

Prospecção Bibliométrica e Patentária de Tecnologias com Inteligência Artificial Aplicáveis a *Smart Cities*

Bibliometric and Patentary Prospecting of Technologies with Artificial Intelligence Applicable to Smart Cities

Vagner Simões Santos¹

Núbia Moura Ribeiro¹

Angela Maria Ferreira Lima¹

Alex Sousa Santos¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Salvador, BA, Brasil

Resumo

Com o advento da inteligência artificial, começaram a surgir diversas soluções que têm como premissas a autonomia e o aprendizado computacional guiado. Este estudo tem por objetivo realizar uma prospecção na base de patentes e em publicações científicas, verificando o estado da arte e da técnica das soluções que implementam inteligência artificial voltadas para *Smart Cities*. Este trabalho apresenta uma abordagem quali-quantitativa, de natureza exploratória, por meio de pesquisas em periódicos e de prospecção de patentes. Com base nos resultados, foram analisadas as publicações acadêmicas e as famílias de patentes. Assim, foram identificados China, Estados Unidos e Coreia que atuam científica e patentariamente no desenvolvimento de tecnologias de Inteligência Artificial aplicáveis a *Smart Cities*. Conclui-se que a aplicação dessas tecnologias para decisões autônomas e guiadas revela-se como uma área promissora, favorecendo novas pesquisas, sobretudo com soluções no campo da mobilidade urbana, da segurança e da gestão.

Palavras-chave: Cidade Inteligente. Gestão Pública. Inteligência Artificial.

Abstract

With the advent of artificial intelligence, several solutions began to emerge that are premised on autonomy and guided computer learning. This study aims to carry out a prospection based on patents and scientific publications, verifying the state of the art and technique of solutions that implement artificial intelligence aimed at smart cities. This work presents a qualitative-quantitative approach, of an exploratory nature, through research in journals and patent prospecting. Based on the results, academic publications and patent families were analyzed. Thus, China, the United States and Korea were identified as working scientifically and patently in the development of Artificial Intelligence technologies applicable to Smart Cities. It is concluded that the application of these technologies for autonomous and guided decisions reveals itself as a promising area, favoring new research, especially with solutions in the field of urban mobility, security and management.

Keyword: Smart City. Public Management. Artificial Intelligence.

Área Tecnológica: Administração. Inovação Tecnológica e Desenvolvimento.



1 Introdução

Segundo Gomes (2010, p. 234), a Inteligência Artificial (IA) “[...] é uma das ciências mais recentes, teve início após a Segunda Guerra Mundial e, atualmente, abrange uma enorme variedade de subcampos”. Para esse autor, a IA pode ser entendida como “[...] sistemas que pensam como seres humanos [...] sistemas que atuam como seres humanos [...] sistemas que pensam racionalmente [...] sistemas que atuam racionalmente” (GOMES, 2010, p. 235). Trata-se, portanto, de uma área do saber que “[...] envolve uma combinação de matemática e engenharia [...]” (RUSSELL; NORVIG, 2004, p. 25), abordando “[...] as tarefas relacionadas com o processamento simbólico, reconhecimento de imagens e tudo o que envolva ‘aprendizado’” (ROSA, 2011, p. 3).

A inteligência artificial tem se revelado como uma ferramenta poderosíssima que está bastante presente nas tecnologias modernas. Utilizada para resolver uma diversidade de problemas, ela é fundamental em soluções que vão desde a organização de logística de distribuição em uma fábrica até a identificação de padrões para o reconhecimento de pessoas pela face ou o monitoramento da pulsação em pacientes cardíacos (LOBO, 2017). De fato, a modernidade seria impensável sem a inteligência artificial que, muitas vezes, fazendo uso de complexos algoritmos, é capaz de criar um mundo completamente novo, ou seja, um mundo instrumental (NESPOLI, 2004).

