

Estudo da OMPI sobre as Tendências  
da Tecnologia em 2019  
Sumário executivo

# Inteligência Artificial

***O Estudo da OMPI sobre as tendências da tecnologia em 2019: Inteligência Artificial*** documenta como as tecnologias alimentadas por IA estão rapidamente ingressando nos mercados globais e reúne pontos de vista de especialistas na vanguarda da tecnologia da IA. É uma contribuição que tem por objetivo fornecer aos decisores nos setores público e privado uma base de conhecimentos aperfeiçoada, com vista a discussões sobre o futuro da IA, bem como sobre o enquadramento regulamentar e as políticas para essa área que evolui com muita rapidez. Para mais amplos dados estatísticos, ver [www.wipo.int/tech\\_trends/en/artificial\\_intelligence](http://www.wipo.int/tech_trends/en/artificial_intelligence)

A Inteligência Artificial  
é uma nova fronteira  
digital que terá  
profundo impacto no  
mundo, modificando  
a maneira como  
vivemos e  
como trabalhamos.

**Francis Gurry, Diretor Geral da OMPI**

# Sumário executivo

A Inteligência Artificial (IA) tem cada vez mais realizado desdobramentos importantes nas áreas da tecnologia e das atividades empresariais, passando por veículos autônomos e diagnósticos médicos até tecnologias de fabrico avançado. À medida que a IA se desloca do plano teórico para o mercado globalizado, o seu crescimento é alimentado por uma profusão de dados digitalizados e por uma capacidade computacional de processamento que avança a passos de gigante, com efeitos potencialmente revolucionários: detectando padrões entre bilhões de dados aparentemente não relacionados, a IA tem a capacidade de aperfeiçoar as previsões meteorológicas, aumentar o rendimento das colheitas, aperfeiçoar a detecção do câncer, prever a ocorrência de epidemias e aumentar a produtividade industrial.

A IA é a nova  
eletricidade. Não  
posso imaginar uma  
indústria que não  
seja suscetível de ser  
transformada pela IA.

## **As tendências em matéria de tecnologia podem ser identificadas através de análises das patentes**

Fundamentando-se na experiência da OMPI de análise de dados relativos a patentes, esta primeira publicação na série Estudos da OMPI sobre as Tendências da Tecnologia investiga as tendências na era emergente da IA: analisa patentes, publicações científicas e outros dados, com vista a avaliar tendências passadas e atuais em matéria de IA, oferecendo, ao mesmo tempo, uma percepção da maneira como a inovação nesta área é suscetível de se desenvolver nos anos vindouros.

Esta publicação é uma das primeiras que investigam sistematicamente as tendências em matéria de tecnologia de IA, com vista a descobrir quais áreas revelam a maior quantidade de atividade de IA inovadora, quais empresas e instituições estão liderando o desenvolvimento da IA, bem como a localização dos futuros mercados em crescimento.

A OMPI elaborou um novo quadro para a compreensão de desenvolvimentos nesta área, com as tecnologias relacionadas com a IA agrupadas com vista a refletirem três dimensões de IA: técnicas usadas em IA, tais como a aprendizagem automática, aplicações funcionais como o processamento vocal e a visão computacional, bem como os campos de aplicação, entre os quais as telecomunicações e os transportes.

Para cada uma dessas áreas, este relatório oferece dados e análises que identificam as tendências, os principais intervenientes, a distribuição geográfica e a atuação no mercado, incluindo aquisições e contencioso. Além disso, inclui contribuições por parte de especialistas da IA do mundo inteiro, tratando questões como os usos existentes e potenciais e o impacto da tecnologia de IA, questões jurídicas e regulamentares, proteção de dados e preocupações éticas.

## **As invenções relacionadas com IA estão em alta, passando da teoria à aplicação prática**

Desde o surgimento da inteligência artificial nos anos 50, inovadores e pesquisadores têm apresentado pedidos para cerca de 340.000 invenções relacionadas com IA e publicado mais de 1,6 milhão de textos científicos.

A rapidez do aumento dos patenteamentos relacionados com IA tem sido notável: mais da metade das invenções identificadas foram publicadas a partir de 2013.

Se por um lado as publicações científicas sobre IA datam de várias décadas atrás, a explosão de publicações científicas sobre IA só começou por volta de 2001, precedendo em aproximadamente 12 anos um recrudescimento de pedidos de patentes. Além disso, a relação entre artigos científicos e invenções diminuiu de 8:1 em 2010 para 3:1 em 2016 – revelando uma mudança da pesquisa teórica para o uso de tecnologias de IA em produtos e serviços comerciais.

