



UNIVERSIDADE D  
COIMBRA

Ana Jorge de Oliveira Figueiredo

**INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, PRODUTIVIDADE  
E EMPREGO SETORIAL:  
UMA ABORDAGEM EXPLORATÓRIA DO  
IMPACTO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL  
(IA)**

Trabalho Projeto no âmbito do Mestrado de Economia, na especialidade em Economia Financeira orientada pela Professora Doutora Marta Cristina Nunes Simões e Professor Doutor Pedro Miguel Avelino Bação e apresentada Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra

Fevereiro de 2023



Ana Jorge de Oliveira Figueiredo

# **Inovação tecnológica, produtividade e emprego setorial: uma abordagem exploratória do impacto da Inteligência Artificial (IA)**

Trabalho de Projeto do Mestrado em Economia, na especialidade em Economia  
Financeira apresentado à Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra para  
obtenção do grau de Mestre

Orientado por: Doutora Marta Simões e Doutor Pedro Bação

Fevereiro, 2023

*Aos meus Avós Elsa e Joaquim*

*À memória da minha Avó Fernanda*

## **Agradecimentos**

A elaboração deste Trabalho Projeto não poderia, de forma alguma, ser o resultado somente do meu esforço, mas dos contributos das várias pessoas que me acompanharam neste percurso.

Em primeiro lugar, agradeço aos meus avós Elsa e Joaquim que sempre me apoiaram no meu percurso escolar e universitário, os quais que ao longo destes anos me inspiraram a fazer sempre mais e melhor.

À minha mãe que sempre acreditou em mim e nunca me deixou desistir dos meus objetivos.

Ao meu pai e meu irmão por todo apoio e carinho.

A toda a minha família, agradeço o vosso apoio incondicional, sem ele não era capaz de chegar onde cheguei como aluna e profissional.

A ti, Francisco, por todo o carinho, paciência e dias intermináveis de estudo, que nos levaram a alcançar os nossos objetivos sempre em conjunto.

Em especial, aos meus orientadores Professora Doutora Marta Simões e Professor Doutor Pedro Bação, pela disponibilidade, paciência, incentivo e apoio constante no decorrer deste trabalho.

Por fim, à Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra que me acolheu ao longo dos últimos 6 anos, na qual me orgulho bastante ter sido aluna.

## **Resumo**

O crescimento rápido da inovação tecnológica que as economias atualmente enfrentam tem levantado preocupações devido ao seu potencial para impactar negativamente os setores de atividade, na sua generalidade. Segundo vários autores, a introdução da Inteligência Artificial (IA) nos processos produtivos pode levar a uma redução do emprego devido à substituição de trabalhadores por máquinas. O presente trabalho pretende, deste modo, estudar o impacto que a introdução da IA nos processos produtivos a nível setorial poderá ter no emprego setorial, considerando individualmente 28 setores em 28 países no período de tempo 1997-2018. Para melhor explicar o nível de emprego em cada setor, esta análise teve como base o modelo de oferta e procura setorial desenvolvido por Lopes (2019) e Bação et al. (2022), tendo em conta os efeitos de substituição e procura propostos por Bessen (2017, 2018). Os resultados apresentam um impacto negativo e significativo da produtividade no emprego com a introdução da IA em mais de metade dos setores de atividade analisados (53,5%), onde os mais afetados são os setores da indústria, setores com atividades relacionadas com bens e serviços essenciais, e o setor das artes. Estes resultados apontam para a possibilidade de o aumento da procura induzida pela redução dos custos de produção não é suficiente para compensar os empregos perdidos devido à introdução de tecnologias de inovação como a IA nestes setores. O setor da construção e o setor de indústria de têxteis, vestuário, couro e produtos relacionados, foram os setores que apresentaram resultados que apontam para um impacto da produtividade no emprego setorial positivo e significativo com a introdução da IA. O que se explica com o possível facto de a introdução da IA nos processos produtivos destes setores complementar as atividades dos trabalhadores, conduzindo a uma redução dos custos de produção, originando assim uma maior procura e consequente aumento de emprego. Com este trabalho conclui-se que há um potencial para a redução do emprego devido à automação de tarefas em metade dos setores, onde poderá ser interessante desenvolver mais estudos sobre o tema de modo a prevenir consequências negativas para os vários setores em questão. Nos setores em que o impacto é positivo, tendo em conta a possível mudança futura, propõe-se a promoção da introdução da IA nos respetivos processos produtivos de modo a reajustar previamente as atividades desenvolvidas pelos trabalhadores.

**Palavras-chave:** Inteligência Artificial, Produtividade, Emprego, Efeito Substituição, Efeito Procura **Classificação JEL:** E23, E27, J24, D24, O30

## **Abstract**

The rapid growth of the technological innovation that economies currently face has raised concerns due to its potential to negatively impact sectors of activities, in general. According to several authors, the introduction of Artificial Intelligence (AI) in production processes, can lead to a reduction in employment due to the replacement of workers by machines. Therefore, this paper aims at studying the impact that the introduction of AI in production processes at the sectorial level may have on sectorial employment, individually considering 28 sectors in 28 countries in the time period of 1997-2018. To better explain the level of employment in each sector, this analysis was based on the sectorial supply and demand model developed by Lopes (2019) and Bação et al. (2022), taking into account the substitution and demand effects proposed by Bessen (2017, 2018). The results present a negative and significant impact of productivity on employment with the introduction of AI in more than half of the analysed activity sectors (53.5%), where the most affected are the industry sectors, sectors with activities related to essential goods and services, and the arts sector. These results point to the possibility that the increase in demand induced by the reduction in production costs is not enough to compensate for the jobs lost due to the introduction of innovation technologies such as AI in these sectors. The construction sector and the industry sector of textiles, clothing, leather and related products, were the sectors that presented results which point to a positive and significant productivity impact on sectorial employment with the introduction of AI. This is explained by the possible fact that the introduction of AI in the production processes of these sectors complements the activities of the workers, leading to a reduction in production costs, thus giving rise to greater demand and a consequent increase in employment. With this work it is concluded that there is a potential for employment reduction due to task automation in half of the sectors, where it may be interesting to develop further studies on the subject in order to prevent negative consequences for the various sectors in question. In the sectors where the impact is positive, having in mind the possible future change, it is proposed to promote the introduction of AI in the respective productive processes in order to readjust the activities developed by the workers beforehand.

**Keywords:** Artificial Intelligence, Productivity, Employment, Substitution Effect, Demand Effect **JEL Classification:** E23, E27, J24, D24, O30

## Índice

1. Introdução.....	1
2. Enquadramento teórico e evidência.....	4
3. Metodologia e dados .....	8
4. Resultados e discussão .....	13
5. Conclusão .....	20
6. Lista de referências bibliográficas .....	22
Anexo A.....	24
Anexo B.....	25

## Índice de Quadros

Quadro 1. Variáveis e descrição	12
Quadro 2. Resultados para o impacto da produtividade por setor de atividade (modelo de efeitos fixos sem variável dependente desfasada)	14
Quadro 3. Resultados para o impacto da produtividade por setor de atividade (modelo de efeitos fixos com variável dependente desfasada)	18
Quadro A1. Setores analisados	24
Quadro A2. Países da amostra	25
Quadro B1. Variáveis utilizadas para no cálculo da produtividade do trabalho ( $a$ ) e salários ( $w$ )	23

## Índice de Figuras

Figura 1. Modelo de oferta e procura setorial	9
---	---

## 1. Introdução

A designada Quarta Revolução Industrial que muitas economias estão atualmente a enfrentar é o resultado de inovação tecnológica a uma velocidade e com um alcance e um impacto sistémico nunca antes vistos, com o potencial de influenciar a generalidade dos setores de atividade, de acordo com Klaus Schwab, fundador e presidente executivo do Fórum Económico Mundial<sup>1</sup>. Em particular, o impacto económico da inovação tecnológica associada à Inteligência Artificial (IA), com inúmeras aplicações e transversais a muitos setores, tem suscitado interesse generalizado entre investigadores, decisores públicos e opinião pública em geral, nomeadamente pelo seu potencial para reduzir o emprego e logo a participação do trabalho na criação de riqueza, agravando a desigualdade na repartição de rendimentos, como destaca Naudé (2021). O autor refere ainda que se a maior automação permitida pela IA, substituindo trabalhadores por máquinas, pode gerar ganhos de produtividade e um mais rápido crescimento económico, em simultâneo pode gerar mais desemprego, o designado desemprego tecnológico.

