

## As novas tecnologias: O que são e como afetam a economia?

A mudança tecnológica tem sido, até hoje, fundamental para o desenvolvimento económico e social da espécie humana. Apesar disso, a revolução tecnológica que estamos a viver – com a inteligência artificial (IA) na vanguarda – além de nos surpreender também gera alguns receios. Estes receios podem dever-se à nova natureza das tecnologias do futuro e aos possíveis efeitos perturbadores que podem ter sobre a nossa economia e a nossa sociedade. Ao mesmo tempo, estas novas tecnologias podem ser fundamentais para o relançamento do crescimento económico, que tem vindo a demonstrar debilidade no nosso contexto europeu.

Neste primeiro artigo do Dossier faremos uma revisão das várias maneiras pelas quais a tecnologia pode impactar no contexto económico.

### O que é a inteligência artificial?

Antes de comentar sobre os canais de impacto das novas tecnologias na economia, convém especificar o que entendemos pela IA, um dos pilares da tecnologia do futuro.

A IA evoluiu muito desde a sua conceção na década de cinquenta na Universidade de Dartmouth. A década de noventa marcou o início de uma etapa muito importante no desenvolvimento da IA, mas a verdadeira explosão na investigação das diferentes técnicas da IA ocorreu no início dos anos 2000, sendo que uma década depois o número de patentes associadas começou a crescer fortemente (ver o primeiro gráfico). Assim, por exemplo, 53% de todas as patentes de IA são posteriores a 2012<sup>1</sup>. Entre os diversos marcos da IA desde os anos 90, podemos recordar como em 1997, o então campeão de xadrez Gary Kasparov foi derrotado pelo supercomputador da IBM Deep Blue; como a Apple nos apresentou em 2011 a sua hoje em dia famosa assistente virtual Siri e como, em 2012, a Google surpreendeu-nos com o primeiro carro sem condutor.

Segundo Brookings, «a IA são máquinas que respondem à estimulação da mesma forma que os humanos fariam, devido à capacidade humana de contemplação, juízo e intenção»<sup>2</sup>. Por outras palavras, a IA é um sistema de *software* que reflete a inteligência humana. Mais especificamente, Brookings fala das suas três qualidades essenciais: a intencionalidade, inteligência e capacidade de adaptação. Intencionalidade refere-se à capacidade das novas máquinas tomarem decisões em tempo real, utilizando a sua capacidade de «sentir». Por exemplo, isto é possível graças à utilização de sensores. Em termos de inteligência, a *machine learning* (uma das principais técnicas da IA), juntamente com a análise de dados, permite que as máquinas tomem decisões que podemos definir como «inteligentes». Finalmente, a capacidade de adaptação é a habilidade das novas máquinas aprenderem à medida que adquirem mais informações e adaptar as suas respostas ao que aprenderam (elas podem até aprender com os acertos e erros de outras máquinas, pois é comum estarem ligadas entre si e partilhar experiências).

### Efeitos na economia

É sabido que o progresso tecnológico é essencial para estimular o crescimento da produtividade e, por conseguinte, o crescimento económico.<sup>3</sup> Mesmo assim, o progresso tecnológico também pode ser uma força perturbadora na economia: Keynes inventou há quase 100 anos o termo «desemprego tecnológico» para se referir ao desemprego devido à substituição de trabalhadores por máquinas. No entanto, os avanços tecnológicos também fazem aumentar as nossas capacidades de produção, razão pela qual também trazem consigo a criação de novos empregos.

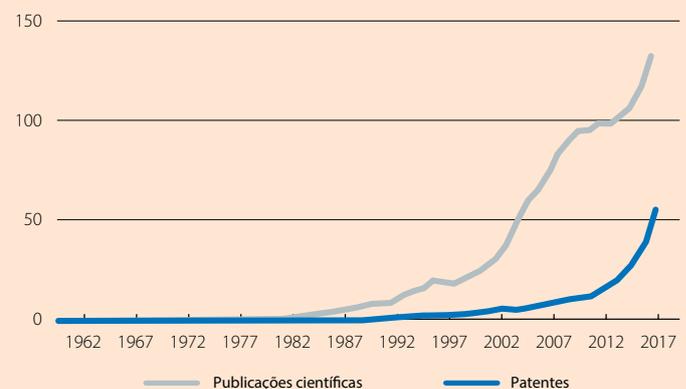
Neste sentido, num mundo onde as máquinas não só executam e pensam, como também começam a aprender, as possibilidades de automatização de trabalhos podem ser ampliadas até limites inimagináveis<sup>4</sup>.

Na era tecnológica atual, os especialistas concentraram-se em quatro maneiras pelas quais as novas tecnologias podem afetar o contexto económico (consulte a tabela de resumo):

**1. Desemprego tecnológico.** Sem dúvida, uma das vias mais exploradas no passado e que ganha protagonismo hoje em dia. De forma geral, aqueles com maior receio de que as máquinas possam substituir-nos como trabalhadores baseiam-se no denominado «efeito de substituição». De facto, a automatização foi, é e será um substituto claro de diversos empregos, o que impli-

### Inteligência artificial: publicações científicas e patentes

(Milhares)



Fonte: WIPO (2019). WIPO Technology Trends 2019: Artificial Intelligence.

1. Ver WIPO (2019). «WIPO Technology Trends 2019: Artificial Intelligence». Geneva: World Intellectual Property Organization.

