

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS**

**BERNARDO DIAS GUEDES DE MORAES**

**A QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL E O DESEMPREGO TECNOLÓGICO NO  
BRASIL**

Rio de Janeiro – Rio de Janeiro  
2021

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS**

**BERNARDO DIAS GUEDES DE MORAES**

**A QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL E O DESEMPREGO TECNOLÓGICO NO  
BRASIL**

Trabalho de conclusão de curso apresentada ao  
Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio  
de Janeiro, como requisito para a obtenção do título de  
Bacharel em Economia.

Orientador: Professor Dr. Carlos Pinkusfeld Monteiro  
Bastos

Rio de Janeiro – Rio de Janeiro  
2021

BERNARDO DIAS GUEDES DE MORAES

A QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL E O DESEMPREGO TECNOLÓGICO NO BRASIL

Trabalho de conclusão de curso apresentada ao Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Economia.

Rio de Janeiro, 7/2/2021.

---

CARLOS PINKUSFELD MONTEIRO BASTOS  
Professor Dr. Do Instituto de Economia da UFRJ

---

RENATA LÉBRE LA ROVERE  
Professora Dra. do Instituto de Economia da UFRJ

---

EDUARDO FIGUEIREDO BASTIAN  
Professor Dr. do Instituto de Economia da UFRJ

Dedico esse estudo aos meus pais, que me deram estabilidade, conforto e motivação para inicialmente ingressar no Instituto de Economia, mas principalmente a concluir o curso; à minha companheira Maria Fernanda que me incentivou e inspirou o tempo todo; aos meus sócios que entenderam e colaboraram com os meus estudos e aos meus amigos que tornaram os anos como universitário muito mais divertidos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao meu professor orientador Carlos Pinkusfeld, que me ajudou a direcionar os estudos desse tema do meu interesse e apoiou, corrigiu e revisou a minha escrita incontáveis vezes em dias e horários atípicos, como domingos e feriados.

Agradeço também a todos os demais brilhantes professores que tive o prazer e a honra de conhecer e estudar durante esse período; estes se mostraram sempre apaixonados pelo estudo das Ciências Econômicas e do desenvolvimento do país em meio a um período de conturbado para o desenvolvimento de ciência e tecnologia nas instituições públicas nacionais.

## **RESUMO**

Visto o crescimento das tecnologias características da quarta revolução industrial no século XXI, em especial a inteligência artificial, e o natural ganho de produtividade possibilitado pela aplicação das mesmas, nos deparamos novamente com tensões a respeito da perda de empregos e substituição da mão de obra. Esse estudo busca entender o que as principais escolas econômicas sugerem a respeito do tema do desemprego tecnológico, como essa mudança no perfil do emprego ocorreu nas demais revoluções industriais, quais as particularidades das mudanças recentes e as perspectivas e propostas para o emprego no Brasil. O método utilizado foi uma revisão bibliográfica de inúmeros autores, desde os pré-clássicos até aqueles que se destacam na discussão moderna a respeito da perda de empregos. Como resultado obtivemos projeções otimistas e pessimistas, com entendimento das premissas e das limitações de cada uma. Como consenso dos pontos de vista, temos a necessidade de adaptação de políticas públicas para esse novo cenário, onde o mercado buscará por diferentes aptidões dos trabalhadores e passará por mudanças intensas em um período de tempo relativamente curto.

Palavras Chave: Desemprego Tecnológico; Emprego no Século XXI, Inteligência Artificial, Perda de Empregos; Quarta Revolução Industrial; Industria 4.0

## **ABSTRACT**

Given the growth in the search for technologies of the fourth industrial revolution in the 21st century, especially artificial intelligence, and the natural productivity gain made possible by their application, we are again faced with tensions regarding the loss of jobs and replacement of the labor force. This study seeks to understand what the main economic schools suggest regarding the topic of technological unemployment, how this change in the employment profile occurred in other industrial revolutions, what are the particularities of recent changes and the perspectives and proposals for employment in Brazil. The method used was a bibliographic review of numerous authors, from the pre-classical to those who stand out in the modern discussion about job loss. As a result, we obtained optimistic and pessimistic projections, with an understanding of the assumptions and limitations of each one. As a consensus of points of view, we have the need to adapt public policies to this new scenario, where the market will look for different skills of workers and will undergo intense changes in a relatively short period of time.

**Keywords:** Technological Unemployment; Employment in the 21st Century, Artificial Intelligence, Job Loss; Fourth Industrial Revolution; Industry 4.0

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>8</b>
<b>TEORIA BÁSICA DO DESEMPREGO TECNOLÓGICO.....</b>	<b>10</b>
1.1 – Pré-Clássicos .....	11
1.2 – Clássicos .....	11
1.2.1 – A visão de David Ricardo.....	12
1.2.2 – Abordagem marxista.....	13
1.3 – Abordagem neoclássica .....	14
1.4 – Abordagem keynesiana.....	17
1.5 – Schumpeter: visão estrutural do progresso técnico .....	19
<b>EXPERIÊNCIAS HISTÓRICAS DO DESEMPREGO TECNOLÓGICO .....</b>	<b>20</b>
2.1 – A revolução industrial e o nascimento do ludismo.....	21
2.2 – A segunda revolução industrial e o debate do desemprego tecnológico no período entreguerras (1919 -> 1929) .....	23
2.3 – A terceira revolução industrial e a era dourada do capitalismo.....	26
<b>DISCUSSÃO MODERNA DE AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS, INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E PERDA DE EMPREGOS.....</b>	<b>32</b>
3.1– IA e desemprego .....	34
3.2 – Quão suscetíveis à computadorização são as diferentes ocupações .....	36
3.3 - Discussão moderna sobre a perda de empregos .....	40
3.4 - O desemprego tecnológico no Brasil .....	48
<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>54</b>



## INTRODUÇÃO

Vista a velocidade com que novas tecnologias vêm sendo criadas e aprimoradas desde o final do século XX, existe uma iminente alteração nas relações capital-trabalho, onde o incrível aumento da capacidade de automação de tarefas pode reduzir muito a necessidade de mão de obra em atividades responsáveis por gerar grande parte do emprego no Brasil e no mundo. Diferente das revoluções tecnológicas de outrora onde presenciamos um ganho de produtividade através da automação do trabalho mecânico, com o desenvolvimento de Inteligência Artificial e algoritmos cada vez mais complexos, característicos da quarta revolução industrial, é prevista a substituição de trabalho por capital também em trabalhos intelectuais, o que, segundo parte dos autores do tema, pode gerar um nível preocupante de desemprego ou até uma completa alteração da nossa organização enquanto sociedade.

Ocorre que apesar de estar em uma nova roupagem, o conceito de desemprego tecnológico é antigo, e a resposta de muitas de nossas perguntas podem estar em situações do passado onde a inserção de tecnologias disruptivas gerou ganho de produtividade e de alguma forma o mercado de trabalho acabou por se ajustar em termos de nível de emprego, ou de outra forma, sem que se gerasse um desemprego extraordinariamente elevado.

O objetivo do presente estudo é explorar como as teorias econômicas das mais diversas vertentes dialogam com esse fenômeno; estudar como alterações dessa natureza foram resolvidas no mundo ao longo da história; entender o que motiva as opiniões pessimistas ou otimistas sobre o emprego na quarta revolução industrial para enfim entender o que os estudos existentes dizem sobre o futuro do emprego em nosso país e quais as propostas de solução para esse, eventual, desequilíbrio. É interessante também notarmos que, evidenciado o fenômeno do desemprego tecnológico ou não, temos aí um conceito que pode ser útil para compreendermos muitas das mudanças que ocorrerão no século XXI. A complexidade do fenômeno não permite ainda que seja feito um julgamento mais definitivo sobre as distintas interpretações feitas por cada escola de pensamento (CAMPPA, 2018).

Para cobrir os tópicos relacionados nessa introdução esse trabalho de organiza da seguinte forma. No Capítulo I estudamos o que as principais escolas econômicas disseram a respeito do tema do desemprego tecnológico. No capítulo II estudamos os fatos e o debate a respeito do desemprego e dos impactos na mão de obra de forma geral nas três revoluções industriais anteriores, a fim de ter sugestões do que podemos esperar desta que é chamada por alguns de quarta revolução industrial. No Capítulo III apresentamos quais são as mudanças tecnológicas

recentes e trazemos o debate atual a respeito do futuro do emprego, encerrando nosso estudo com a análise do caso brasileiro. Vale lembrar que apesar da riqueza deste debate nos países desenvolvidos nossa abordagem para o caso brasileiro apresentada no Capítulo III sofre de limitações decorrentes da ainda incipiente discussão do tema nos países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento.

## TEORIA BÁSICA DO DESEMPREGO TECNOLÓGICO

O desemprego tecnológico consiste em uma redução de postos de trabalho para uma dada população economicamente ativa decorrente da introdução de um bem de capital que substitua o trabalho humano em uma cadeia produtiva. Um eventual avanço tecnológico que aumente a capacidade produtiva por trabalhador em uma cadeia naturalmente reduz a necessidade de mão de obra para determinado nível de produção. Entretanto uma simples substituição de um trabalhador ou de um grupo de trabalhadores por capital não representa necessariamente o surgimento de desemprego tecnológico uma vez que caso esses trabalhadores substituídos consigam se realocar no mercado de trabalho em um curto período de tempo, não haverá desemprego.

O termo em questão foi mencionado por John Maynard Keynes que o definiu da seguinte forma:

Isso significa desemprego causado pela descoberta de formas de economizar o uso de trabalho a um passo mais rápido do que podemos encontrar novas formas de trabalho (KEYNES, 1933 p.63)

Do ponto de vista dos proprietários dos meios de produção, diversas são as razões para substituir trabalho por capital conforme se torne possível, como, por exemplo, a redução de custos e de transtornos gerados pela natureza humana, como cansaço, absenteísmo ou eventuais imprecisões na execução de tarefas. Além disso, existem conflitos sociais inerentes ao capitalismo, como as lutas por direitos, que exercem influência de distribuição de renda indesejável ao capitalista.

Esta tendência histórica pelo emprego de capital em substituição ao trabalho provoca ciclicamente, como veremos, debates a respeito de eventual desemprego estrutural devido ao avanço tecnológico. A magnitude de alguns fenômenos que já ocorreram e serão abordados posteriormente explica o porquê das tensões. Não necessariamente causando desemprego, o progresso tecnológico causa, via de regra, grandes mudanças no perfil do trabalho e do trabalhador dos setores mais dinâmicos, e com isso cria-se incerteza sobre o futuro da ocupação da mão de obra. Os eventos históricos nos mostram que essas transições já foram marcadas por migrações dos trabalhadores de setor, região e até mesmo país para que a força de trabalho, que perdeu ocupação devido ao progresso técnico, fosse realocada.

No presente capítulo iremos estudar como as principais escolas econômicas interpretam o desemprego, e mais especificamente o desemprego tecnológico. O objetivo é mostrar a grande variedade de premissas que irão embasar a discussão moderna sobre o desemprego

tecnológico, que será abordada posteriormente. Também evidenciar como o tema se manteve contemporâneo por toda a evolução do pensamento econômico.

### **1.1 – Pré-Clássicos**

No início do século XVII o debate sobre o deslocamento da mão-de-obra decorrente do progresso técnico (mais em evidência do que um eventual desemprego), norteou a política mercantilista na Europa. Apesar de não haver um consenso, assim como não ocorreu ao longo da história, um viés pessimista sobre a substituição de mão de obra levou os países a adotarem legislações restritivas ao uso de maquinaria, como a França em 1686 e a Inglaterra em 1623.

As vantagens competitivas seriam positivamente afetadas por qualquer ganho de produtividade, mas um eventual desemprego poderia causar tensões sociais indesejáveis.

As opiniões do pré-clássicos são divididas entre aqueles que nortearam as políticas citadas, com viés pessimista sobre os efeitos colaterais da mecanização e aqueles que apesar de reconhecer os prováveis efeitos negativos defendiam seu uso devido a vantagem competitiva (PETTY, 1690).

James Steuart (1767), já no século XVIII, chegou a conclusões otimistas, semelhantes às que posteriormente seriam exploradas pelos economistas clássicos. Segundo o autor, uma mecanização geraria desemprego temporário, que seria seguido por alguns mecanismos de compensação como o aumento do emprego no setor de máquinas. (MILLER, 2002)

### **1.2 – Clássicos**

A escola clássica nasce com Adam Smith no livro *A Riqueza das Nações*, em 1776. É marcada por autores como Malthus, Ricardo e Stuart Mill. Além dos autores mencionados, temos também, com uma visão mais crítica à ordem capitalista, mas com fundamentos teóricos semelhantes, Karl Marx.

Em oposição aos Mercantilistas, Adam Smith desconfiava de excessiva intervenção do estado e defendia políticas liberais, se contrapondo às diversas medidas de controle criadas em consenso com os mercantilistas. Outro ponto de atenção é que Adam Smith defendia que a riqueza das nações seria gerada basicamente pelo ganho de produtividade do trabalhador e pelo ganho de mercado das mesmas.

A produção anual da terra e do trabalho de qualquer nação pode aumentar seu valor através de nenhum outro meio a não ser aumentando o número de trabalhadores produtivos, ou a força produtiva destes trabalhadores [...] A produtividade do mesmo número de trabalhadores não pode aumentar se não através das máquinas e instrumentos que facilitam e tornam mais rápidas as tarefas ou de uma melhor divisão e distribuição do trabalho. (Smith 1998: p. 455-456)

Sobre a possibilidade de haver uma ligação entre a mecanização e o desemprego, Smith enxerga nessa situação apenas uma oportunidade para capitalistas e proprietários de terra:

Em consequência de melhor maquinário, de maior destreza e de uma melhor divisão e distribuição do trabalho, todos estes sendo efeitos naturais do desenvolvimento, uma quantia muito menor de trabalho será requisitada para executar qualquer tarefa em particular, e assim, em consequência das florescentes circunstâncias da sociedade, o preço real do trabalho deve subir muito consideravelmente, enquanto a grande diminuição da quantidade de trabalho vai, geralmente, mais do que compensar esse aumento que pode haver no preço. (SMITH 1998, p.338).

### **1.2.1 – A visão de David Ricardo**

Entre 1815 e 1828, David Ricardo escreveu artigos, livros e críticas que defendiam incisivamente o ponto de vista de que a maquinaria era boa para todas as classes sociais, pois reduziria custos e aumentaria os valores reais dos salários, servindo como um impulsionador do trabalho, e não substituto (COUTO, GARCIA, FREITAS, SILVESTRE, 2011; MILLER, 2002). Ocorre que em As Notas (RICARDO, 1828) publicação crítica ao livro Princípios de Malthus (1820) Ricardo expõe uma opinião mais moderada sobre o assunto. Na nota 149 ele diz:

É possível que quase todo trabalho executado pelo homem seja realizado por um por cavalo; nesse caso, a substituição por cavalos, mesmo acompanhada por uma produção maior, seria vantajosa para as classes trabalhadoras, ou, ao contrário, diminuiria substancialmente a demanda por trabalho? Limito-me a dizer o seguinte: pode acontecer que, com uma forma de cultivo mais barata, a demanda de trabalho possa diminuir; e, com uma forma de cultivo mais cara, a demanda de trabalho possa aumentar (RICARDO, 1983, p 145-146).

