

**Universidade do Minho**  
Escola de Economia e Gestão

Rita Maria Viveiros Araújo

## **Robotização da Produção e Emprego**

Designação do Mestrado  
em Economia Indústria e da Empresa

Trabalho efetuado sob a orientação da  
**Professora Doutora Natália Barbosa**



**Universidade do Minho**  
Escola de Economia e Gestão

Rita Maria Viveiros Araújo

## **Robotização da Produção e Emprego**



## **DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS**

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.



**Atribuição-NãoComercial-SemDerivações**

**CC BY-NC-ND**

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

## **AGRADECIMENTOS**

A todos os que direta e indiretamente contribuíram para a realização desta etapa importante na minha vida, quero manifestar os meus sentidos agradecimentos:

Aos meus pais e à minha querida irmã que pacientemente sempre me ajudaram a acreditar que era possível; À compreensão e aos esforços que durante todo o percurso acadêmico ofereceram para que tivesse todas as condições necessárias para realizar os sonhos.

Ao meu querido amigo Ricardo que foi incansável ao longo de toda a realização da mesma e que com a sua força e energia fez com que nunca desistisse.

À minha orientadora um obrigada pela ajuda prestada.

## **DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE**

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

## RESUMO

A robotização da produção tem causado inquietações relativamente aos seus impactos no emprego e na produtividade. Com o aumento da robotização cresceu a necessidade de avaliação dos impactos da robotização no emprego. No caso Português a avaliação sistemática dos impactos da robotização no emprego e na produtividade ainda estão por realizar.

A presente dissertação pretende colmatar estas falhas ao estudar os impactos da exposição à robotização no emprego e na produtividade das empresas Portuguesas.

Os resultados desta dissertação indicam efeitos positivos da exposição à robotização no emprego, não se verificando efeitos estatisticamente significativos na avaliação dos efeitos da robotização na produtividade e na variação do emprego qualificado.

**Palavra-chave:** Robotização; Efeitos da Robotização; Produção; Emprego; Emprego qualificado.

## **ABSTRACT**

Robotization of production has raised concerns about its impacts on employment and productivity. With the increase of robotization, there was a necessity to evaluate the impact of robotization on employment. In the Portuguese case, the systematic evaluation of the impacts of robotization on employment and productivity is yet to be completed.

The present dissertation purpose to fill these flaws by studying the impacts of exposure to robotization on employment and productivity of Portuguese companies.

The results of this dissertation indicate positive effects of exposure to robotization in employment, with no statistically significant effects in the evaluation of the effects of robotization, on productivity and on the variation of skilled employment.

**Palavra-chave:** Keywords: Robotization; Effects of Robotization; Production; Employment; Qualified employment.

## ÍNDICE GERAL

<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>iii</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS .....</b>	<b>ix</b>
<b>SIGLAS E ABREVIATURAS.....</b>	<b>x</b>
<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
1.1 Motivação e Importância do Tema .....	11
1.2 Questões de Investigação .....	13
<b>CAPÍTULO 2 – REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>14</b>
2.1 Decisão de Investimento em Robotização.....	14
2.2 Relação Robotização e Emprego .....	17
<b>CAPÍTULO 3 – DADOS, VARIÁVEIS E MODELO ECONOMÉTRICO.....</b>	<b>29</b>
3.1 Explicação breve do capítulo.....	29
3.2 Amostra e fonte de dados.....	29
3.3 Definição e análise descritiva das variáveis empíricas.....	30
3.4 Crescimento da produtividade .....	30
3.5 Crescimento da qualificação de emprego.....	31
3.6 Análise descritiva das variáveis empíricas .....	32
3.7 Modelos econométricos: Crescimento do emprego, crescimento da qualificação do emprego e produtividade .....	34
<b>CAPÍTULO 4 – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>38</b>
4.1 Fatores explicativos do crescimento do emprego, produtividade e trabalho qualificado .....	38
4.2 Análise de sensibilidade.....	40
4.2.1 Análise dos resultados para as diversas indústrias isoladamente.....	41

<b>CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO .....</b>	<b>45</b>
5.1 Conclusão .....	45
5.2 Limitações e propostas para trabalhos futuros .....	46
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>47</b>

## INDÍCE DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos de tarefas existentes .....	23
Tabela 2 - Distribuição da amostra por setor .....	29
Tabela 3 - Descrição das variáveis de modelo econométrico. ....	33
Tabela 4 - Coeficiente de correlação de pearson .....	34
Tabela 5 - Relação entre robotização e variáveis dependentes.....	38
Tabela 6 - Relação entre robotização e variáveis dependentes.....	41
Tabela 7 - Relação entre robotização e variáveis dependentes (setor 2).....	42
Tabela 8 - Relação entre robotização e variáveis dependentes (Setor 3) .....	43

## **SIGLAS E ABREVIATURAS**

**OCDE** - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico.

**ONU** - Organização das Nações Unidas.

**TIC** - Tecnologias de Informação e Comunicação.

**TFP** - Produtividade Total de Fatores.

## **CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO**

### **1.1 Motivação e importância do tema**

De acordo com a definição da Federação Internacional de Robótica esta define robots industriais como uma “máquina automaticamente programada, reprogramável e multifuncional” (IFR, 2014). Isto é, são máquinas totalmente autónomas que não necessitam de um operador humano e que podem ser programadas para executar várias tarefas manuais, tais como soldadura, pintura, montagem, manuseio de produtos e embalagens.

O principal objetivo é a substituição do trabalho humano para alcançar uma maior eficiência, através de poupanças com os custos do trabalho, desenvolvendo-se linhas de montagem, nas quais robots realizam tarefas automatizadas, de forma otimizada, particularmente na indústria automóvel. Por isso, a revolução digital e a robótica estão a deixar as pessoas cada vez mais ansiosas acerca do seu futuro. Esta ansiedade deriva da existência de robots industriais, uma vez que, os mesmos estão a ficar cada vez mais autónomos, colocando milhões de empregos em risco.

A maioria dos sistemas de produção modernos utilizam de forma crescente equipamentos automáticos, nomeadamente os que são baseados em robots industriais. Os robots industriais apresentam melhor performance produtiva, baixando os custos de produção, quando estão em causa pequenos/médios volumes de produção, que são característicos da maioria das pequenas e médias empresas, existentes nos países desenvolvidos ou em via de desenvolvimento. Dadas as características da maioria dos mercados, caracterizados por alta concorrência, maior exigência do cliente, produtos com ciclos de vida mais curtos e exigência com maior qualidade, ao menor preço, as empresas tendem a produzir em pequena e média escala, e essa é talvez a principal razão para a adoção de robots industriais (Pires, 2015).

O perigo de robotização destes postos de trabalho, sabendo que as pequenas e médias empresas são parte muito significativa do tecido empresarial português, evidencia a pertinência na realização de um estudo a avaliar estes impactos no emprego em Portugal.

Segundo a International Federation of Robotics (2007), de todos os robots instalados no mundo, 70% são robots articulados instalados em indústrias produtivas. No mundo, e considerando-se todas as indústrias, é no Japão que estão concentrados o maior número de robots instalados. Na indústria automobilística Japonesa, a densidade dos robots industriais instalados é de 1 para cada 10 trabalhadores (International Federation of Robotics, 2007).

São escassos os dados relativamente à utilização de robots pelas diferentes indústrias. No entanto, de acordo com Acemoglu e Restrepo (2017), a nível global, as indústrias com maior utilização de robots industriais na produção é a indústria automóvel, com cerca de 39% da totalidade de robots industriais, seguida da indústria eletrónica, com 19%, a indústria dos produtos metálicos com 9%, e da indústria química e do plástico com 9% da totalidade dos robots industriais em uso.

A utilização de robots em ambiente industrial não é apenas uma questão de mera integração, mas sim os robots com operadores humanos, visto que ambos terão de coexistir. Zeira (1998) considera que ao uso de novas tecnologias produtivas, embora seja positivo para a economia, está associado a um custo, pois as economias mais pobres não conseguirão acompanhar o processo de intensificação do capital tecnológico, estagnando economicamente.

De acordo com Blumenthal (1990), a robotização no processo produtivo poderá ter efeitos positivos de poupança de mão-de-obra, melhoria no ambiente de trabalho, aumento da eficiência produtiva e melhorar a competitividade da empresa no mercado. Blumenthal (1990) afirma, também, que a propagação de robots industriais pode ser explicada pela redução do preço dos robots e a pressão social para ajudar a reduzir o número de acidentes de trabalho e melhorar as condições de trabalho dos funcionários das empresas.

A automação e a robotização estão a mudar rapidamente o mundo dos negócios e os seus efeitos bastante abrangentes. A atual revolução da robotização está a evoluir a uma velocidade notável, tendo uma interferência cada vez maior na vida dos cidadãos. Esses efeitos incluem não só a substituição do trabalho pela robotização, mas também terá fortes impactos a nível social (Choi e Baker, 2017). Enquanto as empresas beneficiam da robotização e automatização, largamente através de redução de custos de trabalho e preços mais competitivos, estas acarretam consigo potenciais problemas. Frey e Osborne (2013); Arntz et al. (2016) alertam que a robotização da produção coloca muitos trabalhadores em risco de perder os seus empregos.

## **1.2 Questões de investigação**

Constituindo a robotização uma das principais tendências, no âmbito da Indústria 4.0, e sendo a principal tendência da indústria a robotização e automação, é de especial importância avaliar quais são os efeitos da robotização no emprego e na produtividade.

Assim, na implementação deste estudo para o caso Português, pretende-se encontrar resposta para as seguintes questões de investigação:

*De que modo a robotização influencia o emprego em Portugal?*

*De que maneira a robotização influencia a produtividade em Portugal?*

*De que maneira a robotização impacta a variação do trabalho qualificado em Portugal?*

## **CAPÍTULO 2 – REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 Decisão de investimento em Robotização**

A utilização de automatização na produção pode oferecer flexibilidade na produção e rápida adaptação às mudanças da produção. Os robots são reprogramáveis, e como tal podem trazer maior redução com os custos de mão-de-obra e outros benefícios relacionados com aumento da produção, redução de custos operacionais, aumento da qualidade do produto, eliminação dos perigos de segurança no trabalho, alta precisão da produção, operação em turnos sem paragens e redução do espaço de produção na fábrica (Mills, 1999).