Estudos recentes têm procurado avaliar o impacto da IA via produtividade no emprego, já que o seu efeito líquido não é claro. A automação de um maior número de tarefas devido à IA pode, de acordo com alguns autores gerar desemprego generalizado, enquanto outros autores defendem que, ao invés, pode aumentar os níveis de emprego, nomeadamente devido ao aparecimento de novas necessidades a satisfazer e setores de atividade associados (ver por ex. Acemoglu & Restrepo, 2019).

A inovação tecnológica resultante da IA tem um impacto negativo no emprego ao substituir trabalhadores por máquinas, sendo mais evidente em tarefas de natureza rotineira ou repetitiva. Autor e Salomons (2017) concluíram que as tarefas desempenhadas pelos trabalhadores em setores como o da indústria transformadora passarão a ser realizadas por máquinas, numa substituição a um ritmo crescente. Também Frey e Osborne (2017) estimam a perda de emprego em função da “probability of computerisation” (p. 265) em cerca de 47% do emprego total nos Estados Unidos da América. No entanto, segundo Autor e Salomons (2018), apesar do possível efeito substituição negativo, a procura de trabalho não diminui necessariamente. Tal acontece

---

<sup>1</sup> Ver <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>



devido a efeitos compensatórios como o que designam por “final demand effect”, onde a produtividade total dos fatores proveniente de qualquer setor aumenta o produto ou rendimento do país onde ocorre e logo a procura agregada, pelo que será necessário contratar mais trabalhadores para satisfazer a mesma e assim o crescimento da produtividade num setor específico contribui para um aumento da procura de trabalho na generalidade dos setores. Naudé (2021) refere também que tanto a perda massiva de emprego como a “singularidade” da IA (alcançada quando esta se tornasse uma superinteligência, o que representaria uma ameaça existencial à humanidade), não se preveem para um futuro próximo, uma vez que a introdução da IA no processo produtivo envolve custos elevados e dificuldades de adoção por parte das empresas.

A nível setorial é assim de esperar impactos diferenciados da IA, via produtividade, sobre o emprego, mais prejudicial, por exemplo, em setores cujo processo produtivo assenta sobretudo em tarefas de natureza repetitiva, com maior potencial para a substituição de trabalhadores por máquinas. Mas, a procura setorial pode também desempenhar um papel importante, como argumenta Bessen (2019): resultando a IA num aumento da produtividade, e logo na redução dos custos de produção, será possível às empresas baixar os preços e, por esta via, estimular a procura, a satisfação da qual exigirá um aumento da produção e logo do emprego do setor em causa. Contudo, em setores com uma reduzida elasticidade preço da procura, este efeito pode não ser suficiente para compensar o impacto negativo sobre o emprego via efeito substituição. Por exemplo, os resultados obtidos por Lopes (2019), numa análise de 37 setores da economia portuguesa, com dados para o período entre 1995-2016, indicam que o emprego não é afetado pela IA/automação, via produtividade, em cerca de metade dos setores analisados. A autora conclui que “apesar de existir margem para uma situação de desemprego tecnológico em determinados sectores da economia portuguesa, a introdução de tecnologias de IA não conduzirá necessariamente a uma diminuição do emprego”. (Lopes, 2019: p. 2)

Considerando que a IA conduz a aumentos de produtividade, mas dada a falta de consenso no que diz respeito ao sinal do seu impacto por esta via sobre o emprego, pretende-se com este trabalho contribuir para a identificação do referido impacto, analisando a relação a nível setorial, distinguindo setores em que a introdução de IA no processo produtivo gera desemprego tecnológico daqueles em que resulta na criação

líquida de emprego, ou ainda setores em que o efeito não é relevante. Em particular, pretende-se analisar a relação entre IA e emprego via produtividade em setores que diferem a nível do potencial para a substituição de trabalhadores por máquinas e elasticidade preço da procura. Realizar-se-á para o efeito uma análise econométrica a partir de dados em painel correspondentes à observação de um dado setor ao longo do período de 1997-2018, considerando 28 setores. Será considerado cada setor num grupo alargado de países: 25 países pertencentes à União Europeia (UE) o Reino Unido, o Japão e os EUA <sup>2</sup>. A principal fonte de dados será a base de dados setorial EUKLEMS & INTANProd.<sup>3</sup>

Este trabalho está estruturado da forma que a seguir se descreve. Após a Introdução, o trabalho prossegue na secção 2 com uma revisão da literatura relevante para o enquadramento do tema e exposição de evidência anterior sobre o impacto da IA no emprego; de seguida, na secção 3, é apresentada a metodologia empírica e os dados; na secção 4 são apresentados e discutidos os resultados obtidos; a secção 5 contém um resumo da abordagem, principais conclusões.

---

<sup>2</sup> Ver Anexo A

<sup>3</sup> <https://euklems-intanprod-lee.luiss.it/>

## 2. Enquadramento teórico e evidência

O progresso tecnológico observado nas últimas décadas, nomeadamente a inovação tecnológica associada à IA, tem desencadeado uma preocupação crescente com a automação de tarefas, a um ritmo cada vez maior, podendo desencadear uma substituição massiva de trabalhadores por máquinas no desempenho dessas tarefas. De facto, são inúmeros os setores onde as máquinas substituem os trabalhadores no processo de produção de bens e serviços, dos transportes e logística à prestação de outros serviços. o que tem gerado um debate intenso acerca do impacto da IA na sociedade do presente e do futuro e, em particular, nas empresas e trabalhadores (Makridakis, 2017).

A IA tem-se tornado a forma de automação mais sofisticada utilizada nos processos produtivos (Lopes, 2019), produzindo efeitos transversais sobre a economia (Damioli, Roy e Vertesy, 2021). O termo IA tem originado da parte de vários autores diferentes definições. Neste trabalho será usada a definição presente no dicionário americano Marriam-Webster, que esclarece que a IA consiste na “capacidade de uma máquina imitar o comportamento inteligente humano”. Ora, a IA combina componentes de *software* e *hardware* para conseguir executar as diversas tarefas autonomamente e de forma inteligente, acabando por vezes por ser mais eficiente que o humano. As tarefas cujo desempenho recorre à IA podem ser de natureza rotineira/repetitiva, mas abrange também as tarefas que requerem níveis mais elevados de inteligência, rapidez e complexidade.

Agrawal, Gans, Goldfarb (2019) referem que o crescimento da IA observado nos últimos tempos teve por base o “machine learning”, replicando uma componente particular da inteligência humana, a previsão. Os autores referem-se à IA como uma “tecnologia de previsão”, com efeitos diretos nas tarefas executadas pelo ser humano. Por exemplo, a IA substitui o ser humano nas tarefas de previsão associadas ao recrutamento de trabalhadores onde são analisados currículos e entrevistas para selecionar o candidato que melhor desempenhará a função. A IA está a ser cada vez mais utilizada como ferramenta nesta tarefa de previsão, dada a melhoria do processo de “machine learning”, reduzindo os custos de previsão com melhorias na qualidade. Um outro efeito da automação da tarefa de previsão é o aumento de produtividade do trabalho em tarefas de decisão. Temos por exemplo o caso da evolução tecnológica associada a equipamentos cirúrgicos na medicina, onde numa cirurgia de remoção de um tumor é possível prever a quantidade de tecido com células cancerígenas a remover através de uma pequena câmara. Este dispositivo, designado ODS

Medical, prevê e avisa de imediato o cirurgião que área deve ser removida, diminuindo a incerteza por parte do médico e consequente remoção excessiva de tecido durante a cirurgia.

Na perspectiva das empresas que criam IA, as tecnologias de IA patenteadas quando incorporadas nos componentes intermédios para produzir novos produtos podem levar ao aumento de emprego devido à crescente procura destes componentes. No entanto, quando estas são aplicadas no processo de fabricação pode surgir o efeito de substituição do emprego (Yang, 2022). Ainda segundo Yang (2022), as tecnologias de IA patenteadas são mais eficazes no desenvolvimento dos componentes intermédios, logo, o efeito de substituição de emprego pode ser anulado pelo efeito de aumento de emprego.