Posteriormente, na terceira edição de Princípios de Ricardo, ele de fato abandonou o seu posicionamento inicial de que estas certamente seriam benéficas a todos. A partir desta publicação a opinião de Ricardo foi que ainda que o capital poupado com a mecanização fosse empregado em outro setor, sendo este o principal mecanismo de compensação, o rendimento

líquido de um país poderia subir sem reduzir suficientemente a população excedente e por consequência prejudicar a vida dos trabalhadores tanto da indústria quanto do campo:

Ocorrerá necessariamente uma redução da demanda de trabalhadores; uma parte da população tornar-se-á excessiva e a situação da classe trabalhadora será de grande sofrimento e pobreza”. (RICARDO, 1982, p.263)

Apesar dessa preocupante projeção, Ricardo conclui, de forma menos intuitiva, que mesmo com todos esses riscos previstos, os países não deveriam abrir mão ou desincentivar o uso de máquinas pois a tecnologia negligenciada poderia ser adotada em outros países e com isso gerar uma concorrência imbatível devido ao ganho de produtividade. Dessa forma, segundo Ricardo, a demanda nacional pelo trabalho naquele setor não seria reduzida, e sim extinguida.

### **1.2.2 – Abordagem marxista**

Quase cinquenta anos após a Terceira edição dos Princípios de Ricardo, Karl Marx publicou seu livro O Capital (1867). Marx dedicou um capítulo inteiro a tratar sobre o desemprego decorrente da mecanização. Nomeado “Maquinaria e a Grande Indústria”, o capítulo XIII aborda alguns antecessores, com inclusive citação e enaltecimento a já mencionada mudança de ponto de vista de Ricardo, julgada por ele como nobre e honesta. A infelicidade dos trabalhadores não seria fruto da relação com as máquinas, mas sim da relação de exploração do trabalho no sistema capitalista.

Marx via o ganho de produtividade, de forma isolada ao sistema capitalista, como um mecanismo de emancipação do homem. Caso os bens de capital não ficassem confinados ao único objetivo de aumentar a mais valia, ou seja, o lucro dos capitalistas com a diferença entre produção e salário de cada trabalhador, eles seriam um grande avanço em direção a uma sociedade livre do trabalho, semelhante àquela imaginada por Aristóteles (COUTO, GARCIA, FREITAS e SILVESTRE, 2011).

Marx não concordava com a revolta operária quanto as máquinas pois para ele a economia de trabalho braçal era uma vitória da humanidade. Entretanto, dentro do modo de produção capitalista essa economia de mão de obra contribuiria para o chamado exército industrial de reserva: ao aumentar a população supérflua, ou seja, a oferta de mão de obra, o preço da força de trabalho se reduziria. Não o bastante, em O Capital (1867) é relatado que essa menor necessidade de força braçal permitiu a inserção de mulheres e crianças no mercado de trabalho, que acabou por aumentar a oferta de trabalho e pressionar a queda dos salários.

Um eventual desemprego não seria friccional visto que a tecnologia de maquinaria iria ser introduzida constantemente em novos setores.

A parte da classe trabalhadora que a maquinaria transforma em população supérflua, isto é, não mais imediatamente necessária para a autovalorização do capital, sucumbe, por um lado, na luta desigual da velha empresa artesanal e manufatureira contra a mecanizada, inunda, por outro lado, todos os ramos mais acessíveis da indústria, abarrota o mercado de trabalho e reduz, por isso, o preço da força de trabalho abaixo de seu valor. Para os trabalhadores pauperizados, deve ser grande consolo acreditar, por um lado, que seu sofrimento seja apenas “temporário”, por outro, que a maquinaria só se apodere paulatinamente de todo um setor de produção, ficando reduzida a dimensão e a intensidade de seu efeito destruidor. Um consolo bate o outro. Onde a máquina se apodera paulatinamente de um setor de produção, produz miséria crônica nas camadas de trabalhadores que concorrem com ela. Onde a transição é rápida, seus efeitos são maciços e agudos. (MARX, 1984, p. 48)

Essa lógica se repete até mesmo na própria produção de maquinário, que posteriormente teria parte das suas tarefas executadas por outras máquinas. Além disso, parece ineficiente que a mão de obra substituída seja alocada na produção de máquinas pois via de regra a construção de uma máquina emprega menos trabalhadores do que sua utilização desloca.

Marx vai além e aponta que com mais trabalhadores desempregados, haveria redução no consumo e conseqüente queda da demanda de mão de obra para produção de mercadorias.

Em síntese, a obra *O Capital* aponta diversos efeitos negativos para a sorte dos trabalhadores com a inserção de maquinário nas indústrias, que faz pressão pelo aumento da oferta de trabalhadores e redução da necessidade de contratação dos mesmos, causando um exército industrial de reservas cada vez maior. Apesar disso, o autor não atribui esses efeitos ao progresso técnico, e sim a forma que este é usado no sistema capitalista.

### **1.3 – Abordagem neoclássica**

A teoria neoclássica tem sua origem com a revolução marginalista do final do século XIX, sendo seus expoentes Leon Walras (1874), Carl Menger (1871) e William Stanley Jevons (1871). Sua teoria do valor se define no princípio das utilidades marginais, que ao contrário da teoria clássica tem uma base subjetiva, e não material objetiva como as condições de produção, as preferências individuais e o princípio da escassez.

A definição do preço de um bem é dada pela utilidade marginal do mesmo, ou seja, a preferência de um agente representativo, dada uma restrição orçamentária. Assim, partindo da ideia do princípio da substituição na produção, o aumento da oferta de um fator faz com que seu

preço/remuneração caia em relação ao outro fator escasso (cuja oferta não varia). Esse efeito na produção é refletido também nos bens, ou seja, bens mais intensivos nos fatores menos escassos teriam preços relativos menores.

Essa teoria foi popularizada através do diagrama elaborado por Alfred Marshall (1890), chamado “Tesoura Marshalliana” que sugere que o preço de um bem é determinado pelo ponto de equilíbrio entre a demanda e a oferta, ponto este onde a utilidade marginal dos indivíduos coincide com o custo marginal dos produtores, sendo o lucro nulo nesse ponto.

A teoria marginalista parte das preferências individuais e desenvolve o conceito de concorrência a partir de um número infinito de agentes atomizados.

Como resultado direto do princípio da substituição, mencionado acima, a tendência da economia seria o pleno emprego, uma vez que qualquer excesso de oferta de um fator seria incorporado a produção com produtividades marginais decrescentes. Entretanto, observa-se na prática, que a economia oscila em ciclos econômicos. Logo a macroeconomia, à época ainda denominada de economia monetária, deveria dar alguma resposta a esta questão tão importante. Wicksell, um dos pioneiros no tratamento macroeconômico à teoria neoclássica, lançou mão da ideia de existir nos casos de desemprego (e ou alta inflação) uma taxa de juros nominal, fixada pelo sistema bancário distinta daquela dada pelo equilíbrio de fatores, ou da escassez de poupança/capital como apontada anteriormente. Uma vez que essas taxas convirjam a economia voltaria ao pleno emprego que decorre da aplicação do princípio da substituição.

Depois da contribuição de Keynes na Teoria, que serão melhor explicadas na seção a seguir, ou melhor em reação às críticas contidas na Teoria Geral (que parte de uma estrutura Marshalliana para desenvolver suas ideias) foi-se criando uma macroeconomia marginalista que em sua versão moderna define como eficiente o funcionamento dos mecanismos de mercado (princípio da substituição) que contasse com os seguintes elementos:

1. Os agentes econômicos, famílias e empresas, são racionais e tem como objetivo maximizar a sua utilidade e seu lucro, respectivamente, e não sofrem com ilusão monetária.
2. Os mercados são perfeitamente competitivos e os agentes decidem o quanto comprar e vender com base num determinado conjunto de preços que são perfeitamente flexíveis.
3. Os agentes possuem total conhecimento sobre as condições de mercados e sobre os preços antes de efetuarem transações.



4. As transações comerciais só tem lugar quando os preços de mercado estão estabelecidos em todos os mercados, sendo estes assegurados por um leiloeiro walrasiano ficcional cuja presença impede a negociação falsa.

Essas premissas e os fundamentos teóricos da teoria marginalista levam a conclusões otimistas sobre o nível de emprego. Sem nenhuma rigidez, e especificamente, a rigidez dos salários, o mercado de trabalho se regula da mesma forma que o mercado de bens e, no cenário explorado por nós de alteração da demanda por trabalho, uma simples redução de preço (salário) seria um mecanismo de ajuste suficiente para que não ocorresse desemprego.

Com os salários e a taxa de juros como mecanismos reguladores, não existe desequilíbrio estrutural pois não há desemprego nem de mão de obra e nem de capital no longo prazo.

O produto agregado no modelo é definido por:

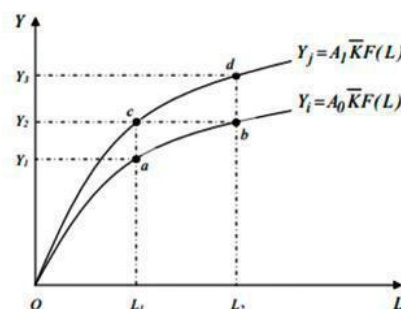
$$Y = AF(L,K)$$

Segundo a expressão acima o produto agregado real ( $y$ ) é uma função que depende do número de horas de trabalho ( $L$ ), da quantidade de capital ( $K$ ) e o chamado parâmetro tecnológico ( $A$ ). O progresso técnico tem então efeito positivo sobre o nível de produto.

No Gráfico 1 representamos uma variação positiva: o parâmetro tecnológico (ganho de produtividade) desloca a nossa curva de produto ( $Y_i$ ) para cima ( $Y_j$ ), aumentando o produto agregado real ( $Y$ ) e também o produto marginal do trabalho ( $PMg_L$ ).

Nota-se que, em consenso com a teoria do rendimento marginal decrescente citada acima, temos uma curva de formato côncavo, ou seja, quanto maior o nível de atividade menor é a produtividade marginal.

**Gráfico 1.1 – A curva de produto no modelo neoclássico**



No modelo não existe espaço para o estudo de um desemprego involuntário, seja ele tecnológico ou não: com os mecanismos de ajuste funcionando corretamente, ou seja, sem

intervenção de agentes exógenos, as horas procuradas de trabalho pelas empresas serão iguais as horas oferecidas e trabalho pelos indivíduos. O pleno emprego é o estado natural da economia.

Conclui-se que qualquer desemprego seria friccional, bastando um curto período de tempo para correções dos salários e realocação da mão de obra. No caso de inovações tecnológicas que tornem as capacidades dos trabalhadores inadequadas às novas tecnologias a sugestão marginalista é simplesmente o retreinamento, ou seja, ensinar aos trabalhadores novas capacidades que permitam que se insiram no mercado de trabalho que, como dito anteriormente sempre converge para o pleno emprego.

#### **1.4 – Abordagem keynesiana**

Keynes foi responsável pela popularização do conceito de desemprego involuntário. O autor rompe com a ideia de que os salários são determinados como qualquer outro produto, em um ponto de equilíbrio entre oferta e demanda de pleno emprego. Keynes não abandona o postulado da determinação do salário pela produtividade marginal, entretanto dado a rigidez macroeconômica esse não é o valor de pleno emprego. Este é determinado pela demanda agregada, e resulta num nível de salário real dado pela produtividade marginal no trabalho.

O autor rejeita, por assim dizer, duas versões da Lei de Say (clássica e/ou marginalista), e como apontado acima, ao negar que exista uma tendência ao pleno emprego<sup>1</sup>, ou que o mecanismo de ajuste de salários nominais e taxas de juros leve a economia ao pleno emprego da utilização dos fatores de produção. Em versões mais radicais da teoria keynesiana mesmo a flexibilidade nominal seria incapaz de levar a economia ao Pleno Emprego dado o efeito de instabilidade que tal flexibilidade traria sobre as decisões de investimento.

Especificamente sobre o desemprego tecnológico, e não sobre o desemprego estrutural de forma ampla, Keynes nos mostra em *Economic Possibilities for our Grandchildren* (2008) principalmente duas colocações:

a) em um primeiro momento o progresso tecnológico gera desemprego pelo fato de a substituição de trabalho por capital ser mais rápida que a capacidade do mercado de absorver estes trabalhadores.

---

<sup>1</sup> Como apontado acima nos autores clássicos não tem um modelo de tendência ao pleno emprego da mão de obra, apenas do estoque de capital existente.

b) No longo prazo, com o avanço de novas tecnologias a humanidade poderia parar de “lutar pela subsistência” e reduzir o tempo dedicado ao trabalho ao ponto de um trabalhador dedicar cerca de quinze horas semanais apenas para se sustentar, podendo utilizar o restante do tempo a tarefas domésticas e lazer.

O segundo item mencionado acima mostra um certo otimismo em relação ao impacto do progresso técnico, ou a crença na possibilidade da superação da necessidade do emprego como conhecemos hoje, com longas jornadas durante a semana. Ao mencionar a possibilidade de subsistência com poucas horas de trabalho, o autor claramente visita a hipótese de enorme redução da necessidade de mão de obra para determinado nível de atividade, o que pode acarretar em um futuro com mais tempo livre como mencionado, mas chama atenção para um futuro menos otimista em relação as relações desemprego tradicionais.

Em síntese, o autor não teme o desemprego tecnológico apenas pelo fato de acreditar que é possível usar os avanços da tecnologia a favor da sociedade através de boas políticas públicas, estas tornariam o desemprego tecnológico, ou a redução da necessidade de mão de obra, em um novo arranjo social no qual a redução do número de horas por trabalhador geraria mais lazer e possibilitaria a existência de postos de trabalho.

### **1.5 – Schumpeter: visão estrutural do progresso técnico**

Contemporâneo ao pensamento keynesiano, a obra de Schumpeter, autor cujo fundamento teórico é marginalista, mas que está mais interessado na transição do que propriamente posições de equilíbrio, apresenta uma visão original. Muller (2002) entende que a obra de Schumpeter inspirou um conjunto de autores que poderiam ser denominados de estruturalistas, os quais desenvolveram, então, diversos estudos para compreender as distintas causas para o funcionamento do mercado de trabalho e a determinação do nível de emprego.

Para Schumpeter (1939), propriamente dito, o desemprego, que é cíclico, é basicamente o desemprego tecnológico.

“O nosso modelo conclui que, basicamente, o desemprego cíclico é tecnológico... Segue que, como o lucro, o desemprego tecnológico é efêmero. Ele deve estar sempre presente, mas, assim como os lucros, toda fonte individual de desemprego tecnológico tende a se esgotar, enquanto novas emergem periodicamente. No mesmo sentido do que os lucros, mais ainda, ele deve ser chamado friccional, uma vez que uma adaptação instantânea do sistema iria encerrá-lo em seu nascimento. (p. 515-16).

Em seu estudo sobre o ciclo econômico, o autor mostra o comportamento e a influência de diversos agentes em momento de crescimento e queda da atividade econômica. Em recorte para nosso objeto de estudo, Schumpeter diz que ciclicamente teremos avanços nos métodos de produção e queda dos preços dos bens, fenômeno acompanhado da alteração das relações capital-trabalho. Uma queda na demanda por mão de obra será, entretanto, mitigada no longo prazo com a consolidação dos benefícios do progresso técnico e a realocação da mão de obra. Entretanto, é muito importante ressaltar que Schumpeter reconhece a possibilidade da queda do salário real dos trabalhadores decorrente do progresso técnico, uma vez que a realocação prevista por ele dialoga com a abordagem marginalista, onde o preço (no caso o preço da mão de obra) é o mecanismo de ajuste entre oferta e demanda.