Conclusões semelhantes são encontradas por Lander e Bayou (1992) uma vez que encontraram evidências de que o investimento em robotização tem potencial para contribuir para a diminuição dos custos, aumento da flexibilidade, aumento da qualidade e incremento da produtividade. Mills (1999) defende que a decisão de robotização na produção tem de considerar não apenas os ganhos com a substituição de trabalhadores por robotização, mas devem ser considerados também os custos da implementação de robotização na produção, custos de instalação e manutenção dos robots industriais. A investigação de Medina et al (2010) para a indústria automóvel Brasileira concluiu que o custo e o retorno a longo prazo relacionados à robotização são os fatores mais fortes na tomada de decisão de robotização da uma empresa produtiva. Fatores como a qualidade ou a produtividade possuem uma importância, ainda que significativa, secundária. Neste estudo, a robotização é entendida como um investimento a longo prazo.

As novas tecnologias podem aumentar a competitividade das empresas, uma vez que trazem ganhos sobre a produtividade, preços mais baixos, levando as empresas a enfrentarem uma procura maior e exigirem mais trabalho, o que pode, pelo menos parcialmente, compensar o efeito de desemprego provocado pelas novas tecnologias Arntz et al. (2016).

Em uma série de entrevistas, Szalavetz (2015) concluiu que os utilizadores de robots na produção não possuem uma estratégia digital sistemática. As empresas apenas investem em soluções para resolver problemas produtivos específicos.

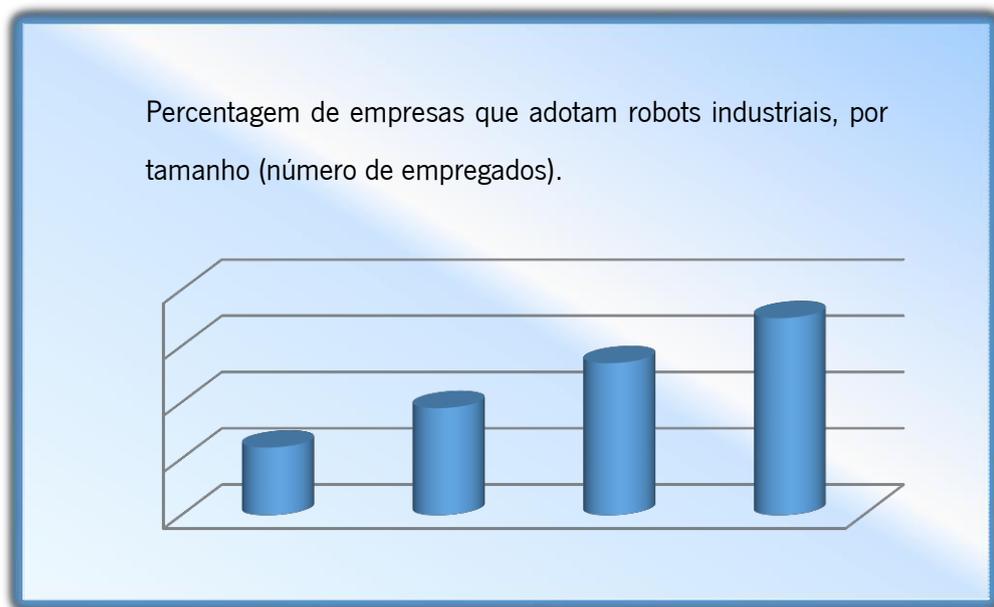
O primeiro motivo para a adoção de novas tecnologias produtivas são o tempo de atividade excessivo, tempo longo de troca entre turnos, grande quantidade de defeitos nos produtos, baixa eficiência geral dos equipamentos.

Em segundo lugar é apontado o problema da mão-de-obra qualificada, tanto para operadores, como para pessoal mais qualificado, que juntamente com a queda dos preços dos robots industriais foi o principal motor para que algumas empresas optassem pela automação industrial.

A Terceira razão para a adoção da robotização e automação da produção está diretamente relacionada com o aumento dos requisitos dos clientes, em termos de tempo de entrega, variedade e complexidade dos produtos produzidos, custos de produção e flexibilidade produtiva.

Pires (2015) argumenta ainda que a adoção de robots é uma opção puramente económica, que se prende essencialmente com 2 fatores principais: Os robots podem executar tarefas de forma “quase humana”; Em segundo, os robots industriais são de todos os equipamentos utilizados na automação industrial, aqueles que apresentam melhor performance em termos de custo de produção por unidade de produto.

De acordo com o Jager et al. (2016) os robots industriais são usados maioritariamente por empresas de grande dimensão. De acordo com os dados, 24% de todas as empresas selecionadas com 20-49 empregados estão a usar robots industriais nas suas fábricas. A taxa de uso aumenta com a dimensão da empresa 38% das empresas com 50-249 trabalhadores usam robots industriais comparado com 54% das empresas com funcionários entre 249-999 e 70% das empresas com mais de 1000 trabalhadores. Isto deve-se ao facto das empresas maiores terem maior experiência com a introdução de tecnologias mais avançadas, maiores possibilidades e maiores economias de escala para fazer um uso eficiente dos robots industriais.

**Figura 1 - Percentagem de adoção de robots industriais**

**Fonte:** Da autora, com dados do European Manufacturing Survey 2012.

Relativamente à análise setorial da adoção de robots industriais, os fabricantes de equipamentos de transporte e fabricantes de produtos de borracha têm maior participação das empresas que utilizam robots industriais nos seus processos de fabricação com 46% e 43%, respetivamente. Isto pode ser causado maioritariamente por grandes quantidades de produção que estes setores são capazes de executar em seus processos de produção e em particular devido às linhas de montagem que permitem investimentos em robots industriais.

Produtores de metais ou produtos metálicos e produtores de computadores, seguidos de próximo pelos produtores de produtos óticos com um nível de utilização de robots industriais de 37 e 36%. Aqui os processos de produção em montagem são executados com volumes e quantidades menores, devido a um maior grau de especialização tarefas de montagem em laboratório.

Em seguida, aparecem os produtores de produtos químicos e farmacológicos, onde a robotização surge cada vez mais presente devido, principalmente, à necessidade de manuseio de produtos tóxicos e nocivos para o humano, levando a taxa de utilização de robots industriais para os 32%. Os têxteis podem ser encontrados na última classificação com uma taxa de utilização de robots industriais de apenas 19% das empresas. Este facto pode estar relacionado com a necessidade de um grande trabalho manual e diferentes tecnologias de produção distintas,

o que faz com que a sua adoção seja dispendiosa, comparando com a possibilidade de externalização da produção para países com mão-de-obra de baixo custo.

## **2.2 Relação Robotização e Emprego**

De acordo com a IFR, um robot é definido como “uma máquina controlada automaticamente, reprogramável e multifuncional” (IFR, 2014). Robots industriais são máquinas autónomas que não necessitam de um operador humano e que podem ser programados para desempenhar uma variedade de tarefas, tais como soldagem, pintura, montagem ou embalagem de materiais. De referir ainda que elevadores, guindastes, entre outros, não são considerados robots industriais, uma vez que estas possuem apenas um propósito único, não podendo ser reprogramadas para executar outras tarefas e requerem um operador humano. Jager et al. (2016) define robots como um dispositivo eletrónico projetado para manipular ou transportar automaticamente peças ou ferramentas.

Os robots industriais são acusados de terem impacto significativo no mercado de trabalho (Brynjolfsson e McAfee, 2011). A utilização de robots industriais nos Estados Unidos da América e Europa Ocidental cresceu cerca de 4 vezes entre 1993 e 2007. Na Europa, o crescimento foi de 1.6 robots por cada mil trabalhadores. A Federação Internacional de robótica estima que atualmente existam cerca de 1.5 e 1.75 milhões de robots em operação (Acemoglu e Restrepo, 2017).

Ao longo das últimas décadas, os robots industriais assumiram um papel fundamental na indústria produtiva mundial, sendo cada vez mais utilizados devido à queda do preço dos mesmos, colocando-os ao dispor de um maior número de empresas e colocando em cheque trabalhadores não qualificados (Graetz e Michaels, 2015). A título de exemplo, pode-se dar o caso da República Popular da China, onde os empregadores são cada vez mais pressionados a substituir trabalho pela automação, e esta afirmação pode ser provada pelos dados fornecidos pela Federação Internacional de Robótica, onde é possível ver que as vendas de robots industriais na china cresceram mais de 50% em 2011. Um estudo realizado no Reino Unido, acerca das perceções dos trabalhadores sobre a robotização, concluiu que cerca de 30% dos entrevistados acreditam que o seu trabalho poderia facilmente ser substituído por um robot nos próximos 20 anos.

Nos primeiros dias de utilização de robótica na produção, a avaliação da robótica e automação alemã incidia, em grande parte, nos efeitos sobre o mercado de trabalho. O princípio

básico da automação foi estritamente aplicado, ou seja, os processos de trabalho foram divididos em ações sequenciais individuais para ser possível a análise de quais as atividades que poderiam ser automatizadas, sendo o principal objetivo a substituição do trabalho humano para alcançar um maior nível de eficiência, através de maiores economias de escala e redução com os custos de mão-de-obra (Decker et al, 2017).

Desde o início da era da robótica, a substituição do trabalho humano tem sido uma das questões mais abordadas pela literatura. O foco passa a estar na perspectiva económica da robótica, procurando saber como a robótica, principalmente na produção, afeta o mercado de trabalho e processos de trabalho dos trabalhadores industriais (Decker et al, 2017). A tecnologia é amplamente considerada como a principal fonte de progresso, mas também gerou ansiedade cultural ao longo da história, uma vez que fomentava o medo dos trabalhadores acerca do desemprego tecnológico.

Teoricamente, a questão sobre se a automatização ou robotização conduz a um nível de emprego mais elevado ou mais baixo é ainda uma questão controversa no seio da economia do trabalho (Kromann et al, 2011). Este facto é derivado de duas questões principais. Em primeiro lugar, a robotização implica que os inputs de trabalho por unidades de produção (outputs) diminuam, isto é, a produtividade do trabalho tende a aumentar. Por outro lado, a robotização também pode levar à redução do custo marginal de produção, que por sua vez dá origem a um nível de produção mais elevado, que é suscetível de aumentar a produção (Van Reenen, 1997).