### ***Alguns setores de IA têm crescido mais rapidamente do que outros...***

A aprendizagem automática é a técnica de IA dominante revelada pelas patentes, estando incluída em mais de um terço de todas as invenções identificadas (134.777 documentos de patentes). Os registros de patentes relacionadas com aprendizagem automática têm aumentado em média anual de 28 por cento, com 20.195 pedidos de patentes registrados em 2016 (em comparação com 9.567 em 2013).

As técnicas de aprendizagem automática que estão revolucionando a IA são a aprendizagem profunda e as redes neurais, sendo as seguintes as técnicas de IA com o mais rápido crescimento em termos de registros

de patentes: a aprendizagem profunda registrou uma impressionante taxa média anual de crescimento de 175 por cento de 2013 a 2016, atingindo 2.399 registros de patentes em 2016; e as redes neuronais cresceram à taxa de 46 por cento durante esse mesmo período, com 6.506 registros de patentes em 2016.

Entre as aplicações funcionais de IA, a visão computacional, que inclui o reconhecimento de imagens, é a mais popular. A visão computacional é mencionada em 49 por cento de todas as patentes relacionadas com IA (167.038 documentos de patentes), crescendo anualmente em 24 por cento em média (21.011 pedidos de patentes registrados em 2016).

As aplicações funcionais de IA com os mais altos índices de crescimento em registros de patentes durante o período de 2013 a 2016 foram a IA para robótica e métodos de controle, que cresceram ambos numa média anual de 55 por cento.

Os índices de crescimento observados nos dados identificados de patentes relacionadas com IA são notadamente mais altos do que o índice de crescimento médio anual para patentes em todos os setores da tecnologia, que foi de 10 por cento entre 2013 e 2016.

### ***...e muitas patentes de IA incluem invenções que podem ser aplicadas em diferentes indústrias...***

As patentes relacionadas com IA não apenas revelam técnicas e aplicações de IA, mas também frequentemente referem-se a um campo de aplicação ou a uma indústria. A análise mostra que muitos setores e indústrias estão explorando comercialmente a IA. Vinte campos de aplicação foram identificados na presente análise e pelo menos um foi mencionado em 62 por cento do total dos dados de IA identificados. Incluem, por ordem de grandeza, os seguintes: telecomunicações (mencionado em 15 por

cento de todos os documentos de patentes identificados), transportes (15 por cento), ciências médicas e da vida (12 por cento), bem como equipamentos pessoais, computação e interação humano-computador (HCI) (11 por cento). Outros setores que aparecem nos resultados incluem o setor bancário, de entretenimento, de segurança, indústria e manufatura, agricultura e redes (inclusive redes sociais, cidades inteligentes e Internet das coisas).

Muitas tecnologias relacionadas com IA podem ser úteis em diferentes indústrias, como fica demonstrado pelo elevado número de patentes em IA que se referem a inúmeras indústrias. Os transportes ocupam posição proeminente, não apenas nos resultados globais, mas figuram também entre as áreas que registram os mais altos índices de crescimento em pedidos de patentes relacionados com IA, com 33 por cento de percentual anual de crescimento entre 2013 e 2016 (8.764 registros em 2016). Emergindo rapidamente no âmbito da categoria dos transportes encontram-se o setor aeroespacial e a aviônica (67 por cento de índice de crescimento anual, com 1.813 registros em 2016) e veículos autônomos (42 por cento de crescimento anual, com 5.569 registros em 2016). A forte expansão nas tecnologias dos transportes torna-se mais evidente quando analisamos tendências no decorrer do período de 2006 a 2016: Representando apenas 20 por cento dos pedidos em 2006, passou a constituir, em 2016, um terço dos pedidos (mais de 8.700 registros).

Embora não demonstrem os mesmos altos índices de crescimento que o setor de transportes, os registros de patentes em telecomunicações relacionados com IA cresceram, porém, anualmente numa média de 23 por cento entre 2013 e 2016, com 6.684 registros em 2016. No campo das telecomunicações, o crescimento mais significativo foi registrado na área de redes informáticas/ Internet (17 por cento) e de radiodifusão e televisão (17 por cento). As ciências médicas e da vida cresceram em 12 por cento nesse mesmo período, com 4.112 registros em

## A aprendizagem automática é a técnica relacionada com IA dominante em patentes e está incluída em mais de um terço de todas as invenções identificadas.