O autor deixa claro que entende a outra forma de desemprego que não tecnológico, ou seja, o desemprego nos cíclicos períodos de depressão econômica, como mais ameaçador para a sorte do trabalhador do que o de nosso objeto de estudo. Entretanto, ao fim dos ciclos econômicos não existe queda dos salários e da participação dos salários na produção, portanto essa própria característica de queda é friccional; já no caso do desemprego decorrente do progresso tecnológico ele reconhece a possibilidade de uma queda permanente do nível dos salários.

## EXPERIÊNCIAS HISTÓRICAS DO DESEMPREGO TECNOLÓGICO

O desemprego tecnológico pode ser analisado em diferentes esferas do sistema econômico, não sendo possível negar que existiram indivíduos que perderam seus empregos pela substituição por uma máquina, nem que companhias foram automatizadas de forma que ocorreram drásticas reduções da força de trabalho e nem mesmo que setores foram brutalmente esvaziados de sua mão de obra, como veremos adiante.

Exemplificando a magnitude que as revoluções tecnológicas podem causar temos um caso interessante na quase extinção de mão de obra do setor primário Norte Americano durante o século XX. Em 1900 tínhamos 41% da população empregada na agricultura e um século depois apenas 2% dos americanos trabalhavam nesse setor (WLADAWSKY-BERGER, 2015). Ainda que essa modificação não tenha resultado em desemprego, e sim na migração da ocupação da mão de obra americana, ela nos mostra a magnitude que o progresso técnico pode causar no âmbito econômico de um país. Além disso, destaca-se também que o incrível ganho de produtividade causou considerável redução do gasto com alimentação básica nos custos de uma família.

Outro exemplo é de como com a invenção do carro particular, toda a mão de obra relacionada ao transporte através de equinos perdeu completamente a utilidade na década de 1910. Em contrapartida, houve grandes avanços na expansão territorial de muitos países, e o nascimento de uma cadeia de empreendimentos como redes de *fast foods* e motéis, além de, claro, os serviços relacionados a manutenção de automóveis. Também nos Estados Unidos a participação da indústria no emprego caiu de 22,5% em 1980 para 10% hoje e temos a projeção de apenas 3% em 2030 (CARBONI, 2015).

Entretanto todos esses exemplos mostram a substituição de trabalhadores em setores, primeiramente da agricultura para a manufatura, e depois da indústria para o setor de serviços, enquanto a preocupação não é com alterações no perfil de emprego, e sim com o nível de emprego.

O presente capítulo pretende pontuar as principais revoluções tecnológicas da história do capitalismo - leia-se após o século XVIII- e as consequências delas na sociedade e na economia em curto, médio e longo prazo. Dessa forma buscamos sugestões de possíveis perdas e ganhos para os indivíduos que façam ou não parte de cada estrutura modificada.

## 2.1 – A revolução industrial e o nascimento do ludismo

Um momento claro de ruptura socioeconômica na Europa foi a transição do feudalismo para o capitalismo. Durante o período feudal, a ocupação das populações era basicamente definida hereditariamente, com tal ocupação sendo ensinada naturalmente de pai para filho. Com a transição para o capitalismo, esse mundo tradicional foi aos poucos se erodindo e surgindo uma das características básicas desse sistema, a formação de um mercado de compra e venda de mão de obra. Ademais, os processos de cercamentos dos campos em vários períodos também contribuiu para a expulsão de uma mão de obra que muitas vezes acabava por se tornar pedinte ou dependente da caridade. Na medida que se introduziu na estrutura sócio econômica capitalista, máquinas de forma generalizada há uma alteração drástica da mobilidade social com forte impacto sobre a própria experiência existencial das populações atingidas por tal mudança radical de hábitos e costumes.

Durante o século XVIII na Inglaterra houve diversos casos de revolta contra as condições de trabalho nas indústrias. Movimentos de populares em diversas cidades, com espaçamento de algumas décadas, destruíam bens de capital para pressionar empregadores a pagar melhores salários e oferecer melhores condições. A atenção da revolta era voltada para qualquer que fosse a preocupação dos trabalhadores à estabilidade de seus salários e qualidade de vida, como ferramentas, imigrantes ou impostos. A partir do século XIX, entretanto, as máquinas deixaram de ser apenas alvo comuns das revoltas e passaram a ser a causa das mesmas. Tecelões, tosquiadores e mineradores eram apoiados por grande parte da opinião pública e até mesmo de parte dos manufactureiros. O trabalhador em si tinha medo não do progresso tecnológico, mas com implicações práticas do mesmo, como a possível escassez de demanda por trabalho devido ao enorme ganho de produtividade que estas geravam.

Foi na Inglaterra que essa tensão causada pela introdução de tecnologias poupadoras de mão de obra teve seu acontecimento mais simbólico. Denominado Ludismo, o movimento consistiu em uma resistência contra o progresso da indústria, em uma série de ataques a fábricas. A tensão era corroborada pelo grande desemprego vivenciado na Inglaterra naquele período. O radicalismo acabou por gerar duras medidas de repressão. Após forte pressão do patronato, o governo chegou a enviar 12000 soldados para reprimir as rebeliões e em 1812, foi aprovada a pena de morte para os que participassem da destruição de maquinarias. (HOBSBAWN, 1952)

Autores como Hobsbawm (1952 p. 61) relatam insatisfação da classe trabalhadora com a modificação dos padrões produtivos, o desemprego e com o potencial dessa adoção de capital em detrimento do trabalho como medida concentradora de renda, visto que os grandes produtores poderiam cada vez mais ampliar a escala de sua produção, tornando o pequeno produtor pouco competitivo. O mesmo autor destaca a diferença entre o impacto de tais iniciativas em termos localizados e no conjunto da economia Inglesa:

Poderiam as rebeliões e as quebras de máquina, entretanto, segurar o avanço do progresso técnico? Claramente não poderia barrar o triunfo do capitalismo industrial como um todo. Em uma pequena escala, entretanto, as ações não eram ineficazes quanto pareceram. O Ludismo dos tecelões de Wiltshire em 1802 certamente retardou os avanços da mecanização. (HOBSBAWN, 1952, p.67).

Assim, a progressiva incorporação de máquinas ao processo produtivo na Inglaterra trouxe mudanças relevantes no mercado de trabalho desse país.

Marx (1867) menciona que com a introdução do maquinário a força muscular se tornou menos necessária no processo produtivo. Agora qualquer trabalhador poderia participar da cadeia operando uma máquina e isso foi fator determinante para a entrada de mulheres e crianças no trabalho fabril, o que acaba sendo mais uma pressão pela baixa do nível dos salários do país devido a expansão da oferta de mão de obra. O trabalhador se viu, segundo Marx (1867 p.272), obrigado a empregar sua mulher e seus filhos, o que gerou revolta na classe trabalhadora que com pressão dos sindicatos conseguiu em limitar a jornada de trabalho a partir de 1832 em 12 horas; e a partir de 1847 em 10 horas. Marx ressalta, entretanto, que essa luta por direitos para preservar a qualidade de vida dos trabalhadores acabou por impulsionar ainda mais a demanda por máquinas e conseqüentemente o aperfeiçoamento da maquinaria.

Passados tais eventos históricos, hoje podemos analisar dados que não corroborariam às reivindicações dos ludistas. Com todos esses fatores pressionando uma queda no nível de salários, ocorre que houve apenas uma flutuação, e não uma queda como se era esperado, durante o século XX. Além disso, apesar de eventuais as pressões por queda de salário, o crescimento econômico acabou por permitir ganhos de direitos trabalhistas como jornadas menores de trabalho e finais de semana, e com o tempo o crescimento da produtividade associado à militância sindical e ganhos de poder de barganha, a própria elevação do salário real.

O crescimento da demanda por mão de obra decorrente do enorme crescimento econômico da Inglaterra dadas as vantagens competitivas do progresso tecnológico se deram não no setor industrial têxtil, mas sim nos motores da segunda fase da primeira revolução industrial. Entre 1840 e 1895 houve expansão da atividade nas indústrias de bens de capital, construção civil e

minas, decorrente da construção ferroviária. Do ponto de vista estritamente industrial, o Reino Unido estava apto a suprir a demanda internacional por bens relacionados a atividades intensivas em bens de capital (como a implantação de estradas de ferro) e por isso o período entre 1840 e 1860 foi o de maior crescimento das exportações britânicas já observado, com composição explícita na Tabela 1. Um ponto de muita atenção, que dialoga com as teorias da escola clássica abordadas no primeiro capítulo, ou seja, a mobilidade de capital para setores de maior lucratividade, foi o escoamento do capital acumulado na indústria têxtil, que na busca de novos mercados lucrativos em detrimento do baixo rendimento de setores já maduros e mesmo dos títulos públicos, a forma líquida de acumulação de riqueza mobiliária do setor privado. Em 1914, a maior categoria isolada da Inglaterra era a de metalúrgicos, sendo maior que toda a indústria têxtil, que contava com mulheres e crianças.

**Tabela 1 – Principais exportações como percentagem das exportações totais, Inglaterra, 1830-1880**

	<b>1830</b>	<b>1850</b>	<b>1870</b>
Fios e artigos de algodão	50,8	39,6	35,8
Outros produtos têxteis	19,5	22,4	18,9
Ferro, aço, maquinaria, veículos	10,7	13,1	16,8
Carvão, coque	0,5	1,8	2,8

Fonte: Da Revolução Industrial Inglesa ao Imperialismo (E. J. HOBBSAWN, 1979)

Entretanto, como destacado acima, para a elevação da demanda por trabalho foi fundamental a expansão de setores mais intensivos em mão de obra como a atividade extrativa mineral, o setor serviços e a construção civil. Assim o crescimento impulsionado pelo avanço e maturação da Revolução Industrial acabou gerando a possibilidade em novos setores que de alguma forma amenizaram um eventual impacto negativo do desemprego tecnológico.

Além das grandes alterações, tanto positivas quanto negativas, na qualidade de vida dos trabalhadores, um fato interessante que esse exemplo nos evidencia é que o ganho de produtividade em um país acaba por pressionar os demais a seguirem o mesmo caminho. O comércio internacional da Inglaterra expandiu com, além da pressão militar, os produtos cada vez mais baratos e fabricados em enorme escala possibilitados pela revolução industrial, e não haveria outra forma de no médio prazo os demais países neutralizarem essa vantagem competitiva inglesa se não replicando os métodos de ganho de produtividade.

## **2.2 – A segunda revolução industrial e o debate do desemprego tecnológico no período entreguerras (1919 -> 1929)**

Após a primeira revolução industrial e o já estudado movimento ludista o início e fim da Primeira Guerra Mundial, que, para além das mortes, devastou grande parte da Europa



economicamente, criando um período marcado pela ascensão dos EUA, que foram grande credor dos países em Guerra. Esse cenário de reconstrução, onde os países buscavam saldar as dívidas acumuladas, e sofriam também com as punições impostas pelos tratados de paz (dentre ele o Tratado de Versailles) e com a perda da capacidade produtiva previamente instalada, se estendeu até aproximadamente 1925. Paralelamente a isso, as descobertas do período denominado Segunda Revolução Industrial, como a eletricidade, se difundiam (ATKESON e KEHOE, 2001) dando origem a uma nova economia caracterizada por um grande crescimento da produtividade, com controles rigorosos da produção (Ibid).

Nos Estados Unidos tivemos amplo debate a respeito do desemprego tecnológico nessa época, com diversos artigos discutindo o tema entre 1927 até a Segunda Guerra Mundial.

Com grande euforia a respeito da substituição de trabalhadores por máquinas, iniciaram-se amplos estudos a respeito do aumento da produtividade do trabalhador e do nível de emprego, que até então não era devidamente metrificado (WOIROL, 2006). O debate da época se baseou principalmente no *BLS Manufacturing Sector Index* e em alguns censos, que estudavam principalmente os dados do trabalho na manufatura, agricultura, mineração e ferrovias. Apesar de algumas diferenças de métodos e objeto de estudo entre eles, todos evidenciavam um grande aumento da produtividade norte americana comparativamente ao período pós guerra. Outra conclusão comum era a queda dos empregos nas áreas mencionadas.

Um artigo de Paul Douglas (1929) enfatizou que o período de 1921 – 1927 foi o de maior crescimento da produtividade per capita (PPC) na manufatura e mineração na história dos Estados Unidos até então, sugerindo que o crescimento de 7% ao ano na PPC nesses seis anos não teria precedentes na história a nível global. O artigo apontava uma relação entre tal produtividade e os salários, destacando a possibilidade de o desemprego ter aumentado nesse período, porém com ausência de dados qualificados para dar evidência empírica a esse estudo.

Em 1927 um artigo da revista *Nation's Business* destacava os dados da produtividade do BLS questionando se haveria perigo de acabarmos como nossos próprios empregos. No mesmo ano, na revista *Monthly Labor Review*, Davis (1927) usou dados do mesmo estudo no artigo "*The Problem of the Worker Displaced by Machinery*" e também no artigo "*Is Prosperity*

*Creating Unemployment?*”. Com sugestões de que teríamos apenas um desemprego friccional, Davis explica que as fábricas estadunidenses estavam suprindo as necessidades da nação com 7% de trabalhadores a menos por ano, e que apesar de não ser contrário ao progresso tecnológico, enfatizava a necessidade de ajudar a população a se adaptar as mudanças no mercado de trabalho.

O debate de 1927-1928 coincidiu com um crescimento constante do desemprego no país. Slichter (1928) argumentou que o componente tecnológico parecia se sobrepôr ao cíclico na explicação do desemprego:

“A presente situação não é principalmente produto de causas cíclicas [...] claramente, nós estamos confrontando o que parece ser um novo tipo de desemprego, o problema do desemprego causado pelo progresso técnico.” (p. 317)

No ano de 1928, a grande incidência de artigos e discussões a respeito evidenciam que o assunto estava em alta, fruto principalmente do grande desemprego (WOIROL, 2006). Em artigo para a revista *The Annalist* (COREY 1928, p. 443) foi estimado que o desemprego corrente era de 3.75 milhões de trabalhadores, aproximadamente 5% da força de trabalho, sendo 1.75 milhões destes causados pela mudança tecnológica recente. O grande volume, entretanto, não diz respeito a consistência desse desemprego, que poderia ser friccional. Apesar de certa limitação estatística a sustentação empírica disponível parecia dar suporte a tese de dominância do desemprego tecnológico.

O Comitê de Educação e Trabalho do Senado Estadunidense encomendou ao *Brookings Institution* um estudo de caso para entender o volume da reabsorção dos trabalhadores dispensados na indústria do país. (LUBIN, 1929b, 27). Eles acompanharam 754 trabalhadores substituídos pela mecanização. Paralelamente, outro estudo, de Robert. J. Myers (1929), acompanhou 370 trabalhadores dispensados da indústria têxtil. Ambos os estudos tiveram resultados um pouco inconclusivos, com dados favoráveis e desfavoráveis aos que advogavam a favor e contra a existência do desemprego tecnológico. (Ibid)

Os estudos e artigos da época tiveram grande influência na melhora de dados estatísticos a respeito do desemprego, que eram praticamente nulos nos Estados Unidos no início da década de 1920, criando alguma estrutura para entendimento futuro da Grande Depressão. Uma vez iniciada a Depressão, o papel das mudanças tecnológicas no nível de emprego foi ainda mais comumente debatido em sucessivos comitês oficiais do governo norte americano por toda a

década de 30, que visavam entender as causas do grande nível de desemprego. Um deles foi chamado Projeto de Pesquisa Nacional das Oportunidades de Reemprego e Mudanças Recentes nas Técnicas Industriais, que objetivava entender a extensão das mudanças tecnológicas recentes no volume do emprego e desemprego. Outros estudos parecidos encomendados pela Casa Branca foram feitos até o final da década de 40.

