a ser proibido por reis e papas, pois os consideravam que a ideia de novidade poderia afetar de maneira negativa a sociedade. Porém, em livre e notório uso, a inovação está ligado ao mundo dos negócios e, não raro, muitas vezes, envolve o procedimento de novas tecnologias e novos corpos de conhecimentos técnicos (BERNARDO e MEDEIROS, 2021).

Portanto, de natureza complexa e de diversidade em seu entendimento, inclui-se uma ampla gama de compreensões para o termo, com vários graus incorporados em suas diversas

interpretações, e usadas em vários setores e campos de atividades econômicas que ainda devem ser implementados. A classificação de inovação é importante pois permite não apenas simplificar as visões existentes, mas também é um meio de encontrar e identificar questões pouco estudadas e exploradas sobre os desdobramentos da inovação (KOGABAYEV e MAZILIAUSKAS, 2017).

Ainda com os autores, em geral, um entendimento conceitual de inovação - um tanto complexo e multifacetado - é um tema de diversos e variados estudos de pesquisas, cuja uma **definição irrevogável** do termo, que geralmente é aceita na ciência, **não existe** e não se aplica.

## 2.2 SCHUMPETER E OS NEO-SCHUMPETERIANOS

Muitos conceitos de inovação são neologismos ou derivações, em especial, dos primeiros estudos econômicos de Schumpeter, cuja a função do processo inovador é entendida como componente essencial para entrosar o processo capitalista.

No entanto, após as erudições de Schumpeter, surgiram inúmeros estudos que originaram novas alternativas de entendimento no tocante ao avanço técnico e ao processo inovador. Novos modelos evolutivos explicando a dinâmica de desenvolvimento industrial e econômico baseados em novas tecnologias surgiram. Tais esforços de pesquisa desenvolveram marcos teóricos para as mudanças na economia, surgindo, nesse contexto, escolas de pensamentos econômicos conhecidos como corrente neoschumpeteriana (LAZZAROTTI; DALFOVO; HOFFMANN, 2011; OLIVEIRA, 2017).

### 2.2.1 Inovação à luz de Schumpeter

“O tema inovação passou a ser discutido por Schumpeter no início do século XX, no auge do período industrial, quando a inovação foi vista como algo novo, por meio de formas de pensar, aprender, agir e se comportar, inclusive com mudanças na estrutura organizacional” (SCHMITZ *et al.*, 2017).

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, o aumento da produção e o acúmulo de recursos, como os fatores determinantes do desenvolvimento econômico (COSTA, 2006).

O autor é conhecido como fundador, ou pai, da inovação na economia que, em geral, influenciou as teorias econômicas e a origem do conceito de inovação. Considerou a inovação como elemento que impacta o desenvolvimento econômico, da qual - impulsionado pela inovação e através de um processo dinâmico em que a mudança tecnológica combinada de forças produtivas - resolve problemas nos negócios e substitui antigos modelos tecnológicos por processos (KOGABAYEV e MAZILIAUSKAS, 2017; BERNARDO e MEDEIROS, 2021)

Os autores corroboram que um exemplo de processo que substitui um modelo antigo é o da “destruição criadora”, da qual inovações radicais geram rupturas intensas e sem precedentes nas atividades econômicas.

Nesta base conceitual iniciam-se os modelos da inovação desenvolvidos pelas ciências econômicas. De acordo com Foster e Kaplan (2002), Schumpeter entende que as **invenções tecnológicas** impulsionam as **inovações empresariais**, das quais ganhavam mercado, difundiam-se, e geravam lucros. O múltiplo e interrupto processo de invenções, inovações, e difusões - “destruição criadora” - auferem que as novidades mais eficientes ganham espaço no mercado com a, conseqüente, queda de seus concorrentes.

Schumpeter possui particularidades diante 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. Suas formulações revolucionárias tem enorme contemporaneidade, demonstrando importância de suas reflexões na compreensão dos movimentos modernos (MORICOCI e GONÇALVES, 1994).

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, 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 sua 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, (re)organização da indústria.

Portanto, de acordo com Schumpeter (1934; 1988; 1997), a inovação é identificada e pode ocorrer das seguintes maneiras:

- “1) Introdução de um **novo bem ou produto**. Isso significa: um bem ou produto, com que os consumidores ainda não estiverem familiarizados. Ou, até mesmo, de uma nova qualidade de um bem ou produto no mercado;
- 2) Introdução de um **novo método ou processo de produção**. Isso significa: um método ou processo, que ainda não tenha sido testado pela experiência no ramo próprio da indústria de transformação. Ainda que, de modo algum, precisa ser baseada numa descoberta cientificamente nova, e pode consistir também em nova maneira de manejar comercialmente uma mercadoria;
- 3) Abertura de um **novo mercado**. Isso significa: abertura de um mercado em que o ramo particular da indústria de transformação do país em questão, não tenha ainda entrado. Independentemente que esse mercado tenha existido antes;
- 4) Conquista de uma **nova fonte de oferta de matérias-primas** ou de novos bens semimanufaturados ou de novos suprimentos, independentemente do fato de que essa fonte já existia ou teve que ser criada;
- 5) Estabelecimento ou implementação de uma **nova forma de organização**. Seja essa forma de qualquer indústria, tal como a criação de uma posição de monopólio (por exemplo, pela “trustificação”) ou a fragmentação de uma posição de monopólio” (SCHUMPETER, 1934, p. 66; 1988 p. 48; 1997, p. 76 - grifo do autor - tradução nossa).

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 e 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 e 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. O

empreendedor é o portador da capacidade de realizar tais novidades que antes não estariam disponíveis de maneira difusa (COSTA, 2006).

Schumpeter (1934) entende o empreendedor como o responsável para a realização de novas combinações na economia, e demonstra sua importância para a explicação do crescimento econômico. O empreendedor é quem inova, cria novas combinações e muda o ambiente de negócios da economia, tomando a iniciativa de criar novas empresas, sendo até, em grande medida, responsável por manter a economia capitalista em curso.

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 e 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 e BACHA, 1998).

Concretizar a inovação a distingue de duas situações e a correlaciona a duas ações: (a) invenção; (b) inovação. Para Schumpeter (1982, p. 62), “enquanto não forem levadas à prática, as invenções são economicamente irrelevantes”. Dessa maneira, o empreendedor busca levar à prática tal invenção, e a empresa é identificada como um “locus privilegiado da inovação”.

Para Santos (2017), inovação é ação econômica da atividade do empresário que é diferente da invenção, cuja esta é a concepção técnica da atividade do pesquisador. Inovação se trata de um fenômeno tipicamente econômico e existe quando ocorre, efetivamente, sua introdução na esfera de atividades econômicas, corroborando e instigando com a competitividade e com lucro no contexto capitalista.

Ainda com o autor, Schumpeter argumenta que embora os empresários possam ser inventores, não o desempenham tal papel em razão da aptidão e função de “ser empresário”, porém pode ocorrer de desempenhar 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).

Conforme Schumpeter (1934), os períodos de prosperidade estão ligados à inovação gerada pelo empreendedor inovador que cria novos produtos, ativando a economia por meio dos investimentos aplicados à estas inovações. A partir dessas inovações, os produtos passam a ser imitados por um conjunto de empreendedores não inovadores, que investem recursos para produzir e imitar os bens criados pelo empresário inovador (SCHUMPETER, 1934).

“A inovação nunca é um fenômeno único, mas um processo longo e cumulativo de um grande número de processos de tomada de decisão organizacional, que vai desde a fase de geração de uma nova ideia até a sua fase de implementação. Nova ideia refere-se à percepção de uma nova necessidade do cliente ou de uma nova forma de produzir. Ele é gerado no processo cumulativo de coleta de informações, associado a uma visão empreendedora sempre desafiadora” (URABE, 1988).

Ao introduzir uma inovação que é absorvida pelo mercado, resulta-se em nova dinâmica para a economia. Os lucros da inovação acirram a competição capitalista atraindo para o mercado os imitadores, que investem recursos naquilo que foi criado pelo inovador. Tem-se, então, que desenvolvimento econômico é dinâmico e em transformação haja vista o caráter assimétrico das inovações (SHIKIDA e BACHA, 1998).

Para os autores, as ondas de inovação e mudanças econômicas tendem a concentrar-se nos setores mais fortes e desenvolvidos da economia, cujo seu 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.

### *2.2.2 Inovação à luz dos Neo-Schumpeterianos*

Diante dos impactos econômicos, sociais e políticos do chamado “novos paradigmas tecnoeconômicos<sup>6</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 valoriza as possibilidades de intervenção social nos processos históricos. Ela enfatiza a natureza endógena do processo 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, da 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 e PEREZ, 1988; FREEMAN, 1995).

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 que leve em conta sua natureza histórica (TIGRE, 2006; COSTA, 2016; OLIVEIRA, 2017).

Os autores ainda trazem que o método é principal recurso para analisar a nova era que rejeita as teorias convencionais sobre a firma e retoma à tradição clássica de investigar as causas da riqueza econômica.

O esforço parte de que a mudança tecnológica é o motor do desenvolvimento capitalista, sendo a firma o *locus* de atuação do empresário inovador e do desenvolvimento das inovações. Tal abordagem defende que a inovação constitui o determinante fundamental do processo dinâmico da economia, atribuindo que a dinâmica econômica para inovações, ocorre em produtos, processos e, também, na forma de organização da produção (VIEIRA, 2010).

É rejeitado o característico paradigma de equilíbrio de mercado da análise neoclássica, quando propõem que o progresso técnico é resultante da adoção de mudanças e inovações como um elemento exógeno ao sistema econômico e dependente da natureza e do setor em que as inovações são geradas (TIGRE, 2006; FELIPE, 2008; VIEIRA, 2010).

Ainda com os autores, a corrente neoschumpeteriana destoa ao conceito de análise estática e de equilíbrio otimizado da firma - da escola neoclássica - pois diante do ambiente coletivo de mudanças proporcionadas por agentes individuais, o progresso técnico e tecnologia resultam do desenvolvimento de inovações que dependem também de fatores endógenos ou

---

<sup>6</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.

institucionais, ou seja, há interação endógena entre estratégia da firma e estrutura do mercado ao longo do tempo por esforços inovativos das empresas, sendo o desequilíbrio a regra deste processo.

Dessa maneira, rejeitando e distinguindo das teorias convencionais neoclássicas e das teorias da organização industrial, a corrente neoschumpeteriana descarta hipóteses básicas do pensamento econômico convencional e dá ênfase a três princípios que são destacados como chaves para seu entendimento, e explicitam essas premissas de três formas: (1) existência de assimetria técnico-econômicas entre agentes; (2) existência de variedade tecnológica; (3) existência de diversidade comportamental entre os agentes (KUPFER e HASENCLEVER, 2002; TIGRE, 2009).

Para Kupfer e Hasenclever (2002), igualmente três conceitos dão sustentação à esses princípios ou premissas: (1) a tecnologia é apropriável, cumulativa, tácita e irreversível; (2) incerteza de resultados dos esforços ou decisões tecnológicas; (3) existem paradigmas e trajetórias tecnológicas setoriais ordenando o progresso técnico, fazendo da busca e seleção de inovações, um processo não randômico, nem totalmente exógeno.

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.

“A questão central enfrentada pelos modelos evolucionistas é a tentativa de tratar a inovação [...] isso significa que a dinâmica a ser estudada não pode deixar de ser a dinâmica do processo de mudança. Nesse marco teórico, a preocupação de descrever a (falsa) dinâmica de ajuste de natureza estática comparativa não tem sentido e é irrelevante. O objetivo é tratar variáveis *path-dependente*<sup>7</sup>, por isso a história tem que ser incorporada ao sistema teórico tanto no que diz respeito à história passada em decorrência da natureza cumulativa das variáveis analisadas quanto em relação ao futuro que, em vista das condições de incerteza sob as quais se dá o processo decisório, não pode ser reduzido a sequências lógicas de tempos” (KUPFER e HASENCLEVER, 2002, p. XXV).

No Quadro 2 a seguir, é apresentado um esforço do estudo para reunir os principais autores neo-schumpeterianos, suas principais obras e uma sucinta nota de suas contribuições.

<sup>7</sup>Utilizado para descrever a poderosa influência do passado sobre o presente e o futuro.

**EDITH PENROSE (\*1914 - †1995) - PRINCIPAL OBRA:** *The Theory of the Growth of the Firm* (1959)

Ao entender as firmas como conjuntos de recursos humanos dedicados à lucrativa produção de bens e serviços, a autora ressalta a importância do investimento em pesquisas tecnológicas facilitadoras de redução de custos e diversificação de atividades e produtos, por meio das quais se torna possível eliminar obstáculos ao crescimento das empresas. Condição de sobrevivência para as firmas, o crescimento fundamentado em pesquisas tecnológicas tende a ocorrer de forma segura, inserido em áreas de especialização e competência que conformam as bases tecnológicas das produções industriais. Edith Penrose contribuiu no entendimento do papel da tecnologia e do conhecimento no crescimento da firma. Entende a firma como uma organização com habilidades e conhecimentos que são reunidos para produzir mercadorias. A capacidade de explorar habilidades e conhecimentos, como em inovar, determina o crescimento da firma. Penrose propõe uma análise da firma centrada nas suas capacitações internas, da qual a função econômica primária da firma é usar os recursos produtivos fornecendo mercadorias e serviços para a economia conforme planos desenvolvidos e executados dentro da firma.

**NATHAN ROSENBERG (\*1927 - †2015) - PRINCIPAL OBRA:** *Inside the black box: technology and economics* (1982)

Nathan Rosenberg dá ênfase à natureza descontínua e ao alto grau de complexidade sistêmica do processo inovativo, aborda a relação entre desenvolvimento tecnológico e desenvolvimento científico, explorando as diversas possibilidades de interação. A partir dessa abordagem, refuta a sequência linear entre os mesmos e a ideia decorrente de que a tecnologia é a aplicação da ciência no setor produtivo. Uma das principais contribuições desse autor reside na afirmação de que a inovação tecnológica é um processo de aprendizagem. Somado ao conceito de aprendizado pela prática (*learning by doing*), destaca o que chama de aprendizado pelo uso (ou *learning by using*), isto é, o aprendizado existente na utilização pelo usuário final de uma tecnologia. A contribuição de Rosenberg, se dá para a compreensão da mudança tecnológica.