A investigação de Acemoglu e Restrepo (2017) procurou evidências sobre os efeitos da robotização no mercado de trabalho norte-americano. Estes concluíram que entre 1990-2007 existem efeitos negativos e significativos da robotização da produção sobre o emprego e sobre os salários. As suas estimativas implicam que cada robot por cada mil trabalhadores reduz a taxa agregada de emprego em 0,18- 0,34 pontos percentuais. O trabalho de Acemoglu e Restrepo (2017) indica também que a maioria dos empregos afetados pela robotização são pertencem às chamadas profissões “blue collar”, como de exemplo: os soldadores ou operários.

No que diz respeito aos salários, os efeitos são de 0,25-0,50 pontos percentuais. No que diz respeito à indústria, Acemoglu e Restrepo (2017) concluíram que os efeitos negativos da robotização da produção se centram, essencialmente, na indústria automóvel, indústria eletrónica, produtos metálicos, produtos químicos, indústria farmacêutica, plásticos e indústria alimentar. Também existem efeitos negativos, embora menores, no setor da construção, serviços empresariais e indústria do retalho. De acordo com este estudo, apenas três indústrias

apresentam efeitos positivos da presença da robotização, sendo elas a indústria financeira, o setor público e a indústria não robotizada, que inclui o setor do mobiliário, indústria do papel, e reciclagem. Embora a investigação de Acemoglu e Restrepo (2017) aponte para os efeitos negativos da robotização sobre os salários, estes mostram também que existe um trade-off entre estas duas forças, cujo chamam de efeito produtividade e efeito deslocamento. Os robots substituem diretamente os trabalhadores enquanto mantém a produção e os preços constantes, mas as consequentes reduções de custos também criam procura por novos produtos e aumento da procura de mão-de-obra em indústrias onde os robots estão instalados.

Além disso, Acemoglu e Restrepo (2017) enfatizam que os trabalhadores que perdem os seus empregos à custa da robotização poderão ser facilmente absorvidos por diferentes indústrias, nomeadamente as especializadas em tarefas que complementam a atividade produtiva dos robots.

Graetz e Michaels (2015) examinam o efeito da utilização de robots industriais em 17 países e não encontram qualquer impacto negativo sobre o total de horas de trabalho ao nível do sector, concluindo que as novas tecnologias não reduziram a procura por mão-de-obra. No entanto, quando análise é feita de acordo com diferentes tipos de tarefas, observa-se que os robots parecem reduzir as horas trabalhadas pelos trabalhadores pouco qualificados. Não obstante, os robots não têm nenhum efeito sobre as horas trabalhadas de trabalhadores com boas qualificações. O trabalho de Graetz e Michaels (2015) também ajuda a fornecer uma comparação entre os diversos países da ODCE, o que poderá revelar-se uma mais-valia na análise da robotização. A Alemanha foi o país que entre os países da amostra introduziu maior robotização entre 1999-2007, seguida da Itália e a Dinamarca. A robotização entre os 17 países analisados aumentou mais de 150% no período analisado.

Jager et al. (2016) examinou a utilização de robots na União Europeia. O relatório que se baseia em dados de robótica na União Europeia (Questionário "Manufacturing Survey") consistiu numa amostra de 3000 empresas de produção em sete países Europeus, administrado em 2012. Utilizando estes dados os autores encontraram evidências que provam que o uso de robots na produção ocorre maioritariamente em empresas maiores, orientadas para exportação. O estudo não encontrou evidências de que o uso de robots industriais não tem qualquer efeito direto sobre o emprego, embora se encontraram evidências de que as empresas que possuem produção robotizada possuem níveis de produtividade significativamente maiores.

Gregory et. al (2016) chegaram à conclusão de que existem efeitos positivos sobre o emprego, indicando que a mudança tecnológica relativa à substituição de tarefas, até agora à responsabilidade de trabalhadores, aumentou a procura de mão-de-obra até 11.6 milhões de empregos em toda a Europa, um efeito não negligenciável, uma vez que crescimento dos empregos no período entre 1999 e 2010 foi de 23 milhões de empregos. Embora a mudança tecnológica na produção até tenha reduzido a procura de mão-de-obra em 9.6 milhões de trabalhadores, estes são compensados pela maior procura por produtos e externalidades para a sociedade.

Frey e Osborne (2013) tentam estimar a probabilidade de um determinado posto de trabalho ser alvo de automatização. Os principais resultados mostram que 47% de todas as pessoas empregadas nos EUA possuem empregos que facilmente poderiam ser alvo de automação, ou seja, poderia ser realizado por robots ou por computadores, seguindo algoritmos previamente estabelecidos nos próximos 10 a 20 anos.

Uma outra investigação, com o mesmo objetivo, foi desenvolvida por Pajarinen e Rouvinen (2014), estes chegaram à conclusão, que também na Finlândia, cerca de 35% dos empregos são suscetíveis à automação no futuro. Brzeski e Burk (2015) estimam que os empregos na Alemanha em risco de automação atingem os 59%. Um estudo de âmbito mais abrangente foi realizado por Bowles (2014), em que este procurou encontrar evidência da percentagem de empregos expostos à automação ou robotização na Europa, as conclusões referem que entre 45% e 60% dos empregos europeus estão expostos a robotização das tarefas. Como outros autores, este também encontrou evidências que a perda de empregos estaria concentrada em profissões com baixas qualificações e baixos salários, estimando que Portugal é um dos países com maior risco, com cerca de 57,91% de profissões em risco de automatização nas próximas décadas.

No entanto deve-se referir que mesmo que os supostos avanços tecnológicos se materializem, não existe garantia de que as empresas optem pela robotização da sua produção. Esta decisão depende de vários fatores, tais como os custos de substituição de mão-de-obra por robots e de quanto os salários na sua totalidade mudam em resposta a esta mudança, podendo dar-se o efeito de polarização da estrutura de trabalho destas empresas. Em segundo lugar, os impactos da robotização no mercado de trabalho não dependem só das empresas onde estas ocorrem, mas também do ajuste de outros setores da economia. Por exemplo, outros setores com outro tipo de ocupação, não tão suscetíveis à robotização, podem-se expandir para absorver

o trabalho que foi destruído pela robotização da produção e mesmo as melhorias de produtividade devido aos robots industriais podem expandir o emprego nas áreas afetadas (Acemoglu e Restrepo, 2017).

O relatório da Mckinsey (2017) é menos pessimista. De acordo com o seu estudo, apenas 5% de todas as profissões poderão ser alvo de automação total, embora quase todas as profissões possam ser automatizadas de forma parcial. De acordo com Mckinsey (2017) o potencial de uma profissão sofrer de automatização depende de vários fatores, mas, no entanto, estes apontam os setores da alimentação, da produção industrial, da agricultura e do transporte como as áreas com maior risco de automação nos próximos anos.

Posições contrárias também podem ser encontradas na literatura, uma vez que nem todas as tarefas não poderão ser facilmente robotizadas, o potencial para a automatização dos empregos poderá ser muito menor do que o previsto por Frey e Osborne (Autor e Handel, 2013; Autor 2014). Estas conclusões são semelhantes às encontradas por Spitz-Oener (2006) que identifica a alteração da estrutura das tarefas dentro das organizações como o principal efeito da automatização. A robotização de determinadas tarefas poderá não significar a substituição de trabalhadores por máquinas, e em alguns casos a substituição poderá até não ser possível, (Arntz et al, 2016).

O trabalho de Dauth et al (2017) explorou os efeitos da robotização da produção na indústria Alemã e em geral, este encontrou evidências econométricas que indicam que a robotização não provoca perdas de emprego na Alemanha, mas afeta a composição do emprego agregado da mesma. Os robots em média destroem 2 empregos na indústria produtiva, levando ao desaparecimento de 27500 empregos na área produtiva no período compreendido entre 1994 e 2014, representando cerca de 23% do declínio do emprego total na Alemanha neste período. O importante é que os autores encontraram evidências de que este declínio no emprego das indústrias produtivas durante este período foi compensado pelo aumento da oferta de empregos no setor dos serviços.

De acordo com Dauth et al (2017) a existência de robots na produção provoca ainda um outro efeito interessante. A existência de produção robotizada não aumenta a probabilidade de despedimento de um trabalhador incumbente, pelo contrário, os trabalhadores em empresas onde existe produção robotizada possuem uma maior probabilidade de permanecer com emprego na mesma empresa, mas não necessariamente com as mesmas tarefas que anteriormente desempenhavam, antes da introdução de robots na produção. Do ponto de vista

salarial, os efeitos diferem significativamente entre indivíduos de acordo com as suas competências. Indivíduos com altas competências na gestão e na ciência tendem a beneficiar em termos de estabilidade do emprego e salários. No que diz respeito a indivíduos com médias e baixas competências, que desempenham tarefas manuais e de rotina enfrentam perdas significativas em termos de ganhos resultantes do aumento da exposição à robotização no emprego.

Szalavetz (2015) afirma ainda que de acordo com o seu artigo, por um lado, os robots representam uma solução para a falta de mão-de-obra qualificada (operadores de máquinas), logo, a investigação provou que as soluções implementadas no processo produtivo, no âmbito da iniciativa Indústria 4.0, levam a uma redução da procura deste tipo de trabalhadores, prevendo-se que esta tendência continue. Ao mesmo tempo, a expansão da produção aumentou a procura global das empresas investigadas de trabalhadores qualificados, como licenciados em engenharias.

Blumenthal (1990) afirma que apesar do número muito superior dos robots industriais na Japão durante a década de 1990, os números do desemprego são menores. Também Blumenthal (1990) dá ênfase à mudança de trabalhadores de profissões de produção para outras funções, como a de inspeção ou manutenção.

Arntz et al. (2016) desenvolveu um estudo que pretende avaliar a percentagem de postos de trabalho em risco, devido à automação ou robotização das tarefas, e as conclusões foram que apenas 9% dos empregos nos países da ODCE estão em risco de robotização, constatando que uma abordagem baseada em tarefas resulta em um risco muito menor de automação, em relação à abordagem de ocupação desenvolvida por Frey e Osborne (2013).