2. Ver West, D. M. (2018). «What is artificial intelligence?». Brookings Report (4 de outubro de 2018).

3. As instituições também foram um ingrediente importante para a consecução do crescimento económico. Para mais informação, ver Acemoglu, D. e Robinson, J. (2012). «Why Nations Fail: The Origins of Power, Prosperity, and Poverty, 2». E também Haldane A. G. (2018). «Ideas and Institutions – A Growth Story».

4. Ver Brynjolfsson, E. e McAfee, A. (2014). «The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies». WW Norton & Company.

ca a destruição de empregos em determinados setores e ocupações.

Os professores de Oxford Carl B. Frey e Michael A. Osborne são os autores de um dos trabalhos sobre destruição de empregos que despertou mais interesse, dado que a partir do mesmo poder-se-ia depreender que 47% dos empregos nos EUA estavam em risco elevado de serem automatizados.<sup>5</sup> Seguindo a linha aberta por estes dois economistas, há algum tempo que estimámos no BPI Research que, para o caso espanhol, esta percentagem seria de 43%<sup>6</sup>.

No entanto, três economistas da OCDE (Arntz, Gregory e Zhieran) foram lesto em responder ao estudo de Frey e Osborne com uma percentagem substancialmente menor ao considerar que os empregos são compostos por várias tarefas e que apenas algumas são suscetíveis de serem automatizadas. Sob esta abordagem alternativa e com dados de 21 países da OCDE, a percentagem de empregos em risco de serem substituídos pela automatização cairia para 9%<sup>7</sup>.

**2. Produtividade.** Em contraste com o efeito de substituição, temos o denominado efeito de complementaridade. Existem trabalhos onde a automatização complementa o trabalhador. De facto, nestes casos as máquinas aumentam a produtividade dos trabalhadores.

Kevin J. Stiroh, vice-presidente da Reserva Federal de Nova Iorque, num artigo que aborda vários estudos clássicos que relacionam a tecnologia e produtividade, concluiu que as tecnologias da informação e comunicação (TIC) foram uma fonte importante para a melhoria da produtividade nos Estados Unidos no final dos anos 90<sup>8</sup>.

Mais recentemente, várias análises preveem um aumento significativo a médio prazo na produtividade do trabalho mediante a IA. Por exemplo, a Accenture fala sobre taxas de crescimento económico global que podem duplicar as atuais em meados da próxima década, em parte graças a fortes aumentos na produtividade do trabalho (até 40%) como resultado da utilização da IA: as novas formas de tecnologia complementam a força do trabalho, aumentando assim a sua eficiência<sup>9</sup>.

O vínculo entre a IA e a produtividade do trabalho é precisamente o que exploramos nos dois artigos seguintes deste mesmo Dossier para o caso espanhol. Assim como Stiroh, concluímos que as novas tecnologias têm sido um elemento importante na melhoria da produtividade do trabalho em Espanha, embora não de maneira homogénea em todos os setores (consulte o artigo «O papel das novas tecnologias na produtividade espanhola» neste mesmo Dossier para os principais resultados).

**3. Novos produtos-novos empregos.** A IA também melhora a qualidade dos bens e serviços existentes, bem como o aparecimento de novos produtos. Trata-se novamente de um efeito que atua positivamente no emprego, em contraste com o denominado «desemprego tecnológico».

A produção destes novos bens e serviços estará vinculada à criação de novos empregos, que podem pertencer a setores tecnológicos prósperos, que aumentarão devido à relevância da IA. Contudo, também podem estar ligados a novas necessidades ou modelos de negócio que podem surgir através das novas tecnologias.

Esta visão mais positiva da tecnologia mediante a produtividade e de novos produtos e serviços é defendida por economistas como David H. Autor, do MIT. Nalguns dos seus artigos, lembra como os últimos dois séculos de automatização e progresso tecnológico não tornaram os trabalhadores obsoletos<sup>10</sup>.

**4. Superempresas-concorrência.** Finalmente, a tecnologia digital favorece as economias de rede e, portanto, o aparecimento de superempresas (*winner-takes-all*) com claros efeitos potencialmente negativos no âmbito da concorrência. A regulamentação desta concorrência neste novo contexto deverá encontrar um equilíbrio entre o bem-estar do consumidor e o incentivo à inovação, garantir condições de concorrência equilibradas e promover uma maior coordenação internacional em termos de fiscalidade. Falámos sobre todos estes elementos no Dossier «Superempresas: um fenómeno global» na *Informação Mensal* de março de 2019.

Em suma, é difícil prever o caminho que a IA vai seguir no futuro: as máquinas do amanhã podem ajudar-nos a ampliar as nossas capacidades e a favorecer o surgimento de novos bens e serviços, ao mesmo tempo que nos substituem integralmente nalgumas das nossas tarefas. De qualquer forma, é claro que a tecnologia será um agente fundamental no nosso contexto económico e social, com um potencial de disrupção relevante, exigindo instituições preparadas que favoreçam o desenvolvimento tecnológico sem esquecer que as máquinas devem estar sempre ao serviço das pessoas.

### Vias de impacto das novas tecnologias sobre a economia

Desemprego tecnológico	Afetação negativa sobre o mercado de trabalho (efeito de substituição).	
Produtividade	Melhorias na eficiência na produção de bens e serviços (efeito complementaridade).	
Criação de empregos	As melhorias de eficiência impactam positivamente no mercado de trabalho (aumento do número de empregos em setores tecnológicos e não tecnológicos).	
Superempresas	Possível diminuição da concorrência a longo prazo (impacto negativo sobre o investimento e crescimento económico).	