2016, incluindo a informática médica (índice de crescimento de 18 por cento) e a saúde pública (17 por cento de crescimento). Equipamentos pessoais, informática e interface computador-humano (ICH) cresceram 11 por cento em média anual entre 2013 e 2016, com 3.977 registros em 2016, e no âmbito desta categoria foi registrado aumento notável no subcampo da computação afetiva (37 por cento), que reconhece emoções humanas.

Outros setores e subcategorias em áreas que apresentam índices notáveis de crescimento em registros de patentes podem ser citados, como: cidades inteligentes (47 por cento de crescimento anual), agricultura (32 por cento), informática governamental (30 por cento), bem como os setores bancário e financeiro (28 por cento).

### ***...ao passo que determinadas técnicas, aplicações e indústrias de IA revelam-se ser intrinsecamente ligadas.***

Quase 70 por cento das invenções relacionadas com IA mencionam técnicas, aplicações ou campos de IA em combinação com outros campos. As combinações mais frequentes em registros de patentes são: aprendizagem profunda com visão computacional, visão computacional com transportes, telecomunicações e segurança, engenharia da ontologia com processamento em linguagem natural, bem como aprendizagem automática com ciências médicas e da vida. Estas combinações sugerem áreas que deverão ser observadas devido ao seu potencial de rápido desenvolvimento em matéria de IA num futuro próximo.

## **As empresas, em particular no Japão, nos Estados Unidos da América (EUA) e na China, dominam a atividade de patenteamento**

As empresas representam 26 dos 30 mais importantes requerentes de patentes relacionadas com IA, das quais apenas quatro são universidades ou entidades públicas de pesquisa. Este padrão aplica-se à maior parte das técnicas, aplicações e campos de IA. Entre as 20 principais empresas que registram patentes relacionadas com IA, 12 estão sediadas no Japão, três nos EUA e duas na China. As empresas japonesas de eletrônica para o público em geral são particularmente numerosas.

## **A IBM e a Microsoft são líderes no patenteamento relacionado com IA em diversas áreas ligadas à IA**

A IBM tem a maior carteira de pedidos de patentes relacionadas com IA, com 8.290 invenções, seguida pela Microsoft, com 5.930. As carteiras de ambas as empresas abrangem um vasto leque de técnicas, aplicações e campos de IA, o que mostra que não estão limitando as suas atividades a uma específica indústria ou área. As cinco principais requerentes são a Toshiba (5.223), Samsung (5.102) e NEC (4.406). A State Grid Corporation da China alcançou as 20 principais empresas, aumentando os seus registos de patentes numa média anual de 70 por cento, de 2013 a 2016, em particular na área de técnicas de aprendizagem automática de abordagens bio-inspiradas, que se fundamentam em observações da natureza e em *Support Vector Machines*, uma forma de aprendizagem supervisionada.

Em determinadas técnicas e áreas, os números mais elevados de pedidos de patentes são oriundos de empresas com um alto grau de especialização e experiência na área em questão. Como exemplos, podem ser citadas a Baidu,

altamente posicionada relativamente à aprendizagem profunda, a Toyota e a Bosch, que têm atuação proeminente no setor de transportes, e a Siemens, a Philips e a Samsung, na área das ciências médicas e da vida. Algumas empresas conceituadas que não aparecem entre os mais importantes protagonistas em matéria de patentes relacionadas com IA são, porém, proeminentes em determinadas áreas, como Facebook e Tencent, em redes e redes sociais. A experiência industrial e o acesso a dados especializados podem explicar por que certas empresas lideram em indústrias específicas.

### **As universidades contribuem significativamente para a pesquisa relacionada com IA em campos específicos, com as universidades chinesas em posição dominante**

Apesar da posição de liderança de empresas na área da IA, as universidades e as entidades públicas de pesquisa desempenham um papel de liderança em invenções em áreas selecionadas de IA, tais como a IA distribuída, algumas técnicas de aprendizagem automática, bem como neurociência e neuro-robótica.