Kromann et al (2011) encontrou evidências de que no curto prazo, o emprego diminuirá, mas no longo prazo, o mesmo aumentaria cerca de 3% na Alemanha, 7% no Reino Unido.

Vários autores, incluindo Decker (2017), fazem a distinção entre tarefas Manuais e Cognitivas, assim como tarefas de rotina e tarefas não-repetitivas.

**Tabela 1 - Tipos de tarefas existentes**

Tarefas	Manuais	Cognitivas
Rotina (repetitivas)	Robots industriais (como substitutos para as baixas qualificações)	Robots Industriais/Robots nos serviços (como complemento de altas qualificações)
Não-Repetitivas	Robots industriais/Robots serviços (como substituto ou complemento das baixas e médias qualificações)	Robots Serviços (como complemento de altas qualificações como o exemplo dos robots médicos)

**Fonte:** Da autora, com dados de Decker (2017)

Para uma melhor compreensão sobre a complementaridade e substituição entre robots industriais e trabalhadores, pode-se observar, através da tabela, o enquadramento da robótica industrial, de acordo com tipologia de tarefas a serem realizadas. É facilmente observável que quando a tarefa em causa é manual e repetitiva ou de rotina, os robots industriais surgem como substitutos para os trabalhadores com baixas qualificações.

Por outro lado, quando as tarefas são cognitivas e não-repetitivas, os robots surgem como complemento à atividade desenvolvida pelo trabalhador, ajudando-o a desenvolver a sua atividade de modo mais eficiente, tendo como exemplo perfeito desta aplicação os robots médicos. Esta classificação dos robots de acordo com a tipologia de tarefas a realizar é importante, de modo a que a revisão de literatura que se encontra abaixo seja de melhor compreensão.

Autor et al. (2003) distingue entre tarefas cognitivas e tarefas manuais por um lado e por outro lado, faz a distinção entre tarefas de rotina e tarefas não rotineiras. Autor et al. (2003) chegou à conclusão de que a automação ou computadorização da produção parece aumentar a procura por trabalhadores mais educados, ou seja, com melhores qualificações académicas. Uma outra conclusão é a que a robotização substitui os trabalhadores apenas nas tarefas rotineiras, que poderiam ser facilmente descritas como regras programadas ou tarefas algorítmicas, e complementam os trabalhadores na execução de tarefas não rotineiras, as que exigem maiores níveis de criatividade, flexibilidade capacidades de resolução de problemas e comunicação. Autor et al. (2003) diz que à medida que o preço do capital cai, os dois mecanismos

(substituição e complementaridade) aumentaram à procura de trabalhadores que possuem vantagens em tarefas não-rotineiras, tipicamente trabalhadores com formação universitária. De acordo com Bessen (2016) a robotização não está a causar uma perda líquida de empregos, mas sim a deslocalização de empregos para outras profissões ou outros setores de atividade. Segundo Bessen (2016) as investigações que consideram apenas o mecanismo de substituição entre trabalhadores e robots podem levar a resultados empíricos enganosos. Este investigador encontrou evidências de que o efeito substituição supera, em grande maioria o efeito crescimento, pelo que, o efeito de robots e computadores na indústria está associada a um crescimento positivo no emprego de 0,42%, embora esta relação possa não ser causal, esta descoberta mostra que a automatização não está associada a grandes perdas de postos de trabalho.

São as tarefas rotineiras, aquelas em que são utilizados o maior número de Robots industriais, reduzindo o número de tarefas rotineiras nessas indústrias. Como resultado está a ocorrer uma polarização do emprego, com um aumento mais rápido do emprego com melhores e com piores remunerações e um crescimento mais lento nos empregos com salário médio. (Autor e Dorn, 2009; Goos e Manning, 2007). A polarização do emprego pode ser definida como um padrão de mudança na composição do emprego onde existe um aumento dos empregos de alta qualificação, uma diminuição nos empregos de qualificação média e um aumento na participação em empregos de baixa qualificação.

Michaels et al. (2014) também investigaram a polarização no mercado de trabalho da OCDE e estes encontraram evidências empíricas de que indústrias que utilizam mais Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) também experimentaram um aumento na procura de trabalhadores mais qualificados e menos qualificados e a queda na procura por trabalhadores com qualificações médias.

Estudos de Charles et al (2013) e Jaimovich e Siu (2012) referem que o declínio contínuo do emprego na indústria transformadora e de outros empregos de tarefas repetitivas estão a causar as atuais baixas taxas de desemprego. Sachs e Korlikoff, (2012) argumentam que a robotização poderia resultar em pressão descendente sobre os salários dos trabalhadores pouco qualificados e retornos crescentes aos proprietários de capital, (Berg et al., 2016). Bessen (2017) encontrou evidências de que novas tecnologias produtivas apenas tem um efeito positivo no emprego se conseguirem melhorar a produtividade em mercados onde exista uma grande quantidade de procura não satisfeita. Neste contexto, Bessen (2017) afirma que a automação está associada a declínio no emprego de produção tendo passado para emprego em indústrias

menos industrializadas e não-produtivas. Ilustrando este exemplo, o trabalho de Mandel (2017) estudo os efeitos da automação no comércio (e-commerce) e encontrou evidências que apontam para a perda de empregos nas lojas de construção civil, mas estes também comprovaram que estes foram em parte compensados pela existência de novas oportunidades em call-centers.

Jager et al. (2016) estudo realizado em 7 países europeus no qual os investigadores encontraram ainda evidências que não apontam para nenhum efeito estatisticamente significativo no crescimento do emprego (medido pelo aumento do emprego entre 2009 e 2011). Como tal, não parece ter um efeito negativo sobre o emprego.

Posteriormente, Autor e Dorn (2013) documentaram uma mudança estrutural no mercado de trabalho, com uma reafecção dos trabalhadores e sua oferta de mão-de-obra da indústria para o sector dos serviços, estes são menos suscetíveis à robotização, uma vez que exigem um grau de flexibilidade e adaptabilidade física maior.

Hoje, com os avanços tecnológicos na área da engenharia, os sistemas robóticos podem assumir cada vez mais tarefas, previamente reservadas para os humanos, a custos economicamente viáveis (Decker et al., 2017). Como consequência, a automatização ou robótica já não se restringe apenas à produção de produtos padronizados, mas também faz parte do processo de criação de valor no sector dos serviços. Os paradigmas de automatização ou robotização foram postos novamente em causa, o foco tem vindo a mudar progressivamente da substituição para a cooperação entre máquinas e humanos. Alguns investigadores como Beaudry et al. (2013) sugerem que um aumento da procura de trabalhadores altamente qualificados e trabalhadores para tarefas cognitivas ocorrem desde o ano de 2000.

De acordo com Goos et al. (2009) as recentes alterações na estrutura europeia de emprego revelaram-se semelhantes ao que acontece nos Estados Unidos da América. Os empregos de profissionais com salários elevados e os empregos dos profissionais de serviços, com salários muito baixos, aumentaram, em deterioramento das quotas de emprego dos trabalhadores da indústria produtiva e tarefas de rotina, substituídos pela automatização e robotização. Por outras palavras, tem existido uma polarização generalizada do emprego na Europa Ocidental. Esta conclusão é semelhante à conclusão encontrada no artigo de Arntz et al. (2016), uma vez que este também encontra evidências de que são os trabalhadores com menores qualificações que suportam os custos da robotização em termos de emprego.

Goos et al. (2009) encontraram também evidências de que as tecnologias de produção levaram a um aumento da procura de relativa a trabalhadores com tarefas cognitivas, tanto em

empregos bem remunerados, como o exemplo de engenheiros, como de profissionais mal remunerados.

Charles et al. (2013) enfatiza o papel atual do desemprego na indústria transformadora alegando que o desaparecimento de outros empregos de rotina está a causar os atuais níveis de desemprego.

A procura por trabalhadores que desempenham tarefas cognitivas está muito bem documentada na literatura, com as investigações de Beaudry et al. (2006), assim como a redução correspondente na procura de trabalhadores com tarefas rotineiras, com salários médios. (Autor e Dorn, 2013). A polarização do mercado de trabalho é descrita como aumento da concentração de emprego em trabalhos com tarefas cognitivas altamente remuneradas ou em empregos em serviço.

Alega-se que as novas tecnologias não eliminarão postos de trabalho na magnitude posta por alguns artigos, tornando as atividades de rotina mais difíceis. Acemoglu e Restrepo (2015), Autor (2015), Porter e Heppelmann, (2014) afirmam que as novas tecnologias exigem um grande ajustamento na oferta de trabalho: estas eliminam atividades selecionadas, mas, ao mesmo tempo, aumentam a procura por novas e complexas habilidades ou profissões e assim, aumentando a criação de "bons empregos", normalmente associados a maiores níveis de qualificações e maiores níveis salariais. Por isso a perda de empregos é apenas parte da história, uma vez que, também devem ser considerados as inúmeras formas de emprego que são produzidas pelas novas tecnologias, e de como a força de trabalho se adapta as novas tecnologias no emprego.

Em primeiro lugar, as tecnologias podem reduzir a totalidade de horas necessárias para produzir um dado bem de consumo, mas o maior rendimento resultante causa uma maior procura por bens já existentes, bem como a procura por novos produtos (alguns dos quais criados por novas tecnologias). Em segundo lugar, as novas tecnologias podem substituir alguns tipos de emprego, mas são geralmente complementares aos empregos existentes e, portanto, aumentará a procura por outros tipos de trabalho, especificamente, as tecnologias baseadas em computação parecem complementar os trabalhadores que realizam tarefas não rotineiras e trabalho cognitivo. Em terceiro lugar, a adaptação da força de trabalho aos requisitos das novas tecnologias será importante para explicar como os resultados agregados do mercado de trabalho serão afetados por essas mesmas tecnologias Borland e Coelli (2017).

Beaudry et al. (2013) alegam que embora os efeitos da crise financeira de 2008 tenham um papel importante no declínio do emprego nos Estados Unidos da América, o declínio estrutural do emprego em empregos de rotina e empregos relacionados com a produção são certamente fatores em ter em conta.