**RICHARD R. NELSON (\*1930) e SIDNEY G. WINTER (\*1935) - PRINCIPAL OBRA:** *An Evolutionary Theory of Economic Change* (1982)

Constitui a principal manifestação teórica da chamada economia evolucionária ou neoschumpeteriana. Apresenta entre suas mais importantes contribuições a definitiva incorporação do progresso técnico e das inovações tecnológicas ao rol das variáveis fundamentais da teoria do desenvolvimento, tanto das empresas e de seus ramos de atividades como de âmbito macroeconômico mais geral. Nelson e Winter apoiam-se em investigações de Schumpeter, Simon, Penrose e Marris, assim como conceitos da biologia evolucionista, buscando acrescentar ao debate a questão tecnológica das teorias da firma. Nelson e Winter descaracterizam o equilíbrio como forma econômica, mostrando que o desequilíbrio, as variações de ações entre as firmas, e inovação tecnológica, são fatores que levam ao desenvolvimento, prospecção, e a pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias. Demonstra que a concorrência capitalista, proposta por Schumpeter, tende a gerar firmas vencedoras tanto como perdedoras e, através das estratégias adotadas, algumas firmas extrairão maior proveito das propriedades técnicas do que outras. Dessa maneira a concorrência se torna um processo dinâmico incessante, endógeno ao sistema econômico, capaz de gerar instabilidade estrutural, tanto que a diversidade e as assimetrias competitivas, são suas características permanentes.

**GIOVANNI DOSI (\*1953) - PRINCIPAL OBRA:** *Technological paradigms and technological trajectories. A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change* (1982)

Formulou seu conceito de “paradigma tecnológico”, a partir de uma criativa e inovadora analogia com o de “paradigma científico” concebido por Thomas Kuhn. Dosi complementa a ideia de estratégia tecnológica propondo a noção de paradigma e trajetórias tecnológicas como ideia de um padrão de solução de problemas tecnológicos. O enfoque evolucionista, possibilitou o tratamento da firma em termos dinâmicos. Mostrando a permanente busca da firma em introduzir mudanças em seus produtos e processos produtivos num ambiente de seleção de mercado, e evidencia a existência de um processo dinâmico, cujos resultados são determinados pelo tempo, em que o comportamento das firmas é explicado por rotina, busca e seleção. A firma busca explicar os processos que transformam a economia capitalista endogenamente, num ambiente, no qual os agentes decidem sob condições de racionalidade limitada e incerteza. Assim, diferindo da teoria neoclássica, que se fundamenta nas hipóteses de maximização e equilíbrio. Neste contexto, o progresso técnico é exógeno.

**CARLOTA PEREZ (\*1939) - PRINCIPAL OBRA:** *Catching up in technology: entry barriers and Windows of opportunity* (1988)

Desenvolve o conceito de Mudanças de Paradigma Tecno-Econômico e a teoria das grandes ondatadas de desenvolvimento, um grande desdobramento do trabalho de Schumpeter sobre as ondas do russo Kondratieff. Perez parte da hipótese de que o desenvolvimento acontece em grandes ondas, desencadeadas por ciclos de inovações tecnológicas. Sob influência Schumpeteriana, Perez - em conjunto com Freeman - reconhece que o progresso técnico avança a partir de revoluções. Semelhante à proposta de Abramovitz, o *catching-up* depende do *gap* de produtividade entre os países e das capacitações sociais, Perez enfatiza que o emparelhamento produtivo resulta da trajetória tecnológica em curso e das janelas de oportunidade abertas em cada momento histórico. Além de uma ampla análise de como o desenvolvimento acontece a partir das revoluções tecnológicas, a grande contribuição de Perez foi fazer um link entre capital produtivo e monetário, periodizando as crises financeiras a partir do ciclo das inovações em curso.

**CHRISTOPHER FREEMAN (\*1921 - †2010) - PRINCIPAL OBRA:** *The national system of innovation in historical perspective* (1995)

Freeman contribuiu substancialmente para o renascimento da tradição neoschumpeteriana com foco no papel crucial da inovação para o desenvolvimento econômico e das atividades científicas e tecnológicas para o bem-estar. Sistema nacional de inovação é um conceito síntese da elaboração neoschumpeteriana: ele expressa o complexo arranjo institucional que impulsionando o progresso tecnológico determina a riqueza das nações. Sistema nacional de inovação certamente é uma ideia fundadora. Christopher Freeman é um dos principais formuladores desse conceito. Freeman (1974) busca tratar de dos ciclos econômicos, demonstrado por Schumpeter, e mostra como a difusão de inovações está no centro dos movimentos cíclicos da economia mundial. As teorias neo-schumpeterianas lançam nova visão para o estudo da firma. Freeman resgatou a contribuição de Schumpeter incorporando o progresso técnico como variável-chave do processo evolucionário da firma e do mercado, e revelou características básicas das estratégias tecnológicas que as firmas adotam.

### 3 METODOLOGIA

O método empregado neste estudo é de natureza exploratória e sua classificação norteia-se por utilizar técnica de levantamento bibliográfico.

O esforço de pesquisa deste estudo verifica a evolução do que se entende como inovação ao longo de cada um dos períodos das (r)evoluções na indústria, identificando os impactos e transformações das práticas inovativas.

Para alcançar tais objetivos pretendidos, os caminhos percorridos foram de leituras exploratórias e seletivas, bem como de viabilizar uma breve análise teórico-histórica para melhor compreender a dinâmica econômica conforme os períodos e suas (r)evoluções.

Inicialmente teve-se o cuidado de construir uma aproximação para fundamentar, em seguida, um entendimento de como ocorreu os desdobramentos da evolução de inovação ao longo do tempo.

Dessa forma, foi apresentado um sucinto resgate teórico-histórico para uma melhor compreensão daquilo que é tratado como o entendimento de inovação.

Buscou-se construir uma breve passagem sob diferentes prismas, com um cuidado de (re)visitar ou apontar contribuições de instituições e autores teóricos na literatura de inovação, construindo, assim, um rápido sentido teórico-histórico para tratar desse elementar fio condutor do presente estudo.

Tal maneira, trouxe como elementos - além dos já mencionados - alguns entendimentos e empregos da inovação em organizações e instituições econômicas, além de invocar um uso muito breve do arcabouço legal brasileiro, provocando, assim, uma mais singela ampliação para o que se entende de inovação em um emprego de cunho e finalidade política.

Em seguida à construção das fundamentações para o entendimento de inovação, foi apresentado as abordagens de estudos sobre inovação à luz de Schumpeter e da corrente Neoschumpeteriana.

Assim sendo, o enquadro dos principais autores neo-schumpeterianos, ampliou e habilitou para a sequência do estudo, detendo uma visão tecno-econômica na dinâmica inovativa na indústria ao longo dos períodos e seus desdobramentos.

Logo após essa primeira parte de fundamentação, o esforço do estudo desdobrou-se na apresentação dos períodos de revoluções da indústria e seu conteúdo através das inovações.

Tem-se que o maior esforço do estudo se concentrou em apresentar discussões das (r)evoluções que as inovações provocaram.

As ondas de inovações e os ciclos foram ilustrados, bem como foi possível enquadrar os tipos de revoluções que a indústria atravessa em seus períodos.

Para efeito de discussão, em particular das inovações, nos períodos encontrados, o estudo seguiu apontando para cada qual período da (r)evolução tecnológica na indústria, as características de suas ondas de (r)evolução tecnológica.

Por fim tem-se as conclusões, da qual apresenta o alcance que se obteve diante a pergunta norteadora apresentada na pesquisa, bem como é apresentado uma rápida abordagem do que se entende da atual fase da (r)evolução na indústria e suas tecnologias.

### 4 (R)EVOLUÇÃO DAS INDUSTRIAS

Landes (2005) alerta para a necessidade de apontar para um melhor entendimento da expressão “*revolução industrial*”, pois entende que é o primeiro dever do autor apontar de qual atribuição o termo empregado vai se invocar.

Para o autor, tem-se que o termo “*revolução industrial*” - com iniciais em letras minúsculas - se refere ao complexo de inovações tecnológicas que introduzem mudanças, dando origem a uma economia moderna. Dessa forma, a Revolução Industrial transformou

profundamente muitas nações e, ainda que em medida desigual; as sociedades ainda estão e estarão se modificando, estando por vir mais transformações de outras econômicas (nações).

Ainda com o autor, “*Revolução Industrial*” - com letras maiúsculas - denotam o sentido do primeiro exemplo histórico do avanço de uma economia agrária - e dominada pela habilidade artesanal - para transformar-se em uma economia dominada pela indústria e pela fabricação mecanizada.

Nesse contexto, tem-se que para Schwab (2016) a palavra “*revolução*” é uma mudança abrupta e radical, sem precedentes.

Cabe dessa maneira apontar que, neste estudo em particular, quando se encontra a expressão “*(r)evolução*” - seja inicial maiúscula ou minúscula - se quer transmitir que pode-se interpretar uma leitura tanto para algo que **sofreu sucessivas mutações** (evolução) quanto para algo que **atravessou** ou **atravessa profundas transformações** (revolução) da qual altera o rumo e a dinâmica na economia industrial, ou seja, podem ser intercambiáveis.

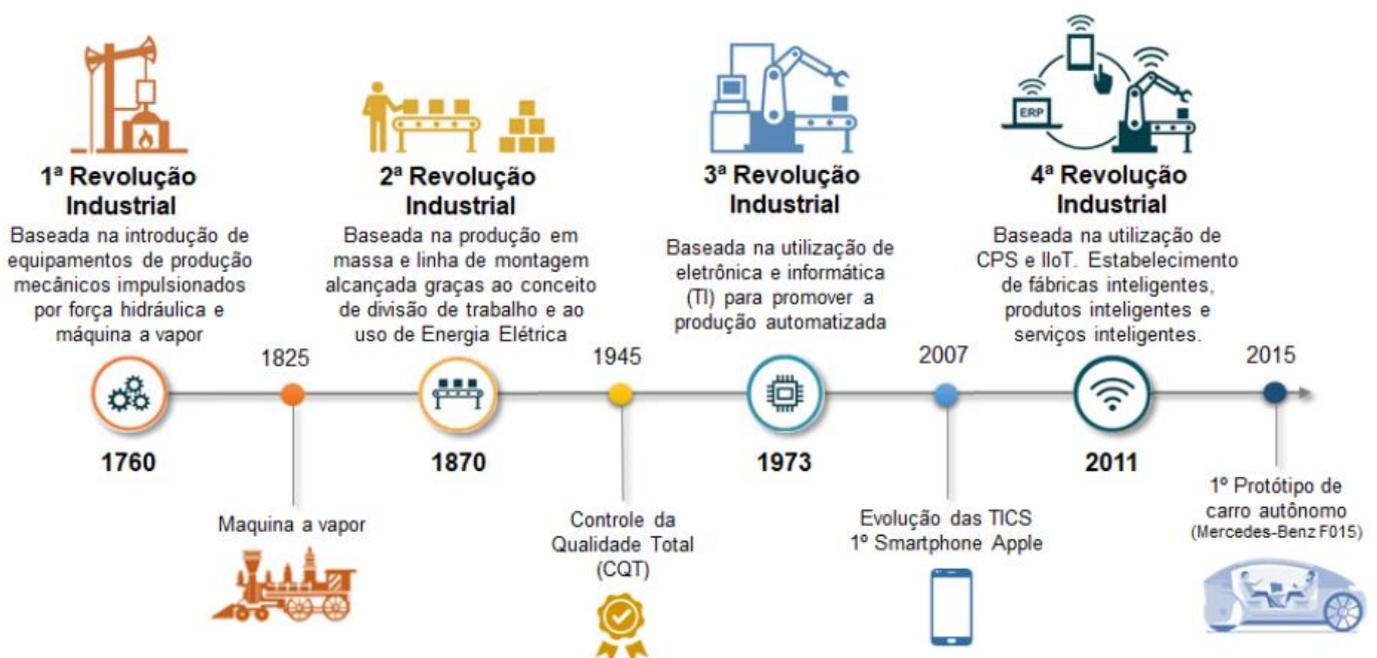
#### 4.1 PERÍODOS DAS (R)EVOLUÇÕES INDUSTRIAIS

A Revolução Industrial precedeu a passagem do capitalismo comercial para o capitalismo industrial. A evolução do capitalismo simbolizou um movimento de “aceleração da história”, oriundo do poderio econômico gerado. Dessa maneira, o capitalismo possui um caráter revolucionário ao transformar o meio social e suas relações existentes (MARX e ENGELS, 1998).

Em perspectiva histórica, a indústria se transformou ao longo do tempo e houveram marcos significativos em todo o processo de industrialização (Revoluções Industriais) assim como nos processos de tecnologias (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).

As Revoluções Industriais não podem ser explicadas somente pelas inovações, invenções, ou descobertas de novas máquinas e equipamentos, ou por novas fontes de energia, ou seja por materiais ou métodos, por exemplo. No entanto, estes são fatores fundamentais, e chaves, no desenvolvimento da economia nos últimos dois séculos e meio.

Marson (2014) corrobora que historicamente a indústria foi o fator mais poderoso de aceleração do crescimento econômico. Assim sendo, a indústria exerceu grande impacto nos setores da economia, no ambiente institucional e social, tendo que os avanços da tecnologia foram e são extremamente importantes para a evoluções na indústria.

Contudo, a difusão das máquinas - chamada de maquinismo - caracteriza e diferencia este período. A indústria sempre foi crucial e fator indispensável para um desenvolvimento econômico nas nações, e ainda se tem passado por significativas transformações que revolucionaram a maneira como os produtos são fabricados (HOBSBAWM, 2010).