Com efeito, o impacto da IA via produtividade no emprego não tem conduzido os estudos recentes a um consenso, uma vez que o seu efeito líquido não é claro. Para alguns autores a automação de tarefas através da IA pode gerar desemprego generalizado, enquanto que para outros pode conduzir a um aumento do emprego quer porque complementa o ser humano no desempenho de determinadas tarefas, quer devido ao aparecimento de novas necessidades a satisfazer e setores de atividade associados (Acemoglu & Restrepo, 2019). Na mesma linha, Georgieff e Hye (2022) afirmam não haver uma relação clara entre a exposição à IA e o crescimento do desemprego; no entanto, é possível haver este impacto em tarefas onde as máquinas têm um peso significativo.

A inovação tecnológica resultante da IA tem um efeito negativo no emprego quando conduz à substituição de trabalhadores por máquinas, mais evidentes em tarefas de natureza repetitiva. Calì e Presidente (2022), baseados no modelo desenvolvido por Acemoglu e Restrepo (2018), para os anos 2008-2015, explicam isto mesmo ao considerar uma lista de tarefas ordenadas desde as mais rotineiras, até às mais complexas. Inicialmente, para as tarefas mais repetitiva, mas ainda pouco automatizadas, os ganhos de produtividade resultantes da substituição de um trabalhador por uma máquina adicional são relativamente elevados. Contudo, estes ganhos vão diminuindo com o nível crescente de complexidade das tarefas, ou seja, quanto mais sofisticada e/ou automatizada estiver já uma tarefa, menores os ganhos de produtividade associados à substituição de um trabalhador por uma máquina adicional. Assim, os autores concluem que “With productivity gains decreasing and displacement effects increasing with automation, the net returns to robot adoption diminish, and hence the employment effects become more negative.”<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> <https://voxeu.org/article/robots-economic-development>

Autor e Salomons (2017) estudaram a relação entre o crescimento da produtividade e o emprego usando dados em painel para os 19 países da UE, Austrália, Japão, Coreia do Sul e EUA e para setores não agrícolas, num período de 37 anos. Os autores concluíram também que se observa em setores como o da indústria transformadora, e a um ritmo cada vez maior, que tarefas antes desempenhadas por trabalhadores a passaram a ser realizadas por máquinas. Concluem ainda que o emprego no setor da indústria transformadora tem diminuído à medida que a produtividade da indústria aumenta, levando à redução de trabalhadores que executam atividades tecnologicamente progressistas. Também Frey e Osborne (2017) estimam a perda de emprego em função da “probability of computerisation” em cerca de 47% do emprego total nos Estados Unidos da América.

No entanto, Autor e Salomons (2017) mostraram que, para a economia no seu conjunto, o emprego cresce quando a produtividade agregada aumenta. Com efeito, os autores mostram que o efeito negativo sobre o emprego na indústria transformadora resultante do aumento da produtividade é compensado por efeitos positivos no resto da economia. Ou seja, o crescimento da produtividade pode reduzir o emprego num certo setor devido à substituição de trabalhadores por máquinas, mas, em simultâneo, ter um efeito líquido positivo sobre o emprego total por via do aumento do rendimento resultante das melhorias na produtividade, o que por sua vez gera uma maior procura agregada e a necessidade de produzir mais e contratar mais trabalhadores para satisfazer a mesma. Autor e Salomons (2018) designam este efeito compensatório por “final demand effect”. Através de uma amostra de 18 países desenvolvidos da União Europeia, Coreia do Sul, Estados Unidos, Austrália e Japão, cobrindo 28 setores de atividade, os autores chegaram à conclusão que, não obstante em certas tarefas em alguns setores os trabalhadores serem totalmente substituídas por máquinas, devido aos efeitos compensatórios, o impacto líquido sobre o emprego agregado é positivo.

De acordo com a análise anterior, são de esperar diferentes impactos da IA no emprego a nível setorial, via produtividade. Estes poderão ser mais prejudiciais em setores cujo processo produtivo consista em tarefas mais rotineiras e repetitivas, e assim com maior probabilidade de os trabalhadores que as executam serem substituídos por máquinas. No entanto, Bessen (2019) no seu estudo com dados cobrindo 200 anos para as indústrias têxtil, siderúrgica e automotiva nos EUA, argumenta que a IA, ao resultar num aumento da produtividade e na redução dos custos de produção, dá a possibilidade às empresas do setor de baixarem os preços e assim estimularem a procura, a satisfação da qual exigirá um aumento da produção e logo do emprego. Todavia, este efeito pode não ser suficiente para

compensar o impacto negativo sobre o emprego via efeito substituição, em setores com uma reduzida elasticidade preço da procura. Isto porque se a IA for imposta num setor onde as necessidades dos seus consumidores estão satisfeitas, a redução do preço não irá proporcionar um aumento significativo da procura.

Finalmente, Naudé (2021) refere que quando a IA se tornar uma superinteligência poderá resultar numa perda massiva de emprego e até constituir uma ameaça à existência humana, mas tal não deverá acontecer num futuro próximo, uma vez que a IA atual acarreta custos de adoção elevados para as empresas. Apesar da IA ter possivelmente conduzido a aumentos da produtividade e crescimento económico, o autor concluiu assim que “it has so far not led to mass technological unemployment” (Naudé, 2021, p.17). Na mesma linha, Lopes (2019), tendo por base uma análise individual de 37 setores da economia portuguesa com dados para o período entre 1995-2016, conclui que o emprego não é afetado pela IA, via produtividade, em cerca de metade dos setores observados, logo no futuro o emprego nestes setores não irá necessariamente diminuir ainda que num contexto de introdução de novas tecnologias que conduzam a melhorias da produtividade.

Tendo em conta as perspetivas dos diferentes autores e estudos revistos nesta secção é de esperar que a introdução da IA nos processos produtivos, ao influenciar a produtividade tenha também influência sobre o emprego, podendo esta a nível setorial ser positiva, negativa ou nula, dependendo essencialmente do peso relativo dos efeitos de substituição e procura, como analisam entre outros Bação, Lopes e Simões (2022) para a economia portuguesa e que se procura neste trabalho generalizar tendo por base um conjunto mais alargado de países.

### 3. Metodologia e dados

O presente estudo procura analisar em que medida a introdução da IA nos processos produtivos a nível setorial e melhorias na produtividade associadas poderá constituir uma ameaça ao emprego setorial, considerando individualmente diferentes setores em diferentes países e a sua evolução ao longo do tempo. Em função das características das tarefas desempenhadas pelos trabalhadores em cada setor, repetitivas ou não, e da elasticidade preço da procura setorial, o impacto da IA sobre o emprego, via produtividade, poderá ter intensidades e sinais diferenciados. Para estudar este possível impacto sobre o emprego nos vários setores será estimado um modelo que relaciona o emprego setorial com outras variáveis, tendo em conta o efeitos substituição e procura propostos por Bessen (2017, 2018), incorporados num modelo de oferta e procura setoriais desenvolvido por Lopes (2019) e Bação et al. (2022).