A IA é também utilizada em inúmeros dispositivos e sistemas que servem de suporte para gestão municipal, otimizando processos e estimulando inovações, materializados em aparatos tecnológicos de monitoramento eletrônico, com aplicação na área da segurança pública, aplicação na ordenação do trânsito, na logística de tratamento e seleção de resíduos sólidos, na economia de energia elétrica, enfim, tem aplicação em diversas situações. Todo esse aparato, massivamente implementado e utilizado pela administração e também pela população, acaba por caracterizar as cidades inteligentes (DESORDI; BONA, 2020).

Conforme apontam Andrade e Franceschini (2017, p. 3.852), o Banco Interamericano de Desenvolvimento formula o conceito de *Smart City* nos seguintes termos:

Uma cidade inteligente é aquela que coloca as pessoas no centro do desenvolvimento, incorpora tecnologias da informação e comunicação na gestão urbana e utiliza esses elementos como ferramentas que estimulam a formação de um governo que engloba o planejamento colaborativo e a participação cidadã. *Smart Cities* favorecem o desenvolvimento integrado e sustentável tornando-se mais inovadoras, competitivas, atrativas e resilientes, melhorando vidas.

Assim, o crescimento populacional das cidades brasileiras impõe grandes desafios para os entes públicos responsáveis pela Administração. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2012), dos 5.565 municípios, 283 concentram uma população superior a 100 mil habitantes, conforme aponta o Censo de 2010. Evidentemente, esse contingente demanda serviços que vão desde a prevenção e a promoção da saúde até uma rede eficiente de distribuição de água e esgoto. São desafios, portanto, que reclamam cada vez mais das instituições públicas soluções aprimoradas, que promovam uma melhor gestão dos recursos públicos e, ao mesmo tempo, a sustentabilidade da riqueza ambiental disponível (SILVA; FELIZARDO; DUTRA, 2020).

Dessa forma, um planejamento urbano em sintonia com a modernidade implica adoção de um modelo *Smart City*, de modo a munir estrutura e sistematicamente os diversos serviços públicos ofertados aos cidadãos, com intuito de aprimorar o cumprimento dos deveres dos gestores públicos, tão caros aos contribuintes, como se depreende da pesada carga tributária brasileira (SILVA *et al.*, 2021). Com isso, a tecnologia aplicável à *Smart City* é de interesse dos setores público e privado, uma vez que projetos e soluções que visam a atender as demandas locais, por exemplo, com conectividade, mobilidade, serviços de saúde, sustentabilidade, segurança, ocupação urbana, monitoramento de redes, saneamento e desenvolvimento econômico, possuem grande interesse e trazem oportunidades de negócios e de parcerias entre o público e o privado (WEISS; BERNARDES; CONSONI, 2015).

Dessa forma, o modelo de uma cidade inteligente pressupõe o uso de soluções tecnológicas que fazem uso da IA (SCHEMES, 2019). Trata-se, portanto, de um modelo que tende a se expandir, com desdobramentos em vários campos do cotidiano em uma urbe, daí a importância do presente estudo, no sentido de buscar, por meio da pesquisa bibliométrica e patentária, o que vem sendo pesquisado e desenvolvido no campo das tecnologias de IA para *Smart Cities*.

Este trabalho se justifica devido ao contínuo debate sobre as tecnologias envolvendo a IA, gerando uma grande quantidade de produções científicas e despertando o interesse na utilização dessas tecnologias nas mais diversas áreas. Delineou-se a questão de pesquisa da seguinte maneira: o que existe na literatura científica e tecnológica sobre a temática inteligência artificial aplicável a *Smart Cities*? Nesse contexto, o objetivo deste artigo é estudar as relações existentes entre a IA e sua aplicabilidade às *Smart Cities*, utilizando a prospecção bibliométrica e patentária dentro área da propriedade intelectual, buscando-se o estado da arte e da técnica.