Os debates do início dos anos 30 muito se assemelham com a bibliografia que será posteriormente abordada em nosso trabalho. Após um curto período de consenso a respeito da suficiente reabsorção dos trabalhadores dispensados, ou seja, do desemprego tecnológico existindo apenas de forma friccional, diversos autores, entre eles Douglas (1931), Tugwell (1931) e Nicholas Kaldor (1932) debateram a validade da abordagem da Lei de Say para o tema do desemprego tecnológico. Dentre estes se destaca a resposta de Tugwell a visão otimista de Douglas. Segundo Tugwell as empresas já contavam com diversos dispositivos para prevenir a queda dos preços decorrente do aumento da produtividade, além disso, segundo o autor, preços reduzidos não necessariamente levavam a um aumento da demanda e por último um aumento da demanda não necessariamente levava a um aumento do nível do emprego e conseqüentemente a reabsorção dos trabalhadores substituídos. Ele propunha mais controle do estado sobre os preços dos produtos, e programas de educação aos trabalhadores para se adaptarem as novas mudanças tecnológicas. Além disso sugeria um sistema de seguridade para aqueles em período de transição entre funções.

Do outro lado, autores como Hansen e Kaldor reivindicavam mais flexibilidade no mercado e no mercado de trabalho para facilitar a reabsorção dos trabalhadores. Esses argumentos acabaram por se tornar consensuais até o fim da Grande Depressão e a literatura contou com poucas contribuições de 1933 a 1939, e o desemprego tecnológico foi muito atribuído a rigidez de preços, mais do que as novas tecnologias.

O início da Segunda Guerra e o conseqüente período de pleno emprego encerraram o debate da época sem que obtivéssemos conclusões empíricas dos fatos em questão.

### **2.3 – A terceira revolução industrial e a era dourada do capitalismo.**

O período pós guerra foi marcado por um grande e consistente crescimento econômico nos países capitalistas, que se sustentou entre 1950 e 1975. Um detalhe interessante para o presente estudo é o crescimento conjunto de salários, produtividade e emprego durante o

período, evidenciando que o crescimento econômico foi capaz de compensar o avanço acelerado do progresso técnico poupador de mão de obra, como na visão mais otimista de Smith. A renda per capita dos países em desenvolvimento aumentou na média em 3% ao ano, um crescimento sem precedentes histórico.

O sistema produtivo da época foi marcado pelo uso das máquinas, frutos da segunda revolução industrial, somado a novas dinâmicas organizacionais das empresas, com novas técnicas de gestão que caracterizam a terceira revolução industrial. Essa nova fase apresenta processos tecnológicos decorrentes de uma integração física entre ciência e produção, e por isso também chamada de revolução tecno científica.

A produtividade do trabalho cresceu mais rápido do que nunca (GLYN, HUGHES, LIPIETZ e SINGH; 1990), a produção manufatureira mais do que quadruplicou entre 1950 e 1970 e as vendas internacionais de manufaturas octuplicou.

Como era de se esperar, houve continuação do movimento do emprego da agricultura em direção à indústria e serviços. Especialmente neste, houve crescimento durante todo o período, ao passo que na indústria houve alteração da tendência, e sua participação no nível de emprego começou a cair a partir de 1960, embora a produção tenha continuado subindo graças ao ganho de produtividade. Tal movimento é evidenciado na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 – Crescimento da produtividade e e estrutura do emprego.

		Employment Shares (%)				Output growth per employee (% p.a.)		
		1870	1960	1973	1981	1870–1950	1950–73	1973–81
France	A	49.2	21.4	11.0	8.3	1.4	5.6	3.5
	I	27.8	36.2	38.6	34.3	1.4	5.2	3.2
	S	23.0	42.4	50.3	57.4	0.7	3.0	1.6
Germany	A	49.5	13.8	7.3	5.8	0.2	6.3	3.9
	I	28.7	48.2	46.6	43.4	1.3	5.6	2.6
	S	21.8	38.0	46.1	50.8	0.7	3.0	1.6
Japan	A	72.6	30.2	13.4	10.0	0.7	7.3	1.1
	I	—	28.5	37.2	35.3	1.7	9.5	4.7
	S	—	41.3	49.3	54.7	0.5	3.6	1.9
United Kingdom	A	22.7	4.1	2.9	2.8	1.4	4.7	2.8
	I	42.3	47.8	42.0	35.8	1.2	2.9	1.8
	S	35.0	48.1	55.1	61.4	0.2	1.6	0.7
United States	A	50.0	8.0	4.1	3.4	1.3	5.5	1.6
	I	24.4	32.3	32.3	29.5	1.6	2.4	-0.2
	S	25.6	59.7	62.4	67.1	1.1	1.8	0.1

Fonte: Glyn, Hughes, Lipietz e Singh (1990)

Diversos países verificaram movimentos macroeconômicos parecidos, como o paralelo crescimento da produtividade e da proporção capital/trabalhador, e também paralelo crescimento do salário real e da produtividade (Tabela 2.3). Ambas as relações garantem uma taxa de lucro constante assim como aumento do poder de compra do trabalhador.

Tabela 2.3 – A performance da economia do pós guerra nos eis maiores países industriais

	Average unemployment (% rates)				Consumer prices			Real GDP			Real GDP per Man-Hour	
	1952-64	1965-73	1973-79	1980-83	1950-73	1973-79	1979-83	1950-73	1973-79	1979-83	1950-73	1973-81
US	5.0	4.5	6.5	8.4	2.7	8.2	8.2	2.2	1.9	0.7	2.6	1.1
UK	2.5	3.2	4.6	9.0	4.6	15.4	10.7	2.5	1.3	0.4	3.1	2.9
France	1.7	2.4	4.2	7.6	5.0	10.7	12.1	4.1	2.6	1.1	5.1	3.0
Germany	2.7	0.8	3.1	5.7	2.7	4.7	5.1	5.0	2.6	0.5	6.0	3.7
Italy	5.9	3.4	6.0	8.6	3.9	16.3	17.5	4.8	2.0	0.6	5.8	2.5*
Japan	1.9	1.3	1.8	2.3	5.2	10.0	4.3	8.4	3.0	3.9	8.0	3.1

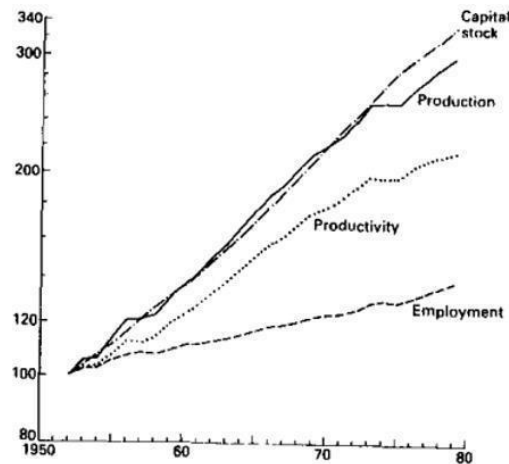
  

	Non-residential fixed capital stock <sup>b</sup>		Non-residential fixed capital stock per man-hour		Volume of exports		
	1950-73	1973-9	1950-73	1973-78	1950-73	1973-9	1979-83
US	4.0	3.0	2.9	1.8	6.3	4.9	-1.6
UK	3.9	3.2	4.0	4.3	3.9	4.7	-0.1
France	4.5	4.5	4.5	5.3	8.2	6.1	2.3
Germany	6.1	4.1	6.1	6.3	12.4	4.7	4.1
Italy	5.1 <sup>b</sup>	4.2 <sup>c</sup>	5.4	6.3	11.7	7.1	1.2
Japan	9.2 <sup>d</sup>	6.2 <sup>d</sup>	7.6	6.8	15.4	7.6	10.2

Fonte: Glyn, Hughes, Lipietz e Singh (1990)

O equilíbrio entre o crescimento do salário real e da produtividade sugere que as taxas de lucro obtidas pelos capitalistas foram mantidas. Também sugere que o consumo cresceu junto a produção, e isso de fato ocorreu. Entre 1952 e 1970 o consumo dos países estudados cresceu 4.2% ao ano e a produção 4.5%. Tal crescimento impacta não só o padrão de vida da população, mas também ao otimismo de investidores em um país com consistente crescimento de demanda interna. Somamos isso a um cenário de grandes taxas de lucro e condições políticas tranquilas que possibilitam uma perpetuação das taxas de acumulação de capital, que foram ainda reforçadas pelo crescimento do comércio internacional e temos um cenário propício para o investimento privado do período, que possibilitou tamanho crescimento econômico, apoiado no consumo.

**Tabela 2.4 – Crescimento do capital, produção, produtividade e emprego na Golden Age**



Fonte: Glyn, Hughes, Lipietz e Singh (1990)

Durante a Golden Age, além da consolidação das máquinas, ocorreu também a concepção e expansão das ideias tayloristas de organização do trabalho. Essas ideias consistiam basicamente em rigorosa padronização de tarefas e a separação entre a concepção e a execução das mesmas. ademais, Taylor defendia o uso de máquinas na tarefa de regular a produção do trabalhador. As montadoras de automóveis, emblemáticas indústrias de massa do período pós guerra<sup>2</sup>, possuíam tempos de produção rigorosamente lineares, uma vez que as máquinas da linha de produção ditavam o tempo “possível” para a realização de cada tarefa. Marglin e Schor (1990) defendem que este exemplo demonstra a aplicação dos dois conceitos de Taylor, uma vez que além da padronização das tarefas, temos a separação da concepção e execução das mesmas, visto que a imposição desta forma de trabalho, assim como o desenho e construção da maquinaria não foram, claro, idealizados pelos trabalhadores submetidos a tais modelos. Tal combinação mais uma vez gerou certa resistência dos trabalhadores, notavelmente no Japão e na Itália. Industrias de outros países, como Reino Unido e Japão promoviam periodicamente expedições de seus executivos aos EUA de forma a incorporar as boas práticas produtivas executadas no país. Do ponto de vista internacional é interessante notar que houve um movimento de convergência entre a produtividade dos países, exibida na Tabela 2.5, com a imensa diferença de produtividade dos EUA sendo mais equilibrada com as demais ao fim do período (1979).

Tabela 2.5 – Produtividade por homem-hora relacionada aos EUA (EUA=100)

	1870	1913	1950	1973	1979
US	100	100	100	100	100
UK	114	81	56	64	66
France	60	54	44	76	86
Germany	61	57	33	71	84
Italy	63	43	32	66	70
Japan	24	22	14	46	53

Fonte: Glyn, Hughes, Lipietz e Singh (1990)

Os preços eram determinados, de modo geral, pela adição de uma margem acima dos custos de cada produto. Eram então relativamente inelásticos a variações de curto prazo de demanda (Ibid). Já os salários eram determinados por um processo de barganha, sendo este cada vez mais coletivo. Durante o período, os governos realizaram um papel cada vez mais ativo na determinação tanto do preço quanto dos salários, com políticas direcionadas ao estado de bem estar social e no seu posto de grande empregador e produtor via empresas estatais.

Havia sistema de câmbio fixo, e isso tornava o custo de produção o principal possibilitador de concorrência frente ao mercado internacional. Com uma certa estabilidade do custo da matéria prima, a concorrência internacional tornava primordial, para países dependentes de exportações para determinar seu crescimento manter o controle dos salários por parte do governo para não gerar efeitos de perda de competitividade. Apesar disso, é uma característica indubitável que isso não impedia um rápido crescimento dos salários através da barganha dos trabalhadores, ora mais associada ao aumento da produtividade, ora menos.

Acordos coletivos, legislação pró-salário mínimo (na maioria das vezes atrelada ao aumento da produtividade e inflação) e a competição entre firmas criaram a estrutura para que o aumento da renda dos trabalhadores crescesse de acordo com a produtividade, mas além disso tivemos uma expansão do estado de bem estar social. Os conflitos sociais da primeira metade do século XX, e a rivalidade entre os modelos sociais democratas, fascistas e comunistas, estimularam diversos programas de auxílio a trabalhadores marginalizados pelo processo produtivo, decorrente de acidentes industriais, doenças crônicas, idade avançada e desemprego involuntário, o pacto de

seguridade social não só aumentava a qualidade de vida da população trabalhadora como, com isso, criava certa tranquilidade dos mesmos, de forma geral, em relação a introdução de novas tecnologias poupadoras de mão de obra.



## **DISCUSSÃO MODERNA DE AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS, INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E PERDA DE EMPREGOS**

Já abordamos como as principais escolas econômicas tratam o tema do desemprego tecnológico e também como essas teorias foram testadas ou avaliadas, por assim dizer, na história do capitalismo.

Agora se faz necessário estudarmos no que consiste a quarta revolução industrial e as particularidades do presente contexto de substituição da mão de obra.

A primeira revolução industrial, ocorrida no final do século XVIII consistiu principalmente na substituição de força mecânica animal e humana por produção mecânica baseada em combustíveis fósseis. A segunda revolução industrial, aproximadamente um século depois e já explorada no capítulo anterior, foi caracterizada pelo advento da energia elétrica, divisão do trabalho, fabricação em massa e pelos aparelhos de comunicação. A terceira revolução industrial, marcada pelo crescimento das tecnologias da informação, foi quando iniciamos o desenvolvimento de sistemas digitais e rápido avanços no poder dos computadores.

A quarta revolução industrial é caracterizada principalmente pelo desenvolvimento de sistemas que fundem diversas tecnologias físicas, digitais e biológicas. A bibliografia atual sobre o tema concentra grande parte das análises de possibilidade de desemprego tecnológico decorrente de uma das frentes tecnológicas: a Inteligência Artificial.

Devido à complexidade do termo, não existe uma definição globalmente aceita do que é Inteligência Artificial (KIRSH,1991; ALLEN, 1998; HEARST AND HIRSH, 2000; BRACHMAN, 2006; NILSSON, 2009; BHATNAGAR ET AL., 2018; MONETT e LEWIS, 2018) e isso gera dificuldade na discussão acadêmica dos seus efeitos, uma vez que diferentes definições de um objeto alteram as conclusões a respeito do mesmo. Com o avanço da análise de dados e automatização de tarefas já tendo se mostrado útil em diversos produtos amplamente comercializados, o tópico em questão recebeu muita atenção de diversos agentes como empresas e governos. Desde a terceira revolução industrial e início das discussões sobre o assunto da possibilidade de desenvolvimento de inteligência artificial, diversas foram as definições mais hegemônicas, que naturalmente se mostraram imprecisas conforme a tecnologia avançava em velocidade impressionante e contemplava cada vez mais funções, e, portanto, foram substituídas. Um ponto levantado por Wang (2019) sobre o tema é de que a definição de inteligência, em si só, ainda é uma questão extremamente complexa apesar de lidarmos com ela por milênios, e dessa forma a indefinição do que é inteligência artificial

ainda seria aceitavelmente recente. Uma pesquisa recente (MONETT e LEWIS, 2018) identificou centenas de definições do que é inteligência.