O modelo a estimar para cada setor analisado é dado pela equação (1):

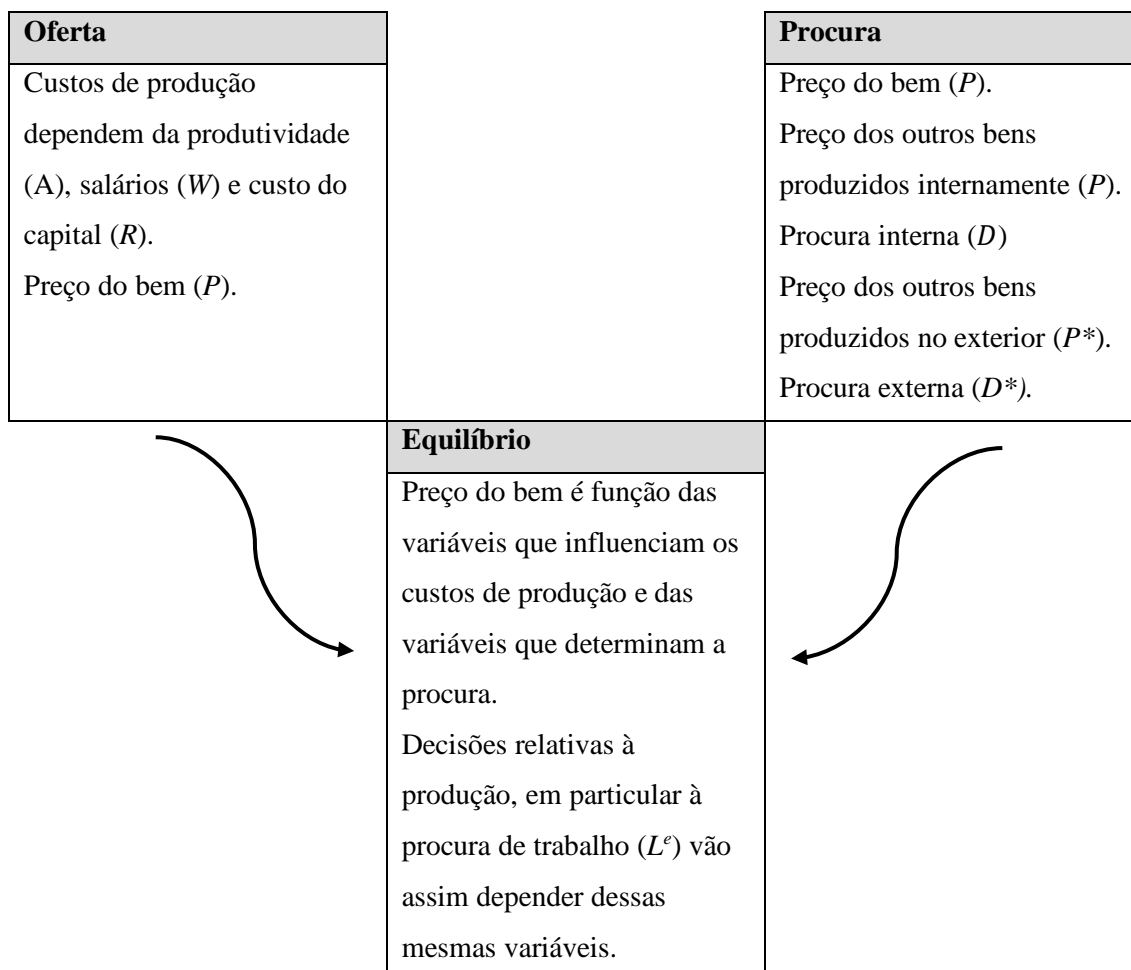
$$\mathbf{emp}_{it} = \alpha + \beta_1 \mathbf{a}_{it} + \beta_2 \mathbf{w}_{it} + \beta_3 \mathbf{r}_{it} + \beta_4 \mathbf{g}_{it} + \beta_5 \mathbf{g}^*_{it} + \beta_6 \mathbf{p}_{it} + \beta_7 \mathbf{p}^*_{it} + \mathbf{u}_{it} \quad (1)$$

onde  $i$  representa o país onde se localiza o setor em análise e  $t$  o ano;  $\alpha$  é a constante;  $emp$  corresponde ao logaritmo do emprego do setor num dado país e ano;  $a$  é o logaritmo da produtividade do trabalho;  $w$  é o logaritmo do preço do trabalho (salário),  $r$  é o preço do capital;  $g$  é o logaritmo da procura interna;  $g^*$  representa o logaritmo da procura externa;  $p$  é o logaritmo do nível de preços interno;  $p^*$  é o logaritmo do nível de preços externo; e  $u_{it}$  é o termo de erro.

As variáveis explicativas do emprego setorial consideradas foram seleccionadas tendo por referência os trabalhos de Lopes (2019) e Bação et al. (2022) que propõem e desenvolvem um modelo de oferta e procura setorial para explicar o nível de emprego em cada setor. Neste modelo assume-se que as decisões das empresas sobre a quantidade a produzir, e logo sobre a quantidade de fatores de produção a utilizar, incluindo o trabalho e o capital, tendo por objetivo a maximização do lucro são influenciadas pelos custos de produção (que dependem da produtividade, dos salários e do preço do capital, considerando que a produção no setor utiliza como *inputs* o trabalho e o capital físico) e pelo comportamento da procura pelo *output* de cada setor, que depende do preço do *output* do setor e do preço de outros bens relacionados, como bens substitutos e complementares, internos e externos, e da quantidade que os consumidores, internos e externos, desejam comprar do *output* de cada setor. Como referido pelos autores, o modelo que propõem tem por base o modelo de Dixit e Stiglitz

(1977), considerando ainda que num contexto de economia aberta a produção de cada setor está sujeita à concorrência internacional pelo que o modelo proposto por Lopes (2019) e Bação et al. (2022) tem em conta a influência da procura e preços externos. Ver Figura 1.

**Figura 1 – Modelo de oferta e procura setorial**



De acordo com o modelo de oferta e procura setorial descrito e a revisão da literatura realizada na secção anterior, o emprego setorial depende da evolução da produtividade com a introdução de novas tecnologias no processo produtivo, nomeadamente associadas à IA: um aumento da produtividade resultante da automação dos processos produtivos vai levar a uma redução da procura de trabalho a nível setorial devido à substituição de trabalhadores por máquinas, mas reduz em simultâneo os custos de produção e conseqüentemente o preço do bem ou serviço produzido pelo setor. Por sua vez, esta redução do preço vai levar a um aumento da respetiva procura. Para satisfazer este aumento da procura a produção terá de aumentar levando desta forma a um aumento da procura de trabalho. A questão é saber se o aumento da procura é suficiente para compensar a diminuição do emprego provocada pela



substituição de trabalhadores por máquinas, o que é determinado pela elasticidade preço da procura setorial. O sinal esperado para o coeficiente  $\beta_1$  depende assim da intensidade relativa dos efeitos substituição e procura setorial: 1) é nulo, ou seja, o emprego setorial não é afetado pela introdução de IA, pois o emprego perdido devido ao efeito substituição é exatamente compensado pelo emprego criado para satisfazer a procura adicional; 2) é negativo se a elasticidade da preço da procura for reduzida, mais comum em setores tradicionais em que a grande parte da procura já se encontra satisfeita, e logo o aumento da procura resultante da redução do preço a nível setorial não é suficiente para gerar um aumento da procura de trabalho que compense a redução associada ao efeito substituição; finalmente, 3) é positivo na situação contrária à descrita no ponto anterior; neste caso o emprego criado para satisfazer o aumento da procura, porque esta reage de forma mais intensa à redução do preço, mais do que compensa a redução do emprego associada à melhoria da produtividade.  $\beta_1$  é assim o parâmetro de interesse deste estudo.

As restantes variáveis incluídas no modelo são variáveis de controlo. Começando pela variável salários ( $w$ ), se o preço do trabalho aumentar as empresas irão optar por utilizar menos trabalhadores já que este fator ficou relativamente mais caro, substituindo trabalho por capital pois este fator torna-se relativamente mais barato. Acresce ainda que, tudo o resto invariante, o aumento dos custos de produção é refletido num aumento do preço, o que reduz a procura e logo a procura de trabalho. Assim espera-se que  $\beta_2$  tenha um sinal negativo. O sinal esperado do coeficiente  $\beta_3$  associado ao preço do capital ( $r$ ) é ambíguo, à semelhança do que acontece com o sinal do coeficiente associado à produtividade. Um aumento do preço do capital ( $r$ ) significa que este fator se torna relativamente mais caro, pelo que vai ser substituído pelo trabalho, resultando assim num aumento do emprego. Contudo, o aumento dos custos de produção e logo do preço vai levar a uma redução da procura e logo da produção e do emprego. Se a procura for muito elástica, é provável que este efeito da procura sobre o emprego mais do que compense o primeiro efeito, pelo que  $\beta_3$  será negativo, ou seja, o emprego vai diminuir. Mas pode também ser nulo ou positivo à semelhança do que descrevemos para  $\beta_1$ . A procura pela produção setorial e logo a respetiva procura de trabalho deverá ser positivamente afetada pela procura interna ( $g$ ) e externa ( $g^*$ ) pois tal significa, de acordo com o modelo de Dixit-Stiglitz, um aumento da procura global e logo também da procura pela produção do setor, que terá de aumentar o emprego para conseguir responder ao acréscimo da procura. Assim espera-se um sinal positivo para os respetivos coeficientes  $\beta_4$  e  $\beta_5$ . Por fim, de acordo também com o modelo de Dixit-Stiglitz, se o preço médio dos bens ou serviços produzidos internamente ( $p$ ) ou externamente ( $p^*$ ), proxies do nível de

preços dos bens substitutos do bem ou serviço produzido pelo setor, aumentar, a procura de emprego setorial aumenta pois a sua produção fica relativamente mais barata e necessitará de mais trabalhadores para responder ao aumento da procura associado. Espera-se desta forma um sinal positivo para os coeficientes  $\beta_6$  e  $\beta_7$ .