### **2.3 – Relação entre robotização da produção e produtividade**

A criação de robots autónomos na produção foi um dos principais progressos feitos nas últimas décadas. De acordo com Pires (2015) os robots podem desempenhar um conjunto alargado de tarefas, incluindo soldadura, pintura, embalagem, funções logísticas entre outras. Estas novas capacidades da robotização da produção caracterizam uma nova onda de progresso tecnológico, que se segue à onda de automação mais condicional relacionada com a Tecnologias de Informação e Comunicação.

Vários artigos científicos procuram associações entre o nível de robotização da empresa e a produtividade das mesmas. Um desses artigos é o trabalho desenvolvido por Graetz e Michaels (2015) cujo encontraram evidências que apontam para grandes efeitos da robotização sobre o crescimento da produtividade. Da análise de dados nacionais de 17 países sobre a compra de robots industriais, Graetz e Michaels (2015) mostraram que os robots podem ser responsáveis por cerca 1/10 no aumento no produto interno bruto desses mesmos países entre 1993 e 2007. No que diz respeito à produtividade a existência de robots industriais pode aumentar a produtividade em mais de 15%.

Autor (2015) releva o conceito de complementaridade do trabalho realizado por robots e humanos, o que leva a maior produção e maior procura por trabalho qualificado para a interação homem-máquina. Muitos investigadores tendem a focar-se na substituição entre máquinas e humanos, esquecendo-se da complementaridade que aumenta a produtividade.

Na sua investigação, Graetz e Michaels (2015) também investigaram os efeitos da robotização da produção na produtividade e preço final dos produtos. As conclusões remetem-nos para efeitos negativos da robotização nos preços finais e efeitos positivos na produtividade total dos fatores (TFP). A análise dos efeitos dos equipamentos TIC também é relevante, uma vez que, de acordo com Graetz e Michaels (2015) existe alguma sobreposição entre estes dois conceitos. O mesmo estudo constatou que um aumento da densidade robótica (que o estudo define como o número de robots por milhão de horas trabalho) está associado a um aumento de 0,04% na produtividade do trabalho.

Kromann et al. (2011), na sua investigação sobre os efeitos da robotização na produção, encontrou que a automação ou robotização da produção tem um impacto significativo na produtividade do trabalho no curto e no longo-prazo. O modelo utilizado por Kromann et al. (2011) é usado para prever quando a produtividade do trabalho aumentaria se todas as indústrias de um país tivessem o maior nível de densidade de robots na produção. Isto daria lugar a um aumento na produtividade de 8% na Alemanha, ou no Reino-Unido com 22%.

De acordo Jager et al. (2016) as empresas que utilizam robots industriais em suas operações de produção mostram uma produtividade laboral significativamente maior do que as empresas que não o fazem. Além disso, os efeitos da utilização intensiva de robots industriais na produtividade do trabalho são influenciados ainda pela dimensão da empresa. Para empresas menores, a utilização intensiva de robots tem um efeito positivo na produtividade do trabalho, efeito que tende a ser menor nas grandes empresas.

De acordo com Jager et al. (2016) os utilizadores intensivos em robots industriais são melhores em termos de processos de produção mais eficientes, devido a tempos de processamento mais curto, assim como maior qualidade do processo produtivo, que se materializa em maior qualidade dos produtos produzidos e economias de escala mais competitivas, o que lhes permite realizar operações de produção mais produtivas, mesmo em países com elevados salários.

Outro facto interessante do trabalho de com Jager et al. (2016) mostra que as empresas mais ativas nas exportações são mais propensas a usar robots industriais do que as empresas que não realizam exportações. Isto pode ser explicado pelo facto das empresas enfrentarem dificuldades de concorrência internacional nos mercados estrangeiros, e estão por isso com maior pressão para melhorar a sua produtividade do seu processo produtivo através do uso de robots industriais.

## CAPÍTULO 3 – DADOS, VARIÁVEIS E MODELO ECONOMETRICO.

### 3.1 Explicação breve do capítulo

Neste capítulo irá se proceder à caracterização e seleção dos dados, nomeadamente o horizonte temporal e as restrições que levaram à construção da mostra. Será explicado também como se procedeu à mensuração de cada variável considerada.

### 3.2 Amostra e fonte de dados

Utilizando como repositório de dados a Base dados Amadeus (Base de dados que contém informação completa do desempenho das empresas europeias) procedeu-se à escolha da informação relevante para o estudo do impacto da robotização no crescimento do emprego, no crescimento da produtividade e no crescimento do emprego qualificado.

A unidade estatística considerada será a empresa, e foram consideradas todas as de Portugal com situação ativa e que pertençam aos sectores de atividade Manufatura de matérias primas (setor 1), Manufatura de produtos químicos, farmacêuticos e maquinaria (setor 2), outro tipo de manufatura (setor 3). O período de estudo foi de 2014 a 2016.

Nestas condições selecionou-se 23355 empresas referentes aos setores de atividade descritos, distribuídas geograficamente pelo país.

**Tabela 2 - Distribuição da amostra por setor**

Setor	Distribuição
SETOR 1	50,2%
SETOR 2	36,7%
SETOR 3	13,1%

**Fonte:** Autor com dados da base de dados Amadeus.

Como podemos observar 50,2% foram empresas do setor 1 (Manufatura de matérias primas), 36,7% do setor 2 (Manufatura de produtos químicos, farmacêuticos e maquinaria) e 13,1% do setor 3 (Outro tipo de manufatura). Estes sectores foram escolhidos de modo a que sejam consideradas apenas as empresas do setor produtivo, onde a existência de robots industriais é mais proeminente.

Da tabela 2 podemos realçar que o setor 1 (Manufatura de matérias primas) é o setor mais representativo da nossa base de dados, seguido do setor 2 (Manufatura de produtos químicos, farmacêuticos e maquinaria) e por último, o setor 3 (outro tipo de manufatura), sendo este o setor produtivo menos representado na nossa amostra.

### 3.3 Definição e análise descritiva das variáveis empíricas

Num momento em que as economias de muitos países se encontram em forte recessão, associadas a elevadas taxas de desemprego, as novas tecnologias podem ser argumento como fator de superação da crise, embora sejam potencialmente geradoras de desemprego, uma vez que adquirem especial importância a clarificação das relações entre a robótica industrial o trabalho e a sociedade.

Um dos efeitos mais evidentes da robótica sobre o trabalhador é a ocupação do seu posto de trabalho. Esta variável foi escolhida tendo em conta os contributos da literatura, em especial o contributo de Dauth et al. (2017)

Em suma, para mensurar o impacto da robotização crescimento do emprego empregou-se a seguinte formula.

$$Lgr = \ln(\text{emprego2016}) - \ln(\text{emprego2014}) \quad (1)$$

Onde:

**Lgr** – crescimento do emprego no período em questão;

**Emprego2016** – dados referentes número de trabalhadores empregados por empresa no ano 2016;

**Emprego2014** – dados referentes número de trabalhadores empregados por empresa no ano 2014.

### 3.4 Crescimento da produtividade

Conforme dados divulgados pela Organização das Nações Unidas (ONU) aproximadamente 85 mil robots são introduzidos anualmente nas indústrias em todo o mundo. Estima-se que existam mais de 800 mil robots exercendo o trabalho que poderia empregar aproximadamente dois milhões de pessoas. Esse processo é motivado por diversos fatores, sendo um deles a maximização da produção: a utilização de robots pode quadruplicar a produção em

determinados segmentos industriais. Esta variável pretende medir o crescimento da produtividade e está representada na literatura em trabalhos como o de Jager et al. (2016).

Para mensurar o impacto da robotização crescimento da produtividade empregou-se a seguinte formula.

$$\text{Prodgr} = \text{LN}(\text{Prod\_2016}) - \text{LN}(\text{Prod\_2014}) \quad (2)$$

Onde:

**Prodgr** – crescimento da produtividade no período em questão;

**Prod\_2016** – dados referentes produtividade por empresa no ano 2016;

**Prod\_2014** – dados referentes produtividade por empresa no ano 2014.

### 3.5 Crescimento da qualificação de emprego

O progresso no domínio da robótica tem vindo a impulsionar a importância do processamento informático e dos computadores, no tratamento dos dados, colocando novos problemas de natureza social e conseqüentemente, novos problemas à ciência e novas necessidades em termos de inovação.

Este enorme potencial da robótica para redesenhar a forma como vivemos e trabalhamos tem conduzido a evidentes melhorias na produtividade e na eficiência geradas pela difusão destas novas tecnologias, não havendo ainda um consenso sobre o seu impacto final sobre o mercado de trabalho e sobre a população ativa. Assim, as novas áreas de atividade económica e de emprego poderiam vir a afetar a estrutura da população ativa, embora não se traduzindo necessariamente em menores taxas de emprego, tendendo para um “equilíbrio” de longo prazo, não obstante o que seriam expectáveis agravamentos significativos da desigualdade de rendimentos, pois os riscos de automação incidem fundamentalmente sobre empregos menos qualificados. A variável de trabalho qualificado foi criada a partir de informação disponibilizada na base de dados Amadeus.

A variável dependente capta variações na estrutura de emprego, baseada nas qualificações dos trabalhadores, em cada empresa. O objetivo deste modelo é perceber se a maior ou menor intensidade de uso sectorial de robots poderá impulsionar a contratação de trabalhadores mais qualificados.

Como forma de medição do impacto da robotização crescimento da qualificação do emprego, empregou-se a seguinte fórmula:

$$LQualgr = \ln(emp\_qual\_2016) - \ln(emp\_qual\_2014) \quad (3)$$

Onde:

**LQualgr** – crescimento da Qualificação do emprego no período em questão;

**Emp\_qual\_ 2016** – dados referentes Qualificação do emprego por empresa no ano 2016;

**Emp\_qual\_ 2014** – dados referentes Qualificação do emprego por empresa no ano 2014.

### **3.6 Análise descritiva das variáveis empíricas**

De forma resumida, abaixo se apresenta a tabela com análise descritiva de todas as variáveis empregues no estudo quer as dependentes, já descritas na secção anterior, bem como as variáveis independentes empregues no estudo.

Tabela 3 – Descrição das variáveis de modelo econométrico.