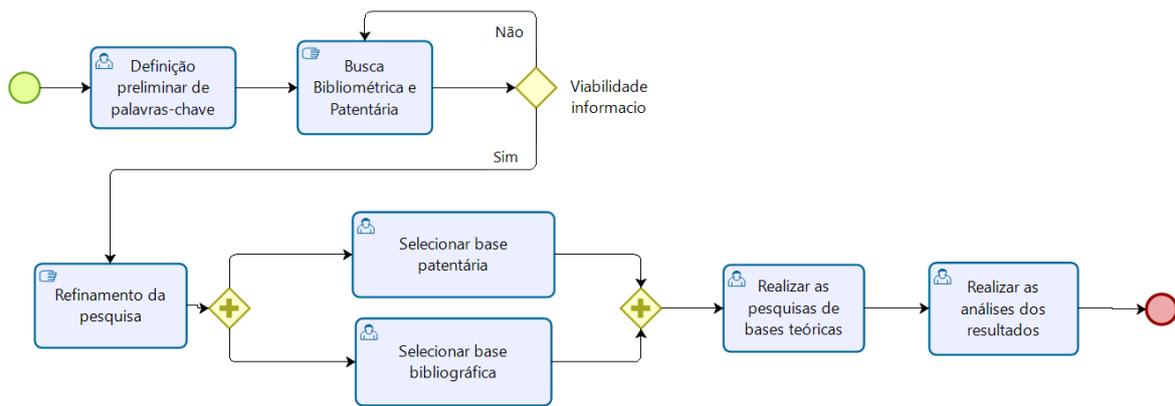
2 Metodologia

Trata-se de uma pesquisa de caráter exploratório com abordagem quali-quantitativa, cujo levantamento dos dados para a prospecção tecnológica aconteceu de 13 de maio de 2021 a 24 de julho de 2021.

Foi realizada a busca sem delimitação temporal, assim, foram obtidas publicações de 1993 a 2021. Essa estratégia tem como objetivo identificar todas as produções e demonstrar temporalmente o início e a evolução histórica dessas produções, realizando comparações entre as produções científicas e as patentes.

Dessa forma, a estratégia de pesquisa foi definida a partir de experimentos prévios e combinação de palavras-chave e de resultados obtidos, que permitiram o aprimoramento das palavras-chave que retornaram os resultados mais promissores nas bases pesquisadas. Na estratégia inicial, foi utilizado “*cit**”, entretanto, isso gerou um esforço maior na análise dos resultados, portanto, houve o refinamento para utilizar “*cities*” e “*city*”, gerando, por fim, resultados mais promissores e com menor esforço de análise bibliográfica. A Figura 1 mostra o roteiro metodológico desta pesquisa.

Figura 1 – Roteiro metodológico da pesquisa



Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo no *software* Bizagi (2021)

Para a pesquisa bibliométrica, foram utilizadas as bases científicas Web of Science (coleção principal), tendo como campo de busca o tópico título, resumo, as palavras-chave do autor e o *keywords plus*, e Scopus (Elsevier), tendo como campos de busca o título, o resumo e as palavras-chave das publicações científicas. Ambas as bases foram acessadas por meio do Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

As buscas retornaram publicações do período de 1993 a julho de 2021. As palavras-chave adotadas foram direcionadas ao tema proposto na pesquisa: *intelligence*, *artificial*, *smart*, *cit**, e *government*, sempre no idioma inglês, objetivando maior retorno nas bases pesquisadas (CLARIVATE, 2020). Essas palavras foram utilizadas isoladas ou combinadas entre si por meio dos conectivos booleanos *AND* ou *OR*, e do símbolo do truncador (*) com a seguinte sintaxe: *((intelligence AND artificial) AND ((smart AND cit*) OR (smart AND government)))*.

Foram utilizados também operadores de proximidade, como *NEAR/2* e *W/2*, quando disponíveis nas bases de dados. A busca objetivou recuperar o número máximo de publicações sobre o tema, os recursos adicionais, como a seleção dos filtros, foram baseados no tipo de documento, como apenas artigos, na opção de pesquisa avançada.