A definição que adotaremos é a do *paper* de 2014, “*A Critical Conceptual Analysis of Definitions of Artificial Intelligence as Applicable do Computer Engineering*”, devido a sua atemporalidade, visto que as novas ferramentas desenvolvidas com IA trarão com elas novas definições que podem ser brevemente hegemônicas, se seguirem o comportamento das últimas décadas:

Inteligência artificial é o sistema de simulação mecânica de coletar conhecimento e informação, e processar inteligência do universo: coletando, interpretando e transformando isso em informação acionável. (GREWAL, 2014, p. 13)

Temos, resumidamente, que a IA é a capacidade de um robô de aprender. Isso significa que ele pode identificar formas de executar uma tarefa de maneira cada vez mais efetiva. Com a capacidade de armazenamento e análise de dados cada vez mais eficiente se torna possível que a máquina defina padrões de avaliação e decisão e processe dados, sejam eles gerados por ela mesma ou não, produzindo informações novas.

Assim, fica clara a distinção entre os processos que estamos vendo surgir com a quarta revolução industrial e aqueles que se relacionavam com a utilização da informática, principalmente na segunda metade do século XX. Até então, com os avanços da terceira revolução industrial, foi possível programar um computador para executar as tarefas da melhor forma definida por um humano. Diversas tarefas, mas principalmente as repetitivas, foram e estão sendo robotizadas. O impacto dessas tecnologias é massivo, mas é possível definir algumas limitações técnicas para o seu avanço.

Para um computador executar uma tarefa por meio de algoritmos, precisamos que uma equipe de desenvolvedores compreenda todo o processo realizado outrora por trabalhadores, para então programar um software que repita a execução indeterminadas vezes. Isso não é um dever simples, e se torna ainda mais difícil com o que David Autor definiu como o Paradoxo de Polanyi: “Nós fazemos muito mais coisas do que sabemos dizer que fazemos.”.

Ou seja, para um trabalhador explicar para um programador, ou até mesmo para este escrever linhas de códigos a serem executadas por um computador, é necessária a total compreensão de todas as atividades necessárias para determinada tarefa, e isso é mais difícil do que parece uma vez que isso engloba algumas virtudes humanas como senso comum, flexibilidade e julgamento que não são tão simplesmente documentadas.

Já na quarta revolução industrial, algumas, mas não todas, dessas limitações são extintas visto que se tornou possível que o computador execute não somente as atividades definidas por nós, mas sim que ele identifique a melhor forma de executar a tarefa, dado um objetivo, e nos supere não somente na execução das mesmas, mas também na sua própria definição. Os autores Erik Brynjolfsson, Tom Mitchell e Daniel Rock trataram do assunto no artigo *What Can Machines Learn, and What Does It Mean for Occupations and the Economy?*

O rápido progresso da inteligência artificial tem tornado possível para máquinas igualar ou ultrapassar as capacidades humanas em certos tipos de tarefas, especificamente aquelas envolvendo reconhecimento de imagem e falas, processamento de linguagens e análise preditiva. [...] As automações passadas, usando regras explícitas escritas manualmente, tiveram um impacto significativo na produção e no mercado de trabalho (ACEMOGLU E AUTOR 2011; AUTOR E DORN 2013; AUTOR, LEVY, e MURNANE 2003). Entretanto as aplicações foram limitadas a áreas onde o conhecimento foi codificado, ou ao menos era codificável. [...] A IA altera essa limitação por inferir as funções baseadas em testes automáticos. Apesar de nem sempre interpretáveis ou explicáveis, esses modelos criados pela IA abrem um novo leque de possibilidades para a automação e complementaridades ao trabalho (AUTOR 2014) (BRYNJOLFSSON, MITCHELL, ROCK, 2017, p.1)

Além disso, outro fator que devemos ter claro para separar as tecnologias da terceira e quarta revolução industrial das demais é a sua expressiva capacidade de evolução. Isso foi estudado e descrito por Gordon E. Moore, que observou em 1965 que a capacidade computacional aumentava em 100%, para o mesmo custo, em um período de 18 meses. Essa projeção se concretizou em parte e hoje, apesar da proporção não ter se mantido, vemos uma evolução ainda muito rápida da capacidade dos computadores.

Dessa forma, temos um aumento quantitativo exponencial da capacidade das máquinas que se soma ao desenvolvimento da Inteligência Artificial, evolução qualitativa e disruptiva, que é o aprendizado autônomo das mesmas. Podemos inferir, então, um aumento do leque de tarefas que as máquinas poderão desempenhar, e que elas desenvolverão novas capacidades de forma cada vez mais eficaz.

### **3.1– IA e desemprego**

No capítulo anterior apresentamos uma série de exemplos históricos de como a relação progresso técnico e emprego é complexa e seu resultado depende de uma série de fatores

sócio econômicos. Assim, por não termos uma forma exata de relacionar o fenômeno do desenvolvimento tecnológico ao desemprego, temos considerável amplitude de análises das mais diversas vertentes sobre o tema, apesar de ter-se nesta entrada do século XXI um fenômeno inédito na relação dos homens com as máquinas, pode-se formular cenários alternativos que se desenham para o futuro no curto, médio e longo prazos.

O objetivo da presente monografia não é defender uma teoria e sim explorar os artigos e autores de mais expressão para facilitar o entendimento geral sobre o tema. Por isso, este capítulo irá explorar de forma descritiva pontos de vistas antagônicos, sem julgamento de valor ou posicionamento próprio.

Ao mesmo tempo que temos uma literatura otimista em relação ao futuro do emprego e da humanidade com a inserção de novas tecnologias, com, por exemplo um enorme ganho de produtividade tendo a IA como complementar, melhorando salários e reduzindo custo de produtos (AUTOR, 2015; UNGER, 2020); temos também autores que preveem uma mudança para pior na qualidade de vida do trabalhador e na concentração de renda, principalmente por conta da queda na demanda por mão de obra (FREY e OSBORNE, 2013; AFONSO, 2018; ACEMOGLU 2016)

Um ponto de consenso entre ambas as vertentes é que as tarefas repetitivas, ou seja, atividades de rotina, serão substituídas pela automação à medida que seja financeiramente benéfico. Com o desenvolvimento de algoritmos e computadores esse efeito já se iniciou e podemos ver em toda parte do mundo tarefas que até recentemente eram feitas por humanos sendo desempenhadas por máquinas. Operadores de telemarketing, assistentes administrativos e etc...

viram seus empregos se tornando menos necessários uma vez que softwares e hardwares causaram um grande ganho de produtividade e permitiram a funcionários do alto escalão criar as suas próprias lógicas de funcionamento e precisar de cada vez menos pessoas para executá-las.

Essa análise nos leva a crer que, em consenso com muitos autores (Ricardo, Keynes, Marx, Schumpeter, Autor, Brynjolfsson, Acemoglu), a automação poderia contribuir para uma ainda maior desigualdade salarial visto que há ganho de produtividade para os poucos trabalhadores muito qualificados, que tendem, portanto, a ganhar mais, e torna a oferta de trabalhadores

menos qualificados maior em relação a demanda, e por isso estes tendem a ganhar menos<sup>2</sup>. Brynjolfsson e McAfee (2014) concluíram em suas análises que nunca houve época melhor para ser um trabalhador qualificado e pior para ser um trabalhador de tarefas repetitivas.

Ocorre que com a inserção da inteligência artificial, se desenha um cenário onde não será necessário um ser humano entender todo um processo para programa-lo, como é feito nos dias de hoje com o desenvolvimento de algoritmos. São muitas as evidências de que a inteligência artificial, ou seja, um próprio robô tendo a capacidade de otimizar seu trabalho por tentativa e erro, gera resultados incríveis, muitas vezes superior intelectualmente ao de seres humanos. Ademais, o conhecimento de uma máquina com IA cresce infinitamente com o acúmulo de tentativas, ao contrário do conhecimento de um ser humano, que além de difícil transmissão para gerações futuras tem um processo de aprendizado inferior.

### **3.2 – Quão suscetíveis à computadorização são as diferentes ocupações**

Uma das questões chaves para entendermos como a quarta revolução industrial irá impactar o nível de emprego é a pergunta “Quão suscetíveis à computadorização são as diversas formas de trabalho humano?”. Esta questão é complexa e mais ampla que uma análise exclusivamente econômica por necessitar uma previsão sobre o que os computadores farão no curto, médio e longo prazo. Ainda assim, busca-se entender a viabilidade de substituição de cada emprego que existe hoje e quantificar àqueles que possivelmente desaparecerão, para além da discussão econômica do impacto desse fato no nível de emprego que contaria com algumas outras questões vivas no debate, principalmente a respeito dos mecanismos de compensação, criação de novas funções e etc.

Os pesquisadores de Oxford, Carl Benedikt Frey e Michael A. Osborne publicaram em 2013 um estudo que buscou responder essa questão para o caso dos Estados Unidos. Pode-se dizer que esse é um dos principais artigos da área do desemprego tecnológico na quarta revolução industrial visto a sua citação em mais de 3.000 artigos científicos (Laboratório do Futuro). Isso porque após extensa descrição dos principais fatos históricos de conflito entre homem e máquina e revisão da literatura recente, os autores criaram um modelo para estimar o risco de computadorização para cada uma das 702 ocupações catalogadas na ferramenta O\*NET

---

<sup>2</sup> Obviamente que na questão de distribuição de renda são fundamentais elementos institucionais como, sindicalização, determinação do salário mínimo pelo governo, regulações trabalhistas e tributação.

disponibilizada pelo governo dos Estados Unidos em 2010. Essa mesma base foi usada pelo meio acadêmico e corporativo para estudar a realidade em outros países posteriormente, incluindo o Brasil, como abordaremos posteriormente.

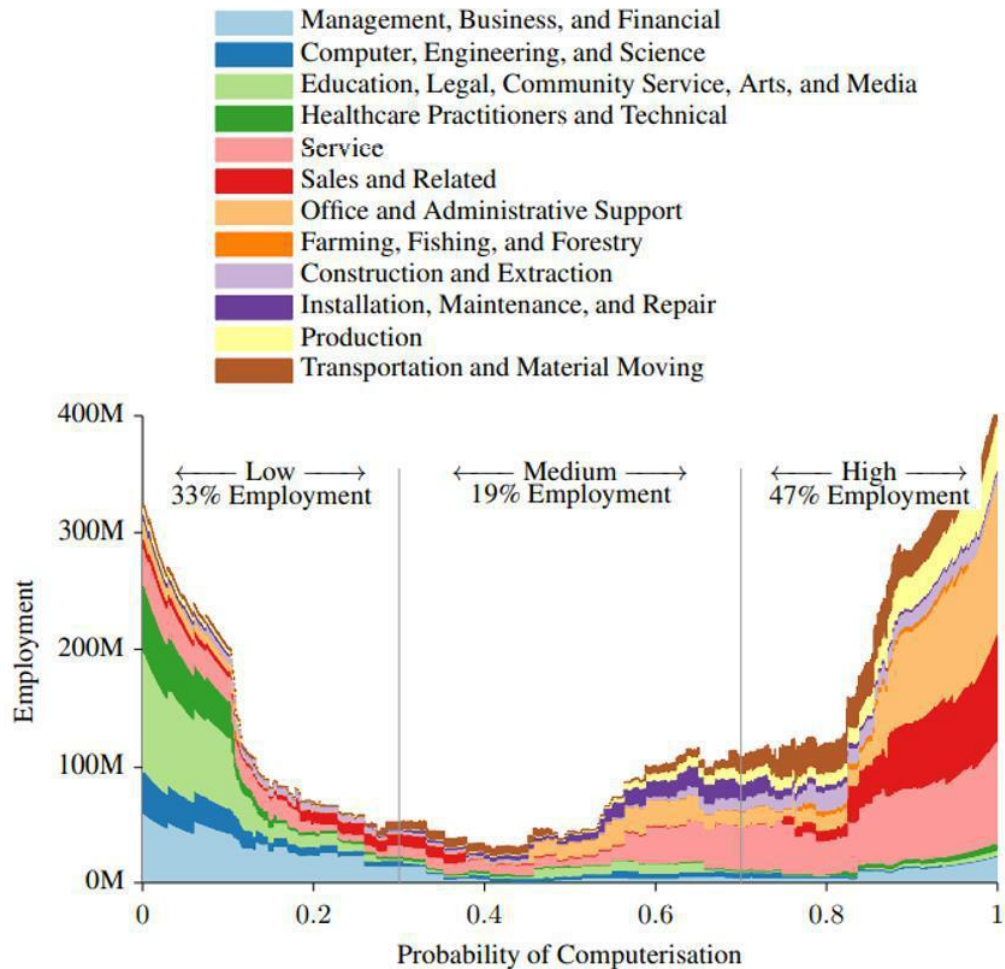
Os autores contaram com a descrição de todas essas atividades por parte do próprio órgão governamental O\*NET<sup>3</sup>, e então segmentaram a descrição da rotina de trabalho, nível de educação necessário e habilidades para então estimar a possibilidade de automação.

O estudo separou os trabalhos principalmente entre 3 níveis de probabilidade de computadorização nos próximos vinte anos: baixos (probabilidade menor que 30%), médios (probabilidade maior que 30% e menor que 70%) e altos (probabilidade maior que 70%) de acordo com o modelo. Obtivemos então o volume nominal de empregos de cada setor em cada faixa de probabilidade de computadorização.

---

<sup>3</sup> A Rede de Informações Ocupacionais, conhecida como O\*NET é um banco de dados online gratuito disponibilizado pelo governo dos Estados Unidos que contém centenas de definições profissionais para ajudar estudantes, candidatos a emprego, empresas e profissionais de desenvolvimento de força de trabalho a entender o mundo atual do trabalho nos Estados Unidos. Fonte: Wikipedia

**Gráfico 3.1 – Distribuição das ocupações norte americanas de acordo com a probabilidade de computadorização.**



Fonte: Frey e Osborne (2013)

O resultado foi, segundo o modelo, que aproximadamente 47 por cento dos empregos dos Estados Unidos estão no grupo de alto risco. Trabalhadores do ramo de transporte e logística, assim como os do ramo de suporte administrativo estão muito suscetíveis a serem substituídos por capital.

Vamos explicitar o que vimos no gráfico acima com o objetivo de facilitar o entendimento do risco dos empregos brasileiros que serão estudados posteriormente.

O destaque de trabalhos com baixo potencial de computadorização são relacionados a educação, serviço jurídico, serviço comunitário, artes e mídia; serviços relacionados ao gerenciamento, finanças e negócios; médicos, enfermeiros e técnicos de saúde; e cientistas e engenheiros de computação.

Os destaques de trabalho com alta probabilidade de computadorização são auxiliares administrativos, trabalhadores da área de vendas, prestadores de serviço; e em segundo plano trabalhadores da indústria e logística.

Um fator interessante é que, uma vez que o gráfico representa o valor nominal de empregos norte-americanos com probabilidade de computadorização, temos setores com volume considerável de empregos em ambos os polos, como os prestadores de serviço e aqueles relacionados a gerenciamento, finanças e negócios.