Pode-se entender que as (r)evoluções industriais são mudanças radicais dentro de uma sociedade. Ela ocorre no contexto político, econômico, cultural e social, estabelecendo uma nova ordem. Em sentido figurado, uma (r)evolução sinaliza uma, ou mais, transformação(ões) profunda(s).

Tais (r)evoluções são possíveis graças as (r)evoluções tecnológicas, cuja a dinâmica social-econômica é profundamente abalada, e o acúmulo histórico do conhecimento ficam abertos e expostos diante às novidades e à capacidade de responder ao novo fenômeno emergente.

Pode-se dizer que a finalidade, e os meios, são de deter um processo de competitividade maduro tecnologicamente, com vistas às prosperidades econômicas, seja no acúmulo de riquezas dessas nações, ou para que seja em seu desenvolvimento.

De acordo com Landes (2005), a Revolução Industrial iniciou na Inglaterra e difundiu-se, desigualmente, para os outros países. Em um intervalo curto, de duas gerações, tal processo transformou a vida do homem ocidental, a natureza da sociedade e seu relacionamento com outros povos e nações do mundo.

Na Primeira Revolução Industrial utilizava-se carvão como força energética e foi marcada pela transição do trabalho manual substituído por máquinas e motores alimentados a vapor que, inicialmente, foram utilizados na produção de tecidos gerando estímulos para ocorrência da produção em massa (LOH, 2016; RODRIGUES, 2021).

A Segunda Revolução Industrial foi marcada com a introdução da eletricidade nos sistemas produtivos, cuja característica é a produção em massa. A divisão do trabalho foi marcada pelo processo de linha de produção contínua com gestão da qualidade em seus processos e produtos. A gestão da qualidade tornou a indústria mais organizada e através da eletricidade bem desenvolvida, evoluiu capacidades para os semicondutores, abrangentes na próxima revolução industrial (TIGRE, 2006; LOH, 2016; RODRIGUES, 2021).

A Terceira Revolução Industrial é caracterizada pelo uso da eletrônica e Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC's), que aprimoram a automação na produção marcada pelo primeiro Controlador Lógico Programável, do qual permitiu a programação digital dos sistemas de automação (HOBSBAWM, 2010; RODRIGUES, 2021).

Tem-se que a combinação de tecnologias avançadas - com o advento da internet - está novamente transformando o panorama industrial, momento do qual emerge um novo período de (r)evolução da indústria (LASI *et al.*, 2014).

A Quarta Revolução Industrial desencadeou-se pelo nível mais sofisticado do desenvolvimento das TIC's no contexto da inteligência artificial. Sua base tecnológica é a integração de tecnologias conhecidas como tecnologias habilitadoras (ROJKO, 2017).

Nesse sentido, as (R)evoluções Industriais já transformaram diversas nações e sociedades - ainda que em medida desigual. Tem-se que ainda estão por vir muitas transformação de novas naturezas do processo industrial e na dinâmica econômica.

#### 4.1.1 Primeira Revolução

A primeira nação que transformou o capital comercial em capital industrial, e que possuía grande poder econômico mercantil foi a Inglaterra. Tal passagem de capital comercial para industrial pariu o fenômeno que ocorreu ao final do século XVIII e início do século XIX - entre os anos de 1760 e 1860 - e transbordou em seguida para outros países, como a França, Bélgica, Holanda, Rússia Alemanha e Estados Unidos (DEZORDI, 2008).

A Primeira Revolução Industrial marcou a transição dos métodos de produções artesanais (produção domiciliar), para processos de produção mecanizados (sistema de produção em fábricas), dos 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 e 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, conduziu 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 às 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 a 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 e 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 conhecido como “maquinofatura” no setor têxtil, fazendo uso e emprego do *tear mecânico* (tecelagem) e da *máquina de fiar* (fiação), 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 mesmo que na Europa os vínculos entre ciência e tecnologia começaram a se estreitar desde a fundação da Escola Politécnica por Napoleão Bonaparte em 1794 na França, somente na próxima revolução que se tem uma clareza desse estreitamento entre ciência e tecnologia.

#### 4.1.2 Segunda Revolução

Em 1870, diante a 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 (r)evoluções 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 as taxas de lucratividade se elevassem, permitindo o acelerado crescimento industrial. Motores e máquinas de tamanhos menores e a eletrônica avançada, permitiram o desenvolvimento de um grande número de 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 a 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 e 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 ficar especialista 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 e 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 e 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).

Os autores ainda permitem entender que do ponto de vista científico - no segmento químico e de materiais eletivos - surgiram laboratórios de P&D cuja a transversalidade de determinadas inovações, deram origem à um período intenso em desenvolvimento científico, desenvolvimento tecnológico e, conseqüentemente, econômico (TIGRE, 2006; FREEMAN e SOETE, 2008).

### 4.1.3 Terceira Revolução

Com início em meados de 1960, tem seu grande marco introdutório com a Tecnologia da Informação (TI) prosperando em meio às 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 TIC’s. 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 TIC’s 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 (r)evolução 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; 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 as 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 TIC’s 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.

#### 4.1.4 Quarta Revolução

Aquilo que é entendido como Indústria 4.0 foi apresentada na Alemanha durante a Feira de Hannover em 2011. A ideia principal é explorar o potencial e novos conceitos das tecnologias que unem o físico ao digital (ROJKO, 2017). Fundamenta-se o uso e integração sinérgica das TIC's e a automação industrial.

Popularmente conhecida durante a iniciativa alemã “*Industrie 4.0*”, as propostas e análises da iniciativa se desdobraram em fatores e meios para fortalecer a competição da manufatura alemã através de uma transformação digital (LIMA e GOMES, 2020).

A atual indústria atravessa mudanças oriundas de fortes inovações - muitas delas se encontram ainda em desenvolvimento - das quais vão alterar profundamente os processos, a organização da produção, e a interação entre os agentes econômicos. Um conjunto de soluções integradas, de serviços de elevado valor agregado habilitados via *softwares* em processos ultra eficientes, resultam em bens customizados (LIMA e GOMES, 2020).

Para Lasi *et al.* (2014):

“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 [...]” (LASI *et al.*, 2014, p. 240 - tradução nossa).

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 - agora possuem 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>8</sup>; (2) **Segurança cibernética**<sup>9</sup>; (3) **Big Data and Analytics**<sup>10</sup>; (4) **Computação em Nuvem**<sup>11</sup>; (5) **Robótica Avançada**<sup>12</sup>; (6) **Integração de Sistemas**<sup>13</sup>; (7) **Manufatura Digital**<sup>14</sup>; (8) **Manufatura Aditiva**<sup>15</sup>; (9) **Realidade Aumentada**<sup>16</sup> (RUBAMANN *et al.* 2015; SAKURAI e ZUCHI, 2018).

<sup>8</sup>Relação entre coisas e pessoas através da conexão de plataformas e tecnologias. Possuem sensores e atuadores para gerar dados.

<sup>9</sup>São meios de comunicação cada vez mais confiáveis e sofisticados.

<sup>10</sup>Estruturas de dados extensos e complexos, com abordagem de captura, análise e gerenciamento de informações integradas.

<sup>11</sup>É o banco de dados e o aumento da capacidade de aumentar a velocidade de processamento, sendo acessado de qualquer lugar.

<sup>12</sup>São robôs mais adaptáveis e flexíveis; interagindo com outras máquinas de maneira autônoma.

<sup>13</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>14</sup>Utiliza informações obtidas em tempo real. São feitos testes de otimização de parâmetros com atribuições em modelos “gêmeos digitais”.

<sup>15</sup>Princípio básico de funcionamento é a geração de objetos tridimensionais (impressões 3D).

<sup>16</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.

Com as tecnologias habilitadoras dispostas, o impacto na indústria fica a cargo das comunicação e integrações das múltiplas tecnologias que forçam as empresas a (re)pensarem 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 (re)distribuição (COELHO, 2016).

De maneira geral, esse novo modelo industrial baseia-se na digitalização do ambiente de manufatura. O fundamento básico é de que conectando máquinas, sistemas, e ativos, as empresas podem criar fábricas e redes inteligentes e, sendo assim, controlar em tempo real os módulos de produção de forma autônoma (SAKURAI e ZUCHI, 2018).

A Indústria 4.0 é uma mudança na lógica do sistema de produção para uma abordagem de valor cada vez mais descentralizada e auto-reguladora, habilitada por conceitos e tecnologias das quais ajudam a indústria em atender sua produção futura (LIMA, 2018).

## 5 ONDAS INOVATIVAS E CICLOS ECONÔMICOS

A análise da flutuante economia é baseada no desequilíbrio e na história, já que é um processo de (r)evolução que carrega em sua dinâmica cíclica os “genes de seu passado”.

Foi com Schumpeter que a inovação passou a ser entendida como central força propulsora das mudanças mundiais, sendo o principal motor de desenvolvimento das nações. A busca por diferenciais para ter um bem raro no mercado é a única maneira de se destacar em um cenário competitivo global. Assim as nações podem dar saltos de crescimento, permitindo sua diferenciação dentre as nações (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 (r)evolução 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).

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. Já 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 (PACHECO, 2010).

Ao conceito original de inovação proposto por Schumpeter, não se aplica classificações de inovação incremental e inovação radical. Para o autor, a inovação é algo que ninguém fez antes, e que é, essencialmente, novo para o mercado, portanto baseada do conceito de inovação apresentado por Schumpeter, a inovação incremental não parece existir e a inovação é somente radical (LAZZAROTTI; DALFOVO; HOFFMANN, 2011).

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 pode ser dividida em dimensões, de acordo com o grau de novidade. Se a inovação ocorre apenas através de melhorar o desempenho de componentes já existentes ou de processos, tem-se a inovação incremental. Por outro lado tem-se a inovação radical quando houver uma mudança significativa, ou avançada, no mercado, como por exemplo um novo componente de mercado (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. Por exemplo 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 (SANTOS, 2017).

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. A segunda 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 (TIGRE, 2006).

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 que os pneus radiais, introduzidos em 1970, demorou menos de 8 anos para atingir os mesmos 90% do mercado

Estudos como o de Hollander (1965), revelou que as inovações de processo incrementais e adicionais eram tão importantes como as inovações do produto para os ganhos de produtividade na indústria (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. Trata-se de uma mudança de natureza mais qualitativa do que quantitativa, pois parte de dentro da própria estrutura do sistema econômico (COSTA, 2016).

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 e 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. 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 (SILVA e DACORSO, 2013; TIGRE, 2006).

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 e 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).

Os novos produtos e processos abrem disputa com os velhos sob vantagem de serem mais eficientes e para permanecer no mercado, as empresas teriam de, cedo ou tarde, investir em inovações e abandonar as formas tradicionais de produção. 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 (TIGRE, 2006).

As inovações tecnológicas e a abertura de novos mercados provocam mudanças na organização industrial, gerando instabilidade no sistema capitalista quando surgem de formas descontínuas, substituindo antigas estruturas pelas novidades do mercado, processo entendido como “destruição criadora” (SCHUMPETER, 1961).

Para Perez (2002), a “destruição criadora” ocorre em períodos de forte e acentuada (r)evolução 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. 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 e HASENCLEVER, 2002).

Tais revoluções na estrutura são processos não contínuos e não harmônicos, que ocorrem e se caracterizam, historicamente, em explosões cíclicas, discretas e sistemáticas entre períodos a cada 50 ou 60 anos. Essas explosões cíclicas representam uma ruptura do estado tecnológico anterior, provocando reações localizadas e adaptativas que promovem profundas mudanças em toda a economia (PEREZ, 2002).

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.

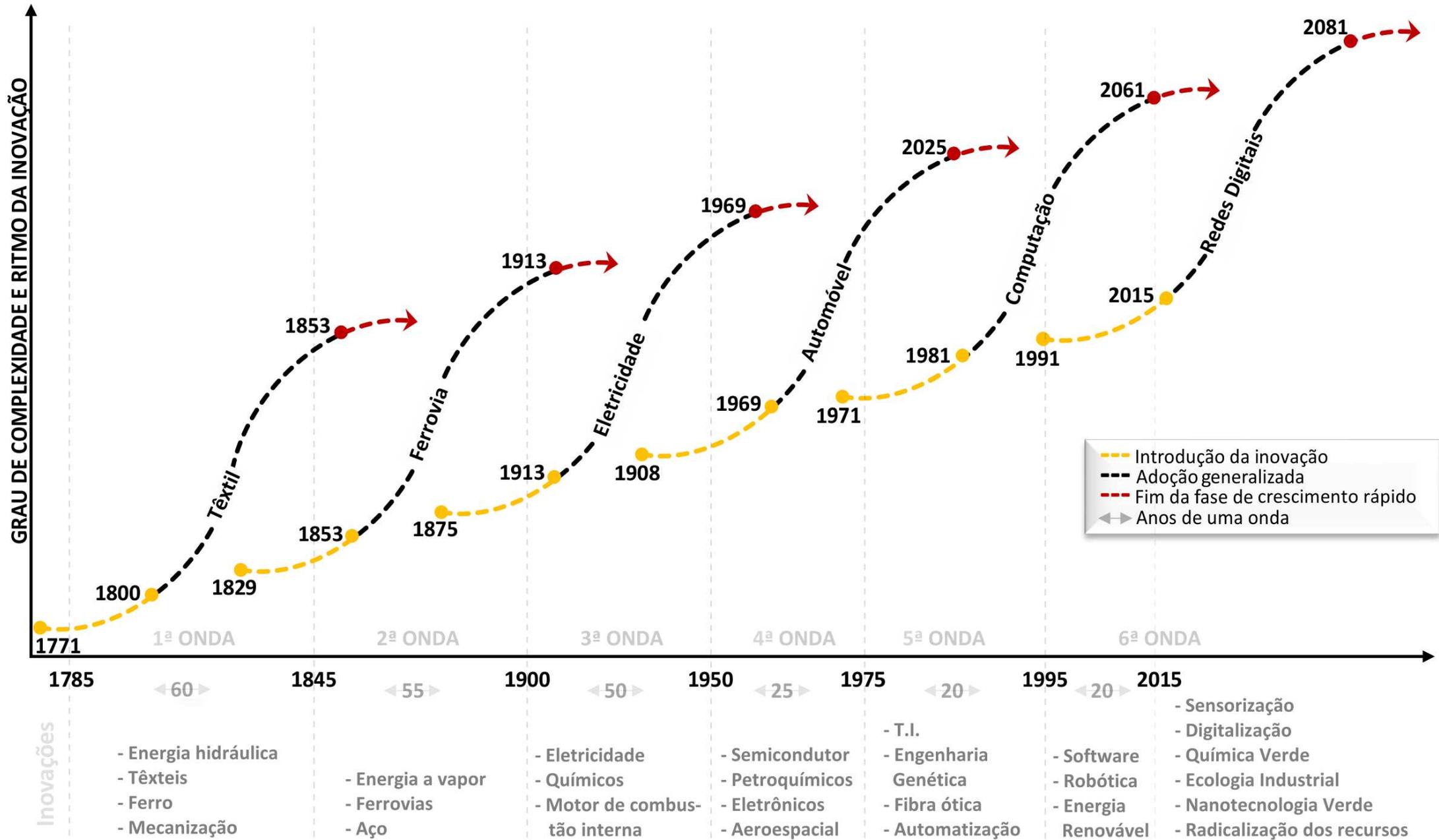
Dessa maneira, o processo que movimenta o capitalismo e as mudanças bem como as (r)evoluções tecnológicas que modificam a estrutura econômica, atua criando e inserindo elementos novos na dinâmica econômica, minimizando a atuação e cessando a hegemonia dos modelos e processos fabris anteriores, falecendo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

Nos estudos de Perez (2007), ainda tem-se 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 pode-se entender como cíclico econômico - não equilibradas - da inovação.