A pesquisa patentária se deu nas plataformas Espacenet e Orbit Intelligence, acessadas por meio da pesquisa aplicada no título do documento. Foram usadas as mesmas palavras-chave em língua inglesa: *intelligence*, *artificial*, *smart*, *cit**, e *government*, de forma isolada ou combinadas entre si por meio de operador lógico ou conectivo booleano *AND* ou *OR*, e operadores de proximidade, como *2D* ou *prox/distance <=2*. As palavras-chave foram buscadas no título, resumo e reivindicações, utilizando a pesquisa avançada. A base patentária do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) também foi pesquisada, com as palavras-chave “*inteligência AND artificial AND cidade AND inteligente*” no resumo, não encontrando resultados.

Após o resultado relativo à quantidade de famílias de patentes recuperadas e depois de observadas as questões quantitativas e de áreas tecnológicas encontradas, estabeleceu-se, para a pesquisa da prospecção, a base de patentes Orbit Intelligence, utilizando-se a seguinte sintaxe

de busca: ((*intelligence 2D artificial*) AND ((*smart 2D city*) OR (*smart 2D cities*) OR (*smart 2D government*))).

Por fim, foi realizado um estudo comparativo entre os resultados das publicações científicas e as patentes relacionadas às tecnologias que implementam a IA aplicáveis a *Smart Cities*.

3 Resultados e Discussão

A partir dos resultados das publicações científicas e famílias de patentes, foi possível delimitar o número de publicações nas diferentes bases de dados para a realização do estudo tecnológico. A Tabela 1 ilustra os resultados com as palavras-chave para cada base pesquisada, no período de maio a julho de 2021.

Tabela 1 – Palavras-chave e os resultados em termos de número de publicações científicas e famílias de patentes nas bases pesquisadas

	PALAVRAS-CHAVE	BASE DE PESQUISA/RESULTADOS			
		WEB OF SCIENCE	SCOPUS	ESPAENET	ORBIT
1	(<i>smart AND cit*</i>)	10.280	12.601	9.845	8.692
2	(<i>intelligence AND artificial</i>)	39.727	113.834	38.910	45.907
3	((<i>intelligence AND artificial AND (smart AND government)</i>))	64	97	143	124
4	(<i>intelligence AND artificial AND ((smart AND city) OR (smart AND cities))</i>)	327	472	276	308
5	((<i>intelligence AND artificial AND ((smart AND cit*) OR (smart AND government))</i>))	375	557	381	391
6	((<i>intelligence NEAR/2 artificial AND ((smart NEAR/2 cit*) OR (smart NEAR/2 government))</i>))	288			
7	((<i>intelligence W/2 Artificial AND ((smart W/2 cit*) OR (smart W/2 government))</i>))		418		
8	((<i>intelligence prox/distance <=2 artificial AND ((smart prox/distance <=2 cit*) OR (smart prox/distance <=2 government))</i>))			213	
9	((<i>intelligence 2D artificial AND ((smart 2D city) OR (smart 2D cities) OR (smart 2D government))</i>))				267

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo, a partir dos dados encontrados nas bases Web of Science, Scopus, Espacenet e Orbit Intelligence (2021)

Conforme mostra a Tabela 1, na pesquisa n. 7, constatou-se que na base Scopus foram recuperadas 418 publicações científicas. As pesquisas n. 1 a 5 resultaram em quantitativos maiores de publicações recuperadas na base Scopus do que na base Web of Science, o que levou à opção de uso da base de dados Scopus para o prosseguimento deste estudo. Entre o início da pesquisa e a conclusão, foram registradas 17 publicações a mais, impactando na atualização do trabalho, pois o Scopus e o Orbit não guardam o histórico e o resultado das pesquisas realizadas anteriormente.