Os autores reconhecem a existência de alguns desafios tecnológicos que desaceleram as chamadas ondas de automação. Ocorre que o desenvolvimento tecnológico enfrenta diversos obstáculos que uma vez superados permitem a computadorização de diversas tarefas, entretanto não existe certeza de que esses obstáculos serão vencidos, tampouco quando. Cada um constitui um gargalo e pode retardar muito o processo de automação inclusive em atividades que os autores colocaram como muito suscetíveis a automação. Por outro lado, como também sugerido pelos autores, podemos inventar novas formas de concluir um mesmo objetivo, forma esta que possa ser realizada por um computador. Por exemplo, as atividades comerciais, a princípio, demandam muita habilidade humana em relacionamentos interpessoais, mas à medida que existe, por exemplo, uma padronização de produtos e produção sob demanda, a atividade do vendedor se torna menos necessária, podendo ser substituída. Para exemplificar, ainda não temos difundidos robôs que realizem vendas da forma que faz um ser humano, mas as lojas virtuais popularizaram uma nova forma de venda onde o trabalho humano de atendimento e venda é reduzido ou nulo.

Outra conclusão muito interessante é que os trabalhos de maior remuneração e de maior exigência de especialização tem relação negativa com a probabilidade de computadorização. Os trabalhadores de menor salário e menos especialização se mostram muito mais vulneráveis nesse aspecto, e provavelmente se verão obrigados a migrar para atividades que requeiram criatividade e inteligência social, o que é um problema à medida que para isso eles precisam adquirir habilidades criativas e sociais. Essa barreira a entrada de determinados trabalhadores em atividades que requerem constante especialização foi estudada também em *This Job is Getting Old: Measuring Changes In Job Opportunities Using Occupational Age Structure* (AUTOR, DORN, 2009) que retrata o problema para os mais velhos.



### 3.3 -Discussão moderna sobre a perda de empregos

Essa visão de perda dos empregos de menor qualificação não é defendida por David Autor, economista pesquisador do MIT especializado em trabalho, referência na pesquisa sobre desemprego tecnológico no século XXI. Para Autor haveria uma polarização do emprego nos Estados Unidos entre 1980 e 2005. Estudo parecido já havia sido feito por Goos e Manning (2014), que documentaram a polarização do emprego entre 1993 e 2010 em 16 países da Europa Ocidental. Por polarização, Autor define uma queda de oportunidades de trabalho para profissionais de nível intermediário, que desempenham funções rotineiras e, portanto, mais facilmente automatizáveis. Ao mesmo tempo, ele evidencia o crescimento das oportunidades (percentualmente) para trabalhadores pouco e muito qualificados.

Segundo palavras do próprio autor, evidenciar essa polarização é mais fácil do que entender as forças que a causaram. Entretanto David Autor sugere em *The Growth of Low Skill Service Jobs and the Polarization of The U.S. Labor Market* (2013), que o computador, de forma genérica, acabou por substituir o trabalho dos profissionais um pouco menos qualificados (trabalhadores do meio) ao passo que complementou as tarefas fundamentalmente humanas que demandam criatividade, resolução de problemas e atividades gerenciais, que são executadas por trabalhadores mais qualificados. O crescimento das oportunidades para trabalhadores do outro extremo, os menos qualificados, seriam consequência de diversos fatores, entre eles a necessidade de relações interpessoais, força física e destreza. Além disso, esses trabalhos estariam de certa forma protegidos pois devido ao baixo custo de mão de obra, existe menos estímulo por substituí-los por capital, como aponta Autor (2013):-

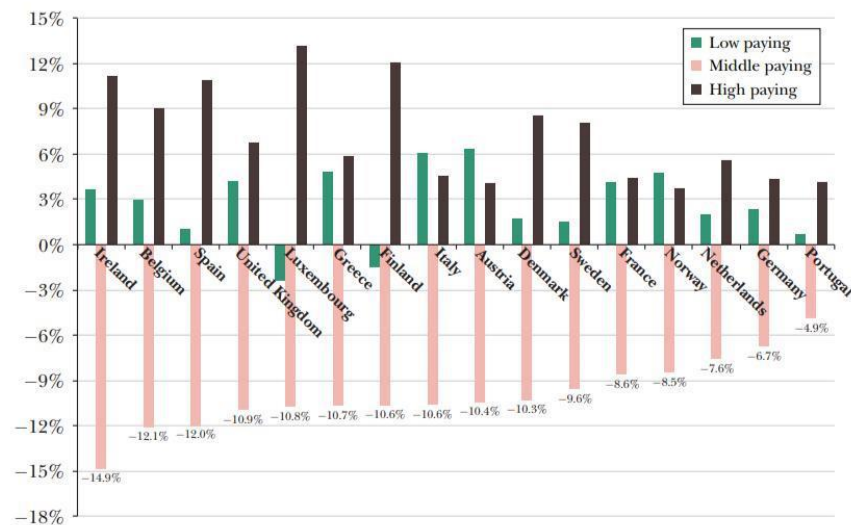
A nossa hipótese é que a recente computadorização substituiu os trabalhadores menos qualificados em tarefas rotineiras [...]. Conforme ocorreu a redução do preço das tecnologias de computação e a consequente redução dos salários pagos pela realização de tarefas rotineiras, trabalhadores pouco qualificados realocaram sua força de trabalho para a prestação de serviços que são difíceis de automatizar porque dependem da destreza, flexibilidade, comunicação interpessoal e proximidade física direta. Nosso modelo conceitual mostra que se a demanda por esses serviços não admitir substituição, então a automação das tarefas rotineiras usadas na produção de bens pode induzir a um aumento de salários e criação de empregos em trabalhos de prestação de serviços de baixa qualificação. (p.1590)

Existe também muita dificuldade de automatizar parte das tarefas intermediárias e rotineiras, ainda que façam parte do grupo de maior exposição. Basicamente para um computador repetir uma tarefa humana é necessário que um programador entenda o processo do início ao fim e crie um software para repetir aquela cadeia de atividades. Essa atividade se torna muito complicada

quando o responsável por aquela tarefa não sabe explicar exatamente todo o processo que ele mesmo desempenha.

**Gráfico 3.2 – Mudança nos níveis de emprego separados por baixos, médios e altos salários em 16 países da União Europeia, 1993-2010**

*Figure 3*  
**Change in Occupational Employment Shares in Low, Middle, and High-Wage Occupations in 16 EU Countries, 1993–2010**



Fonte: Autor (2014)

O Gráfico 3.2 mostra que no período entre 1993-2010, em todos os 16 países abordados em seu estudo, houve considerável redução da participação dos trabalhadores do meio, ou seja, aqueles com remuneração intermediária.

Além do panorama geral do fenômeno, Autor se aprofunda e analisa a magnitude desses efeitos para diversos grupos demográficos que estariam mais ou menos suscetíveis ao desemprego, e nos traz algumas observações de extrema relevância, como a incapacidade de trabalhadores de mais idade em se adaptarem a essas mudanças ainda antes de sua aposentadoria. Se a solução para os trabalhadores jovens é se especializar constantemente durante toda a sua, ou as suas carreiras, como propõe inclusive o relatório do *World Economic Forum, The Future of Jobs Report* (2018), os trabalhadores mais próximos da aposentadoria não teriam mais tempo para isso. Dessa forma, ao passo que entre 1980 e 2010 tivemos a migração de trabalhadores “do meio” tanto para trabalhos mais qualificados para trabalhos

menos qualificados, os trabalhadores mais velhos que migraram de carreira foram majoritariamente para cargos de menor remuneração (AUTOR, DORN, 2009).

Em 2015, no livro *Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation*, Autor revisita sua própria teoria e faz uma análise empírica de fenômenos que contestam algumas de suas proposições anteriores (AUTOR, DORN, 2009; AUTOR, DORN, 2010; AUTOR, DORN, 2013). Além disso, ele apresenta alguns novos pontos que merecem atenção e propõe um futuro um pouco mais otimista em termos de manutenção de empregos frente à sua contribuição anterior.

Ele inicia o artigo mostrando que o avanço tecnológico já gerou mudanças radicais em diversas economias e em diversas épocas do capitalismo, e com isso ele questiona como, na época atual em que temos consistentes avanços tecnológicos, os trabalhos não se extinguiram. O aumento da produtividade não necessariamente significa redução da demanda agregada por trabalho. Ele atribui isso ao aumento do valor gerado pelas tarefas que se complementam com essas atividades, que não são substituíveis devido as já mencionadas virtudes humanas e naturalmente tem aumento da demanda por trabalho.

O primeiro mecanismo de valorização de emprego é baseado na função O-ring de produção. A teoria nos diz que em uma cadeia de tarefas, a falha em uma única etapa gera transtornos exponenciais em todo o processo. Da mesma forma uma melhoria na execução de determinada tarefa aumenta, também exponencialmente, o retorno de todas as outras. Dessa forma quando se automatiza, tornando mais eficiente uma tarefa, todas as outras do processo geram mais valor. Obviamente, esta abordagem teria que fornecer alguma relação entre ganhos de produtividade e crescimento da economia para conseguir explicar a relação entre emprego e modernização tecnológica, o que não é feito de forma explícita no artigo.

Um exemplo interessante se deu nos EUA e foi documentado por Bessen (2015) e comentado por Autor (2015). Os caixas eletrônicos quadruplicaram em quantidade entre 1995 (100.000) e 2010 (400.000). Seria intuitivo assumir que o fenômeno influenciasse na extinção do emprego de caixa de banco nesse período. Entretanto o número de empregados nessa atividade cresceu em 10% nesse período. A proporção de caixas por agência foi reduzida, entretanto a quantidade de agências subiu em mais de 40% devido a maior viabilidade da operação (que se deu também por desregulação do setor bancário). Também com a automação de tarefas, os caixas passaram a exercer tarefas principalmente de vendas, criando relações com os consumidores e vendendo-os serviços como cartões de crédito e empréstimos.

A queda de preços em setores que reduziram seus custos de produção pode aumentar o excedente das famílias, como no caso dos alimentos que tiveram preços reduzidos com os ganhos de produtividade da agricultura, e com isso fomentar o crescimento de outros segmentos da economia, onde as famílias gastarão esse excedente. Dessa forma, os trabalhadores do outro polo também seriam beneficiados com um aumento do seu salário devido ao crescimento da demanda pelo mesmo. Em um cenário de redução de custos é possível que ocorra uma diversificação do padrão de consumo, e com isso teríamos a diversificação do trabalho: criação de novas atividades viabilizadas pelo novo cenário econômico e tecnológico.

Autor (2015) questiona também o potencial do *machine learning* em ultrapassar os limites mencionados no Paradoxo de Polanyi.

Teoricamente o *machine learning* teria potencial de no longo prazo transformar uma máquina em autodidata, não precisando de um humano para entender como realizar uma tarefa para então codificá-la. Ocorre, entretanto, que existe muita inconsistência no aprendizado das máquinas, e embora muitas vezes elas gerem resultados espetaculares, os resultados que temos hoje apontam desempenhos, em sua maioria, apenas aceitáveis, com alguns casos de desempenho incrivelmente inferior ao humano. Além disso, diversos são os exemplos de situações onde, quando testadas, as máquinas deram resultados inexplicáveis, sem qualquer justificativa do porquê de chegarem à determinada conclusão do que deveria ser feito, dificultando a melhoria dos algoritmos.

A conclusão de Autor (2015) é que ao contrário do que propõem notícias alarmistas, com constantes exemplos de empregos que estão sendo substituídos, temos dificuldade técnica em pontuar os efeitos colaterais positivos dessas substituições em outras atividades. O autor espera, agora, que não ocorra a polarização do emprego, ou sua tendência inexorável, uma vez que muitos empregos do meio vão continuar existindo. Estes em sua maioria são empregos com características dos trabalhos manuais e abstratos que continuariam existindo, mas agora com salários intermediários. Esses trabalhos demandam treinamento, mas não necessariamente um ensino superior ou preparo de muitos anos.

Esse fato transfere, de certa forma, a responsabilidade para que não ocorra tamanha polarização para o estado e iniciativa privada em preparar um grande número de trabalhadores para desempenhar esses novos trabalhos intermediários, que não são repetitivos e demandam

mais treinamento do que os trabalhos manuais e menos do que os trabalhos mais bem remunerados.

Além disso, em um aspecto mais macroeconômico, Autor (2015) prevê que no caso do trabalho da forma que conhecemos realmente se tornar obsoleto teremos um problema de distribuição, e não de escassez. Teríamos uma fácil geração de riqueza, mas provavelmente seria difícil determinar quem é o proprietário dela e como dividi-la. Nesse aspecto vemos semelhança da perspectiva de Autor, que se define como neoclássico, e a já abordada previsão de abundância de Keynes, onde as pessoas diminuiriam seu tempo gasto em trabalho e se dedicariam em atividades de lazer. Temos que para ambos os autores o ganho de produtividade pode tornar a questão do emprego e da distribuição de renda mais sócio política do que econômica.

Em 2018 o desemprego tecnológico foi tema central do *World Economic Forum Report (WEF)*., que destacou o avanço tecnológico por que passamos. O documento apresenta o grande potencial que essas tecnologias têm para impactar nosso futuro tanto positivamente quanto negativamente. Podemos utilizar as novas ferramentas para aumentar a qualidade de emprego e de vida, assim como aumentar ainda mais a capacidade de trabalhadores, a desigualdade social e tornar a polarização social ainda mais severa.

Após frisar muitas oportunidades o WEF aponta a necessidade dos governos, instituições e trabalhadores a adotarem constantes políticas de formação de mão de obra, para que as mudanças tecnológicas assim se tornem inclusivas e não marginalize grupos com o processo de alteração do mercado de trabalho, que será mais rápido do que nunca.

Aos governos é proposto que adaptem a educação para indivíduos de todas as idades, não só em áreas relacionadas a matemática, tecnologia e engenharia, mas também nas atividades não cognitivas, estimulando as pessoas a desenvolverem suas capacidades exclusivas à humanidade. Além disso, é incentivado o uso de estímulo pelo lado da demanda à criação de infraestrutura compatível com as necessidades impostas pela quarta revolução industrial. Também com o ganho de produtividade e conseqüentemente de riqueza e impostos, é sugerido que os governos fortaleçam a seguridade social criando redes para darem suporte àqueles muitos trabalhadores que ficarão temporariamente obsoletos ao mercado de trabalho, o WEF sugere, inclusive, que no futuro sejam implementados programas de renda básica universal.

As indústrias foram alertadas de que a oferta de trabalhadores qualificados se tornará insuficiente visto o aumento da demanda. Existe, portanto, a necessidade de que elas deem suporte ao desenvolvimento de seus funcionários, que terão que se tornar aptos a trabalhar em meio a tantas mudanças para poderem ocupar cargos mais valorizados, ao passo que novos funcionários, pouco especializados, ocupariam os cargos desses.

Aos trabalhadores, o documento sugere que estes procurem se manter em treinamento constante e vitalício, para não se ver sua função tradicional, eventualmente, se tornar obsoleta com a quarta revolução industrial. É inegável, e reconhecido pelo report, a necessidade de muitos indivíduos de terem suporte nesse processo, durante fases de realocação no mercado e retreinamento.

Mangabeira Unger (UNGER, 2019) é entusiasta da quarta revolução industrial, que é abordada por ele no livro *A Economia do Conhecimento* (UNGER, 2019). Unger questiona o confinamento da tecnologia em poucas empresas que vivem na fronteira tecnológica. Segundo o autor é equivocada a ideia de que a quarta revolução industrial só seria absorvida e praticada em empresas de alta tecnologia uma vez que quase a totalidade dos serviços e produtos que utilizamos seriam afetados por essa onda tecnológica, ou em seu processo produtivo ou nos produtos e serviços ofertados.