Fonte: BPI Research

5. Ver Frey, C. B. e Osborne, M. A. (2017). «The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?». *Technological Forecasting and Social Change*, 114, 254-280. O artigo apareceu em 2013 como *working paper*.

6. Ver Morron, A. (2016). «Chegará a Quarta Revolução Industrial a Espanha?» na IM02/2016.

7. Ver Arntz, M., Gregory, T. e Zierahn, U. (2016). «The risk of automation for jobs in OECD countries». Mimeo OECD.

8. Ver Stiroh, K. J. (2001). «What drives productivity growth?». *Economic Policy Review*, 7(1).

9. Ver Purdy, M. e Daugherty, P. (2016). «Why artificial intelligence is the future of Growth». Accenture.

10. Ver Autor, David H. «Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation». *The Journal of Economic Perspectives* 29, n.º 3 (2015): 3-30.

## Relevância, tendências e diferenças das tecnologias do futuro

As palavras «Ouve Siri», «Olá Cortana» ou «Alexa procura-me...» são cada vez mais comuns no nosso dia a dia. A nível empresarial, a análise e exploração do *big data* através da inteligência artificial (IA) já é amplamente utilizada para adaptar melhor os produtos aos gostos e necessidades dos clientes. Também no âmbito da medicina, é possível observar que é muito útil e que, de acordo com a prestigiosa revista médica *The Lancet Digital Health*, a IA é tão eficaz como os médicos no diagnóstico de doenças através de imagens.

No entanto, até que ponto as novas tecnologias serão capazes de impulsionar o crescimento futuro da economia espanhola?<sup>1</sup> Para responder a esta pergunta, primeiro é necessário medir o grau de penetração destas tecnologias nesta economia e caracterizar a sua tendência. Este é precisamente o foco deste segundo artigo do Dossier.

Contudo, esta medição e caracterização das novas tecnologias não é uma tarefa simples. A IA (um dos pilares da tecnologia do futuro) é um fenómeno relativamente recente, razão pela qual não existem dados para a quantificar em termos económicos (além de evidências episódicas). Neste sentido, abordaremos a utilização das tecnologias do futuro com várias categorias de capital que abrangem um leque mais vasto do que a IA, mas que são indispensáveis para o desenvolvimento da mesma. Vejamos a seguir.

### Das evidências episódicas à quantificação económica

Para aproximar o grau de penetração das novas tecnologias na economia espanhola, utilizamos a base de dados EU KLEMS, que contém uma série de dados de *stock* de capital desagregados por diferentes tipos de capital, alguns dos quais estão direta ou indiretamente relacionados com a tecnologia da IA. Além disso, este nível de desagregação está disponível para vários países avançados e também por diferentes setores no caso particular de Espanha, o que nos vai permitir, para além de caracterizar a tendência espanhola, compará-la com o que acontece noutros países de referência.

Especificamente, entre as várias dimensões nas quais a EU KLEMS desagrega o *stock* de capital, utilizamos quatro delas para aproximar o *stock* de novas tecnologias: (i) *software* bases de dados, que constituem a essência das novas tecnologias; (ii) investigação e desenvolvimento, onde estas tecnologias são aperfeiçoadas e inventadas; (iii) computadores e (iv) equipamentos de telecomunicações, elementos de capital essenciais para que os anteriores tipos de capital possam funcionar.

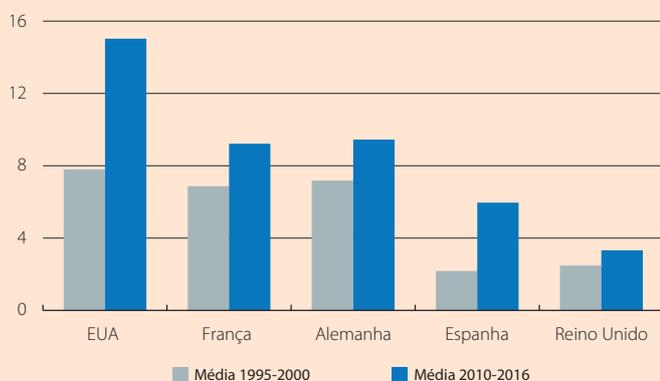
Finalmente, após combinar estes quatro tipos de capital, construímos o rácio em relação ao total de horas trabalhadas (no total de cada país ou setor). Isto oferece-nos uma medida simples da relevância económica do capital em novas tecnologias: os euros investidos em *stock* de capital em novas tecnologias por hora trabalhada<sup>2</sup>. Além disso, também nos permite comparar com outro tipo de *stock* mais clássico, como, por exemplo, os equipamentos de transporte ou outra maquinaria.

### Tendências e heterogeneidade entre países

Tal como é possível observar no primeiro gráfico, as diferenças entre os países não são triviais, embora nos últimos anos todos os países tenham visto reforçar a relevância das novas tecnologias na sua atividade económica.