Relembrando que os neo-schumpeterianos entendem a dinâmica do movimento econômico capitalista de maneira que ela se desdobra em desequilíbrio - ou seja, em formato de ondas - tem-se que o desenvolvimento econômico em um processo cíclico e o “fator chave” são evidenciados na Figura 2 a seguir.

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



Fonte: Elaborado pelo autor, baseado em CUEL *et al.* (2004); CONCEIÇÃO (2007); LUCCA E DAROS (2017); NEFIODOW E NEFIODOW (2014) e GRININ E GRININ (2014).

No centro cíclico das ondas, encontra-se a difusão de inovações como o fator chame e motor econômico que emerge quando o mercado fica saturado. À partir dos desdobramentos de Schumpeter é possível observar que o capitalismo ocorre em grandes ondas desencadeadas por ciclos de inovações ou revoluções tecnológicas.

O mercado saturado acelera uma alteração na estrutura do mercado induzindo o processo de “destruição criadora”. Logo, uma inovação é capaz de provocar fortes consequências para os ciclos econômicos (FELIPE e MARTINS, 2016).

Esse processo que é harmônico e o grau de complexidade da inovação se acelera conforme sua evolução. Essa mutação na indústria, que combina recursos e forças disponíveis, é elementar para entender o desenvolvimento do capitalismo trustificado (ou monopolista).

Tigre (2006) aponta que Schumpeter constrói sua teoria do desenvolvimento por reflexo no conceito de monopólio temporário do inovador, que busca lucros extraordinários já que de o lucro “normal” de produtos diferenciados não motiva o investimento capitalista. Acrescenta que Schumpeter faz críticas à teoria clássica que detinha visão estática sobre o funcionamento da economia e da estrutura dos mercados (concorrência e oligopólio).

No movimento de expansão da empresa, o guia é o paradigma tecnológico que está dominante, criando condições para a obtenção de aumentos de produtividade e/ou de diferenciação de produto. As inovações passam a constituir, juntamente das instituições, um novo paradigma tecno-econômico que irá orientar as decisões de investimentos na dinâmica econômica por um longo período (COSTA, 2016).

Nesse sentido, o desenvolvimento capitalista decorre conseqüentemente do processo da “destruição criadora” cuja as posições de mercado monopolista alcançados, possuem caráter temporário. Geralmente, as grandes empresas são os principais agentes do processo de inovação pois - por serem fortes no meio e possuem um certo controle do mercado - se apropriam dos ganhos extraordinários e, em consequência, os riscos relacionados a esta atividade encontram-se minimizados (KUPFER e HASENCLEVER, 2002).

As inovações organizacionais passaram a ocorrer com mais frequência nas grandes empresas. Santos (2017) comenta que foi rápido o crescimento da P&D industrial nas grandes empresas durante as guerras mundiais. Nesse período Schumpeter diagnosticou a "administração burocrática das inovações" em substituição do "talento individualista".

Diante esse ambiente das grandes empresas, Schumpeter entendeu que a função do empresário perdia importância na realização da inovação uma vez que as pesquisas aplicadas para a inovação exigem bastante recursos financeiros e altos conhecimentos, dessa maneira, não é vantagem enfrentar grandes empresas, individualmente, as crescentes especializações e complexidade das pesquisas, além de gerenciar as incertezas envolvidas atividades (KUPFER e HASENCLEVER, 2002; SANTOS, 2017).

A grande empresa se consolidou no início do século XX e formalizou o financiamento de P&D intensificada em laboratórios industriais. A partir de 1940, a P&D americana diferenciava suas investidas de inovação em relação a outras nações. Pequenas empresas passaram a ser entidades importantes no desenvolvimento de tecnologias que eram realizadas em universidades (ambientes como a do Vale do Silício) (TIGRE, 2006)

Entretanto, as empresas sem domínio de P&D interno não seriam capazes de gerar inovações significativas e, nesse contexto, tem-se as PME's que mesmo sem processos intensivos de P&D, realizam inovações. Nada prediz que somente as grandes empresas geram inovações significativas, limitando a realidade de empresas que embora não invistam maciçamente em P&D, inovam e se diferenciam no mercado (SILVA e DACORSO, 2013).

A inovação não está restrita só aos laboratórios de P&D e aos trabalhos científicos publicados, já que pode ser de origem mais geral e horizontal, incluindo inovações sociais e de modelos de negócios, assim como inovações em técnicas do processo produtivo (SANTOS, 2019).

## 6 (R)EVOLUÇÃO NA INDÚSTRIA: INOVAÇÃO E SUAS ONDAS DE REVOLUÇÕES TECNOLÓGICAS

De maneira geral, a primeira e a segunda onda de (r)evolução tecnológica perduraram toda a Primeira Revolução Industrial. A primeira onda permitiu a mecanização industrial com a energia hidráulica com seu principal fator chave sendo o algodão. A segunda onda permitiu seguir a mecanização da indústria com energia a vapor. O transporte também foi modernizado com tal energia. Seu fator chave foi o ferro e o carvão (CONCEIÇÃO, 2007).

O primeiro período da Revolução Industrial, como um todo, foi decisivo na gênese do capitalismo uma vez que a economia mercantil passou a ser industrial naquele momento. A combinação de invenções e a constelações de inovações técnicas organizacionais na atividade da indústria têxtil - adventos da máquina a vapor, das transformações na indústria de mineração, e das transformações nos transportes ferroviários e marítimos - caracterizaram fortemente o período emergente do capitalismo (CAVALCANTE e SILVA, 2011).

Nesse período, as inovações possuíam três princípios. Tais princípios permitem um progressivo aumento autossustentado na produtividade e na renda, o que motiva um fluxo ininterrupto de investimentos em inovações tecnológicas (TIGRE, 2006).

O autor aponta os princípios como: (1) a substituição da habilidade e do esforço humano pelas máquinas - rápidas, constantes e incansáveis; (2) a substituição de fontes de energia advindas de animais - em especial a introdução de máquinas para converter o calor em trabalho; (3) o uso de matérias-primas novas e muito mais abundantes - sobretudo a substituição de substâncias vegetais ou animais, por substâncias minerais.

Já a terceira e quarta onda de revolução tecnológica se insere durante toda a Segunda Revolução Industrial. A terceira onda permitiu a eletrificação na indústria, no transporte e residências e expansão ferroviária. Eletricidade, aço e cobre foram seus fatores chave. A quarta onda permitiu a motorização do transporte e o beneficiamento do petróleo e gás. O período atravessou as guerras e toda sua corrida industrial inovativa (CONCEIÇÃO, 2007).

O período assumiu novas características. Descobriu-se a eletricidade e o ferro foi transformado em aço. Também modernizaram e surgiram novos meios de transporte e ocorreram avanços nos meios de comunicação e no desenvolvimento da indústria química (ZAKURAI e ZUCHI, 2018).

No último quartil do século XX o modelo econômico “fordista-taylorista” se esgota. A indisponibilidade de recursos naturais, rigidez organizacional de produção, e o surgimento da microeletrônica, abrem caminho para as TIC’s gerar novas inovações, renovando o processo cíclico da “destruição criadora” (TIGRE, 2006).

Tem-se que na Terceira Revolução Industrial a computação e comunicação são "forças multiplicadoras". A quinta onda de revolução tecnológica atravessa esse período, e permite a informatização de toda a economia. Seu fator chave foi o chip (circuito integrado), que revoluciona totalmente as telecomunicações (CONCEIÇÃO, 2007; ANDERSON, 2012).

Ainda que a Quarta Revolução Industrial fica conhecida quando o governo alemão lança o *High-Tech Strategy 2020 Action Plan* em 2011 (SANTOS *et al.* 2018), tem-se que a onda de revolução tecnológica que permite esse avanço estratégico se encontra ainda na Revolução Industrial anterior à essa que emerge em 2011.

Esse fato ilustra perfeitamente a co-dependência evolutiva do que se instaurou no período anterior. Para Albuquerque (2019, p. 131), a sexta revolução tecnológica tem início em 1991 e representa o “*big bang*” de uma nova fase para acompanhar o esquema das cinco revoluções”.

O autor ainda destaca que estudar revoluções tecnológicas emergentes é uma tarefa árdua “dada a enorme incerteza em relação a certas inovações tecnológicas em geral e inovações tecnológicas radicais em especial” (ALBUQUERQUE, 2019, p. 134).

Quadro 3 - 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 Cincinnati	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 cabo-gravura), 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 Firms	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 multi-modais (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 <i>Big Data</i> e Sensorização - (possível pela integração de nações) - EUA (Internet) Alemanha (Indústria 4.0); China e mundo	Baseadas sensores autônomos / <i>Big Data</i> / Sistemas <i>Cyber-físicos</i> (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> ( <i>Internet Of Things - IOT, big data, tecnologia blockchain, cloud computing, realidade virtual e aumentada, cybersecurity</i> ) / <b>Biológicas</b> (biotecnologia e genética).

## 6.1 PRIMEIRA ONDA

A capacidade de impacto na produção pelo fato motriz da máquina começar a substituir o homem, afetou diretamente a sociedade e a economia. Foi um marco histórico nas transformações na (r)evolução da indústria em sua época (CARDOSO, 2016).

Cabe ressaltar que neste período, a energia hídrica foi o recurso energético básico da mecanização dessa primeira onda da revolução tecnológica. Estas transformações expandiram o processo de industrialização e habilitaram um poder hegemônico da dinâmica econômica inglesa nas comercializações entre nações (TOLDA, 2017).

O autor aponta que a o período se desdobra das invenções e do uso da energia hídrica na mecanização da atividade têxtil. Diversas transformações importantes ocorreram como o aparecimento de novas fábricas e novos domínios produtivos - obtenção das novas fontes energéticas.

Alguns historiadores apontam que o primeiro período da (r)evolução na indústria teve início por volta de 1733 onde uma nova invenção surgia para solucionar um novo problema que surgia. Para mover o tear mecânico, por exemplo, desenvolveu-se a energia hidráulica à base de rodas d'água (HOBSBAWN, 2003)

Thomas Newcomen inventou em 1712, uma máquina a vapor que mais tarde seria desenvolvida e aperfeiçoada por James Watt - em 1769 e 1782 - com a finalidade industrial têxtil (SOUZA, 1990, DEZORDI, 2008).

John Kay, em 1733, patenteou a invenção chamada “lançadeira volante”. Tal instrumento aumentou a capacidade de tecer já que antes só se podia fazer um tecido da largura dos braços do tecelão. Por consequência, desequilibrou-se o sistema pela falta de insumos (fios) (FAUSTO, 2001).

Ainda com o autor, em 1765 James Hargreaves inventa a *Spinning Jenny*, por meio da qual o artesão fiava oitenta fios de algodão de uma só vez, ainda que finos e quebradiços.

Já o ano de 1767 é marcado pelo engenheiro industrial Richard Arkwright que lança a importante máquina de energia hidráulica “*Water Frame*”, movida a água e muito econômica, ainda que sua produção fosse em fios grossos (HOBSBAWN, 2003).

Um condensador patenteado em 1769 por James Watt foi a inovação decisiva para o surgimento do vapor, do qual não só serviu para economizar combustível, como também serviu para abrir as portas da continuidade em eficiência que transformaram o engenho a vapor em uma máquina motriz universal no período (FAUSTO, 2001).

O mesmo James Watt aperfeiçoou a máquina, munido de bielas e manivelas, transformando o movimento linear do pistão em um movimento circular. Surgia a máquina a vapor que com cilindros resistentes à pressão, eram eficientes e compactas. Tal passagem ocorreu pelo incremento da diminuição de peso e de tamanho, permitindo fundir as inovações anteriores em uma única tecnologia revolucionária da recém era moderna (SOUZA, 1990; FAUSTO, 2001; TIGRE, 2006).

A máquina a vapor seguiu sendo aperfeiçoada, e a indústria têxtil foi a primeira a utilizar tal nova (r)evolução tecnológica de modo que o segmento passou a ser o símbolo da produção excedente na economia nesse período (SAKURAI e ZUCHI, 2018).

Em 1779, Samuel Crompton seguiu melhorando a máquina, cujo resultado foi o aumento da produção com os fios finos e mais resistentes. Dessa maneira, sobravam insumo (fios) e tal desequilíbrio só passou a ser corrigido só em 1785 por Edmond Cartwright, com a invenção do tear mecânico (SOUZA, 1990; FAUSTO, 2001; HOBSBAWN, 2003).