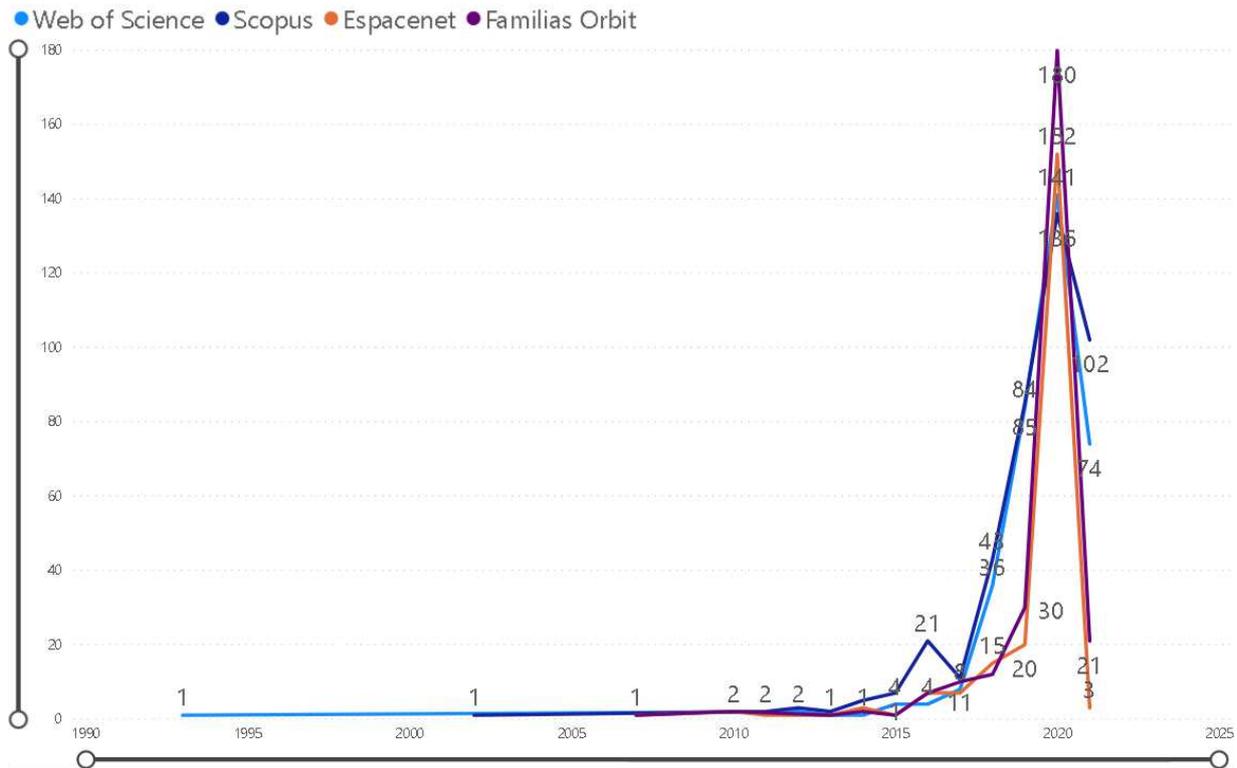
Quanto às patentes, na maioria das pesquisas realizadas, observou-se um maior número de documentos recuperados na base de dados Orbit Intelligence do que na Espacenet, o que levou à escolha do Orbit para prosseguimento deste estudo. Na pesquisa n. 9, foram recuperadas 267 famílias de patentes na base Orbit Intelligence, dentro do período analisado.

A análise dos documentos recuperados na plataforma Orbit resultou nos seguintes dados: 82 famílias de patentes com o código de subclasse da Classificação Cooperativa de Patentes G06K (*Recognition of Data, Presentation of Data, Record Carriers, Handling Record Carriers*); 80 famílias de patentes com código G06F (*Electric Digital Data Processing*); com 71 famílias de patentes com código G06N (*Computer Systems Based on Specific Computation Models*); 45 famílias de patentes com código G06Q (*Data processing systems or methods, Specially adapted for administrative, commercial, [...]*) e 21 famílias de patentes está classificada na classe G06 (*Computing; Calculating; Counting*), demonstrando que as classes *Cooperative Patent Classification* (CPC) encontradas estão condizentes com o tema pesquisado. Quanto às subclasses, é perceptível a relação entre modelos, métodos, dados, informações, processamento, entre outros enfoques, e isso demonstra a perspectiva predominante no estado da técnica na área de IA para *Smart Cities*.