O quadro 1 contém as variáveis utilizadas na estimação da equação (1) com as respetivas descrições, unidades de medida e fontes dos dados. Na medição do emprego foi utilizado o número pessoas empregadas de cada setor de forma a chegar a resultados mais rigorosos sobre o emprego em cada setor. A produtividade foi medida através da produtividade do trabalho uma vez que o foco é analisar o impacto das alterações na produtividade, devido à introdução de novas tecnologias, no emprego. Esta variável foi então calculada através do quociente entre o valor Acrescentado Bruto e o número de horas trabalhadas, por setor. O preço do trabalho foi medido a partir dos salários, onde estes são calculados através da divisão entre a remuneração dos trabalhadores e o total de horas trabalhadas por estes, por setor. Para a medição do preço do capital foi utilizada a taxa de juro real a curto prazo, uma vez que esta espelha o custo de oportunidade de investir em capital face às novas tecnologias. A procura agregada interna foi medida através do PIB interno a preços constantes, e a procura agregada externa através do PIB real da OCDE pois apoia-se na junção dos PIB's dos países membros. O nível de preços internos foi medido através do deflator do PIB e o nível de preços externos através do deflator do PIB da OCDE de modo a ajustar-se à procura externa.

**Quadro 1- Variáveis e descrição**

<b>Variável</b>	<b>Proxy</b>	<b>Descrição</b>	<b>Unidade</b>	<b>Fonte</b>
<i>emp</i>	Emprego (log)	Número de pessoas empregadas (por setor)	milhares	EUKLEMS
<i>a</i>	Produtividade do Trabalho (log)	Valor acrescentado Bruto por hora trabalhada (por setor)	Unidade monetária nacional por hora	EUKLEMS
<i>w</i>	Salários (log)	Remuneração dos trabalhadores por total de horas trabalhadas por estes (por setor)	Unidade monetária nacional por hora	EUKLEMS
<i>r</i>	Custo do capital	Taxa de juro real, a curto prazo	Porcentagem	AMECO
<i>g</i>	PIB interno (log)	Produto Interno Bruto, a preços constantes	Índice, base 2016	AMECO
<i>g*</i>	PIB externo (log)	PIB real da OCDE (VIXOB, Índice de volume)	Índice, base 2015	OECD Stats
<i>p</i>	Deflador do PIB (log)	Deflador do Produto Interno Bruto	Índice, base 2016	AMECO
<i>p*</i>	Deflador do PIB externo (log)	Deflador do PIB da OCDE (DOBSA)	Índice, base 2015	OECD Stats

#### 4. Resultados e discussão

A análise empírica tem por base a estimação da equação (1) que corresponde a um modelo com dados em painel em que cada setor é analisado em diferentes países ao longo do tempo. Consideram-se na análise vinte e oito setores em vinte e oito países com dados entre 1997-2018. A lista dos setores analisados encontra-se no Quadro A1 em anexo. O critério de seleção dos setores foi inicialmente utilizar todos os cinquenta e quatro setores disponíveis na base de dados setorial EUKLEMS & INTANProd, no entanto ao longo da construção da base de dados deste estudo foram retirados alguns setores devido à ausência de dados para alguns países como Malta e Roménia, e anos (1995-1996, e 2019). A lista dos países incluídos na análise encontra-se no Quadro A2 em anexo. O objetivo inicial seria utilizar todos os países pertencentes à UE para além dos EUA, Japão e Reino Unido. Porém, certos países da UE foram retirados devido à ausência de dados para a maior parte dos setores. Por fim, o intervalo de tempo utilizado no estudo foi definido de modo a ter uma base de dados com um número adequado de países (sem observações em falta no intervalo de tempo escolhido).

Considera-se um modelo com efeitos fixos para estimar a equação, ou seja, para lidar de alguma forma com os enviesamentos resultantes do problema de variáveis omitidas. Apesar das variáveis de controlo incluídas na análise, considera-se assim também a possibilidade de existirem características específicas aos países que permanecem constantes ao longo do tempo e que podem estar correlacionadas com as outras variáveis explicativas. Para anular o enviesamento associado, o estimador de efeitos fixos elimina os mesmos considerando as variáveis em diferenças face à média. Recorreu-se ao teste F para avaliar se os efeitos fixos são de facto necessários. Na hipótese nula admite-se a homogeneidade na constante, enquanto na hipótese alternativa é considerada a heterogeneidade, ou seja, os efeitos fixos. Como na maior parte dos setores o valor-p apresentou valores abaixo de 0,05 rejeitou-se a hipótese nula.

Dado que o objetivo principal deste estudo é analisar o impacto da produtividade sobre o emprego a nível setorial, as tabelas de resultados contêm apenas informação sobre o coeficiente estimado para a variável produtividade para cada setor e indicadores estatísticos da qualidade do modelo (R<sup>2</sup>, teste F de significância conjunta das variáveis explicativas e estatística Durbin-Watson).

O Quadro 2 contém os resultados das estimações do impacto da produtividade sobre o emprego por setor de atividade correspondentes à estimação da equação (1) com o método

dos efeitos fixos. Porém, uma vez que os valores da estatística Durbin-Watson (DW) são, para a generalidade dos setores, bastante inferiores a 2, indicando problemas de autocorrelação, inclui-se também como variável explicativa a variável dependente desfasada de um período, resultados que são apresentados no Quadro 3 e sobre cuja análise nos vamos assim debruçar. Note-se, contudo, que mesmo neste caso há ainda alguns setores para os quais a estatística DW continua algo inferior a 2. Estes resultados apontam também para a necessidade de aplicar métodos adequados para a estimação de um modelo de painel dinâmico. Deixamos esta aplicação para investigação futura.

**Quadro 2: Resultados para o impacto da produtividade por setor de atividade  
(modelo de efeitos fixos sem variável dependente desfasada)**

Setor	$\beta$	Erro-padrão	$R^2$	Durbin-Watson	F
A	-0,412***	0,0205	0,998	0,5312	138,79***
B	-0,1592***	0,0293	0,9955	0,2181	62,0121***
C13_C15	0,0176	0,0387	0,9971	0,3015	655,071***
C16_C18	-0,0192***	0,0028	0,9987	0,2961	272,084***
C19	-0,0747**	0,0295	0,9851	0,3003	42,8441***
C20	-0,2702***	0,0263	0,9984	0,2936	69,7032***
C21	-0,1318**	0,0554	0,9739	0,2793	8,8461***
C22_C23	-0,1173***	0,0384	0,9985	0,3314	90,5033***
C24_C25	-0,2184***	0,0466	0,9981	0,2455	35,2119***
C26	-0,2163***	0,0309	0,9947	0,2273	44,7469***
C27	-0,0275	0,0605	0,9962	0,3441	21,0848***
C28	-0,3442***	0,0404	0,9981	0,331	78,8916***
C29_C30	-0,2853***	0,0529	0,9963	0,254	30,1849***
D	-0,2823***	0,0239	0,9934	0,2832	82,1903***
F	-0,06	0,0453	0,9958	0,1833	37,4415***
H	-0,1287***	0,025	0,9992	0,2233	30,507***
I	-0,2465***	0,0321	0,999	0,2315	339,73***
J61	-0,4856***	0,0291	0,9924	0,4252	92,7219***
J62_J63	-0,6461***	0,0491	0,996	0,2758	351,098***
K	-0,0541**	0,0264	0,999	0,3598	88,1147***
L	-0,787***	0,0245	0,9978	0,3012	299,965***
M	-0,3188***	0,0268	0,9986	0,2875	346,863***
N	-0,0598	0,0505	0,9977	0,369	338,915***
P	-0,3604***	0,039	0,9991	0,2262	96,0895***
Q86	0,014	0,0295	0,9992	0,1712	76,9311***
Q87_Q88	0,0961***	0,0297	0,9814	0,5473	98,5134***
R	-0,2547***	0,0261	0,9988	0,369	142,088***
S	-0,2469***	0,033	0,9986	0,4283	73,5016***