As inovações na indústria têxtil deram a Inglaterra uma extraordinária vantagem no comércio mundial. A partir de 1780 o tecido se tornou barato, e havia um mercado de milhões de consumidores que jamais haviam desfrutado de usar roupas leves e de qualidades manufaturadas antes jamais possíveis (CAVALCANTE e SILVA, 2011).

Com a expansão da maquinofatura e do comércio manufatureiro, acumula-se o capital necessário para financiar a expansão industrial. Estima-se que em 1790 existiam mais de 400 bancos atuando no sistema financeiro inglês, possibilitando, institucionalmente, uma grande oferta de crédito à próspera indústria naquele período (DEZORDI, 2008).

O autor ainda destaca que conforme avanços tecnológicos, a indústria têxtil algodoeira inaugurou a fase de produção capitalista focada no emprego da máquina - regular, rápida, precisa e incansável, permitindo um enorme crescimento da produção com baixos custos.

Ainda que nesse período as mudanças do sistema de produção domiciliar para a produção em fábricas e o conhecimento técnico estavam associado à indústria têxtil algodoeira tem-se, por outro lado, as novas tecnologias extrativas (carvão) e siderúrgicas (ferro) que possibilitaram a expansão de ferrovias (DATHEIN, 2003; HOBSBAWM, 2003; FREEMAN e SOETE, 2008).

A siderurgia se teve o ferro como fator de melhoria para máquinas e equipamentos, construção de pontes, materiais de construção e, até, para utensílios domésticos. Produzia-se 250 mil toneladas de ferro em 1806, passando para 500 mil em 1820, e 700 mil em 1828. Sendo a produção de ferrovias a atividade principal do setor siderúrgico, inicia-se um novo período cujo destaque são as primeiras estradas de ferro comerciais que ligaram Stockton-Darlington, em 1825, e Liverpool-Manchester, em 1830 (DEZORDI, 2008).

Algumas das principais inovações subsequentes na indústria do ferro - uso de carvão mineral e novos processos de fundição - impulsionaram e viabilizaram outros métodos de produção mais rápidos e eficientes, bem como a fabricação de diferentes e melhores máquinas a vapor (DATHEIN, 2003; HOBSBAWM, 2003; FREEMAN e SOETE, 2008).

## 6.2 SEGUNDA ONDA

Principalmente a partir de 1820 que se difunde e se consolida novas constelações de inovações que vão suportar a base da prosperidade de um novo ciclo emergente. As primeiras inovações na segunda onda de revoluções tecnológicas, iniciou seu movimento ascendente em 1840, quando impulsionado pelo transporte ferroviário, pelo sistema de telecomunicações (telégrafo) e pela transformação do transporte marítimo com a substituição do barco à vela pelo barco a vapor (TOLDA, 2017).

Os sistemas de transporte e de comunicação galgavam evoluções. O barco a vapor (Robert Fulton de 1807), a locomotiva a vapor (Stephenson de 1814), os revestimentos de pedras nas estradas (McAdam de 1819), a lei da corrente elétrica (Ohm em 1827), o eletromagnetismo (Faraday em 1831), e os telégrafos (Morse de 1836), são as primeiras inovações destaques nessa onda de revoluções tecnológicas do período (SOUZA, 1990; FAUSTO, 2001; HOBSBAWN, 2003).

As transformações tecnológicas, em geral, são reveladas por suas contínuas necessidades e nesse contexto que surge os chamados caminhos-de-ferro, adaptados dos já utilizados carris - da primeira onda - na extração do carvão (TOLDA, 2017).

Ainda com o autor, o caminho-de-ferro - complementado por outras inovações - reduz custos de transporte e produção; desencadeando um imenso impactando no desenvolvimento da indústria, que por sua vez impacta na maquinaria, no fabrico de componentes e equipamentos nas oficinas de reparação e manutenção; na expansão do emprego; no desenvolvimento do comércio; na criação de economias de escala; na concentração de capitais; na crescente importância da formação de profissionais; nas práticas de gestão e na P&D.

As estradas de ferro revolucionaram o transporte dos produtos manufaturados deixando-os mais baratos. A invenção dos altos-fornos desenvolveu muito as indústrias de ferro, como por esse exemplo os fornos de Siemens-Martin (1856), e o início do processo Bessemer de transformação do ferro em aço. Nesse período, as guerras fizeram com que a indústria bélica

sofresse significativo e acelerado avanço (*Krupp* - Alemanha), acompanhando a tecnologia metalúrgica e inovações em alimentos e, principalmente, na saúde (SOUZA, 1990; FAUSTO, 2001; HOBSBAWN, 2003).

Tem-se que em 1850, juntou-se ao movimento de expansão e aberturas de muitas fábricas, outro vagalhão tecnológico: os navios e trens movidos a vapor, dos quais trouxeram ganhos altos de produtividade (ANDERSON, 2012).

Devido a competitividade entre ingleses e franceses no setor têxtil, aperfeiçoaram ainda mais as máquinas e todo o processo produtivo que, também, passaram a ser usadas na indústria de transportes ferroviários e na indústria naval (SOUZA, 1990; FAUSTO, 2001; HOBSBAWN, 2003).

A mineração do carvão - matéria-prima da máquina a vapor - foi ampliada passando de 16 milhões de toneladas, em 1830, para 50 milhões de toneladas em 1850. Dessa maneira, tem-se que o navio a vapor substituiu a escuna, e a locomotiva a vapor substituiu os vagões puxados a cavalo, ambos melhorando significativamente o processo de transporte do sistema produtivo na economia industrial (DEZORDI, 2008).

A estabilização do setor ferroviário demandava inovações complementares na tecnologia do vapor, na indústria mecânica, na qualidade do material e no manejo de equipamentos pesados. Por exemplo de inovações incrementais são o macaco a vapor para elevar objetos menores, e os guindastes suspensos para elevar objetos maiores (TIGRE, 2006).

Os impactos econômicos dessas transformações são menos visíveis na economia britânica em relação ao “*catching-up*”<sup>17</sup> de que em economias da Alemanha e dos Estados Unidos da América tiveram que desempenhar esforços para alcançar a onda tecnológica e inovativa (TOLDA, 2017).

Segundo Tolda (2017), na década de 1870, desencadeia-se uma crise de ajustamento estrutural (depressão), profunda e global, maior do que a da onda anterior, coexistindo com a difusão de inovações que vão ser base da dinâmica ascendente de um novo ciclo.

Nesse contexto das duas primeiras ondas de revoluções tecnológicas, permitiu-se um encurtamento das distâncias entre pessoas, países e mercados econômicos, e com os contatos regulares e frequentes, possibilitou-se cada vez mais um estreitamento, integração e intercâmbio dos conhecimentos e comércios entre nações distintas.

### 6.3 TERCEIRA ONDA

Em 1870 a Inglaterra já havia substituído os teares manuais e os moinhos hidráulicos por máquinas movidas a vapor. Passaram, então, a buscar ganhos de produtividade por meio de inovações mecânicas incrementais e solucionar gargalos formados na cadeia produtiva (TIGRE, 2006).

O autor ainda considera que as descobertas na eletricidade e no magnetismo emergiram quando Ampère e Joseph Henry descobriram a corrente elétrica em pesquisas científicas que foram postas em prática (com a invenção do telégrafo elétrico) para aplicar o eletromagnetismo (a partir de 1840).

As inovações levadas a cabo ao final do século XIX viabilizaram a eletricidade como principal fonte de energia e a produção de aço em larga escala, vitais, em especial, para o desenvolvimento também de equipamentos elétricos. Essas sucessivas e desencadeadas descobertas, só puderam ser conquistadas devido às inovações sustentadas em atividades de

---

<sup>17</sup>Ver mais em: CASTIGLIONI LOPES, Herton. Os determinantes do desenvolvimento (*catching up*) na abordagem neoschumpeteriana: integrando a teoria microeconômica evolucionária com conceito de revoluções tecnológicas. *Nexos Econômicos*, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 59–80, 2014. DOI: 10.9771/1516-9022rene.v8i1.9284. Disponível em: <<https://periodicos.ufba.br/index.php/revnexeco/article/view/9284>>.

laboratórios, como um exemplo, o desenvolvimento do espectroscópio que analisa a estrutura molecular (FREEMAN e SOETE, 2008).

O gargalo na siderurgia era separar o metal descarbonizado em processo de solidificação, e a solução foi a fabricação de aço barato para seu emprego como substituto do ferro forjado. As inovações que contribuíram para essa transição foram o processo de Bessemer (ainda em 1856) e a técnica do forno aberto de Siemens-Martin (1864), que levaram décadas para aperfeiçoarem e dominar todo o processo produtivo (TIGRE, 2006).

A explosão tecnológica seguia em áreas do conhecimento e experimentava um ritmo frenético com a energia elétrica e os motores a combustão interna que movimentavam máquinas, iluminavam ruas, residências, e impulsionavam os transportes através de bondes. A energia elétrica nos motores e o desenvolvimento do dínamo impulsionaram toda a indústria sem precedentes (SOUZA, 1990; FAUSTO, 2001; HOBBSAWN, 2003).

Portanto, a terceira onda - por volta da década de 1875 - movimentou, assim, a expansão das indústrias da eletricidade e do aço, possibilitando economia de escala e a criação de novas áreas industriais. Destas, tem-se a construção de redes - centrais geradoras de eletricidade e sistemas de distribuição; a fabricação de máquinas e equipamentos para essas redes, a indústria do cobre, a indústria química e a engenharia pesada (TOLDA, 2017).

A indústria química foi importante para obter novas matérias primas sintéticas à partir dos subprodutos do carvão, do nitrogênio e dos fosfatos dos quais surgiram corantes, fertilizantes, plásticos, explosivos, etc. Essa onda inaugurava o século XX com um universo transformador pelas possibilidades que se apresentava devido aos seus largos avanços tecnológicos (SOUZA, 1990; FAUSTO, 2001; HOBBSAWN, 2003).

Tolda (2007) coloca que durante essa onda, o crescimento econômico gerado pelas transformações desse período fortalece a consolidação de grandes empresas que já tinham expressão na onda anterior - na concentração de capital - das quais avançaram aprimorando e desenvolvendo técnicas de gestão especializadas aplicadas através de conhecimentos científicos da atividade produtiva.

As transformações seguiam em ritmo firme. Os meios de transporte evoluíram com navios mais velozes; as hidrelétricas se expandiram; o telefone abria novos caminhos para a comunicação (Bell em 1876); surgia o rádio (Curie e Sklodowska em 1898), o telégrafo sem fio (Marconi em 1895) e o primeiro cinematógrafo (irmãos Lumière em 1894); demonstrando que eram sinais evidentes da nova era que emergia (SOUZA, 1990; FAUSTO, 2001; HOBBSAWN, 2003).

Em 1880 surge o dínamo; seguido do motor elétrico; da corrente direta e; finalmente, da lâmpada incandescente. A inovação de Thomas Edison não se limitava somente a lâmpada e envolvia todo um sistema de geração, transmissão e aplicação de eletricidade (TIGRE, 2006).

Uma série de inovações complementares foi necessária para viabilizar os investimentos na construção de uma complexa infraestrutura de geração, transmissão e distribuição de energia a longa distância. Com as novas fontes de energia estabelecidas, foi possível a exploração mais ampliada em economias de escala através do desenvolvimento de máquinas maiores e mais eficientes, combinando sistemas integrados de produção. A exemplo tem-se as linhas de montagens que surge para escalar produções (DATHEIN, 2003).

Ainda com o autor, tal cenário permitiu, também, a criação de grandes firmas inovadoras que praticamente monopolizaram o novo e dinâmico grande setor de energia. O setor elétrico nasce oligopolizado, devido a exploração de “monopólios temporários”, baseados em produtos inovadores que poucas empresas - em todo o mundo - souberam imitar o concorrente com sucesso.

O motor a diesel (Diesel em 1897) e os dirigíveis aéreos revolucionavam os limites da imaginação criativa e a tecnologia avançava a passos largos (SOUZA, 1990; FAUSTO, 2001; HOBBSAWN, 2003).

## 6.4 QUARTA ONDA

Nesse período, ainda que em crise de ajuste estrutural atravessado por guerras, não se deixa de haver lugar à progressiva consolidação de novas constelações de inovações - inclusive aceleradas pelas circunstâncias; que vão estar na base da dinâmica ascendente de um novo ciclo econômico (TOLDA, 2017).

A invenção do automóvel movido a gasolina (Daimler e Benz em 1885) geraria mudanças na vida das grandes cidades (SOUZA, 1990; FAUSTO, 2001; HOBBSAWN, 2003).

O ritmo de crescimento que a indústria mundial vinha experimentando foi abalado desde o final da Segunda Guerra Mundial, inaugurando uma nova trajetória de inovações intensivas em conhecimentos e poupador de energia no processo produtivo (TIGRE, 2006).

Ainda com o autor, a indústria automobilística nasceu competitiva nesse período. Havia nos Estados Unidos cerca de cem fabricantes de automóveis organizados de forma quase artesanal, configurando uma estrutura industrial. Com as inovações organizacionais, a Ford e a General Motors dominavam o mercado e se consolidaram indústrias na forma de um oligopólio.

O movimento da quarta onda (por volta da década de 1900) foi impulsionado pelo uso de petróleo em diversas atividades produtivas. A indústria do automóvel foi central, pois consolida a passagem de produção de unidade com ferramentas manuais para a produção em série automatizada ao longo da linha de montagem e orientada para o consumo de massas (TOLDA, 2017).

Nestes processos de transformações, várias inovações incrementais foram introduzidas ao longo dos anos no sentido de aprimorar os Frederick Taylor<sup>18</sup>. Dessa maneira, Henry Ford introduz uma abordagem sistemática de manufatura baseada nestes princípios e inaugura, em 1913, a linha de montagem de automóveis que é considerada uma das maiores inovações tecnológicas em processos da história (TIGRE, 2006).