Os dados encontrados revelam que o tema inteligência artificial começou a se destacar mais a partir de 2016, com o aumento das produções científicas e dos documentos de patente relacionados a esse enfoque, sendo predominante, inicialmente, o subtema de Internet das Coisas (IoT) e questões relacionadas à infraestrutura e às redes (*network*). Destacam-se os autores científicos e a quantidade de publicações com *Kaplanski* (02), *Orlowski, A.* (02), *Orlowski, C.* (02), *Pokrzwnicki* (02), *Sitek* (02) e *Ziólkowski* (02). Esse cenário de crescimento vem se mantendo devido à grande produção de informações nas cidades inteligentes e à necessidade de processamento e utilização dessas informações para a tomada de decisão, para novas perspectivas estratégicas e de investimento na gestão, e para processamento dessas informações nas *Smart Cities*.

A Figura 2 mostra uma síntese do número de publicações científicas encontradas nas bases Scopus e Web of Science, e do número de famílias de patentes encontradas no Espacenet e Orbit Intelligence sobre inteligência artificial e *Smart Cities* relativos ao período de 1993 a 2021, para identificar a evolução histórica anual e as variações quantitativas das publicações científicas e patentárias.

Figura 2 – Número de artigos recuperados nas bases Scopus e Web of Science e de famílias de patentes no Espacenet e Orbit Intelligence (1993 a 2021)



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo no PowerBI (2021)

A Figura 2 demonstra que as primeiras pesquisas divulgadas na Scopus, relacionadas ao tema, deram origem a uma publicação no ano de 2002, na International Conference on Electronic Government, no mês de setembro. A principal temática abordada nesse texto foi sobre o *software CITATION*, que se tratava de uma solução projetada para fornecer a infraestrutura de indexação e recuperação de informações eficazes, permitindo o acesso rápido e simplificado do cidadão às informações e a interação com o governo (ANAGNOSTAKIS *et al.*, 2002).

Ainda analisando as publicações científicas, excluindo o período de 2003 a 2010 em que não foram encontradas publicações na Scopus, os demais dados foram organizados em intervalos de tempo para otimizar a distribuição do quantitativo de publicações. Assim sendo, de 2011 a 2015, foram recuperadas 19 publicações; de 2016 a 2020, observa-se o número expressivo de 296 publicações; e, no ano de 2021, foram contabilizadas 102 publicações.

As subáreas que mais se destacaram com a temática da inteligência artificial associada à tecnologia *Smart City* vão desde a ciência da computação (n=255), engenharia (n=215), ciências sociais (n=77), matemática (n=52) até energia (n=46) e ciência ambiental (n=40), o que aponta para uma forte característica de multidisciplinaridade das abordagens em relação aos estudos realizados.

Com recorte nos anos de 2020 e 2021(até julho), foi possível verificar 247 publicações, o que supera e muito os anos anteriores que somados atingem a marca de 180 publicações. Ao aprofundar a análise dos artigos publicados com a subárea de energia, no período recortado acima, identifica-se um forte crescimento (n=30), superior a 180% em relação aos anos anteriores, sendo que as publicações se originaram nos países como a Austrália, Coreia do Sul,