Variáveis	Descrição & Cálculo	Estatísticas Descritivas				
		Observações	Média	Desvio-Padrão	Min..	Máx.
<b>Dependente</b>						
<b>LGR</b>	Crescimento do emprego: $Lgr = \ln(\text{emprego}_{2016}) - \ln(\text{emprego}_{2014})$	18484	.129	.402	-4.085	4.779
<b>Prodgr</b>	Crescimento da produtividade: $Prodgr = \ln(\text{Prod}_{2016}) - \ln(\text{Prod}_{2014})$	5778	.0681	.441	-4.443	4.408
<b>LQualgr</b>	Crescimento da Qualificação de emprego: $LQualgr = \ln(\text{emp\_qual}_{2016}) - \ln(\text{emp\_qual}_{2014})$	18414	.0856	.349	-6.000	6.653
<b>Independente</b>						
<b>Exposição Robotização</b>	Variação número de robots no período em estudo	20296	6.312	1.672	-11.512	15.724
<b><math>\Delta</math> Ativo fixo</b>	Logaritmo neperiano da variação ativo fixo total do período em questão	23022	4.249	7.263	-6.934	42.559

Fonte: da autora.

Como fatores que condicionam ou impulsionam o crescimento decidimos, baseado na literatura anteriormente exposta, utilizam-se as seguintes variáveis:

- Logaritmo da variação do ativo fixo em total do período em questão (informação retirada da base de dados Amadeus).
- Exposição à robotização.

Podemos observar que a variação do ativo fixo no biénio 2014-2016 foi positiva, bem como a exposição à robótica. Podemos observar que no caso da exposição à robótica a variabilidade é relativamente elevada, em comparação com a média.

A tabela que se segue é a matriz de correlação da variável dependente - Crescimento emprego, e das variáveis explicativas.

**Tabela 4 - coeficiente de correlação de Pearson**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
(1)Lgr1	1.0000				
(2)Prodgr	-0.296	1.000			
(3)LqualGr	-0.228	0.4376	1.0000		
(4) <b>Exposição robots</b>	0.0038	-0.0562	-0.098	1.000	
(5) <b><math>\Delta</math>ativo fixo</b>	-0.113	0.0078	0.0027	-0.001	1.0000

**Fonte:** Cálculos da autora.

O coeficiente de correlação de Pearson mede a relação que existe entre duas variáveis dentro de uma mesma escala métrica. A função do coeficiente de correlação é determinar qual é a intensidade da relação que existe entre conjuntos de dados. Consideremos a tabela anterior, a matriz de correlação da variável dependente, Crescimento Produtividade e as variáveis explicativas.

Analisando a tabela podemos verificar que existe uma correlação positiva entre as variáveis de variação da qualificação de emprego e variação do emprego, ou seja à medida que aumenta a qualificação do emprego, também aumenta o número de indivíduos empregados. Os coeficientes da correlação são, em geral, baixos ou inexistentes.

### **3.7 Modelos econométricos: Crescimento do emprego, crescimento da qualificação do emprego e produtividade**

Os dados estão organizados para permitir que a análise econométrica seja mais completa ao longo do período considerado 2014-2016, deixando de ser necessário estimar um modelo ano a ano, e podemos controlar os efeitos fixos.

Contudo, há sempre erros quanto aos betas e aos erros padrão. De modo a tentar garantir a homocedasticidade do modelo usou-se o modelo a ferramenta “*Robust standard error*”.

Os erros não são independentes de um período para o outro, ou seja, podem ser correlacionados em série sendo que os erros da empresa  $i$  no ano  $t$  estão correlacionados com os erros da empresa  $i$  no ano  $t+1$ . Isto acontece precisamente por as observações tenderem a estar interdependentes.

Para obter respostas às nossas questões de investigação estimou-se três modelos (modelo 1, modelo 2 e modelo 3) considerando as variações ano a ano, onde se estimou em cada regressão que a única variável que muda é a variável dependente. O nosso modelo econométrico de regressão linear segue as contribuições de Carbonero et al. (2018).

A metodologia utilizada nesta dissertação tem como utilidade dar resposta às questões de investigação previamente definidas. Como tal, o objetivo é identificar a relação ou associação entre o emprego, variação da produtividade, emprego qualificado e robotização da produção das empresas portuguesas.

O modelo econométrico utilizado consiste na análise de regressão linear pelo modelo de OLS (*ordinary least squares*). Desta forma, procura-se que o modelo linear explique a variação da variável dependente através da variação dos níveis das variáveis independentes. Neste estudo será aplicado a regressão linear múltipla, uma vez que irão ser incorporados mais do que uma variável independente.

Partindo do princípio que os robots concorrem diretamente com a mão-de-obra, estudou-se a influência da robotização tem na variação do emprego, da qualificação e produtividade nos anos de 2014 a 2016.

Assim, pretende-se estimar os modelos abaixo apresentados:

### **Modelo 1**

$$\Delta \text{Emprego} = \beta_0 + \beta_1 \text{Exposição Robots} + \beta_2 \Delta \text{ativo fixo} + \beta_3 \text{dummie sectorial} + \beta_4 \text{dummie geografica} + \varepsilon \quad (4)$$

Onde:

Exposição de Robots, Ativo Fixo e dummies setoriais consistem nas variáveis independentes.

$\beta_0 \dots \beta_k$  consistem nos parâmetros desconhecidos do modelo, ou seja, os coeficientes da regressão a estimar.

$\varepsilon$  consiste no residual que pretende incorporar no modelo todas as influências que não são explicadas pelas variáveis independentes na variação da variável Y.

### **Modelo 2**

$$\Delta \text{Produtividade} = \beta_0 + \beta_1 \text{Exposição Robots} + \beta_2 \Delta \text{ativo fixo} + \beta_3 \text{dummie sectorial} + \beta_4 \text{dummie geografica} + \varepsilon \quad (5)$$

Onde:

Exposição de Robots, ativo fixo e dummies setoriais consistem nas variáveis independentes.

$\beta_0 \dots \beta_k$  consistem nos parâmetros desconhecidos do modelo, ou seja, os coeficientes da regressão a estimar.

$\varepsilon$  consiste no residual que pretende incorporar no modelo todas as influências que não são explicadas pelas variáveis independentes na variação da variável Y.

**Modelo 3**

$$\Delta\text{Trabalho Qual} = \beta_0 + \beta_1 \text{Exposição Robots} + \beta_2 \Delta\text{ativo fixo} + \beta_3 \text{dumme sectorial} + \beta_4 \text{dumme geografica} + \varepsilon \quad (6)$$

Onde:

Exposição de Robots, ativo fixo e dummies setoriais consistem nas variáveis independentes.

$\beta_0$  ...  $\beta_k$  consistem nos parâmetros desconhecidos do modelo, ou seja, os coeficientes da regressão a estimar.

$\varepsilon$  consiste no residual que pretende incorporar no modelo todas as influências que não são explicadas pelas variáveis independentes na variação da variável Y. No capítulo seguinte será apresentado os resultados das estimações dos modelos apresentados anteriormente, assim com as respectivas análises.

## CAPÍTULO 4 – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 4.1 Fatores explicativos do crescimento do emprego, produtividade e trabalho qualificado

Tal como referido no capítulo anterior iremos proceder à exposição e análise dos resultados obtidos através do programa STATA 15. Acompanhando a análise com as conclusões de outros estudos relatados na nossa revisão da literatura, de modo a podermos aferir a veracidade dos resultados.

**Tabela 5 - relação entre robotização e variáveis dependentes**

Variável	Modelo 1	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 3
	$\Delta$ Emprego	$\Delta$ Emprego	$\Delta$ Produtividade	$\Delta$ Produtividade	$\Delta$ TrabalhoQualificado	$\Delta$ TrabalhoQualificado
<b>Exposição</b>	0.008***	0.029***	-0.000	0.189	-0.001	-0.000
<b>Robots</b>	(0.046)	(0.000)	(0.542)	(0.903)	(0.820)	(0.949)
<b><math>\Delta</math>Ativo Fixo</b>	-0.038***	-0.048***	-0.015***	-0.021***	-0.031***	-0.039***
	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)	(0.000)
<b>Dummies</b>						
<b>Regional</b>	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<b>Dummies</b>						
<b>Indústria</b>	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim
<b>Constante</b>	0.370	0.404	0.173	-0.252	0.288	0.365
	(0.000)	(0.291)	(0.000)	(0.957)	(0.000)	(0.000)
<b>Nº</b>						
<b>Observações</b>	18298	18298	5709	5709	18229	18229
<b>R²</b>	0.0249	0.0530	0.0032	0.0666	0.0217	0.0416

Nível de significância, \*\*\* p<0.01; \*\* p<0.05 e \* p<0.1

Fonte: Cálculos da autora.

Podemos observar que a exposição a robots afeta positivamente a variação no emprego no período em análise, quando consideradas as variáveis industriais ou não, sendo os resultados estatisticamente significativos. Estes resultados vão no mesmo sentido da investigação de Dauth et al. (2017) e Jager (2016), na medida em que não se encontram efeitos negativos da robotização sobre o emprego. De acordo com Dauth et al. (2017) estes resultados podem indicar que embora não existam impactos negativos no emprego, estes podem alterar a estrutura do emprego agregado com a transferência de trabalhos poucos qualificados para a criação de um maior número de trabalhos qualificados.

No entanto, estes resultados são opostos aos resultados obtidos por Carbonero et al. (2018) onde estes encontram impactos negativos da robotização no emprego.

No que diz respeito à variação na produtividade, a exposição a robots industriais não parece estar associada a ganhos na variação da produtividade, em qualquer dos modelos considerados. Estes resultados são opostos aos resultados obtidos por Jager et al. (2016), na medida em que os robots industriais parecem não ter impacto na produtividade das empresas portuguesas. Uma possível explicação decorre do facto da exposição a robots na produtividade poder requerer mais tempo para que esses efeitos sejam visíveis ao nível da empresa e, simultaneamente, exigirem outros investimentos e outras alterações na forma de organização da produção por parte das empresas.

No que diz respeito à variação do emprego qualificado, a robotização também não aparece associada a maiores qualificações, não subsistindo significância estatística. Este resultado poderá ser explicado pelo horizonte temporal limitado da análise, uma vez que alterações na estrutura profissional das empresas poderão levar mais tempo do que o analisado.