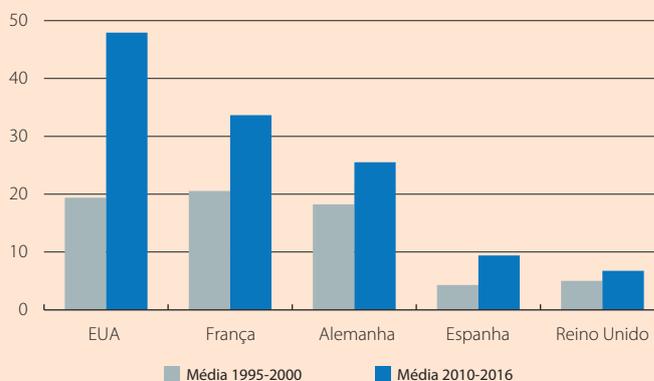
#### Novas tecnologias no total da economia

Stock de capital em novas tecnologias por hora trabalhada \*  
(euros constantes 2010)



#### Novas tecnologias no setor industrial

Stock de capital em novas tecnologias por hora trabalhada \*  
(euros constantes 2010)



**Nota:** \* O stock de capital em novas tecnologias inclui os seguintes elementos: software e bases de dados, I&D, computadores e equipamentos de telecomunicações da base de dados da EU KLEMS.

**Fonte:** BPI Research, a partir dos dados da base de dados da EU KLEMS Release 2019.

1. Ver o artigo «O papel das novas tecnologias na produtividade espanhola» neste mesmo Dossier para a análise dos efeitos das novas tecnologias na produtividade espanhola.
2. Tratam-se de euros constantes em 2010.

Entrando em detalhe, observamos como os EUA lideram as novas tecnologias entre o grupo de países avançados analisados. Um facto que, por outro lado, não nos surpreende, pois a IBM e a Microsoft, duas empresas norte-americanas, são as principais responsáveis pelas patentes de IA a nível mundial<sup>3</sup>. A França e a Alemanha estão num nível intermédio de *stock* de novas tecnologias, enquanto a Espanha, juntamente com o Reino Unido, estão em níveis mais baixos.

A semelhança do *stock* de capital em novas tecnologias por hora trabalhada em França e na Alemanha é surpreendente. A liderança industrial da Alemanha não parece estar a traduzir-se num forte investimento em novas tecnologias. No entanto, devemos destacar que é o terceiro país em número de robôs por cada 10.000 trabalhadores, apenas atrás da Coreia e de Singapura e empatada com o Japão<sup>4</sup>, sendo que muitos destes robôs ainda são classificados como «outro tipo de máquina», uma miscelânea em que é difícil distinguir o seu desenvolvimento tecnológico. De facto, neste tipo de maquinaria a Alemanha está acima da França e até dos EUA<sup>5</sup>. No entanto, o capital que definimos como não relacionado com as novas tecnologias, e no qual a Alemanha se destaca, possui uma relevância económica (ou seja, *stock* por hora trabalhada) maior do que a do capital em novas tecnologias (cerca de três vezes maior no caso das indústrias e mais de cinco vezes maior no total das atividades económicas), embora o seu crescimento tenha sido praticamente nulo nas últimas décadas.

O caso de Espanha também merece alguma atenção. Ao contrário do Reino Unido, e até da Alemanha e da França, Espanha destaca-se pelas elevadas taxas de crescimento em novas tecnologias. Neste sentido, a economia espanhola poderá atingir o mesmo nível da Alemanha ou da França em novas tecnologias em cerca de 10 anos, se se mantiver a tendência das duas últimas décadas.

Por outro lado, a convergência com os EUA é algo que por agora parece estar muito distante para os países europeus. A economia norte-americana está bem acima do *stock* de capital em novas tecnologias por hora trabalhada e, além disso, possui um ritmo de crescimento muito maior ao observado na maior parte dos países europeus.

Se utilizarmos outras medidas indiretas relacionadas com a importância da IA em cada país, como os registos de patentes, a Alemanha é o primeiro país europeu a aparecer no *ranking* de países, ocupando a quinta posição a nível mundial, mas com um nível muito mais baixo do que os dois primeiros, a China e EUA, e até em relação ao terceiro e quarto país, o Japão e a Coreia do Sul (ver o segundo gráfico)<sup>6</sup>.

### Heterogeneidade setorial: o caso de Espanha

A quantificação da relevância económica das novas tecnologias permite-nos também analisar as diferenças e semelhanças entre os setores de atividade para o caso espanhol<sup>7</sup>. Especificamente, numa observação rápida o terceiro gráfico mostra que existem dois tipos diferentes de setores: indústrias e serviços com um elevado nível de *stock* de novas tecnologias e indústrias e serviços com um nível médio-baixo<sup>8</sup>.

De facto, os setores com um elevado nível de *stock* de capital em novas tecnologias coincidem com os setores que o Eurostat diz serem indústrias *high tech* e serviços intensivos em conhecimento. A classificação do Eurostat é baseada em três abordagens: despesa em I&D (que também fazem parte da nossa medida de capital em novas tecnologias), o conteúdo tecnológico dos bens e serviços que produzem e o número de patentes *high tech* que registam. Assim, a utilização de novas tecnologias como fator produtivo está associado à produção de bens e serviços com maior conteúdo tecnológico.

3. Atrás da IBM e da Microsoft estão várias empresas do Japão e da Coreia do Sul. Ver WIPO (2019). «Technology Trends 2019: Artificial Intelligence».