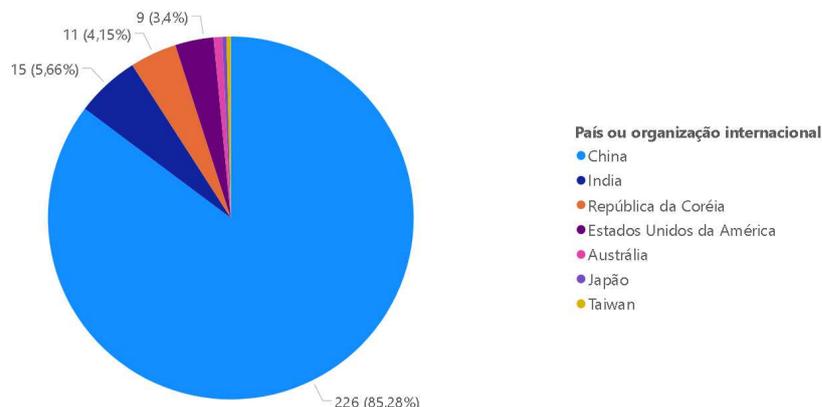
Reino Unido, Índia e China, e foram publicadas nas fontes *Sustainability Switzerland*, *Sustainable Cities and Society*, *Energies*, *Energy and IA* e *Internacional Journal of Advanced Science and Technology*. Essas produções foram citadas 238 vezes, tendo como destaques seis artigos, que são originados em duas fontes: *Sustainability (Switzerland)* e *Sustainable Cities and Society*. Com relação direta com a temática de combate à COVID-19, encontrou-se o artigo *Deep learning and medical image processing for coronavirus (COVID-19) pandemic: a survey*, citado 31 vezes, e que versa sobre um método inteligente para o processamento de imagens médicas com a aplicação do conceito de aprendizado profundo que auxiliará no diagnóstico médico de pacientes contaminados pela COVID-19 (BHATTACHARYA *et al.*, 2021).

De acordo com a Figura 2, quanto às patentes, os primeiros pedidos de proteção de patente relacionados à IA para *Smart Cities* foram registrados em 2013. A invenção cuja patente foi depositada no Japão JP2015006650 tem como objetivo gerar energia a partir de células de estrutura não especificada, que tem nas reivindicações 35 e 36 implementações de inteligência artificial (KOICHI, 2015). Outra família de patente inclui pedidos de proteção nos Estados Unidos (US20170206532), e a invenção tem como objetivo fornecer um centro de código de identificação único (UID), para realizar o controle de produtos em uma rede de comunicação utilizando o princípio da Internet das Coisas, que tem nas reivindicações 15 e 20 a utilização para fins de inteligência artificial (YUNG, 2017).

Um fato a destacar na pesquisa realizada é a ausência de patentes do Brasil. Isso denota a necessidade de pesquisas no campo da inteligência artificial aplicada a *Smart Cities* e, igualmente importante, a realização de investimentos, a fim de promover o surgimento de produtos tecnológicos com essa temática, reduzindo, assim, a dependência do país de tecnologia importada.

Ainda sobre a Figura 2, observou-se um aumento substancial do número de publicações científicas e pedidos de proteção de patentes a partir de 2016. Considerando valores cumulativos da base Scopus até 2015, observa-se um total de 20 publicações científicas e, entre 2016 a 2021, contabilizou-se 398 publicações. No que se refere às patentes, os dados da base Orbit Intelligence apontam que o crescimento apresentado em 2016 (6 famílias de patentes) foi seguido nos anos subsequentes, 2017 (9), 2018 (15) e 2019 (29), entretanto, no ano de 2020, observou-se 173 famílias de patentes e, no primeiro semestre do ano de 2021, foram identificadas 15, portanto, as famílias de patentes entre 2016 a 2021 totalizaram 247 que equivalem a 63% do total de publicações científicas.

Figura 3 – Número de famílias de patentes por país do cessionário no Orbit Intelligence (2014 a 2021)



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo no PowerBI (2021)

A Figura 3 demonstra que os pedidos de proteção de patentes realizados por cessionárias Chinesas estão à frente dos demais em número por país, relacionados à IA aplicáveis a *Smart Cities*, são 215 pedidos. Em seguida, os países que mais realizaram pedidos de proteção de patentes foram a Índia, a República da Coreia e os Estados Unidos, com 15, 11 e 9 pedidos, respectivamente. Na China, observa-se que 212 pedidos de patentes estão ativos, 200 estão em análise e 12 foram concedidos.