Notas:  $\beta_1$  - coeficiente de produtividade do trabalho ( $\alpha$ ); \*\*\* nível de significância, 1%; \*\* nível de significância, 5%; \* nível de significância, 10%

De acordo com os resultados apresentados no Quadro 3, em dezassete dos vinte e oito setores analisados o coeficiente  $\widehat{\beta}_1$  é estatisticamente significativo pelo menos ao nível de 10%, sugerindo que nestes setores as melhorias da produtividade potencialmente associadas à introdução de IA nos processos produtivos influenciam o emprego setorial. Na maioria dos setores anteriores o efeito líquido da produtividade sobre o emprego setorial é negativo, sugerindo que nesses setores a redução do emprego associada ao efeito substituição não é compensada pelo aumento do emprego associado ao efeito procura setorial. Os setores em causa incluem a agricultura, silvicultura e pesca (A), quatro subsetores da indústria transformadora (C16-C18 – indústria de madeira, papel, etc.; C20 – indústria de químicos e de produtos químicos; C26 - indústria de produtos informáticos, eletrônicos e óticos; C28 - indústria de máquinas e equipamentos, n.e.c.), o setor de fornecimento de eletricidade, gás, vapor, água e ar condicionado (D) e a maioria dos setores de serviços (nove no total), a saber I - Alojamento e atividades de serviço alimentar; J61-Telecomunicações; J62-J63, Atividades de programação informática, consultoria e serviços de informação; K - Atividades financeiras e de seguros; L - Atividades imobiliárias; M - Atividades profissionais, científicas e técnicas; P – Educação; R - Artes, entretenimento e recreação; S - Outras atividades de serviços. Apenas nos setores da indústria de têxteis, vestuário, couro e produtos relacionados (C-13-C15) e construção (F) o coeficiente estimado para a produtividade setorial é positivo e estatisticamente significativo, ou seja, a procura parece ser suficientemente elástica para compensar a redução do emprego setorial associada ao efeito substituição.

Através do Quadro 3 verificamos a introdução da IA afeta o emprego na maioria dos setores. Como exceção temos onze setores, sendo estes: a indústria extrativa (B), seis subsetores do setor da indústria transformadora (C19, C21, C22\_C23, C24\_C25), serviços de transporte e armazenamento (H), atividades administrativas e serviços de apoio (N), atividades de saúde humana (Q86) e atividades de cuidados residenciais e atividades de trabalho social sem alojamento (Q87-Q88). Nestes, a introdução da IA não parece afetar o respetivo nível de emprego do mesmo setor, o que pode ser explicado, de acordo com o nosso modelo, pelo facto do efeito procura compensar exatamente o efeito substituição.

De acordo com o modelo teórico de oferta e procura setorial, os setores de atividade para os quais os resultados sugerem a existência de um impacto negativo da produtividade no

emprego, devido à introdução de IA, são setores em que a procura não é suficientemente elástica para compensar o efeito substituição negativo sobre o emprego, que por sua vez será mais intenso em setores caracterizados por tarefas de natureza repetitiva. Em setores que produzem bens essenciais como é o caso da agricultura, eletricidade e gás, e alojamento tal parece ser um cenário plausível. Em oposição, pode considerar-se que os setores em que a produtividade não se apresenta significativa como os serviços administrativos, apresentam uma procura elástica, dado que o mercado não surge saciado. Quando as necessidades individuais estiverem satisfeitas irá haver uma diminuição contínua da procura, logo também do emprego, como também concluiu Lopes (2019).

Ainda em relação aos setores em que a produtividade não afeta significativamente o emprego, são setores na sua maioria classificados como indústria e por isso são atividades em que a mão de obra utilizada é intensiva, em que as tarefas desempenhadas nestes setores são de natureza repetitiva e requerem intuição e habilidades no que se refere a resolução de problemas que surgem e em tal situação é difícil a substituição pela IA. Assim, a IA não consegue substituir os trabalhadores de forma direta, pelo que alterações da produtividade não afetam o emprego, conforme analisado nas regressões, surgindo a IA como complemento às tarefas dos trabalhadores destes setores, aumentando a sua produtividade, mas não conseguindo substituir o trabalho. O mesmo acontece com a construção, em que as tarefas desenvolvidas são mais rotineiras, e onde a procura poderá ser inelástica, o que levou ao impacto positivo.

No que se refere aos setores da indústria, nomeadamente o da indústria de metais de base e de produtos metálicos (C24\_C25) e de produtos farmacêuticos (C21), deve ter-se em conta que estes componentes muitas vezes são utilizados na fabricação de outros produtos complementares ou similares, em vez de serem utilizados diretamente pelo consumidor final. Esta fabricação intermédia, normalmente ocorre através de tarefas repetitivas, dado que a produção surge em série. Dadas as características descritas, as tarefas podem ser automatizadas e a IA tem um papel importante. Esta conclusão surge em conformidade com Autor e Salomons (2017) que concluíram que as tarefas a realizar em setores como o da indústria transformadora passarão a ser realizadas por máquinas, acontecendo esta substituição a um ritmo crescente. Nesse sentido, todo o setor de fabricação devia apresentar coeficientes significativos no impacto da produtividade perante o emprego. Ainda assim tal não surge na questão dos componentes metálicos, dado que estes têm que acompanhar de forma rápida a evolução dos equipamentos nos quais irão ser utilizados, facto que dificulta

a questão da introdução da IA. O mesmo ocorre com os produtos farmacêuticos, dado que se torna necessária a ação humana para ultimar pormenores que podem ser importantes para a saúde, podendo ter por isso uma procura menos elástica.

Os setores como a agricultura (A), eletricidade e gás (D), construção (F), telecomunicações (J61), atividades científicas (M), artes (R) e outros serviços (S) apresentam muito potencial para a introdução da IA e como tal o coeficiente surge significativo, sendo provável a substituição dos trabalhadores por máquinas. No caso do setor da construção (F), o efeito da substituição é inferior ao efeito da procura, dado que o número de empregos criados compensa a introdução da IA. Nos setores que envolvem fabricação (C) nas quais se realiza tarefas de forma rotineira recorre-se muito a máquinas e equipamentos, que podem ser realizadas com recurso à IA. As telecomunicações (J61), o fabrico de componentes eletrónicos (C26), consultoria e serviços de informação (J62\_J63), bem como as atividades imobiliárias (L) surgem como as atividades que apresentam coeficientes mais elevados, pelo que são os setores em que a IA apresenta maior impacto, dado que a produtividade afeta de forma mais intensiva o emprego do setor.

Pressupõe-se que todos os setores com um coeficiente estimado para a produtividade significativo dizem respeito a mercados em que os bens ou os serviços em causa correspondem a necessidades satisfeitas dos consumidores. Neste caso, mesmo com a introdução da IA, o nível de procura não aumentará muito, uma vez que as necessidades estão satisfeitas, logo, a dimensão deste impacto é reduzida e assim os empregos criados não são suficientes para que o emprego não sofra um impacto negativo via efeito substituição. Os setores em que o impacto é positivo e significativo o setor da construção (F) o setor de indústria têxtil (C13\_C15), onde a introdução da IA contribuiu para complementar serviços e por isso o preço diminuiu, pelo que mais indivíduos terão acesso a estes serviços e a procura aumentará, sendo necessário ter mais trabalhadores, pelo que o efeito da procura é superior ao efeito da substituição.