A linha de montagem do Modelo-T, de Henry Ford, caracteriza-se pela introdução de partes intercambiáveis e de esteiras transportadoras, onde os produtos em fabricação se movem em sequência para sucessivos postos de trabalho estacionários (ANDERSON, 2012).

Henry Ford criou o processo de semi-automatização, o que causou uma revolução na indústria automobilística. Em 1914, Ford introduziu a primeira linha de montagem automatizada com esteiras rolantes (SAKURAI e ZUCHI, 2018).

A atividade produtiva foi aplicada de forma muito inovadora e com sucesso. Por essa razão, ficou conhecida como *fordismo* tal conjunto de ideias e esse período capitaneado pelas mudanças paradigmáticas implementadas por Henry Ford (TOLDA, 2017).

O autor ainda destaca que a dinâmica entre atividades do *fordismo*, transbordou para outras atividades econômicas e complementares. As atividades que se beneficiaram foram a construção de redes de vias rodoviárias (auto estradas); o fabrico dos diversos componentes utilizados na produção de automóveis e nas refinarias de petróleo; o fabrico na indústria da aviação; na produção de tratores e na, conseqüente, mecanização e motorização da agricultura; na produção de bens de consumo duradouros - como frigoríficos e máquinas de lavar; e etc.

Nesse contexto tem-se que a firma e o mercado transformaram-se através da administração científica do trabalho, conhecida como *fordismo-taylorismo*. Ainda que Adam Smith, contudo, já havia destacado o papel decisivo da divisão do trabalho nos sistemas de produção em massa, a linha de montagem desse período combinava princípios científicos que até hoje são utilizados em processos industriais e de serviços (TIGRE, 2006).

Como resultado do crescimento econômico durante a expansão do paradigma fordista, verifica-se a melhoria do nível de educação e de formação da população, além de uma crescente heterogeneidade dos mercados. Essas transformações geradas pelo desenvolvimento da

---

<sup>18</sup>É considerado "o pai" da Administração Científica dada utilização de métodos científicos cartesianos na administração de empresas.

produção de massa, torna compatível o sistema técnico predominante - assentado na utilização de uma numerosa mão-de-obra pouco qualificada, em tarefas orientadas para a produção de bens padronizados (TOLDA, 2017).

O Ford-T - com moderna tecnologia eletromecânica - gera peças intercambiáveis de alta precisão eliminando a necessidade de ajustes. A montagem passa-se a pode ser “*taylorizada*”, fazendo com que mecânicos semi-qualificados se especializassem na montagem de pequenas partes. Tem-se que as linhas de montagem elevaram a produtividade ao minimizar o tempo de deslocamento, reduzindo os estoques (ALBAN, 1999).

O autor ainda destaca que os ganhos dinâmicos de longo prazo foram maiores na medida em que se pôde avançar com a *taylorização*, visto que a própria linha de montagem se transforma no controlador do ritmo de trabalho. Com a expansão das escalas e dos ritmos de produção, tal avanço da mecanização em sistemas dedicados se intensifica também nas unidades fornecedoras, assim como em fabricantes de matérias-primas e insumos.

O transistor comercializa-se em larga escala em 1950 e, desde o então, ele é amplamente utilizado nos equipamentos eletrônicos. Já o computador digital eletrônico foi criado ainda em 1946 pelos cientistas John Presper Eckert e John W. Mauchly, com o nome de ENIAC (*Electrical Numerical Integrator and Calculator*). Tal inovação detinha operação complexa porém e abre caminho para ganhar evoluções em sua fabricação (CARDOSO, 2016).

Os limites desse período ficam claros na década de 1970, através de “deseconomias” de escala e de baixas taxas de crescimento na produtividade do trabalho e do capital. Ao mesmo tempo que tais limites se acentuavam, assistiu-se a progressiva consolidação de novas constelações de inovações e a emergência de um novo paradigma do desenvolvimento tecnológico e econômico (TOLDA, 2017).

## 6.5 QUINTA ONDA

Para Tigre (2006), três fatos ocorreram para surgir a nova onda da revolução tecnológica. O primeiro fato foi o esgotamento do modelo fordista de produção. O segundo fato foi o sucessivo aumento nos preços do petróleo (crise de 1973). O terceiro foi a onda de inovações iniciada com a invenção do transistor (1940) potencializada pela introdução do circuito integrado (1970).

Ainda com o autor, o modelo de crescimento baseado no consumo crescente de materiais, e energia barata, não era sustentável. Para a exploração excessiva da padronização e divisão do trabalho, aumentava-se a qualidade, exercitava-se cooperação intra e inter-industrial, e fazia-se uso de informação e conhecimento. A microeletrônica (semicondutores) tomava a base técnica para funcionar as tecnologias de informática, telecomunicações, optoeletrônica, software e broadcasting e suas múltiplas aplicações.

Fundindo eletrônica e informática tem-se insumo para a Robótica e, ainda que empregada sobretudo na indústria, há aplicações de robôs em diversas áreas realizando inúmeras tarefas, tais como: salvamento de vítimas de acidentes, desarmamento de artefatos explosivos, executando tarefas domésticas, dentre outros (CARDOSO, 2016).

Importantes soluções ocorreram na segunda metade dos anos de 1970, quando microprocessadores guiavam os sistemas de máquinas - ou partes deles, impactando fortemente na automação industrial (CARDOSO, 2016; LIMA e GOMES, 2020).

Os autores destacam os controladores lógicos programáveis (maior controle da linha de montagem e da automação); sensores e medidores digitais (maior controle do processo industrial); *Computer Aided Manufacturing* (automação fragmentada e substituição de operações manuais por robôs dedicados, expandindo as economias de escala); e, também, como fundamentos para computadores de controle o *Computer Integrated Manufacturing*, *Computer Aided Design* e *Computer Aided Engineering*.

Na indústria de semicondutores e de computadores, as taxas de crescimento superaram outras indústrias, inclusive, quando as comparando com revoluções anteriores em seus estágios iniciais. O curso dos acontecimentos na economia foi, provavelmente, mais persuasivo do que quaisquer argumentos teóricos ou histórico-estatísticos (FREEMAN, 2003).

De fato, as principais inovações tecnológicas deste período foram a microeletrônica; a computação e a robótica. A microeletrônica origina-se do transistor nos laboratórios Bell (1947), e supri limitações técnicas apresentadas pelas válvulas termiônicas e os relés eletromecânicos (CARDOSO, 2016).

O autor ainda destaca que com o advento dos transistores e dos circuitos integrados, os computadores se tornavam compactos, baratos e ganhavam poder de processamento. Passaram a fazer parte do ambiente industrial e corporativo como ferramenta indispensável e, depois, introduziu-se o conceito de computação pessoal. A robótica substituiu o homem retirando a execução de tarefas repetitivas e perigosas, zelando saúde e segurança, aumentando a produtividade, melhorando a qualidade da produção e reduzindo custos.

Mesmo quando ocorreu um ritmo acelerado de desenvolvimento industrial, durante o período das guerras, não coube somente ao setor privado a missão de desenvolver tecnologias e inovações para tal finalidade.

Por consequência disso, transbordaram os seus feitos inovativos e tecnológicos em benefício da sociedade como um todo. Ainda que com alguns poucos exemplos de tecnologias aqui já mencionadas do período, também foram desempenhados esforços de desenvolvimento, em sentido amplo, muito além de exemplos exclusivos do setor privado ou lócus empresarial.

Na segunda metade dos anos 2000, as tecnologias que tiveram o seu desenvolvimento induzido, através de incentivos à P&D pelo aparelho do estado norte-americano via DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency*), foram magistralmente integradas por Steve Jobs na fábrica da Apple. Tais avanços sintetizaram o primeiro *mobile* Iphone (mencionado na Figura 01), correntemente denominado *smartphone* (MAZZUCATTO, 2014).

Tais tecnologias, anteriormente desenvolvidas, foram incentivadas pelo Estado e tal sucesso organizacional da integração das tecnologias pode ser melhor entendido com a passagem de Mazzucatto em seu livro “O Estado Empreendedor”:

“O sucesso organizacional da empresa na integração de tecnologias complexas em dispositivos atraentes e de fácil manuseio complementadas por softwares potentes não deve ser minimizado, no entanto é incontestável o fato de que a maioria das melhores tecnologias da Apple existe devido aos esforços coletivos e cumulativos conduzidos anteriormente pelo Estado, mesmo em face da incerteza e muitas vezes em nome, se não da segurança nacional, da competitividade econômica” (MAZZUCATTO, 2014, p. 156-7).

Nesse contexto, Mazzucato (2014) ainda permite entender que o papel indutor do setor público (Estado) também é um estruturalmente destaque para amparo ao desenvolvimento dos segmentos industriais tecnológicos e inovativos. Consequentemente, tanto o desenvolvimento quanto o crescimento econômico das nações são apoiados pela “mão-guia” do Estado, que canaliza políticas de incentivos para áreas estratégicas ou promissoras do desenvolvimento inovativo e tecnológico da nação.

Os efeitos das TIC’s têm sido tão óbvios para quase todo mundo que se tornou muito difícil para os adversários da teoria de sucessivas revoluções tecnológicas de Schumpeter, sustentarem seus argumentos. Os surtos sucessivos de inovação e crescimento na indústria eletrônica, indústria de telecomunicações, indústria de computadores, e da internet, fizeram da revolução das TIC’s produzirem expressões como “Sociedade da Informação” e da “Economia do Conhecimento” (FREEMAN, 2003).

## 6.6 SEXTA ONDA

A discussão da sexta onda é muito relevante e merece estudos para compreender sua metamorfose de tecnologias que habilita seu progresso técnico. Pelo exposto na Figura 2, pode-se compreender que há uma simbiose mais acentuada da quinta com a sexta onda. Dessa maneira, tem-se que as principais inovações e tecnologias já foram expostas no item anterior.

Tal discussão para Albuquerque (2019) ganha elucidação quando o fato da *word.web.wilde* (WWW) é introduzida como uma nova fase na economia global e, portanto, como uma candidata à posição de inovação radical representando a sexta onda da revolução tecnológica.

Os ciclos das ondas anteriores possuem originalmente frequências mais largas e se nota que há uma aparente aceleração das ondas - devido ao aumento do ritmo do progresso científico - com ciclos ocorrendo em períodos cada vez menores.

Tal aceleração é caricaturado por Graglia (2018) que comenta que enquanto o telefone precisou de setenta e quatro anos; o rádio trinta e oito anos; e a televisão dezesseis anos para atingir cinquenta milhões de usuários; o celular precisou de cinco anos; a internet de quatro anos; e o Skype apenas de dois anos. A tecnologia *mobile* precisou de, surpreendentemente, apenas 50 dias para os mesmos cinquenta milhões de usuários.

O momento é de transição da Terceira Revolução Industrial para um novo ciclo de desenvolvimento tecnológico, a Indústria 4.0. A velocidade com que se avança e se rompem novos limites, não foram vistos e não se repetiu em outras transições e mudanças dos sistemas produtivos anteriores (conhecida como *Lei de Moore*<sup>19</sup>) (CARDOSO, 2016).

A Indústria 4.0 abrange um conjunto de tecnologias de ponta ligadas à internet, tornando a produção flexível e colaborativa. As máquinas são auto-otimizáveis, autoconfiguráveis e a inteligência artificial completa tarefas complexas proporcionando eficiência de melhor qualidade. Sensores no ambiente de produção fundem os mundos físicos e virtuais. Se, originando os “*Cyber Physical Systems (CPS)*” que, integrados através da *Internet of Things (IoT)*, analisam dados para prever falhas e adaptar-se às mudanças (SANTOS *et al.*, 2018).

No contexto atual, tem-se a indústria passando por novas (r)evoluções. As inovações tecnológicas chamadas de tecnologias habilitadoras estão atravessando fortes transformações de modo a impactar toda a competitividade social-econômica que irá transformar a maneira como entendemos atualmente a organização industrial.

Ainda que as tecnologias habilitadoras seja seus pilares, como algumas tecnologias habilitadoras na Indústria 4.0, exemplifica-se: a inteligência artificial (e redes neurais); robôs autônomos; impressão 3D e a Internet das Coisas (IoT). Se produz mais com menos recursos, e há uma maior integração entre o físico e o virtual que integra as principais inovações tecnológicas de manufatura: (a) de automação; (b) controle e, (c) tecnologia da informação (CARDOSO, 2016).

Para além de ser a consequência natural da integração das tecnologias, a introdução da Indústria 4.0 está também ligada ao fato da expectativa de muitas das possibilidades, até agora inexploradas, de aumentar o lucro na produção industrial ao significar novas possibilidades para elementos que estavam quase esgotados em seu potencial de elevar resultados (ROJKO, 2017).

De acordo com Klaus Schwab, em seu Livro “*The Fourth Industrial Revolution*”, são quatro as principais alterações ou impactos esperados nesse período: (1) alterações nas expectativas dos clientes; (2) produtos mais inteligentes e mais produtivos; (3) novas formas de colaboração e parcerias; (4) a transformação do modelo operacional e conversão em modelo digital (COELHO, 2016).

---

<sup>19</sup>Gordon Earle Moore, presidente da Intel em 1965, profetizou que uma mesma quantidade de transistores que poderiam ser colocados em uma mesma área, dobraria a cada 18 meses mantendo-se o mesmo custo de fabricação.

As economias serão impulsionadas por tecnologias ambientais, biotecnologias, nanotecnologias e cuidados de saúde. Os efeitos serão alavancados pela digitalização e pelo aumento exponencial do poder computacional (GRAGLA, 2018).

As inovações desse período são de natureza tecnológicas: (i) físicas (veículos autônomos, manufatura aditiva, robótica avançada, novos materiais, etc.); (ii) digitais - *Internet of Things (IoT)*, *big data* e a tecnologia *blockchain*); e (iii) biológicas (biotecnologia e genética); sendo interligadas através de tecnologias digitais (LIMA e GOMES, 2020).

As inovações que desenham a Indústria 4.0 estão baseadas em novos processos digitais, altamente integrados e intensivos em automação. Em torno desses três eixos, ocorrem a interação e a conexão em blocos de tecnologias diversas, com origens e funções distintas (MÉRIDA e HASENCLEVER, 2019).