O  $R^2$  é uma medida de ajustamento de um modelo estatístico linear generalizado, como a regressão linear, em relação aos valores observados. O  $R^2$  varia entre 0 e 1, indicando, em percentagem, o quanto o modelo consegue explicar os valores observados. Quanto maior o  $R^2$ , mais explicativo é o modelo, melhor ele se ajusta à amostra. Assim, podemos observar que os modelos que consideram o sector de atividade localização geográfica são mais explicativos.

Desta forma podemos observar que o modelo 1 só explica 5,3% da variabilidade total, o modelo 2 e modelo 3, 6.67% e 4.16%, respetivamente.

Podemos verificar que todos os modelos são significativos para nível de significância de 5%, isto é, podemos concluir que pelo menos uma das variáveis independentes possui um efeito significativo sobre a variação da variável dependente.

Também decorre da análise dos vários modelos que o fator robotização não é estatisticamente significativo para os modelos 2 e 3 (P – value > 0.05).

#### **4.2 Análise de sensibilidade**

O objetivo da análise que se segue é dar resposta à questão “Será que os resultados são similares para diferentes tipos de indústria?” Para isto, estima-se os efeitos isolados para cada tipo de indústria, setor 1, 2 e 3 referidos anteriormente, com o objetivo de verificar se os efeitos variam em função da indústria produtiva analisada.

Assim procedeu-se à construção dos seguintes modelos de crescimento:

##### **Modelo 1**

$$\Delta \text{Emprego} = \beta_0 + \beta_1 \Delta \text{Robots} + \beta_2 \Delta \text{ativo fixo} + \beta_3 \text{dummie Industria} + \beta_4 \text{dummie geografica} + \varepsilon \quad (7)$$

##### **Modelo 2**

$$\Delta \text{Produtividade} = \beta_0 + \beta_1 \Delta \text{Robots} + \beta_2 \Delta \text{ativo fixo} + \beta_3 \text{dummie Industria} + \beta_4 \text{dummie geografica} + \varepsilon \quad (8)$$

##### **Modelo 3**

$$\Delta \text{Trabalho Qualificado} = \beta_0 + \beta_1 \Delta \text{Robots} + \beta_2 \Delta \text{ativo fixo} + \beta_3 \text{dummie Industria} + \beta_4 \text{dummie geografica} + \varepsilon \quad (9)$$

### 4.2.1 Análise dos resultados para as diversas indústrias isoladamente

Consideremos a seguinte tabela:

**Tabela 6 - Relação entre robotização e variáveis dependentes**

Variável	Modelo 1	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 3
	$\Delta$ Emprego	$\Delta$ Emprego	$\Delta$ Produtividade	$\Delta$ Produtividade	$\Delta$ TrabalhoQualificado	$\Delta$ TrabalhoQualificado
<b>Exposição</b>	0.006	-0.035	-0.004**	-0.017***	-0.001**	-0.008
<b>Robots</b>	(0.473)	(0.124)	(0.011)	(0.009)	(0.038)	(0.529)
<b><math>\Delta</math>Ativo Fixo</b>	-0.362***	-0.047***	-0.013**	0.025	-0.028***	-0.3038***
	(0.000)	(0.000)	(0.016)	(0.600)	(0.000)	(0.000)
<b>Dummies</b>						
<b>Regional</b>	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<b>Dummies</b>						
<b>Indústria</b>	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim
<b>Constante</b>	0.3480	0.5760	0.1000	0.1930	0.2300	0.3530
	(0.000)	(0.000)	(0.069)	(0.269)	(0.000)	(0.000)
<b>Nº</b>						
<b>Observações</b>	9082	9082	2734	2734	9044	9044
<b>R<sup>2</sup></b>	0.0264	0.0474	0.0151	0.0530	0.0213	0.0393

**Nível de Significância:** \*\*\*P <0,01; \*\*P <0,05; e \*P <0,1.

**Fonte:** Cálculos da autora.

Como se pode observar, apenas quando se considera sector 1 e o tipo de Indústria, o impacto da robotização é negativo na variável dependente nos três modelos apresentados, embora só estatisticamente significativo nos modelos 2 e 3. Não existindo efeitos significativos no emprego e efeitos negativos na produtividade e variação do emprego qualificado.

Podemos observar que os modelos em que se considera o tipo Indústria são mais explicativos. Contudo, estes modelos só conseguem explicar pouco mais de 5% da variabilidade total.

De forma análoga consideremos a seguinte tabela para o sector Setor 2:

**Tabela 7 - Relação entre robotização e variáveis dependentes (Setor 2)**

Variável	Modelo 1	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 3
	$\Delta$ Emprego	$\Delta$ Emprego	$\Delta$ Produtividade	$\Delta$ Produtividade	$\Delta$ TrabalhoQualificado	$\Delta$ TrabalhoQualificado
<b>Exposição</b>	0.005	-0.029	-0.002*	0.019	-0.000	0.016
<b>Robots</b>	(0.562)	(0.344)	(0.050)	(0.713)	(0.277)	(0.240)
<b><math>\Delta</math>Ativo Fixo</b>	-0.387*** (0.000)	-0.047*** (0.000)	-0.019*** (0.002)	-0.027*** (0.000)	-0.032*** (0.000)	-0.038*** (0.000)
<b>Dummies</b>						
<b>Regional</b>	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<b>Dummies</b>						
<b>Indústria</b>	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim
<b>Constante</b>	0.382 (0.000)	0.770 (0.002)	0.193 (0.003)	0.071 (0.865)	0.275 (0.000)	0.232 (0.047)
<b>Nº</b>	6966	6966	2332	2332	6946	6946
<b>Observações</b>						
<b>R<sup>2</sup></b>	0.0327	0.0636	0.0183	0.071	0.0289	0.0484

**Nível de Significância:** \*\*\*P <0,01; \*\*P <0,05; e \*P <0,1.

**Fonte:** Cálculos da autora.

Como se pode observar, apenas quando se considera o tipo de indústria o impacto da robotização não é muito claro nos modelos apresentados, ou seja, só tem impacto negativo no primeiro modelo sendo positivos nos restantes dois. Nenhum dos modelos possui significância estatística.

Podemos observar que os modelos em que se considera o tipo Indústria tem um grau de explicação mais elevado, do que os modelos que não consideram o tipo de indústria.

Contudo, estes modelos só conseguem explicar pouco mais de 7% da variabilidade total.

Finalmente consideremos o sector SETOR 3.

**Tabela 8 - Relação entre robotização e variáveis dependentes (Setor 3)**

Variável	Modelo 1	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 3
	$\Delta$ Emprego	$\Delta$ Emprego	$\Delta$ Produtividade	$\Delta$ Produtividade	$\Delta$ TrabalhoQualificado	$\Delta$ TrabalhoQualificado
<b>Exposição</b>	-0.001	0.024***	0.003	0.194	0.001	0.003
<b>Robots</b>	(0.154)	(0.004)	(0.126)	(0.483)	(0.200)	(0.737)
<b><math>\Delta</math>Ativo Fixo</b>	-0.056***	-0.058***	-0.006	-0.009	-0.048***	-0.049***
	(0.000)	(0.000)	(0.637)	(0.537)	(0.000)	(0.000)
<b>Dummies</b>						
<b>Regional</b>	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<b>Dummies</b>						
<b>Indústria</b>	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim
<b>Constante</b>	0.606	0.365	0.320	-0.089	0.579	0.555
	(0.000)	(0.171)	(0.158)	(0.884)	(0.000)	(0.001)
<b>Nº</b>						
<b>Observações</b>	2250	2250	643	643	2239	2239
<b>R2</b>	0.0472	0.0688	0.0501	0.1592	0.0465	0.0552

**Nível de Significância:** \*\*\*P <0,01; \*\*P <0,05; e \*P <0,1.

**Fonte:** Cálculos da autora.

Como se pode observar, o impacto da robotização é positivo na variável dependente em todos os modelos, exceto quando não se considera o tipo de indústria no primeiro modelo. No entanto, apenas subsiste significância estatística na associação entre robotização e variação do emprego (modelo 1).

Podemos observar que os modelos em que se considera o tipo Indústria tem o um grau de explicação mais elevado do que os modelos que não consideram o tipo de indústria.

Contudo, estes modelos só conseguem explicar no 16% da variabilidade total.

A análise de sensibilidade permite-nos retirar algumas conclusões pertinentes.

Em primeiro lugar, a relação positiva entre a robotização e o emprego parece ser mais forte apenas no setor 3, enquanto que no setor 1 e 2, a relação aparece como não estatisticamente significativa, indo de encontro às conclusões de Jager et al. (2016). No que diz

respeito à produtividade, os resultados aparecem como não estatisticamente significativos para os setores 2 e 3. Quanto à variação do emprego qualificado, os resultados apontam-se como não estatisticamente significativos para o setor 2 e 3 e negativos para o setor 1.

## **CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO**

Neste capítulo apresenta-se as principais conclusões do estudo procurando dar resposta às questões de investigação propostas. Ao mesmo tempo, procura-se reflexão sobre as principais limitações da presente dissertação, procurando-se fornecer pistas para trabalhos futuros.

### **5.1 Conclusão**

O tema da robotização tem levantado muitas questões ao longo dos anos. Existe a preocupação de que a robotização leve a profundas alterações no mercado de trabalho (Brynjolfsson e McAfee, 2011). Por isso, a avaliação quantitativa dos efeitos da robotização sobre o emprego e a produtividade são mais proeminentes do que nunca. A crescente utilização dos robots industriais no mundo levanta urgência na quantificação dos efeitos da robotização.

A pouca evidência empírica disponível no momento está concentrada num restrito grupo de países, pelo que, a avaliação da robotização no emprego e na produtividade nas empresas Portuguesas ganhar uma maior relevância. Nesta dissertação pretendeu-se estudar os efeitos da robotização das empresas no emprego, produtividade e crescimento do trabalho qualificado das empresas Portuguesas do setor produtivo. Para tal, a amostra é constituída por 23355 empresas estudadas no período de 2014-2016. De forma a chegar a estas conclusões aplicou-se um modelo de regressão que pretendeu estudar a relação entre robotização, emprego, produtividade e crescimento do emprego qualificado.