**Quadro 3: Resultados para o impacto da produtividade por setor de atividade  
(modelo de efeitos fixos com variável dependente desfasada)**

Setor	$\beta$	Erro-padrão	$R^2$	Durbin-Watson	F
A	-0,163***	0,0171	0,9992	2,0037	332,309***
B	-0,0178	0,0147	0,999	1,848	409,847***
C13_C15	0,0462**	0,018	0,9994	1,5614	2793,95***
C16_C18	-0,0034**	0,0015	0,9997	1,4649	1101,61***
C19	0,0025	0,0125	0,9975	1,8096	474,206***
C20	-0,0593***	0,0146	0,9996	1,6848	387,109***
C21	-0,0199	0,0276	0,994	1,524	202,224***
C22_C23	0,0116	0,0218	0,9996	1,6174	401,752***
C24_C25	-0,007	0,0258	0,9995	1,6982	282,614***
C26	-0,2163***	0,0309	0,9947	0,2273	44,7469***
C27	-0,0275	0,0605	0,9962	0,3441	21,0848***
C28	-0,0652**	0,0275	0,9993	1,621	256,934***
C29_C30	-0,0212	0,0255	0,9993	1,3224	365,357***
D	-0,0612***	0,0136	0,9984	1,6932	439,474***
F	0,0703***	0,0189	0,9993	1,2058	567,037***
H	-0,019	0,012	0,9998	1,5487	356,952***
I	-0,0585***	0,0177	0,9997	1,6645	1260,45***
J61	-0,2382***	0,0197	0,9975	1,6203	341,909***
J62_J63	-0,1516***	0,0299	0,9989	1,5185	1194,59***
K	-0,0266*	0,0143	0,9997	1,5989	424,774***
L	-0,2197***	0,0211	0,9994	1,7115	967,885***
M	-0,0819***	0,0143	0,9997	1,8054	1449,69***
N	-0,022	0,0293	0,9993	1,9368	953,057***
P	-0,0594***	0,0149	0,9999	1,8742	1101,91***
Q86	0,0167	0,0108	0,9999	1,7609	857,968***
Q87_Q88	-0,02	0,0204	0,9926	1,9747	283,581***
R	-0,1046***	0,017	0,9996	1,4667	401,985***
S	-0,113***	0,0225	0,9994	1,5179	236,903***

Notas:  $\beta_1$  - coeficiente de produtividade do trabalho ( $\alpha$ ); \*\*\* nível de significância, 1%; \*\* nível de significância, 5%; \* nível de significância, 10%

Por economia de espaço e dado que não constituem a análise central do trabalho, não são apresentados os resultados relativos às variáveis de controlo, mas no que se segue procede-se a uma descrição sumária dos mesmos. Relativamente ao preço do trabalho ou salário ( $w$ ), na maioria dos setores este apresenta um coeficiente estatisticamente significativo e negativo, como esperado, indicando que o aumento do preço do trabalho tende a reduzir o emprego, porque se vai traduzir num aumento dos preços setoriais (consequência do aumento dos custos de produção) e porque o trabalho fica relativamente mais caro, sendo

substituído por capital. As exceções são os setores C13\_C15, C21, H, L, M, N, Q87\_Q88, para os quais o coeficiente é estatisticamente significativo nos quatro primeiros, e nos restantes não o é. No que respeita ao preço do capital ( $r$ ), o coeficiente estimado apresenta sinal negativo em 25 dos 28 setores analisados: nestes a substituição de capital por trabalho quando o primeiro fica relativamente mais caro não é suficiente para compensar a redução da procura de fatores de produção, incluindo o trabalho, resultante do aumento dos custos de produção, o qual se traduz num aumento do preço setorial e logo numa redução da procura. Assim pode-se concluir que na maior parte dos setores o aumento do preço capital resulta numa redução do emprego. De realçar que os subsectores onde se verificou mais este sinal negativo pertencem à indústria transformadora. As exceções são os setores D, J62\_J63 e K, onde K é o único que apresenta o coeficiente estatisticamente significativo. Os coeficientes estimados das variáveis procura interna ( $g$ ) e procura externa ( $g^*$ ) são, em mais de metade dos setores (78,5%), positivos e estatisticamente significativos como esperado, ou seja, um aumento da procura global resulta também num aumento da procura setorial, cuja satisfação exige aumentar a produção e logo o emprego. As exceções são os setores A, D, J62\_J63, C13\_C15, C21, Q87\_Q88, onde o coeficiente é estatisticamente significativo nos últimos três e o sinal negativo apenas surge para a procura interna ( $g$ ); nos primeiros três o sinal é negativo apenas para a procura externa ( $g^*$ ) e respetivo coeficiente não é estatisticamente significativo. O coeficiente estimado do nível de preços interno apresentou sinal positivo e estatisticamente significativo em 24 setores (85,7%), de acordo com o esperado: se os restantes produtos ficam relativamente mais caros a procura pela produção do setor vai aumentar, o que exige mais trabalhadores. As exceções são os setores C13\_C15, C21, H e Q86, para os quais o coeficiente é estatisticamente significativo apenas para os dois primeiros. Quando os preços nacionais aumentam, apenas nestes setores observamos uma diminuição da procura de mão de obra, ou seja, a diminuição do nível de emprego. Por fim, o coeficiente estimado do nível de preços externo registou, em apenas 3 setores sendo estes o A, D e J62\_J63 o sinal positivo esperado, onde somente o D tem o coeficiente estatisticamente significativo. As exceções são os restantes setores, onde apenas 8 têm o coeficiente não é estatisticamente significativo.

## 5. Conclusão

O impacto económico da inovação tecnológica associada à IA tem suscitado preocupações a todos os níveis, principalmente no que respeita a uma redução do emprego a nível agregado. Segundo vários autores este fenómeno tem um potencial para destruir empregos ao substituir trabalhadores por máquinas, diminuindo a participação do trabalho na criação de riqueza. A maior preocupação surge porque esta substituição provocada pela introdução da IA no processo produtivo aplica-se não só a setores de atividade com tarefas de natureza mais rotineira, como também potencialmente em todos os outros setores de atividade.

O impacto da IA sobre o emprego nos vários setores pode ter intensidades e sinais diferentes devido à natureza distinta das tarefas realizadas em cada um, mas depende também da elasticidade preço da procura setorial, não sendo o sinal do efeito líquido claro à partida. Neste caso, para estudar o impacto da introdução da IA, via produtividade, no emprego de diferentes setores foi estimado um modelo que relaciona o emprego setorial com outras variáveis, mas em particular a produtividade, que incorpora os efeitos substituição e procura propostos por Bessen (2017, 2018), incorporados num modelo de oferta e procura setoriais aprofundado por Lopes (2019) e Bação et al. (2022). Assim sendo, o objetivo deste trabalho é identificar o referido impacto, estudando a relação a nível setorial, separando os setores onde a introdução da IA no processo produtivo gera impacto negativo no emprego, os que onde resulta na criação líquida de emprego, e os que onde o impacto não é significativo. Para o efeito realizou-se uma análise econométrica a partir de dados em painel ao longo do período de 1997-2018, considerando 28 setores em 28 países.

Os resultados exploratórios obtidos indicam que na maioria dos setores a produtividade afeta, o nível de emprego; em onze dos vinte e oito setores analisados tal não se verifica dado que o coeficiente estimado para a produtividade não é estatisticamente significativo. Nos que apresentam um coeficiente estimado para a produtividade com sinal negativo e estatisticamente significativo, de acordo com o modelo teórico de oferta e procura setorial, a procura não é suficientemente elástica para compensar o efeito substituição negativo sobre o emprego. Este cenário verifica-se para quinze dos vinte e oito setores analisados (53,5%), nestes podemos identificar a agricultura, alguns subsectores da indústria transformadora (por exemplo, indústria de madeira, papel.; e indústria de máquinas e equipamentos), fornecimento de eletricidade e gás, alojamento e restauração, telecomunicações, Atividades

de programação informática, consultoria e serviços de informação, Atividades financeiras e de seguros, Atividades imobiliárias, Atividades profissionais, científicas e técnicas, educação, atividades sociais, e artes, entretenimento e recreação. Isto advém possivelmente do facto de estes setores estarem em mercados nos quais as necessidades estão saciadas, e por isso o aumento da procura induzida pela redução dos custos de produção não é suficiente para compensar os empregos perdidos devido à automação.