4. Dados de acordo com a International Federation of Robotics.

5. De acordo com dados da EU KLEMS.

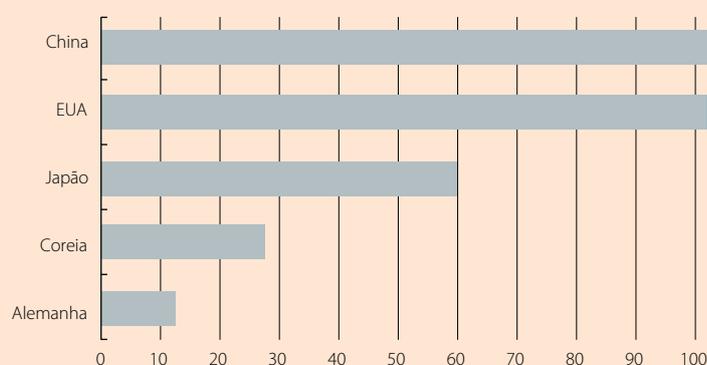
6. Observamos o registo da primeira patente por país, pois após o primeiro registo pode ser registado noutras jurisdições devido a matéria de proteção legal. Ver WIPO (2019). «Technology Trends 2019: Artificial Intelligence».

7. A análise é realizada com uma decomposição de 31 setores de atividade que incluem a indústria e os serviços. Na decomposição industrial e de serviços não são considerados nem o setor agrícola nem o setor da mineração. Na análise por países ambos os setores são considerados no agregado total da economia.

8. Como exemplo, entre o grupo de setores industriais *low tech* existem setores como o têxtil ou o da construção, enquanto entre os *high tech* existem setores como produtos químicos e farmacêuticos ou equipamentos óticos. Por sua vez, no lado dos serviços, entre os *low tech* são incluído o da educação, enquanto o *high tech* inclui o setor da informação e comunicações e as atividades financeiras e de seguros.

### Registo de patentes de inteligência artificial

Número de primeiros registos (milhares)



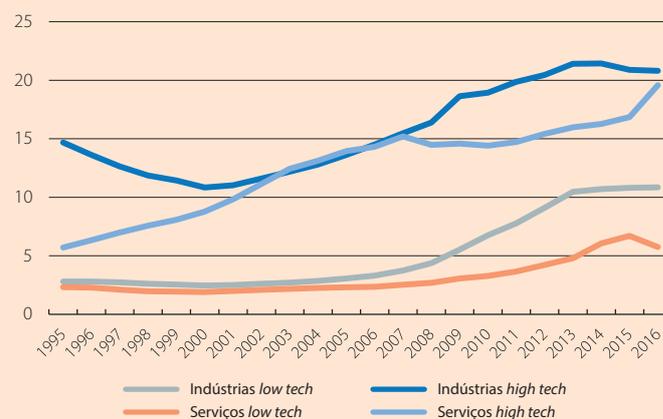
Fonte: WIPO (2019). «WIPO Technology Trends 2019: Artificial Intelligence».

Além das diferenças observadas no nível de *stock* de capital em novas tecnologias de acordo com o setor, também é significativo o facto de não existir convergência entre os dois tipos de setores (*high tech* e *low tech*). No entanto, neste ponto é necessário sermos prudentes, pois pode dar-se o caso de que os avanços das novas tecnologias deem uma viragem no futuro para setores que atualmente não fazem um uso intensivo das mesmas e que ocorra um processo de convergência.

Em suma, o papel das novas tecnologias nas economias é cada vez mais importante. Mesmo assim, nem todos os países ou setores possuem a mesma relevância nem avançam com o mesmo dinamismo. Esta disparidade pode influenciar as taxas de crescimento económico futuro e o grau de inclusão deste crescimento. Para entender melhor o impacto económico no caso da economia espanhola, convidamos o leitor para continuar a ler o terceiro artigo deste Dossier, onde detalhamos uma das vias mais relevantes do impacto económico (o efeito da produtividade) e propomos vários cenários para o futuro da nossa economia.

### Espanha: novas tecnologias

Stock de capital em novas tecnologias por hora trabalhada \*  
(euros constantes 2010)



**Nota:** \* O stock de capital em novas tecnologias inclui os seguintes elementos: software e bases de dados, I&D, computadores e equipamentos de telecomunicações da base de dados da EU KLEMS. A classificação high tech e low tech é baseada no Eurostat. No texto do artigo são especificadas as características.

**Fonte:** BPI Research, a partir dos dados da base de dados da EU KLEMS Release 2019.

## O papel das novas tecnologias na produtividade - o caso de Espanha

Imagine um grupo de amigos num bar a comentar a atualidade. Um deles exclama: «Outro dia li que os computadores já são capazes de identificar imagens e cometer menos erros do que um ser humano!» É provável que imediatamente depois sejam referidos outros exemplos sobre o universo de possibilidades oferecidas pelas novas tecnologias. Também é muito provável que muitos de nós já tenhamos tido uma conversa semelhante a esta, o que mostra até que ponto os avanços tecnológicos nos surpreendem e também a dimensão do seu impacto económico e social.

Mais além desta situação, a questão que abordamos é saber se esta dimensão é de primeira ordem e, conseqüentemente, se as novas tecnologias possuem o potencial de impulsionar o crescimento futuro da economia espanhola. Neste artigo veremos que, de facto, as novas tecnologias favoreceram o crescimento da produtividade do trabalho espanhol no passado e que o podem fazer novamente nesta nova era tecnológica em que estamos a entrar.

Uma primeira análise da relação entre o grau de penetração das novas tecnologias e a produtividade do trabalho mostra que existe uma correlação positiva entre o crescimento de ambas as variáveis nos últimos 20 anos<sup>1</sup>. Além disso, convém destacar que esta correlação parece ser mais acentuada entre as atividades económicas do setor dos serviços (ver o primeiro gráfico)<sup>2</sup>.