Segundo Unger (2019) a quarta revolução industrial, em especial a inteligência artificial tem potencial incrível, se democratizada, de ser um grande propulsor do desenvolvimento econômico e de transformação da vida humana. Esse processo, entretanto, tem algumas condicionais de responsabilidade de diversos agentes, o principal destaque de Unger é que o uso de tais tecnologias não fiquem confinados a poucas empresas, o que poderia acabar por aumentar a concentração de renda.

O autor tem um olhar otimista em relação ao desemprego tecnológico, que seria friccional uma vez que surgirão novos empregos, e fundamenta sua teoria em diversas áreas da ciência, como a área de tecnologia da informação e a biologia. Após explicar que parte de nossa mente se assemelha ao funcionamento de máquinas da manufatura mecanizada e da indústria de produção em massa: opera a partir de formulas, é repetitiva. Outro aspecto permite a nossa mente recombinar livremente todas as informações que temos, o que é chamado na matemática de infinitude recursiva. É desse aspecto que realizamos descobertas e

desenvolvemos raciocínios que só serão explicados posteriormente. Essa atividade exercida pela nossa mente é aquela que denominamos imaginação.

Tanto na manufatura mecanizada quanto na indústria de produção em massa o trabalhador operava um trabalho braçal que se espelhava às máquinas. Suas habilidades necessárias eram somente disposição para obedecer, letramento básico noções de matemática e destreza manual, especialmente coordenação oculomotora. As máquinas reproduziam facilmente essas habilidades as faziam em seu lugar. Sobriam aos trabalhadores executar as tarefas que ainda não aprendemos a repetir e, portanto, codificar em dispositivos mecânicos. Na indústria de produção em massa, entretanto, isso não ocorreu, e o trabalhador acabou por realizar mais atividades diferentes das já executadas pelo capital da empresa, mas de forma analogamente repetitiva e formulaica. O potencial imaginativo do trabalhador foi utilizado em formas de produção artesanal e práticas marginais à linha central da história econômica.

Essa capacidade de criar é uma das habilidades humanas que não temos perspectiva de serem substituídas e deve atuar de forma complementar as máquinas, que irão nos superar em basicamente todas as atividades repetitivas cujo processo consigamos “ensiná-las” corretamente. O trabalhador terá a função de propor novos produtos e possibilidades produtivas constantemente, norteando o trabalho que será executado por uma máquina. É desejável para otimizar essa relação uma divisão mais horizontal de supervisão e execução, para que exploremos ao máximo as chances de identificar e realizar melhorias no processo produtivo.

A possibilidade de as máquinas ocuparem papéis imaginativos, transcendendo essa barreira em suas atividades, é até o momento somente especulativa; o que temos claro hoje é um avanço desse limite formulaico das máquinas, com regras de inferência de ordem superior às observadas outrora, melhorando o seu próprio algoritmo baseado na experimentação randômica ou programada.

Unger acredita que o trabalho da forma como conhecemos irá acabar à medida que permitimos as máquinas cumprirem seu papel em atividades formulaicas antes executadas por humanos, mas não haverá menos empregos uma vez que ocuparemos trabalhos de caráter imaginativos que até então não temos razões para crer que serão executadas por elas. Apesar de Mangabeira não ser economista, pode-se especular que esse argumento seria consistente com a rejeição pela ortodoxia econômica da existência de desemprego persistente

na economia, ou que este se encerraria, uma vez que os trabalhadores ajustassem suas capacidades aos novos processos produtivos.

Ele sugere uma emancipação do homem: a substituição do trabalhador por máquinas seria então uma forma de não condenar o ser humano a passar a vida executando uma tarefa que poderia ser feita por uma máquina. Tal emancipação foi idealizada tanto por socialistas, como Marx, como liberais, como John Stuart Mill, que acreditavam que o emprego assalariado era uma forma transitória de trabalho.

Entretanto o autor, que é otimista em relação a essas relações de complementaridade entre homem e máquina acredita que precisaremos passar por diversas mudanças em nossa organização quanto sociedade para que o trabalhador se adapte à nova realidade e desenvolva as capacidades até então estritamente humanas. Para tanto há que se repensar as formas de organização do trabalho do final do século XX na maioria dos países desenvolvidos, fortemente baseadas no regime legal contratualista, de negociação coletiva. Este formato foi feito em um contexto de produção industrial em massa, caracterizadas pela mão de obra estável em unidades de produção bem definidas. Para o autor, a quarta revolução industrial tende a declinar esse formato de produção de massa e o compromisso das empresas com uma mão de obra estável deixa de ter um fundamento econômico sólido. Da mesma forma que o fordismo industrial, ou seja, a produção industrial em grande escala, e o seu consequente regime de trabalho contratualista substituíram o sistema de produção domiciliar contratada, descrito por Marx em *O Capital*; as ferramentas da quarta revolução industrial tendem a forçar um novo modelo de trabalho que substitua o regime de trabalho contratualista. Hoje as práticas recentes da indústria mostram uma tendência para uma mera precarização do trabalho, ou localmente, ou terceirizando a produção em países com mão de obra mais barata. Uma alternativa a isso parece ser o modelo adotado em países escandinavos de seguridade flexível, com investimento em treinamento e retreinamento para todos os cidadãos, sem qualquer necessidade de vínculo com algum emprego específico. Essa solução, coerente com parte das propostas do *World Economic Forum* aumenta a capacitação do trabalhador dentro do processo produtivo e é instrumento que se opõe à precarização do trabalho, visto que apressaria a adaptação dos trabalhadores às transições que são inerentes a essas mudanças tecnológicas. Porém essa solução ainda seria parcial pois deveríamos criar um novo regime de trabalho projetado especificamente para garantir que a flexibilidade no mercado de trabalho



não sirva de eufemismo para a insegurança econômica radical. Nesse modelo idealizado por Mangabeira Unger teríamos a exigência legal de neutralidade de preço na escolha entre emprego estável e emprego em tempo parcial. Com essa denominação o autor quer dizer que o trabalhador de contrato parcial teria que ser pago no mínimo de forma idêntica ao trabalhador estável, de forma que a flexibilização não servisse de pretexto para reduzir a participação do trabalhador na renda nacional.

### **3.4 - O desemprego tecnológico no Brasil**

Em 2019, o Laboratório do Futuro da UFRJ replicou os métodos já abordados acima de Frey e Osbourne para estimar os efeitos da quarta revolução industrial nos empregos que temos hoje no Brasil. O estudo é singular uma vez que com a taxa de desemprego no Brasil estando constantemente acima de 11% a maior parte das análises encontradas focam em desafios e possíveis soluções para o curto prazo (Laboratório do Futuro, 2020).

O método para a análise empírica foi cruzar a estimativa de probabilidade de automação das 706 ocupações catalogadas previamente por Frey e Osborne, convertidas para as mais de 2500 ocupações presentes no Brasil, com dados oficiais do nosso país como a Classificação Brasileira de Ocupações (CBO) e a Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) para entender o cenário que se desenha com as automações em desenvolvimento, com ainda um recorte por município que torna mais claro o impacto local das alterações no mercado de trabalho. Diversos são os desafios de relacionar as atividades norte americanas com as atividades brasileiras catalogadas, mas os autores desenvolveram métodos que explicam detalhadamente para apresentar a conversão não como exata, mas como tão boa quanto possível.

Segundo o estudo, mais de 60% dos trabalhadores estão em ocupações com alto risco de automação, ou seja, aquelas com probabilidade maior do que 70%, 18% estão em risco médio (entre 30% e 70%) e 22% estão com baixo risco de automação (inferior a 30%).

**Tabela 3.3 –Ocupações com mais trabalhadores no Brasil e suas probabilidades de automação**

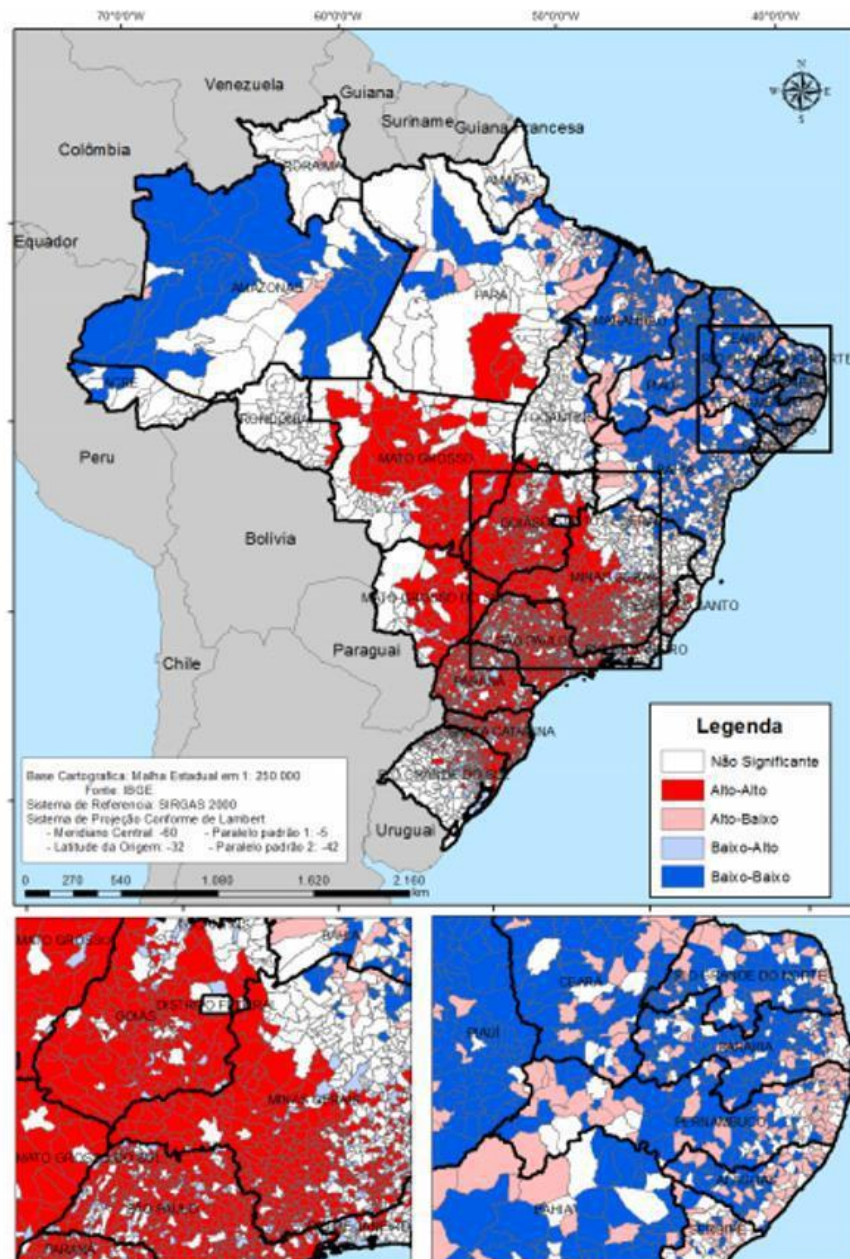
CBO	SOC	Ocupação	Ranking n. de trab.	Número de trabalhadores	% do total de trab.	Ranking P(Auto)	P(Auto)
411010	439061	Assistente Administrativo	1	2.081.939	4,5%	4	96%
411005	439061	Auxiliar de Escritório, Em Geral	2	2.036.571	4,4%	4	96%
521110	412031	Vendedor de Comércio Varejista	3	2.007.042	4,4%	8	92%
514320	372011	Faxineiro	4	1.344.939	2,9%	34	66%
782510	533032	Motorista de Caminhão (Rotas Regionais e Internacionais)	5	877.081	1,9%	20	79%
784205	537063	Alimentador de Linha de Produção	6	860.740	1,9%	7	93%
421125	412011	Operador de Caixa	7	823.476	1,8%	3	97%
331205	259041	Professor de Nível Médio no Ensino Fundamental	8	749.667	1,6%	42	56%
517330	339032	Vigilante	9	630.387	1,4%	16	84%
717020	473019	Servente de Obras	10	571.663	1,2%	12	88%
-	-	Total	-	11.983.505	26%	-	-

Fonte: Laboratório do Futuro (2019)

Os pesquisadores definiram também o impacto em cada município, sendo o município de Afonso Cunha no MA, o menos afetado, com índice de 0,228 e o de Maracanã no Pará, o maior com 0,953. A heterogeneidade geográfica, cultural, social e econômica de nosso país, que tem dimensões continentais é refletida no estudo de impacto local de desemprego, que não possui distribuição normal. (Ibid)

Foi aplicado também um método chamado Índice Moran para determinar se os municípios vizinhos possuíam indicadores parecidos, dessa forma permitindo a criação de um gráfico da influência de automação dos empregos de determinado município normalizando-os pela média de seus vizinhos. Municípios classificados como Alto-Alto possuem alto índice de vulnerabilidade à automação assim como seus vizinhos, municípios classificados como Baixo-Baixo possuem baixo índice assim como seus vizinhos e municípios classificados como Alto-Baixo ou Baixo-Alto possuem índice consideravelmente mais alto, ou mais baixo, respectivamente do que seus vizinhos.

**Gráfico 3.4 – Mapa coroplético do índice de automação dos municípios com destaque para o Nordeste e Sudeste, duas regiões contrastantes.**



Fonte: Laboratório do Futuro (2019)

Analisando o Gráfico 3.4 podemos notar grande contraste na região sudeste, com grande incidência de municípios com classificação Alto-Alto, e no litoral nordestino, onde temos índices altos de potencial de automação lado a lado com municípios de baixo índice de automação (Alto-Baixo).

A região Norte – composta pelos estados do Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins tem predominantemente atividades primárias como extração mineral, vegetal e animal, apesar da existência da Zona Franca de Manaus. Os municípios dessa região se destacam dos demais devido ao seu alto risco de automação. No estado do Pará, temos de forma semelhante a região de Altamira e as regiões metropolitanas de Belém. Nos outros estados temos índices altos, via de regra, apenas nas capitais.

Na região Nordeste é dividida de acordo com as seguintes sub-regiões: Zona da Mata, Agreste, Sertão e Meio Norte. A zona da Mata, que se estende do litoral do Rio Grande do Norte até o Sul da Bahia, possui uma zona industrial de grande relevância devido a descoberta de petróleo no Recôncavo Baiano. As demais regiões são, via de regra, caracterizadas por atividades primárias como extração e agricultura. O impacto da automação estimado afeta, portanto, poucos municípios.