Os setores onde o impacto da produtividade no emprego é positivo e significativo são apenas o setor de indústria de têxteis, vestuário, couro e produtos relacionados e o de construção. Neste caso, a procura aparenta ser suficientemente elástica para compensar a redução do emprego setorial associada ao efeito substituição, dado que nestes setores o mercado não surge saciado. É plausível que nestes setores a introdução de tecnologias como a IA complemente as atividades dos trabalhadores, conduzindo a uma redução dos custos de produção, originando assim uma maior procura e conseqüente aumento de emprego.

O coeficiente da produtividade não é estatisticamente significativo em oito dos vinte e três setores com coeficiente negativo, o que indica que nestes setores a proporção do efeito procura é equivalente à do efeito substituição. Ou seja, apesar do potencial para o impacto negativo, os empregos destruídos pela introdução de novas tecnologias como a IA, conseguem ser substituídos pela criação de novos através do aumento da procura influenciada pela redução dos preços.

Tendo em conta os resultados obtidos e a rápida evolução das tecnologias que vivemos nos tempos de hoje, torna-se importante prevenir o possível impacto negativo no emprego futuro, através de políticas e métodos de previsão para cada setor. Nos setores em que o impacto da produtividade com a introdução da IA no emprego é positivo, seria interessante promover já a introdução da IA de modo a preparar e ajustar as empresas às mudanças introduzidas pela IA, prevenindo-se assim o desemprego futuro que poderá surgir caso não se promova esta mudança a tempo.

Devido à autocorrelação das variáveis observada nos resultados deste estudo, há uma necessidade de aplicar métodos adequados para a estimação de um modelo de painel dinâmico. Ainda, para estudos futuros, uma análise e reflexão dos países mais afetados com a introdução da IA no processo produtivo no emprego, assim como a percentagem de emprego dos setores mais afetados, seria um bom complemento para este estudo.

## 6. Lista de referências bibliográficas

- Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2018). The race between man and machine: Implications of technology for growth, factor shares, and employment. *American Economic Review*, 108(6), 1488-1542. <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/aer.20160696>
- Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2019). Automation and new tasks: How technology displaces and reinstates labor. *Journal of Economic Perspectives*, 33(2), 3-30. <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jep.33.2.3>
- Agrawal, A., Gans, J. S., & Goldfarb, A. (2019). Artificial intelligence: the ambiguous labor market impact of automating prediction. *Journal of Economic Perspectives*, 33(2), 31-50. <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jep.33.2.31>
- Autor, D., & Salomons, A. (2017). Does productivity growth threaten employment? “Robocalypse now”?. Presented at the European Central Bank Annual Conference, Sintra, Portugal (Vol. 27).
- Autor, D., & Salomons, A. (2018). Is automation labor-displacing? Productivity growth, employment, and the labor share. National Bureau of Economic Research Working Paper No. 24871. <http://www.nber.org/papers/w24871>
- Bação, P., Gaudêncio Lopes, V., & Simões, M. (2022). AI, Demand and the Impact of Productivity-enhancing Technology on Jobs: Evidence from Portugal. *Eastern European Economics*, 1-25. <https://doi.org/10.1080/00128775.2022.2064307>
- Bessen, J. (2017). Automation and jobs: When technology boosts employment. Boston University School of Law: *Law and Economics Research Paper* , 17-09.
- Bessen, J. (2018). AI and jobs: The role of demand. Boston University School of Law: *Law and Economics Research Paper*, 17-46. <http://www.nber.org/papers/w24235>
- Bessen, J. (2019). Automation and jobs: When technology boosts employment. *Economic Policy*, 34(100), 589-626. <https://doi.org/10.1093/epolic/eiaa001>
- Calì, M., & Presidente, G. (2022). Robots For Economic Development.
- Calì, M., & Presidente, G. (2022, março 13). Robots for economic development. Obtido em abril 10, 2022, de <https://voxeu.org/article/robots-economic-development>
- Damioli, G., Van Roy, V., & Vertesy, D. (2021). The impact of artificial intelligence on labor productivity. *Eurasian Business Review*, 11(1), 1-25. <https://doi.org/10.1007/s40821-020-00172-8>

- Dixit, A., Stiglitz, J. (1977). Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity. *American Economic Association*, 67(3), 297-308.  
<http://www.jstor.org/stable/1831401>
- Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2017). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technological forecasting and social change*, 114, 254-280.  
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.08.019>
- Georgieff, A., & Hye, R. (2022). Artificial Intelligence and Employment: New Cross-Country Evidence. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 5.  
<https://doi.org/10.3389/frai.2022.832736>
- Lopes, V. G. B. (2019). AI, demand and employment: A sectoral analysis for the Portuguese economy, Trabalho Projeto de Mestrado em Economia, FEUC, Universidade de Coimbra.  
<http://hdl.handle.net/10316/86474>
- Makridakis, Spyros (2017). The forthcoming Artificial Intelligence (AI) revolution: Its impact on society and firms. *Futures*, 90, 46-60.  
<https://doi.org/10.1016/j.futures.2017.03.006>
- Naudé, W. (2021). Artificial intelligence: neither Utopian nor apocalyptic impacts soon. *Economics of Innovation and new technology*, 30(1), 1-23.  
<https://doi.org/10.1080/10438599.2020.1839173>
- Schwab, Klaus (2016, Janeiro 2014). The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond. Obtido em março 3, 2022, de <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>
- Yang, C. H. (2022). How artificial intelligence technology affects productivity and employment: firm-level evidence from taiwan. *Research Policy*, 51(6), 104536.  
<https://doi.org/10.1016/j.respol.2022.104536>

## Anexo A

### Quadro A.1- Setores analisados

<b>Código</b>	<b>Setor</b>
A	Agricultura, silvicultura e pesca
B	Indústria extrativa
C13-C15	Indústria de têxteis, vestuário, couro e produtos relacionados
C16-C18	Indústria de madeira, papel, impressão e reprodução
C19	Indústria de coque e de produtos petrolíferos refinados
C20	Indústria de produtos químicos e produtos químicos
C21	Indústria de produtos farmacêuticos de base e de preparações farmacêuticas
C22-C23	Indústria de produtos de borracha e plástico e outros produtos minerais não metálicos
C24-C25	Indústria de metais de base e de produtos metálicos, exceto máquinas e equipamentos
C26	Indústria de produtos informáticos, eletrônicos e óticos
C27	Indústria de equipamento elétrico
C28	Indústria de máquinas e equipamentos
C29-C30	Indústria de veículos automóveis, reboques, semi-reboques e outro material de transporte
D	Fornecimento de eletricidade, gás, vapor, ÁGUA e ar condicionado
F	Construção
H	Transporte e armazenamento
I	Alojamento e atividades de serviço alimentar
J61	Telecomunicações
J62-J63	Atividades de programação informática, consultoria e serviços de informação
K	Atividades financeiras e de seguros
L	Atividades imobiliárias
M	Atividades profissionais, científicas e técnicas
N	Atividades administrativas e de serviços de apoio
P	Educação
Q86	Atividades de saúde humana
Q87-Q88	Atividades de cuidados residenciais e atividades de trabalho social sem alojamento
R	Artes, entretenimento e recreação
S	Outras atividades de serviços

### Quadro A.2- Países da amostra

Código	País	Código	País
AT	Áustria	IE	Irlanda
BE	Bélgica	IT	Itália
BG	Bulgária	JP	Japão
CY	Chipre	LT	Lituânia
CZ	Chéquia	LU	Luxemburgo
DE	Alemanha	LV	Letónia
DK	Dinamarca	NL	Países Baixos
EE	Estónia	PL	Polónia
EL	Grécia	PT	Portugal
ES	Espanha	SE	Suécia
FI	Finlândia	SI	Eslovénia
FR	França	SK	Eslováquia
HR	Croácia	UK	Reino Unido
HU	Hungria	US	Estados Unidos da América

### Anexo B

#### Quadro B.1: Variáveis utilizadas para no cálculo da produtividade do trabalho (a) e salários (w)

Variável	Descrição	Unidade	Fonte
Compensação	Remuneração dos trabalhadores, por setor	Compensação dos trabalhadores, preços correntes, milhões	EU KLEMS
Vab	Valor acrescentado Bruto real, por setor	Unidade monetária nacional, preços correntes	EU KLEMS
Horas	Horas trabalhadas, por setor	Total de horas trabalhadas, milhares	EU KLEMS