### Uma visão mais detalhada sobre os principais fatores da produtividade

Infelizmente, o gráfico que vimos anteriormente oferece uma análise incompleta do problema. O cerne da questão é que podem existir outros fatores que estão a contribuir positivamente para o crescimento da produtividade, mas que ao mesmo tempo estão positivamente correlacionados com o grau de penetração das novas tecnologias. Como exemplo, vamos imaginar um mundo onde a produtividade de um setor se

deva, única e exclusivamente, ao grau de formação dos seus trabalhadores, e que nos setores com trabalhadores mais formados haveria uma maior incidência das novas tecnologias. Neste exemplo, a correlação entre os avanços das novas tecnologias e a produtividade do trabalho seria positiva, mas seria resultado do nível de formação dos trabalhadores em cada setor e não das novas tecnologias.

Para considerar este fator, realizámos um exercício estatístico mais completo, no qual, para além de considerar variáveis como a produtividade do trabalho e as novas tecnologias para cada setor, incluímos outras variáveis na análise que poderiam influenciar os resultados, como por exemplo o restante capital físico<sup>3</sup>. A variável-chave da nossa análise é a elasticidade do crescimento da produtividade do trabalho em relação ao crescimento do capital em novas tecnologias, que é nada mais e nada menos do que a sensibilidade do crescimento da produtividade a um aumento de 1 p.p. no crescimento do capital em novas tecnologias<sup>4</sup>.

1. Definimos «produtividade do trabalho» como o valor agregado bruto por hora trabalhada. Definimos o grau de penetração das novas tecnologias, como o *stock* por hora trabalhada em *software* e bases de dados, investigação e desenvolvimento, computadores e equipamentos de telecomunicações (segundo a EU KLEMS). Tal como é referido no segundo artigo, é uma abordagem ampla das novas tecnologias.

2. Classificámos os setores económicos de acordo com a classificação do Eurostat: *low tech* indústria e serviços, e *high tech* indústria e serviços. Nesta subdivisão, fica excluído o setor agrícola (código CNAE 2009: A). Ver o segundo artigo deste mesmo Dossier para mais informações sobre como o Eurostat efetua esta classificação.

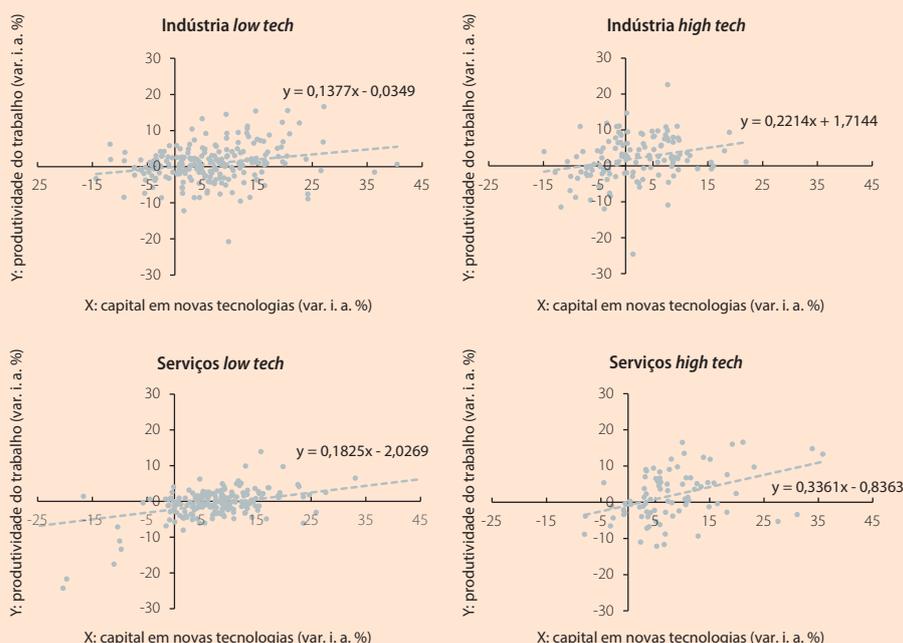
3. Mais especificamente, estimámos o seguinte modelo de regressão de painel:

$$\Delta \ln Lprod_{i,t} = \alpha + \gamma_i + \delta_t + \beta \Delta \ln K_{i,t}^A + \theta' \Delta \ln x_{i,t} + v_{i,t}$$

onde os índices *i* e *t* referem-se, respetivamente, ao setor económico e ano. Da mesma forma, a variável *Lprod* refere-se à produtividade do trabalho, a  $K_{i,t}^A$  ao *stock* de capital em novas tecnologias, *x* às restantes variáveis de controlo (em particular, incluímos todo o *stock* de capital que não é classificado como  $K_{i,t}^A$ , a percentagem de trabalhadores com um grau de formação equivalente ou superior ao de licenciatura, o grau de abertura comercial e a e a percentagem de trabalhadores com contrato a termo certo),  $\gamma_i$  ao efeito fixo não observado por cada setor e  $\delta_t$ , ao efeito fixo não observado temporariamente. A variável de interesse é  $\beta$ . Estes resultados são robustos à inclusão de uma variável de tendência temporária a nível setorial.

4. Como exemplo, se a elasticidade for 0,5, isto significa que se o crescimento do capital em novas tecnologias aumentar 1 p.p., o crescimento da produtividade do trabalho aumentaria 0,5 p.p.

### Relação entre a produtividade do trabalho e o capital em novas tecnologias \*



**Nota:** \* Definimos o capital em novas tecnologias como a soma do capital por hora trabalhada nas seguintes categorias da base de dados EU KLEMS: *software* e bases de dados, investigação e desenvolvimento, computadores e equipamentos de telecomunicação.  
**Fonte:** BPI Research, a partir dos dados da base de dados EU KLEMS Release 2019.