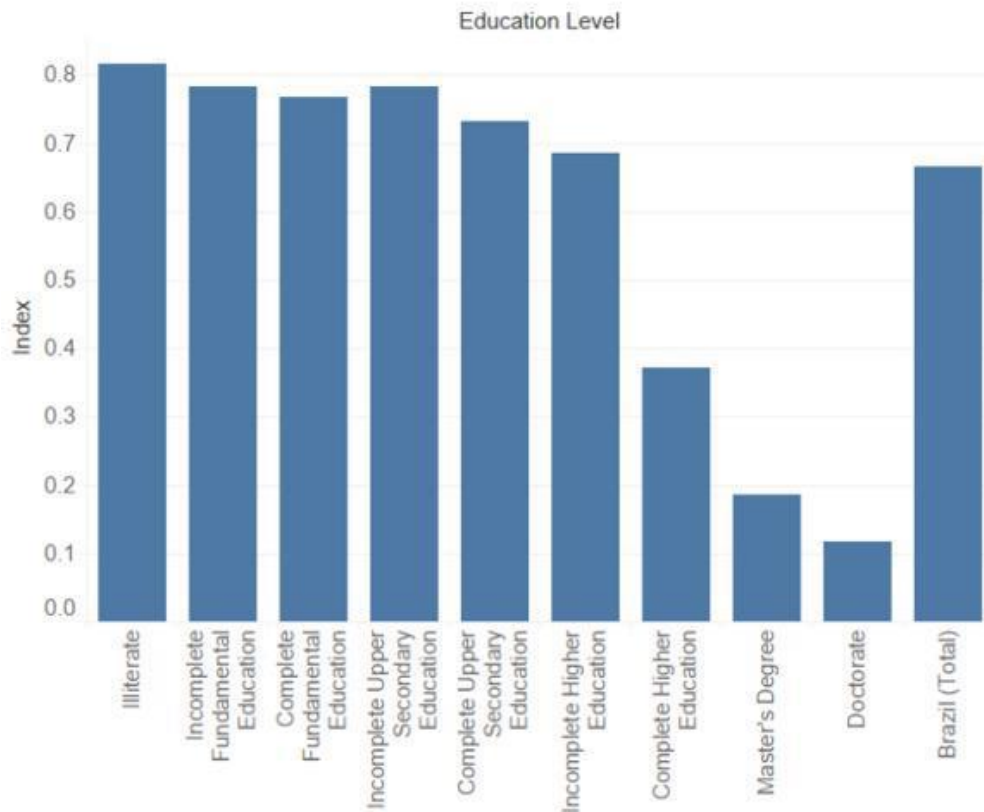
A região sudeste concentra aproximadamente 55% do PIB brasileiro, com ampla produção industrial e agrícola, além da presença relevante de comércio e serviços e em segundo plano pecuária e extração mineral especificamente em Minas Gerais.

A Região Sul possui o mesmo índice da região sudeste, com atividades bem diversificadas como agricultura, indústria, extrativismo e turismo. Nas regiões onde predomina a agricultura possuímos índices baixos.

A região Centro-Oeste, que atingiu o maior índice, possui grandes taxas de urbanização, com o agravante da densidade demográfica muito baixa nas regiões com baixo índice de automação, regiões estas que possuem a pecuária e a agricultura como principais atividades.

Também foram realizados estudos para entender o impacto da automação por nível educacional, constatando-se que, no Brasil, a probabilidade de automação é maior conforme o nível educacional médio de cada atividade. Como pode ser visto no gráfico abaixo, existe uma queda considerável no valor do índice entre os níveis de educação muito baixos.

Gráfico 3.5 – Índice de Automação por Nível Educacion



Fonte: Laboratório do Futuro (2019)

Também foi evidenciado um maior impacto previsto para as mulheres em comparação aos homens (69,7% e 62,5% respectivamente) e para as empresas menores em relação as maiores: o índice é reduzido gradativamente conforme o grupo de tamanhos de empresas, partindo de 75% para microempresas e chegando a 57% em grandes empresas.

O próprio relatório destaca algumas limitações do modelo utilizado. Primeiramente temos dados de certa forma incompletos disponibilizados na RAIS, que não contempla trabalhadores informais e profissionais liberais que representavam, na época, 37,4% do total. Além destes, outros grupos de trabalhadores, como os domésticos não foram considerados, e até mesmo dentre os trabalhadores “documentáveis”, a RAIS só obteve os dados de aproximadamente 50%. Também existe desconfiança quanto a veracidade integral das informações preenchidas pelas empresas no relatório.

Além das limitações nos dados, a aplicação das probabilidades estipuladas por Frey e Osborne na realidade brasileira é muito problemática, não só na já mencionada conversão das profissões norte americanas para as brasileiras, mas principalmente devido ao atraso que vivenciamos em países em desenvolvimento para a adoção de tecnologias utilizadas nos países mais

desenvolvidos. Ilustrando essa dificuldade de forma extremamente simples, basta pensarmos no atual estado das rodovias brasileiras e em como seria difícil a implantação por exemplo de caminhões de direção autônoma nas mesmas, o que nos faz refletir sobre a probabilidade de automação estimada no modelo para a profissão de motorista de caminhão (79%). Assim como esse exemplo, temos diversos outros que passam não só pelo obstáculo da difusão tecnológica, mas também como pela necessidade de alteração dramática da infraestrutura do nosso país.

Dados esses problemas, parece razoável obter sugestões do modelo de profissões, regiões e empresas que podem ser mais ou menos impactadas para posterior análise individual mais aprofundada, mas não adotar os valores dos índices (estes um tanto quanto alarmantes) como verdades universais.

Além disso, fica evidenciada, e os autores ressaltam isso, a necessidade de melhora dos dados do emprego coletados pelo governo brasileiro.

## CONCLUSÕES

Em todas as principais escolas econômicas vimos, ao longo do tempo, a identificação de pontos positivos e negativos na relação entre o progresso técnico e a geração de empregos, gerando um difícil consenso até mesmo dentre autores que compartilham, digamos, de premissas muito parecidas. Ainda que efeitos diretos sejam predominantemente poupadores de mão de obra efeitos secundários e as possibilidades de crescimento que o progresso técnico enseja podem compensar tais efeitos negativos diretos. Os pré-clássicos, que temiam a excessiva mobilidade da mão de obra, defenderam e implantaram legislações restritivas ao uso de maquinaria na Europa. Entretanto, na própria escola temos autores como James Steuart (1767) que defendiam o seu uso para ganho de vantagem competitiva, assim como reconheciam alguns mecanismos de compensação. Adam Smith tinha essencialmente uma visão otimista do avanço tecnológico, ao passo que outros autores clássicos, como David Ricardo (1828) e Karl Marx (1867) temiam diversos dos efeitos da mecanização na vida da população. A abordagem neoclássica tem viés otimista, com a descrição de diversos mecanismos de compensação, principalmente a variação dos salários para se adaptar a nova oferta de emprego, que tornariam qualquer desemprego friccional. Keynes nos sugere que é possível combater os efeitos colaterais do desejável progresso técnico com boas políticas públicas, dessa forma criando um novo arranjo social com a possibilidade da redução da carga horária dos trabalhadores e aumento do tempo dedicado ao lazer.

A história econômica não nos fornece, ao mesmo por enquanto, evidências empíricas da queda permanente do nível de emprego decorrente do progresso técnico, apesar das diversas

flutuações do nível de emprego. A literatura a respeito das principais rupturas tecnológicas relata grandes tensões causadas pela incerteza dos trabalhadores, digamos, ameaçados pelo emprego capital. Esses momentos de transição podem ser dramáticos para muitas famílias, em especial caso desamparadas pelo estado. Do ponto de vista econômico, entretanto, as soluções se mostraram suficientes ao longo do tempo, com grandes migrações entre setores, regiões e países; alterações no perfil da mão de obra e dos produtos exportados e importados. Isso não quer dizer que o desemprego tecnológico, ao menos enquanto temporário ou local, não exista.

A denominada 4ª Revolução Industrial, que é por nós estudada contemporaneamente ao seu avanço e difusão, ameaça causar uma nova mudança drástica no perfil dos empregos. Ela se caracteriza pelo desenvolvimento de sistemas que fundem capacidade físicas, tecnológicas e biológicas. Com a inteligência artificial, principal objeto do nosso estudo, muitas das limitações das máquinas são extintas e estas podem nos superar em novos tipos de tarefas intelectuais. As tarefas executadas pelas mesmas não exigem mais fórmulas explícitas, uma vez que se tornou possível aos computadores inferirem funções a partir de testes automáticos. Soma-se a estas possibilidades o fato do aumento quantitativo exponencial das capacidades das máquinas, que torna cada vez mais nebuloso qual seria o limite do progresso e das capacidades destas.

Visto tamanho progresso técnico, novamente nos deparamos com tensões a respeito do futuro do trabalho e com uma literatura em expansão sobre o assunto. Alterações no perfil do emprego já foram evidenciadas assim como a possibilidade de substituição de mão de obra em quase todos os setores produtivos. No Brasil e nos demais países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento a bibliografia ainda é um pouco limitada em relação aos países que se aproximam da fronteira tecnológica (AGUILERA e BARRERA, 2016), que já vivenciam alguns dos efeitos da quarta revolução industrial há mais tempo.

Existem, porém, muitas similaridades nas soluções e necessidades propostas pelos autores aqui analisados. Tema recorrente, por exemplo, é a indicação de que a especialização da mão de obra deverá se tornar vitalícia para o trabalhador, que em meio a tantas mudanças deverá se atualizar para se manter adaptado ao mercado de trabalho. Essa especialização é vista como de responsabilidade como um resultante de políticas do estado, com participação do setor empresarial e dos próprios indivíduos. Apesar do reconhecimento quanto ao forte impacto no emprego das novas tecnologias, existe relativo consenso quanto a valorização e necessidade de características ainda exclusivamente humanas, como a criatividade e as relações interpessoais; elementos que não possuem qualquer perspectiva de serem substituídos. Por último há preocupação generalizada



quanto a necessidade de montar amplos esquemas de seguridade social para amparar os diversos trabalhadores que serão, preferencialmente de forma temporária, marginalizados do processo produtivo e precisarão contar com alguma estabilidade para se adaptar e reinserir no mercado.

Tamanho progresso técnico pode ser utilizado de forma a melhorar a qualidade de vida da humanidade de forma geral, que poderá contar por exemplo com jornadas de trabalho menores e com produtos e serviços com preços mais acessíveis à medida que ocorre ganho de produtividade, como sugere Keynes. Entretanto, caso os benefícios fiquem confinados a um pequeno grupo de empresas que incorporam tecnologias de ponta e seus trabalhadores, os efeitos colaterais de esgarçamento do tecido social pode trazer grande inquietação às populações especialmente de países economicamente mais desenvolvidos. Entender o fenômeno recente de incorporação de tecnologias com potencial para alterar de forma abrupta os processos produtivos correntes é fundamental para que se possa desenhar políticas públicas, incluindo políticas de estímulo ao crescimento econômico, visando neutralizar ou, ao menos, minorar os efeitos colaterais negativos desta grande mudança.

## REFERÊNCIAS

- CAMPPA, Ricardo – **Technological Unemployment. A Brief History of an Idea** – Cracóvia, 2018
- KEYNES, John Maynard. - **Economic Possibilities for our Grandchildren**, 1931
- MILLER, Lilian Maria - **Mudança Tecnológica e o Emprego** - Rio de Janeiro, 2002
- COUTO, Joaquim Miguel, GARCIA, Maria de Fátima, FREITAS, Carlos Eduardo, SILVESTRE, Rodolfo Cezar, **Desemprego Tecnológico: Ricardo, Marx e o Caso da Indústria de Transformação Brasileira (1990 - 2007)** - Campinas, 2011
- HOBSBAWN, Eric J. **Da Revolução Industrial Inglesa ao Imperialismo**. 6<sup>a</sup> Edição. Forense Universitária, 2011
- HOBSBAWN, Eric J., **The Machine Breakers** - Oxford, 1952
- ATKESON, Andrew; KEHOE, Patrick J. **The Transition to a New Economy After The Second Industrial Revolution**. Cambridge, 2001.
- WOIROL, Gregory R. – **New Data, New Issues: The Origins of the Technological Unemployment Debates** – Durhan, 2006
- GLYN, Andrew; HUGHES, Alan; LIPIETZ, Alain; SINGH, Ajit. **The Golden Age of Capitalism: Reinterpreting The Post War Experience** – Oxford, 1990
- PEREIRA, Adriano; SIMONETTO, Eugênio de Oliveira. **Industria 4.0: Conceitos e Perspectivas Para o Brasil**. 2018.
- GREWAL, Dalvinder Sing, **A Critical Conceptual Analysis of Definitions of Artificial Intelligence as Applicable to Computer Engineering** – Fatehgarh Sahib, 2014
- AUTOR, David H.; DORN, David, **The Growth of Low-Skill Service Jobs and the Polarization of the US Labor Market** – 2013
- AUTOR, David H., **Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation** - Cambridge, 2015
- AUTOR, David H., DORN, David, **This Job is Getting Old: ‘Measuring Changes In Job Opportunities Using Occupational Age Structure** - Cambridge, 2009
- BRYNJOLFSSON, Erick; MCAFFE, Andrew - **The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies** – Nova York, 2014
- MOKYR, Joel. **The Second Industrial Revolution, 1870-1914**. Evanston, 1998
- OSBORNE, Michael A., FREY, Carl Benedikt, **The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerisation?** - Oxford, 2013

MITCHELL, Tom; BRYNJOLFSSON, Erick, **Track How Technology is Transforming Work** - Cambridge, \*\*\*

LIMA, Y., STRAUCH, J.M.; ESTEVES, M.G.P.; SOUZA, J.M. de; CHAVES, M.B.; GOMES, D.T. **O Futuro do Emprego no Brasil: Estimando o Impacto da Automação. Laboratório do Futuro** - UFRJ, Rio de Janeiro, 2019

VIVARELLI, Marco. **Innovation, Employment and Skills in Advanced and Developing Countries: A Survey of Economic Literature** – Milão, 2012.

LUEDEMANN, Marta da Silveira, **Transformações na Indústria Automobilística Mundial: O caso do Complexo Automotivo no Brasil - 1990-2002** – São Paulo, 2003

ACEMOGLU, Daron; RESTREPO, Pascual, **The Race Between Machine And Man: Implications of Technology for Growth, Factor Shares And Employment** - Cambridge, 2016

BRYNJOLFSSON, Erick; MITCHELL, ROCK, Daniel - **What Does It Mean for Occupations and the Economy?** - Cambridge, 2018

BOIANOVSKY, Mauro; TRAUTWEIN, Hans-Michael - **Schumpeter on Unemployment** – Brasília, 2018

VARDI, Moshe Y., **Is Information Technology Destroying the Middle Class?** -

Communications Of The ACM, 2015. Disponível em:

<https://cacm.acm.org/magazines/2015/2/182648-is-information-technology-destroying-the-middle-class/fulltext>, Acesso em: 12/12/2020

NERI, Pedro Fernando Ferreira de Almeida, **Uma Resenha Teórica Sobre o Desemprego Involuntário** - Recife, 2012

MARQUES, Agostinho Renato Mendonça, **Neoclássicos e Keynes: Uma análise comparativa** - Ilha da Madeira – 2011

BRUGGER, Florian, GEHRKE, Christian, **The Neoclassical Approach To Induced Technical Change: From Hicks do Acemoglu** - Graz, 2017

NETO, Benedito Rodrigues de Moraes, **Emprego e Trabalho no Início do Século XXI: revisitando Keynes e Marx** - Salvador, 2014

KATZ, Harry C., SABEL, Charles F, **Industrial Relations & Industrial Adjustment in the Car Industry** - California, 1985

AFONSO, José Roberto, **Trabalho Independente, Reforma Independente** - São Paulo, 2018

LEOPOLD, Till Alexander. et al. **The Future of Jobs Report 2018**, World Economic Fórum, 2018. Disponível em <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2018>, acesso em 09/11/2020

UNGER, Roberto Mangabueira, **A Economia do Conhecimento** - São Paulo, 2020

AGUILERA, Andrés, BARRERA, Maria Gabriela Ramos, **Technological Unemployment: An Approximation to the Latin American Case** - Medellin – 2016