As entidades chinesas representam 17 dos 20 protagonistas acadêmicos em termos de patenteamento relacionado com IA, bem como 10 das 20 mais importantes publicações científicas relacionadas com IA. As entidades chinesas são particularmente fortes na técnica emergente da aprendizagem profunda. A entidade pública de pesquisa líder requerente é a Academia de Ciências Chinesa (CAS), com mais de 2.500 famílias de patentes e mais de 20.000 trabalhos científicos publicados sobre IA. Além disso, a CAS tem a maior carteira de aprendizagem profunda (235 famílias de patentes). As entidades chinesas têm consolidado sua liderança, com registros de patentes que aumentaram em média mais de 20 por cento ao ano, de 2013 a 2016, alcançando ou até mesmo ultrapassando os índices de crescimento de entidades da maior parte dos outros países.

O Instituto de Pesquisa em Eletrônica e Telecomunicações (ETRI), da República da Coreia, ocupa o segundo lugar entre as universidades e entidades públicas de pesquisa e situa-se entre os 30 requerentes de patentes mais importantes no plano global.

Há 167 universidades e entidades públicas de pesquisa que se situam entre os principais 500 requerentes de patentes. Entre estas, 110 são chinesas, 20 são americanas, 19 são da República da Coreia e 4 são japonesas. Quatro entidades públicas de pesquisa europeias figuram na lista das 500 mais importantes. A instituição europeia que ocupa o lugar mais elevado é o instituto alemão Fraunhofer, que detém a 159ª posição, ao passo que a entidade francesa Comissão de Energias Alternativas e Energia Atômica (CEA) ocupa a 185ª posição.

### ***Os EUA e a China são os principais alvos para o registro de patentes relacionadas com IA...***

Os EUA e a China são os dois mais importantes requerentes de registros de patentes relacionadas com IA, em consonância com as tendências de patenteamento em outras áreas, seguidos pelo Japão. Esses três requerentes representam 78 por cento do total de registros de patentes. Tem havido um uso crescente do Sistema PCT da OMPI, que possibilita aos requerentes de patentes depositarem seus pedidos em múltiplas jurisdições, através do depósito de apenas um pedido. O itinerário PCT detém a quarta posição entre os principais alvos para registros de patentes relacionadas com IA.

### ***...mas os registros são cada vez mais internacionais***

Muitos pedidos de patentes são estendidos a mais de uma jurisdição. Um terço de todos os pedidos de patentes

relacionadas com IA são depositados junto a jurisdições adicionais, após o primeiro registro, e 8 por cento são registrados em cinco ou mais jurisdições.

Entre as três principais instituições requerentes, 40 por cento dos pedidos de registro de patentes primeiramente depositadas no Japão e 32 por cento de pedidos de patentes primeiramente depositados nos EUA são posteriormente também depositados em outras jurisdições. Apenas 4 por cento dos pedidos de patentes inicialmente depositados na China são posteriormente depositados em outras jurisdições.

As empresas e universidades chinesas atualmente têm tendência a depositar pedidos apenas na China, comparativamente a requerentes de outros países, principalmente dos EUA.

### **As aquisições complementam a pesquisa interna e as estratégias de PI**

Um total de 434 empresas no setor da IA foram adquiridas desde 1998, com 53 por cento das aquisições tendo sido realizadas desde 2016. O número de aquisições identificadas no setor da IA tem aumentado a cada ano desde 2012, tendo atingido o número de 103 em 2017. Embora a Alphabet (incluindo Google, DeepMind, Waymo

As organizações chinesas representam 17 dos 20 protagonistas acadêmicos em termos de patenteamento relativo à IA, bem como 10 das 20 principais publicações científicas relacionadas com a IA.

e X Development) ocupe a 10<sup>a</sup> posição entre o número de invenções registradas, num total de 3.814, detém a primeira posição em termos de aquisições de empresas de IA. A Apple e a Microsoft também têm realizado aquisições.

Certas empresas, como a IBM e a Intel, têm como alvo as empresas que gozam de maturidade. A maioria das empresas adquiridas são, porém, startups com pequenas carteiras de patentes ou nenhuma carteira. Isto sugere que os alvos têm sido adquiridos em virtude de outros ativos, inclusive talento, dados, know-how e outras PI.

### **A cooperação na área da pesquisa sobre IA é limitada, mas também são limitados os conflitos**

Em muitos casos, as organizações que cooperam na área da pesquisa são creditadas como co-cessionárias sobre pedidos de patentes. Todavia, nenhuma das 20 principais requerentes compartilha a propriedade de mais de 1 por cento da sua carteira de IA com outras requerentes.