Finalmente, a nossa análise diferencia entre elasticidade agregada e desagregada por setores: por um lado, estimamos a elasticidade para todos os setores da economia e, por outro, também estimamos as elasticidades de acordo com certas características de cada setor. Especificamente, estimamos elasticidades desagregadas para quatro grupos: indústrias *low tech*, indústrias *high tech*, serviços *low tech* e serviços *high tech*<sup>5</sup>.

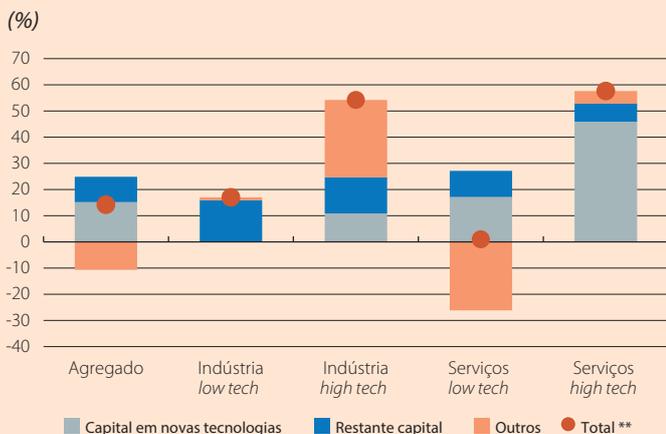
Os resultados da análise empírica (ver o segundo gráfico) mostram como no caso agregado obtemos uma elasticidade de cerca de 0,12, uma dimensão nada desprezável. Como exemplo, convém referir que a elasticidade estimada do fator «restante capital», ou seja, qualquer *stock* de capital que não é classificado como novas tecnologias e que inclui elementos tão importantes para a produtividade de um país como unidades industriais ou máquinas de todos os tipos, é de 0,26. No entanto, este resultado agregado oculta uma grande heterogeneidade. Assim, a elasticidade de acordo com o setor correspondente varia entre 0 e 0,25. Como seria de esperar, as maiores elasticidades estão associadas aos dois grupos de setores que classificamos como *high tech*<sup>6</sup>.

### O papel do capital nas novas tecnologias no crescimento económico

Após obter a estimativa do impacto das novas tecnologias na produtividade do trabalho, realizamos um exercício que mostra com maior clarividência a importância desta forma de capital na economia.

Especificamente, dividimos o crescimento da produtividade do trabalho em três fatores: a contribuição do capital em novas tecnologias, a do capital remanescente – a soma de ambas constitui a totalidade do *stock* de capital físico da economia – e a componente residual que denominamos de «outros» e que inclui elementos como o capital humano até à abertura comercial, a temporalidade e outros fatores enquadrados na denominada produtividade total dos fatores (PTF)<sup>7</sup>. Mostramos os resultados no terceiro gráfico<sup>8</sup>.

### Contribuição para o crescimento da produtividade do trabalho \*



Notas: \* Crescimento da produtividade do trabalho entre a média de 1996-1998 e a média de 2014-2016. \*\* Variação percentual.

Fonte: BPI Research, a partir dos dados da base de dados da EU KLEMS Release 2019.

face a 1,3%, respetivamente. Assim, apesar da elasticidade do capital em novas tecnologias ser menor do que a do restante capital, o seu elevado crescimento explica a sua importante contribuição para o crescimento da produtividade. Por outro lado, a contribuição negativa da componente «outros» para o crescimento da produtividade do trabalho neste período encaixa com outras estimativas que mostram uma contribuição negativa da PTF<sup>9</sup>.

5. Ver a nota 3.

6. Uma menor elasticidade não significa que o setor em questão fique atrasado em termos de inovação tecnológica. A utilidade das novas tecnologias depende da capacidade de fornecer valor e pode acontecer que estas novas tecnologias ainda não estejam a fornecer um grande valor em determinados setores, mas que o façam no futuro.

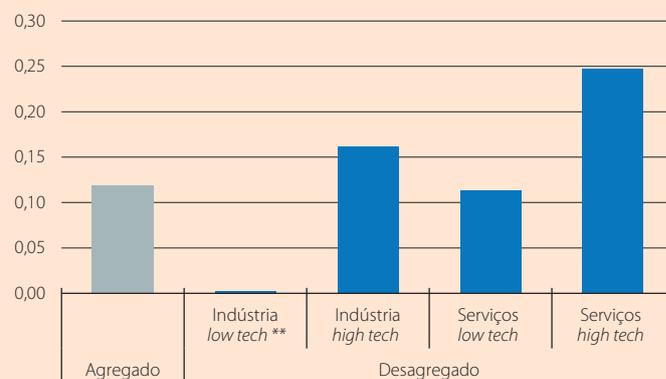
7. A produtividade total dos fatores constitui qualquer crescimento da produtividade que não é explicado pela acumulação de fatores de produção.

8. Para calcular as contribuições, multiplicamos as elasticidades do capital pelo seu crescimento.

9. Ver, por exemplo, Fu, C. e Moral-Benito, E. (2018). «The evolution of Spanish total factor productivity since the global financial crisis», Documentos ocasionais n.º 1808, Banco de Espanha.

### Elasticidade da produtividade do trabalho face ao crescimento do capital em novas tecnologias

(p. p.) \*



Notas: \* Consultar a nota 5 do texto. \*\* A estimativa para este setor possuía uma elasticidade que não se podia diferenciar estatisticamente de zero, razão pela qual impusemos uma igual a zero.