Os resultados obtidos para a relação entre robotização e emprego permite afirmar que existe uma relação positiva entre a robotização e o emprego, significando isto que este estudo está na linha de estudos como Gregory et al. (2016) ou Jager et al. (2016), onde os robots industriais parecem não afetar negativamente o emprego. Este resultado poderá ser explicado, de acordo com a literatura, pela transferência de trabalhos pouco qualificados, para trabalhos mais qualificados, decorrente da utilização de um maior número de robots industriais.

Quanto à relação entre robotização e produtividade, não foram encontrados efeitos estatisticamente significativos da robotização sobre a produtividade das empresas. Este resultado poderá ser explicado pelo horizonte temporal da análise, uma vez que potenciais efeitos da robotização na produtividade poderão não ser imediatos, como tal futuras análises deverão ter em conta um maior período de análise para confirmar os resultados presentes nesta dissertação.

## **5.2 Limitações e propostas para trabalhos futuros**

Todos os trabalhos apresentam limitações em algum grau. A identificação das limitações neste trabalho está relacionada com a inexistência de dados referentes à robotização da indústria Portuguesa. Neste âmbito foram utilizados dados de âmbito europeu, nomeadamente Alemanha. O modelo econométrico estimado poderá ser melhorado com a introdução de um maior número de variáveis que permitam estudar de forma mais profunda a relação entre a robotização da produção e as variáveis dependentes em estudo.

Como tal, para sugestões para trabalhos futuros, recomenda-se o aprofundamento do estudo de como a robotização impacta o emprego nos diferentes tipos de trabalho e nas diferentes qualificações, com o objetivo de se estudar se existe um conjunto de profissões mais suscetíveis à robotização, assim como o estudo de como a robotização poderá afetar a procura por nova mão-de-obra.

Também se recomenda o estudo dos efeitos da robotização em diferentes setores de atividade. Fará sentido estudar se existem setores portugueses onde existe mais suscetibilidade de existir robotização e perda de trabalhos do que outros setores. O estudo dos impactos da robotização na competitividade das empresas e no aumento da eficiência produtiva também poderá constituir um campo importante para novas investigações. Poderá ainda ser relevante o estudo dos determinantes de adoção de robots industriais em Portugal por parte das empresas com o objetivo de melhor perceber as características intrínsecas às empresas que levam à adoção destas tecnologias.

Em suma, espera-se ter contribuído para atingir os resultados pré-estabelecidos para este estudo ao gerar novas conclusões e potenciar o aprofundamento do estudo em questão, em especial, na forma como a robotização impacta o crescimento do emprego, da produtividade e da qualificação profissional dos trabalhadores em Portugal.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acemoglu, D. e D. H. Autor (2011), “Skills, tasks and technologies: Implications for employment and earnings”, *Handbook of Labor Economics*, Vol. 4, pp. 1043-1171.
- Acemoglu, D. e Restrepo, P. (2015), “The race between man and machine: Implications of technology for Growth, factor Shares and Employment”, NBER working Paper No. 22252, National Bureau of Economic Research.
- Acemoglu, D. e Restrepo, P. (2017), “Robots and Jobs: Evidence from Us labor market”, NBER working Paper No. 23285, National Bureau of Economic Research.
- Aicep (2016), “Indústria automóvel e componentes”, Portugal Global.
- Autor, D. e Dorn, D. (2009), “This Job is Getting Old: Measuring Changes in Job Opportunities using Occupational Age Structure” *American Economic Review; Papers and Proceedings*, vol.99, pp. 45-51
- Autor, D. e Dorn, D. (2013), “The Growth of Low-Skill Service Jobs and the Polarization of the US Labor Market.” *American Economic Review*, Vol. 103.
- Autor, D. H., Levy, F., & Murnane, R. J. (2003). The skill content of recent technological change: An empirical exploration. *The Quarterly journal of economics*, vol. 118(4), pp. 1279-1333.
- Autor, D., Handel, M. (2013), “Putting tasks to the test: Human capital, job tasks, and wages”, *Journal of Labor Economics*, vol. 31, pp.59-96.
- Autor, D. (2014), “Skills, education, and the rise of earnings inequality among the other 99 percent”, *Science*, Vol.344, pp. 843-851.
- Autor, D. H. (2015), “Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation”, *Journal of Economic Perspectives*, vol. 29, pp. 3-30.
- Autor, David H., David Dorn, & Gordon H. Hanson (2015) “Untangling Trade and Technology: Evidence from Local Labor Markets,” *Economic Journal*, vol. 125, pp. 621-646.
- Arntz, M., Gregory, T. e Zierahm U. (2016), “The risk of automation for jobs in OCDE countries: A comparative analysis. OCDE Social, Employment and migration working papers, No. 189, Paris, OCDE Publishing.
- Beaudry, P, Doms, M. and Lewis, E (2006), “Endogenous Skill Bias in Technology Adoption: City-Level Evidence from the IT Revolution,” NBER Working Paper No. 12521, National Bureau of Economic Research.

- Beaudry, P., Green, D., Sand, M. (2013). The great reversal in the demand for skill and cognitive tasks. *Journal of Labor Economics*, vol. 34, pp. 199-247.
- Bessen, J. E. (2016), "How computer automation affects occupations: Technology, jobs, and skills. *Law and Economics*", Working Paper, N° 15-49, Boston University School of Law
- Bessen, James (2017) "Automation and Jobs: When Technology Boosts Employment," Boston University School of Law: Law & Economics Paper no. 17-09
- Berg, A., Buffie, E. F., & Zanna, L. F. (2016). Robots, growth, and inequality. *Finance & Development*, vol.53 (3), 10-13.
- Blumenthal, T. (1990), "Economic effects of robotization in Japan", *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 6, pp.323-326.
- Borland, J., & Coelli, M. (2017). "Are robots taking our jobs?" *Australian Economic Review*, vol. 50 (4), 377-397.
- Bowles, J. (2014), "The Computerization of European Jobs", Bruegel, Brussels.
- Brzeski, C. e I. Burk (2015), "The Robots Come. Consequences of Automation for the German Labour Market", ING DiBa Economic Research.
- Brynjolfsson, E. e A. McAfee (2011). "Race Against The Machine: How the Digital Revolution is Accelerating Innovation, Driving Productivity, and Irreversibly Transforming Employment and the Economy". Digital Frontier Press.
- Charles,K., Hurst, E. e Notowidigdo, J. (2013), "Manufacturing decline, housing booms, and non-employment, NBER Working Paper No. 18949, National Bureau of Economic Research.
- Carbonero, F., Ernst, E., e Weber, E. (2018). "Robots worldwide: The impact of automation on employment and trade". ILO Research Department Working Paper, vol. (36). Choi,Y e Baker, B. *IUP Journal of Supply Chain Management*; vol. 14, (4), pp.23-37.
- Dauth, W, Sebastian F, Jens S, Nicole W. (2017) "German Robots – The Impact of Industrial Robots on Workers." IAB Discussion Paper.
- Decker, M.,Fischer, M.,e Ott, I.(2017), "Service robots and human labor: A first technology assessment of substitution and cooperation", *Robotics and autonomous Systems*, vol. 87, pp.348-354
- Frey, B. e. A. Osborne (2013), *The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerization?*", University of Oxford.
- Goos, M. e Manning, A. (2007), "Lousy and lovely jobs: The rising polarization of work in Britain", *Review of Economics and Statistics*, vol. 89, pp. 118-133.

- Goos, M., Manning A. e Salomons, A. (2009), “The Polarization of the European Labor Market”, The American Economic Review Papers and Proceedings, May 2009, p. 58-63.
- Graetz, G. e G. Michaels (2015), “Robots and Work”, IZA Discussion Paper, No. 8938.
- Gregory, T., A. Salomons, e U. Zierahn (2015). “Technological Change and Regional Labor Market Disparities in Europe”, Centre for European Economic Research, Mannheim.
- International Federation of Robotics (2007), “World Robotics”, Industrial Robots
- International Federation of Robotics, (2014), “World Robotics”, Industrial Robots
- Jager, A e Moll, C e Lerch, C. (2016). Analysis of the Impact of robotic systems on employment in the European Union.
- Jaimovich, N., e Siu, E. (2012). “The trend is the cycle: Job polarization and jobless recoveries”, NBER Working Paper 18334, National Bureau of Economic Research.
- Kromann, L., Skaksen, J. R., e Sørensen, A. (2011), Automation, labor productivity and employment –a cross country comparison, CEBR, Copenhagen Business School.
- Lander, G. H., e Bayou, M. E. (1992), “Does ROI apply to robotic factories? Strategic Finance, vol. 73, pp. 49.
- Mandel, M. (2017). How Ecommerce Creates Jobs and Reduces Income Inequality. Progressive Policy Institute.
- Medina, R. (2010), “factores determinantes no processo de decisão de investimentos em robotização na indústria brasileira de autopeças”, Gestão de Produção, vol. 3, pp. 567-578
- Michaels, G., Natraj, A., e Van Reenen, J. (2014). Has ICT polarized skill demand? Evidence from eleven countries over twenty-five years. Review of Economics and Statistics, 96 (1), 60-77.
- Mills, J. (1999), Handbook of industrial robotics, 2 ed, New York: John Wileys & Sons.
- Pajarinen, Mika e Rouvinen, P. (2014), “Computerization Threatens One Third of Finnish Employment”. ETLA Brief No 22. Pires, J. (2011), “Os desafios da Robótica Industrial. Robótica”, Revista Técnico Científica, nº 83.
- Porter, E., e Heppelmann, J. E. (2014). How smart, connected products are transforming competition. Harvard business review, 92(11), 64-88.
- Sachs, J., e Kotlikoff, L. (2012), “Smart Machines and Long-Term Misery,” NBER Working Paper 18629, National Bureau of Economic Research.

Spitz-Oener, A. (2006), "Technical Change, Job Tasks, and Rising Educational Demands Looking outside the Wage Structure", *Journal of Labor Economics*, vol. 24, pp. 235-270.

Szalavetz, A. (2015), "Robotics, digitalization, workplace automation: What the future for manufacturing in Hungary?" *Development pattern of CEE countries after 2007-2009 crisis*.

Van Reenen, J., (1997), "Employment and Technological Innovation: Evidence from U.K. Manufacturing Firms", *Journal of Labor Economics*, vol. 15, pp. 255-279.

Zeira, J. (1998), "Workers, machines, and economic growth", *The Quarterly Journal of Economics*, vol.113, pp.1091-1117