Para Gragla (2018), a digitalização e sensorização transformará o campo da realidade virtual e novos modelos de negócio incrementarão o fluxo de comunicação e interligação entre grupos, que desenvolverá novas formas de colaboração de negócios e ecossistemas sociais, criando uma segunda economia chamada *nova economia*.

No entanto, cada revolução econômica e industrial traz novos desafios e determina novas abordagens dentro das organizações. As empresas que desejam percorrer a trajetória para a Indústria 4.0 devem avaliar suas capacidades e adaptar suas estratégias de forma a implementá-la nos cenários apropriados (SANTOS *et al.*, 2018).

Como consequência da tecnologia industrial, a fábrica da Indústria 4.0 pode resultar em uma diminuição de custos de produção (10~30%); custos logísticos (10~30%) e custos de gestão da qualidade (10~20%) (ROJKO, 2017).

O fluxo de dados e informações na indústria permite mudanças no planejamento e programação conforme ocorrências tanto dentro quanto fora do ambiente industrial, formando “redes” que conectam equipamentos e constroem sistemas “*cyber-físicos*” (elo do mundo real e o mundo virtual). Tais sistemas “*cyber-físicos*” integram diversos atores, que vão desde a cadeia de suprimento até o consumidor final (CARDOSO, 2016).

Ainda com o autor, os equipamentos dos processos terão inteligência artificial e até produtos também serão capazes de armazenamento e intercâmbio de dados, formando fluxo de informações durante seu ciclo de vida. Tal modelo é conhecido como “fábrica inteligente”, que funciona autonomamente sem a interferência humana, da qual supervisionará os processos.

Há também uma série de outras vantagens e razões para a adoção deste conceito incluindo um menor tempo de colocação no mercado para os novos produtos; um melhor capacidade de resposta do cliente; permitindo uma produção em massa personalizada sem significar ter aumentando os custos gerais de produção; ambiente de trabalho mais flexível e amigável; uso mais eficiente de recursos naturais e energia (ROJKO, 2017).

Outros impactos da Indústria 4.0, conforme Pasquini (2020), podem auferir os meios sociais, econômicos, ambientais e, também, éticos. Como (a) ambientais: a melhor eficiência no uso da energia; menor degradação do ambiente; redução do consumo de recursos; (b) econômicos: cadeia de valor mais colaborativa; abertura de novos segmentos de clientes; novas oportunidades para PME’s e *startups* aumento da satisfação do cliente.

Ainda com o autor, impactos (c) sociais: ambiente de trabalho móvel; trabalhadores mais qualificados e novas profissões; maior autonomia / flexibilidade (balanço entre trabalho e vida social); (d) éticos: preocupação em relação à segurança geopolítica; a perda do direito à privacidade com a vigilância geral dos indivíduos disfarçada em compartilhamento de informações sobre nós mesmos; a dificuldade das pessoas se desacelerar, meditar e argumentar com qualidade, por causa da distração na economia da atenção e indústria do entretenimento.

Esse período evolui da produção em massa padronizada para a produção customização em massa (COELHO, 2016).

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Historicamente, a indústria foi o fator mais poderoso de aceleração do crescimento e desenvolvimento econômico, ao gerar impactos diretos e indiretos em diversas áreas e setores da economia, bem como sobre todo o ambiente institucional e social. Contudo, com o passar dos anos, é a inovação a principal mola propulsora do crescimento e do desenvolvimento do sistema econômico.

Nos processos de (r)evoluções das indústrias, novas tecnologias se tornaram fatores essenciais para o crescimento e a modernização das empresas, aumentando cada vez mais seus lucros e possibilidades de investimento em novas modalidades tecnológicas de fabricação.

Um grande fenômeno que desencadeou todo o processo de evolução e transformações na malha industrial teve origem na Inglaterra, cuja qual ficou conhecida como a primeira “oficina do mundo”, seja pelos lucros extraordinários ali gerados, ou mesmo por seu pioneirismo na conformação da atividade industrial organizada.

Isso a permitiu permanecer muitos anos protagonizando mundialmente os processos da produção industrial. As novidades introduzidas por seus inventores, empresários, e inovadores, surfaram - antes de todas as outras nações - as primeiras ondas das inovações e das, consequentes, (r)evoluções tecnológicas. Essas primeiras ondas foram exploradas, ao máximo, durante um longo período e como nenhuma outra nação havia feito e atravessado tal transformação anteriormente, a Inglaterra protagonizou a organização industrial na economia.

O pano de fundo das (R)evoluções Industriais - através do capital investido em progresso técnico-científico - é ambiente fértil para emergir o que é e pode ser entendido como os ciclos de inovação e (r)evolução tecnológica, que através da constante mutação na indústria - impulsionada pela busca por lucro via lançamento de inovações - ocorre os fenômenos das evoluções na indústria e as revoluções tecnológicas.

Os desdobramentos desses processos se manifestam em novos comportamentos sociais, novas formas de acumulação de capital, novos modelos políticos e novas visões de mundo e, neste contexto, o que se pode esperar dessas novidades é uma constante mutação e metamorfose da capacidade instalada fabril e organizacional, bem como da sociedade, da política e da economia.

Os períodos de prosperidade possuem elo com as inovações (no sentido lato sensu) e inovações tecnológicas (no sentido stricto sensu) geradas pelo empreendedor inovador e, não raro, é facilitada pela pesquisa básica ou aplicada de universidades, centros de pesquisa e investimentos públicos e, ou, privados em ciência e tecnologia e inovação.

A inovação é capaz de ativar a economia em um patamar de desenvolvimento sem precedentes, uma vez que é o cerne das mudanças que são capazes de aprimorar e expandir o mercado de forma a melhorar o nível de vida e a capacidade de organização das sociedades.

A prática da inovação é uma forma de gerar grandes lucros e potencializar períodos de ascensão no ciclo econômico. Trata-se de um processo de propulsão e difusão de ideias, que extrai valores comerciais ao mesmo tempo em que gera tais mudanças organizacionais, tecnológicas e científicas.

A inovação tem a capacidade de intervir na sociedade e alterar uma suposta inércia, provocando uma ruptura em seu contexto, transformando comportamentos das nações.

Pode haver uma espiral de atração mútua do empreendedor que atrai outro empreendedor para a competição, de modo a provocar efeitos na desenvoltura econômica, os quais são multiplicados conforme existe uma nova inserção que sintetiza um novo paradigma, o qual poderá ser desafiado, no futuro, por novas organizações do tecido industrial.

O fato de existir um processo destruidor na estrutura produtiva econômica, resulta de um novo procedimento organizacional que se adaptam às tecnologias desenvolvidas com a finalidade de uma nova fase do progresso econômico, sem precedentes.

As mutações das invenções e inovações - ao longo dos períodos - acarretaram em diferentes trajetórias de progresso científico e tecnológico, com características próprias de cada período. Por essa razão, é necessário situá-las no espaço temporal para entender cada processo de (r)evolução na indústria.

As formas de inovação desenvolvidas ao longo da história - científica ou não - foram convertidas e consumadas na prática industrial, provocando situações disruptivas nos ciclos de produção e gerando um impacto ainda maior quando se atinge uma maturidade por uma “constelação de inovações”, a qual caracteriza um período bem definido das (r)evoluções.

Cabe ressaltar que não cabe discussões e conclusões imaturas sobre as fases das revoluções tecnológicas e suas durações em cada período. Dessa maneira não se pretendeu ousar tal discussão sobre cada qual período, mas sim iniciar um estímulo para um amadurecimento em estudos de diferentes prismas e comparações de diferentes autores, alcançando algum grau de entendimento para abrir os trabalhos de futuras discussões sobre estes aspectos das inovações e o progresso técnico e o desdobramento de suas (r)evoluções.

Tem-se que o ritmo extraordinário do progresso técnico está cada vez durando menos tempo em relação aos outros ciclos passados. Isso se deve ao ritmo que as inovações e as integrações que as tecnologias proporcionam, gerando paradigmas tecno-econômicos de ciclos ou ondas que merecem análises para suas simbioses e durações, haja vista, uma vez, a notória capacidade de fusão dos conhecimentos e integração na indústria, promovendo novas ordens institucionais e organizacionais.

Os processos de revoluções industriais e tecnológicas impactaram a organização industrial de tal maneira que promoveram o nascimento de um movimento em busca de novos nichos da produção, a fim de promover um próspero progresso técnico-científico que vise não apenas a competição para sobreviver, mas também a promoção de pioneirismos que instiguem o progresso da ciência e da tecnologia em amplo sentido.

A máquina de criação de riquezas e geração de inovações da história foi o advento da industrialização global, que associa possibilidades de integrações ou de novos desenvolvimentos de tecnologia. Atualmente nações do mundo todo estão buscando integrações para alcançar um nível de crescimento "inteligente" guiado pela inovação, no contexto da indústria 4.0.

Um impacto da mutação que é germinada durante o período da Quarta Revolução Industrial é que, inevitavelmente, modifica as experiências sociais nas formas do emprego pois tal momento gera efeitos dos quais novas capacidades são elementares em substituição dos empregos convencionais (mecânico repetitivo e de trabalho manual de precisão para a sensorização) dos quais os *modos operandis* antepassados serão suprimidos conforme os anos se passam, exigindo - para acompanhar o ritmo - domínio das tecnologias habilitadoras.

Tal modelo lança a indústria para uma próxima etapa na (re)organização produtiva, de controle do fluxo de valores ao longo da cadeia industrial e seus impactos sociais. Tais fenômenos nos processos elevam a indústria a um novo patamar de desenvolvimento e gestão, revolucionando a tradicional indústria de transformação.

Tem-se que a sociedade e a economia evoluíram - vivenciando a modernidade - de modo que o conhecimento é, e sempre foi, a matéria para a contemporaneidade econômica.

Em suma, a iniciativa e a ambição empresarial contribuem para a contínua modernização, a qual se entranha no sistema capitalista que emerge por novas possibilidades de lucros pela produção de produtos e serviços que antes não faziam parte da oferta em praça dos mercados. Portanto, o progresso técnico-científico inovativo é alentador dos processos de produção no tecido industrial e nas transformações e metamorfoses da sociedade como um todo.

Ele se desdobra em ritmo acelerado, à medida que o conhecimento aliado à tecnologia é absorvido e empregado no sistema produtivo, de modo a acelerar o aprimoramento organizacional e impactar profundamente a dinâmica do sistema econômico capitalista, que é trustificado (ou monopolista).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBAN, Marcus. **Crescimento sem emprego**: o desenvolvimento capitalista e sua crise contemporânea à luz das revoluções tecnológicas. Salvador: Casa da Qualidade, 1999.

ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta e. Apresentação: Christopher Freeman - The 'National System of Innovation' in Historical Perspective. **Revista Brasileira de Inovação**, Campinas, SP, v. 3, n. 1, p. 9-34, 2009. DOI: 10.20396/rbi.v3i1.8648890. Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/rbi/article/view/8648890>>. Acesso em: 20 ago. 2021.

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

ANDERSON, Chris. **Makers**: A nova revolução industrial. Rio de Janeiro: Alta Books, 2012.

BERNARDO, Alberthy Alysson Coelho; MEDEIROS, Wellington Gomes de. Model For Characterizing The Innovation Process In Design. **International Journal of Innovation**, v. 9, n. 1, p. 158-179, 2021.

BRASIL. Lei nº 13.243, de 11 de janeiro de 2016. Dispõe sobre estímulos ao desenvolvimento científico, à pesquisa, à capacitação científica e tecnológica e à inovação e altera [...]. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, seção I, nº 07, p. 01-05, 12 jan. 2016.

CANTÚ, Sara Ortiz; ZAPATA, Álvaro R. Pedroza. **¿Qué es la gestión de la innovación y la tecnología (ginnt)?** Journal of Technology Management & Innovation, Chile, v. 1, n. 2, p. 64-82, 2006.

CARDON, E. C.; MCHENRY, D. P.; CLINE, C. **A Relevância da Cultura: Reconhecendo a Importância da Inovação nas Operações Cibernéticas**. Military Review: Revista profissional do Exército dos EUA - Edição Brasileira. jul-set 2016. p. 64-69. Disponível em: <[https://www.armyupress.army.mil/Portals/7/military-review/Archives/Portuguese/MilitaryReview\\_20160228\\_art001POR.pdf](https://www.armyupress.army.mil/Portals/7/military-review/Archives/Portuguese/MilitaryReview_20160228_art001POR.pdf)>. Acesso em 01 jun 2019.

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

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

CASTIGLIONI LOPES, Herton. O progresso técnico nas abordagens de Celso Furtado e Carlota Perez: uma análise keynasiano-estruturalista vis-à-vis uma proposta neoschumpeteriana-evolucionária. **OIKOS (Rio de Janeiro)**, América do Norte, 16, nov. 2017. Disponível em: <<http://www.revistaoikos.org/seer/index.php/oikos/article/view/445>> Acesso em: 28 Ago. 2021.

CAVALCANTE, Zedequias Vieira; SILVA, Mauro Luis Siqueira da. **A importância da Revolução Industrial no mundo da Tecnologia**. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA, 7. 2011. Maringá. **Anais eletrônico**. Maringá. 2011. 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.

CHOI, Jeonghwan. **Redefine Innovation**: Foundation for Strategic Innovation Leadership Developmen. 2011. Disponível em: <<https://leadershipcenter.tistory.com/272>>. Acesso em: 15 jun. 2019.

CLARKE, Thomas. Creative Destruction, Technology Disruption, and Growth. **Oxford Research Encyclopedia of Economics and Finance**. 22 Nov. 2019. Disponível em: <<https://oxfordre.com/economics/view/10.1093/acrefore/9780190625979.001.0001/acrefore-9780190625979-e-393>>. Acesso em: 5 jun. 2021.

COELHO, Pedro; **Rumo à Indústria 4.0**. Dissertação de Mestrado - FCTU Universidade de Coimbra, Portugal, 2016.