Fonte: BPI Research, a partir dos dados da base de dados da EU KLEMS Release 2019.

Se entrarmos nos detalhes das contribuições para o crescimento por setor, observamos resultados muito diferentes. Se compararmos os ritmos de crescimento da produtividade do trabalho, os dois setores que mais se destacam são classificados como *high tech*, tanto o industrial como os serviços. No entanto, as fontes de crescimento foram muito diferentes entre ambos os setores. Enquanto nos serviços *high tech* a principal fonte foi o crescimento de capital em novas tecnologias, na indústria *high tech* o capital em novas tecnologias teve uma contribuição mais baixa. Por outro lado, o setor dos serviços classificado como *low tech* só experimentou crescimento da produtividade do trabalho durante o período considerado, embora isto se deva à contribuição negativa da componente residual «outros», compensada pelas contribuições de crescimento dos dois tipos de capital. Finalmente, o crescimento da produtividade do setor industrial *low tech* é explicado principalmente pelo crescimento do «restante capital».

### Podemos esperar que as novas tecnologias deem um novo impulso ao crescimento?

Antes de embarcar na senda das conclusões, queremos oferecer ao leitor um exercício teórico destinado a responder à pergunta que fizemos no início do artigo: Até que ponto as novas tecnologias podem agir como um estímulo para o crescimento económico europeu e, em particular o espanhol? Nos Dossiers anteriores, explicámos que a economia mundial enfrenta um período de menor crescimento da produtividade do que noutros períodos históricos<sup>10</sup>. Esta secção oferece cenários que permitem considerar até que ponto a introdução destas novas tecnologias pode estimular o crescimento de produtividade do trabalho em Espanha.

Considerámos dois cenários. O primeiro, mais pessimista, assume que o crescimento do investimento de capital em novas tecnologias será metade do observado historicamente no período 1996-2016, enquanto o segundo, mais otimista, representa um crescimento 50% maior do que a média histórica (consultar a tabela).

#### Cenários de crescimento do capital em novas tecnologias

	Cenário pessimista	Cenário otimista
Diferencial de crescimento do investimento em novas tecnologias em relação ao cenário base *	-50%	+50%
Diferencial de crescimento da produtividade do trabalho em relação ao cenário base (p.p. por ano)	-0,33	+0,33
Diferencial do PIB per capita em 2029 em relação ao cenário base (euros per capita) **	-1 210	1 250
<i>Expresso como percentagem do PIB per capita</i>	-3,7%	3,5%

**Notas:** \* O cenário de linha de base pressupõe um crescimento do stock de capital em novas tecnologias igual à média histórica. \*\* PIB per capita calculado como a proporção do PIB sobre a população com mais de 16 anos. Euros per capita com valor constante sobre a base de 2019.

**Fonte:** BPI Research.

Um aumento do crescimento no investimento em novas tecnologias de 50% (cenário otimista) em relação à média histórica significaria um aumento do crescimento da produtividade (e, portanto, do PIB) de pouco mais de 0,3 p.p. anual. Se em cada ano este diferencial de crescimento parece ser pequeno, acumulado num período de 10 anos implicaria que o PIB seria 3,5% maior em comparação com o PIB de um cenário onde o investimento em novas tecnologias evolua de acordo com a média histórica. Em termos de PIB per capita, seria equivalente a uma diferença de cerca de 1.250 euros.

Este cenário otimista que acabámos de apresentar pode ser inclusivamente conservador se considerarmos o facto de que o potencial das novas tecnologias ainda pode estar a passar por uma fase de transição, na qual as empresas e os consumidores ainda estão a aprender a usá-las com eficiência. Isto

significa que, no futuro, o crescimento da produtividade associado a investimentos em novas tecnologias poderá ser maior do que no passado, à medida que as aplicações consolidam, os novos modelos de negócios amadurecem, a formação dos trabalhadores melhora e são redistribuídos fatores de produção. Portanto, o nosso exercício pode estar inclusivamente a subestimar o impacto das novas tecnologias no crescimento económico futuro, tomando como referência um período de tempo que pode ser de «transição» tecnológica.

Para concluir, considerando os resultados apresentados neste artigo, devemos continuar a avançar na utilização e na difusão de novas tecnologias para favorecer o crescimento económico? Em princípio, a resposta é «sim», mas devemos lembrar-nos que o primeiro artigo deste Dossier sugere que, além do seu impacto positivo na produtividade, as novas tecnologias podem ter efeitos perturbadores no mercado de trabalho (em forma de destruição de emprego) e na estrutura produtiva (favorecendo o aparecimento de superempresas). Uma resposta com todas as nuances requer, portanto, uma análise destas outras dimensões, às quais dedicaremos um próximo Dossier.

No entanto, se nos centrarmos no que aprendemos através desta análise empírica, é inegável que, no caso de Espanha, a introdução das novas tecnologias teve um impacto significativo na produtividade do trabalho nas últimas duas décadas. Este impacto não é homogéneo entre setores, mas é maior naqueles que produzem bens e serviços considerados *high tech*. Mesmo assim, a nível agregado da economia, o efeito foi considerável: no caso de ausência de investimento nestas tecnologias, a produtividade do trabalho em Espanha teria permanecido praticamente estagnada durante o período entre 1996 e 2016.

10. Ver o Dossier «Mudança tecnológica e produtividade» na IM02/2018.