Globalmente, o volume de contencioso identificado no relatório é relativamente baixo (menos de 1 por cento de patentes objeto de litígio), o que pode ser devido ao fato de que os produtos ainda não chegaram ao mercado e que a prova de infrações pode ser de difícil obtenção. Foram identificadas 1.264 famílias de patentes de IA em contencioso, com 74 por cento dos casos nos EUA e 4.231 em casos de oposição a patentes no mundo inteiro. As três principais queixosas em processos de contencioso em torno de patentes relacionadas com IA são a Nuance Communications, a American Vehicular Sciences e a Automotive Technologies International.

## **As tendências em matéria de tecnologia podem fornecer informações aos elaboradores de políticas sobre o futuro da IA**

A análise apresentada neste relatório oferece novas percepções das tendências em matéria de inovação na área da IA. Mostra a extensão do papel que a IA tem desempenhado e que tem adquirido importância crescente em múltiplas atividades tecnológicas e em outras atividades. O potencial impacto societal da IA já foi identificado – e muito mais deverá ser conhecido futuramente. Neste aspecto, a IA deve ser encarada conjuntamente com o seu efeito previsto sobre as forças de trabalho, a economia e o conjunto da sociedade.

Os elaboradores de políticas terão de agir com celeridade para poderem enfrentar os desdobramentos relacionados com a IA e determinar a direção da evolução da IA. Um grande número de partes interessadas terá de refletir sobre o melhor compromisso em termos de políticas, com vista a maximizar os possíveis benefícios da IA, enfocando as estratégias, políticas, leis e regulamentações relativas a considerações jurídicas e éticas, o acesso e a propriedade de dados digitais e os respectivos efeitos nos sistemas de PI, a disponibilidade de força de trabalho dotada das competências adequadas, bem como estratégias de investimentos e respectivos financiamentos.

Este relatório documenta como as tecnologias alimentadas pela IA estão rapidamente ingressando nos mercados globais e reúne pontos de vista de especialistas na linha de frente da IA. É uma contribuição que tem por objetivo oferecer aos decisores nos setores público e privado uma base de conhecimentos aperfeiçoada para discussões sobre o futuro da IA e sobre o quadro político e regulatório para esta área de rápida evolução.

*O Estudo da OMPI sobre as Tendências da Tecnologia em 2019: A Inteligência Artificial revela padrões de inovação em inteligência artificial (IA) e fornece perspectivas que mostram onde podem se encontrar as futuras evoluções.*

Com base em análises de dados que incluem registros de patentes relacionadas com IA, publicações científicas, registros de contencioso e atividades de aquisição, este relatório revela as técnicas de IA de crescimento mais rápido, tais como a aprendizagem profunda, e aplicações funcionais em IA, tais como a robótica. Também apresenta as tendências nos campos em que a inovação em matéria de IA está a ser posta em prática, revelando os principais atores na IA, da indústria e dos meios académicos, bem como a distribuição geográfica da proteção por patentes relacionadas com a IA e publicações científicas.

A IA suscita muitas questões de políticas, tais como a regulamentação e o controle de dados, o incentivo com vista a uma ampliação da pesquisa e do papel da proteção da propriedade intelectual (PI). A análise oferece novas perspectivas com base em evidências sobre estas e outras questões governamentais.

Este relatório é o primeiro de uma nova série da OMPI retrazando o desenvolvimento de tecnologias através da análise de dados sobre atividades de inovação. As suas conclusões são acompanhadas do início ao fim com comentários e perspectivas industriais provenientes de mais de 20 especialistas mundiais de IA, conferindo-lhe um interesse particular para dirigentes de empresas, pesquisadores e elaboradores de políticas.

Organização Mundial da  
Propriedade Intelectual  
34, chemin des Colombettes  
P.O. Box 18  
CHE-1211 Genebra 20  
Suíça

Tel: +41 22 338 91 11  
Fax: +41 22 733 54 28

Para obter informações sobre a forma  
de contactar os Escritórios Exteriores  
da OMPI visite:  
[www.wipo.int/about-wipo/en/offices/](http://www.wipo.int/about-wipo/en/offices/)

© WIPO, 2019



Atribuição 3.0 IGO  
(CC BY 3.0 IGO)

A licença CC não se aplica ao  
conteúdo da presente publicação,  
que não pertence à WIPO.

Montagem da capa criada com  
imagens de © Margarita Lyr e  
© Daria Dombrovskaya / Getty Images

Impresso na Suíça