CONCEIÇÃO, César Stallbaum. 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, Achyles Barcelos da. O desenvolvimento econômico na visão de Joseph Schumpeter. **Cadernos IHU Idéias**, São Leopoldo, v. 5, n.47, p. 1-16, 2006.

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

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

CUEL, Roberta *et al.* Knowledge eeb technology roadmap" the technology roadmap of the semantic web. **Knowledge Web**, 2004.

DATHEIN, Ricardo. **Inovação e Revoluções Industriais**: uma apresentação das mudanças tecnológicas determinantes nos séculos XVIII e XIX. DECON Textos Didáticos 02/2003, Porto Alegre, fev. 2003.

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

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

FAUSTO, Boris. **História Concisa do Brasil**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, Imprensa Oficial do Estado, 2001. ISBN 85-314-0592-0

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, Ednilson Silva. **As instituições e os neo-schumpeterianos**: a noção de aprendizado a partir do pilar cognitivo das instituições. *Pesquisa & Debate*, v. 19, n. 1 (33), p.15-32, jan-jun. 2008.

FELIPE, Ednilson Silva; MARTINS, Elvira Carolina Scapin. **INOVAÇÃO E DESTRUIÇÃO CRIADORA E OS DESAFIOS ATUAIS E INSTITUCIONAIS DA INDÚSTRIA MUSICAL**, 1º Encontro da Nacional de Economia Industrial e Inovação, Blucher Engineering Proceedings, Volume 3, 2016, Pages 802-822, ISSN 2357-7592, <<http://dx.doi.org/10.1016/engpro-1enei-045>>

FOSTER, Richard; KAPLAN, Sarah. **Destruição criativa**. Rio de Janeiro: Campus, 2002.

FRAGA, Lais Silveira. **Extensão e transferência de conhecimento: as incubadoras tecnológicas de Cooperativas Populares**. 2012. 242 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociencias, Campinas, SP. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/286682>>. Acesso em: 22 ago. 2018.

FREEMAN, Chris. "A Schumpeterian Renaissance?," SPRU Working Paper Series 102, SPRU - Science Policy Research Unit, University of Sussex Business School, 2003.

FREEMAN, Chris. 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, Chris; PEREZ, Carlota. Structural crises of adjustment business cycles and investment behaviour'. In: DOSI *et al.* (Eds.). **Technical change and economic theory**. Londres: Pinter, 1988.

FREEMAN, Chris; SOETE, Luc. **A economia da inovação industrial**. Campinas: Editora da Unicamp, 2008.

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

FREITAS, Amanda de Paiva Pereira. **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, Leonid; GRININ, Anton. **The Sixth Kondratieff Wave and the Cybernetic Revolution**. *Kondratieff Waves: Juglar - Kuznets - Kondratieff*. Ed. by L. E. Grinn, T. C. Devezas, and A. V. Korotayev, pp. 354-378. Volgograd: 'Uchitel' Publishing House. 2014

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

HOBBSAWM, Eric J. **Da Revolução Industrial Inglesa ao Imperialismo (5a. ed.)**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2003. ISBN 85-218-0272-2

IGLÉSIAS, Francisco. "A Revolução Industrial", 5º edição 1984, editora Brasiliense.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa de inovação (PINTEC 2011)**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa de inovação (PINTEC 2014)**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016.

KAO, John. **Innovation Nation: How America Is Losing Its Innovation Edge**. Why It Matters, and What We Can Do to Get It Back. Free Press. 320 pp, 2007.

KOGABAYEV, Timur & MAZILIAUSKAS, Antanas, 2017. **The definition and classification of innovation**. *HOLISTICA - Journal of Business and Public Administration*, Sciendo, vol. 8(1), pages 59-72, April.

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

LANDES, David. **Prometeu desacorrentado: transformação tecnológica e desenvolvimento industrial na Europa ocidental, de 1750 até os dias de hoje** (2a. ed.) Rio de Janeiro: Campus, 2005, 628 p.)

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

LAZZAROTTI, Fábio; SAMIR DALFOVO, Michael; HOFFMANN, Valmir Emil. A Bibliometric Study of Innovation Based on Schumpeter. **Journal of Technology Management & Innovation** [en linea]. 2011, 6(4), 121-134. Acesso: 14 ago. 2021. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84721487017>>.

LÉGER, Andreanne; SWAMINATHAN, Sushmita. **Innovation Theories: Relevance and Implications for Developing Countries**. German Institute for Economic Research. Series: Discussion Papers of DIW, number 743. Berlin, 2006.

LESKE, Ariela Diniz Cordeiro. **Inovação e políticas na indústria de defesa brasileira**. 197 f. Tese (Doutorado em Economia) - Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.

LIMA, Faíque Ribeiro; GOMES, Rogério. Conceitos e tecnologias da Indústria 4.0: uma análise bibliométrica. **Revista Brasileira de Inovação**, Campinas, SP, v. 19, p. e0200023, 2020. DOI: 10.20396/rbi.v19i0.8658766. Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/rbi/article/view/8658766>>. Acesso em: 10 ago. 2021.

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

LOH, Stanley. **A História da Inovação e do Empreendedorismo no Brasil** - e comparações com outros países. Porto Alegre, 2016.

LUCCA, André; DAROS, Carolina. A inovação sob a ótica do design sustentável: uma revisão da literatura. **e-Revista LOGO**. 2017. v. 6. pg. 41-58. Disponível em: <[10.26771/e-Revista.LOGO/2017.1.03](https://doi.org/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. *SciELO*, São Paulo, out/dez. 2014.

MARX, Karl.; ENGELS, Frederich. **Manifesto Comunista**. Rio de Janeiro, Editora Garamond, 1998.

MAZZUCATO, Mariana. **O estado empreendedor: desmascarando o mito do setor público x setor privado**. São Paulo: Portfolio-Penguin, 2014.

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

MÉRIDA, Simone Manhães Arêas; HASENCLEVER, Lia; "EFEITOS DAS INOVAÇÕES SOBRE O EMPREGO: POTENCIALIDADES E DESAFIOS", p. 794-814. In: **Anais do IV Encontro Nacional de Economia Industrial e Inovação**. São Paulo: Blucher, 2019. ISSN 2357-7592, DOI 10.5151/iv-enei-2019-5.5-028

MORICOCCHI, Luiz; GONÇALVES, José Sidnei. Teoria do desenvolvimento econômico de Schumpeter: uma revisão crítica. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 24, n. 8, p. 27-35, 1994.

NEFIODOW, Leo; NEFIODOW, S. **The Sixth Kondratieff**. The New Long Wave of the World Economy. Rhein-Sieg-Verlag: Sankt Augustin. 2014.

OLIVEIRA, Eric Rafael. TEORIA EVOLUCIONÁRIA DA MUDANÇA TÉCNICA DE NELSON E WINTER: Uma análise bibliográfica. **A Economia em Revista - AERE**, v. 25, n. 2, p. 39 - 49, 29 nov. 2017.

ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO - OCDE. **Manual de Oslo: diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação**. 3.ed. Brasil: Ministério da Ciência e Tecnologia. Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP, 2005. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br>>. Acesso em: 22 maio. 2019.

PASQUINI, Nilton Cesar. AS REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS: UMA ABORDAGEM CONCEITUAL. **Revista Tecnológica da Fatec Americana**. v. 8, nº 1, p. 29-44, 2020. Disponível em: <<https://fatecbr.websiteseuro.com/revista/index.php/RTecFatecAM/article/view/235>>. Acesso em: 1 mar. 2021.

PEREZ, Carlota. **Technological Revolutions and Financial Capital: The Dynamics of Bubbles and Golden Ages**, Edward Elgar, Cheltenham, 2002.

PEREZ, Carlota. **Technological Revolutions and Techno-Economic Paradigms**, Cambridge Journal of Economics, 34: 185-202, 2010

RICCINI, Raimonda. **Innovation as a Field of Historical Knowledge for Industrial Design**. **Design Issues**, 17, nº 4, Autumn, 24-31, 2001.

RODRIGUES, Thales Volpe. **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.

ROGERS, Everett. M. **Diffusion of innovations**. 5.ed. New York: Free Press, 2003.

ROJKO, Andreja. Industry 4.0 Concept: Background and Overview. **International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)**, [S.l.], v. 11, n. 5, p. pp. 77-90, jul. 2017. ISSN 1865-7923. Disponível em: <<https://onlinejour.journals.publicknowledgeproject.org/index.php/ijim/article/view/7072>>. Acessado em: 27 ago. 2021.

RUBMANN, Michael; *et al.* Industry 4.0: **The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries**. The Boston Consulting Group p. 5-20; 2015.

SAKURAI, Ruudi; ZUCHI, Jederson Donizete. AS REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS ATÉ A INDÚSTRIA 4.0. **Revista Interface Tecnológica**, [S. l.], v. 15, n. 2, p. 480-491, 2018. DOI: 10.31510/inf.v15i2.386. Disponível em: <<https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/386>>. Acesso em: 10 ago. 2021.

SANTOS, Beatrice Paiva; *et al.* INDUSTRY 4.0: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES. **Revista Produção e Desenvolvimento**, v. 4, n. 1, p. 111-124, 31 Mar. 2018.

SANTOS, Leandro dos. **A capital da inovação: arranjos institucionais do empreendedorismo inovador no polo tecnológico de Florianópolis**. 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 de junho de 2020.

SANTOS, Reili Amon-Há Vieira dos. **Três Ensaios em Economia da Inovação**. 2019. Tese (Doutorado em Economia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.

SCHMITZ, Raquel; *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**. V. 8, n. 2, p. 2059-2079, 2017.

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

SCHUMPETER, Joseph Alois. **Teoria do Desenvolvimento Econômico**. São Paulo. Editora Nova Cultura Ltda. 1997.

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

SCHUMPETER, Joseph Alois. **The theory of economic development**. Cambridge: Harvard University Press, 1934.

SCHUMPETER, Joseph. Alois **Capitalismo, Socialismo e Democracia**. Editado por George Allen e UnwinLtd., traduzido por Ruy Jungmann. Rio de Janeiro: Editora Fundo de Cultura, 1961.

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

SHAVER, Eric. **The Many Definitions of Innovation**, 2014. Disponível em: <<http://www.ericshaver.com/the-many-definitions-of-innovation/>>. Acesso em: 15 jun. 2019.

SHIKIDA, Perry Francisco de Assis.; BACHA, Carlos José Caetano. NOTAS SOBRE O MODELO SCHUMPETERIANO E SUAS PRINCIPAIS CORRENTES DE PENSAMENTO. **Revista Teoria e Evidência Econômica**, v. 5, n. 10, 11.

SICSÚ, Abraham Benzaquen; ROSENTHAL, David. Apresentação: Giovanni Dosi - Technological Paradigms and Technological Trajectories. **Revista Brasileira de Inovação**, Campinas, SP, v. 5, n. 1, p. 9-32, 2009. DOI: 10.20396/rbi.v5i1.8648922. Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/rbi/article/view/8648922>>. Acesso em: 28 ago. 2021.

SILVA, Glessia; DACORSO, Antonio Luiz Rocha. **Perspectivas de Inovação na Micro e Pequena Empresa** - Revista Economia & Gestão - v. 13, n. 33, set./dez. 2013

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

SOUZA, Osvaldo Rodrigues de. **História Geral**. São Paulo: Editora Ática, 1990. ISBN 85-08-02735-5 - Cultura Brasil. Disponível em: <<http://www.culturabrasil.org/revolucaoindustrial.htm>>. Acesso em: 15 ago. 2020

TIDD, Joe; BESSANT, John; PAVITT, Keith. **Gestão da Inovação**. Porto Alegre: Bookman, 2008. 600p. ISBN 9788577802029.

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

TIGRE, Paulo Bastos. Paradigmas Tecnológicos e Teorias Econômicas da Firma. **Revista Brasileira de Inovação**, Campinas, SP, v. 4, n. 1, p. 187-223, 2009. DOI: 10.20396/rbi.v4i1.8648911. Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/rbi/article/view/8648911>>. Acesso em: 27 ago. 2021.

TOLDA, João. **Princípios de economia e da inovação (2.ª edição)**. Coimbra: [s.n.]. 138 p. ISBN 978-989-26-1360-4, 2017.

UFSM. In: **Livraria UFSM**. Santa MARIA. [s.d.]. Disponível em: <<https://livrariaufsm.com.br/uma-teoria-evolucionaria-da-mudanca-economica.html>>. Acesso em 28 ago 2021.

UNICAMP. In: **Sala de Imprensa: Jornal da Unicamp**, Edição 355. Campinas. 2007 Disponível em: <[https://www.unicamp.br/unicamp/unicamp\\_hoje/ju/abril2007/ju355pag10d.html](https://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/abril2007/ju355pag10d.html)>. Acesso em 28 ago 2021.

URABE, Kuniyoshi. 1988. Innovation and the Japanese Management System, In: **K. Urabe, J. Child and T. Kagono (Eds.) Innovation and Management, International Comparisons, De Gruyter & Co: Berlin**, pp 3-25 (9) (PDF) *Strategic and operational process innovations in NPD processes applying evolutionary change management*. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/228581430\\_Strategic\\_and\\_operational\\_process\\_innovations\\_in\\_NPD\\_processes\\_applying\\_evolutionary\\_change\\_management](https://www.researchgate.net/publication/228581430_Strategic_and_operational_process_innovations_in_NPD_processes_applying_evolutionary_change_management)>. Acesso em: 27 ago. 2021.

VAN DER KOOY, B. J. G. **Innovation defined: an analysis and a proposal**. Reporte del Eindhoven University of Technology. 1988.EUT/DBK/33: Eindhoven, 1988.

VARELLA, Sergio Ramalho Dantas; SILVA JUNIOR, Mauro Tomaz da; MEDEIROS, Jefferson Bruno Soares de. O desenvolvimento da teoria da inovação schumpeteriana. In: **XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP**, 2012, Bento Gonçalves. O desenvolvimento da teoria da inovação schumpeteriana, 2012.

VENTURELLI, Márcio. **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, Rosele Marques. **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.