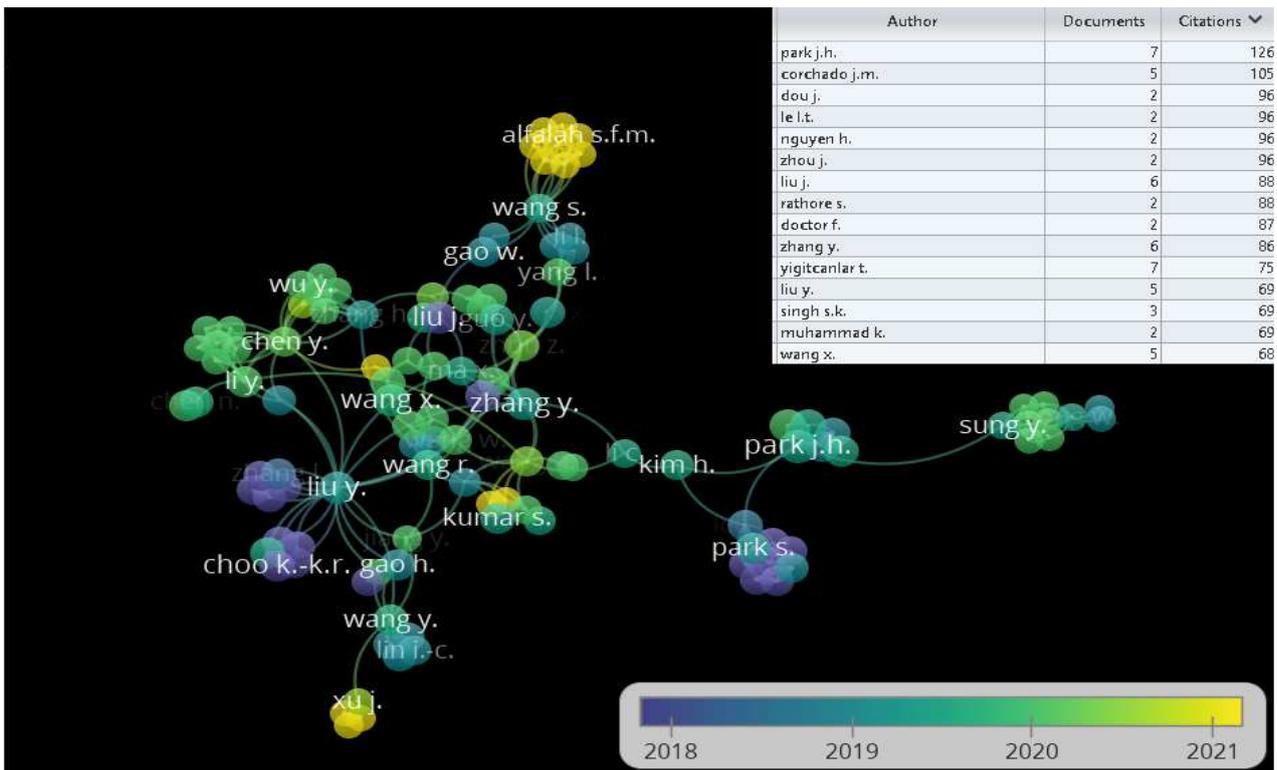
Após restringir o filtro da pesquisa para o biênio pré-pandêmico (2018 e 2019), observou-se uma diferença sutil entre o número de publicações científicas e as famílias de patentes em relação a soluções de IA aplicáveis a *Smart Cities*. Porém, ainda que o número de publicações científicas sobre essa tecnologia tenha sido um pouco superior ao de famílias de patentes nos anos de 2018 e 2019, pode-se perceber que em 2020 o cenário se inverteu, pois a quantidade de famílias de patentes foi superior ao número de publicações científicas, entretanto, entre as 173 famílias de patentes neste ano, do grupo Empresarial Ping na Technology foram 2020 (n=135) e 2019 (n=3), portanto, sem as patentes desse grupo, percebeu-se que 2020 teriam 38 famílias de patente, ficando ainda acima do ano de 2019 que foram 30 famílias de patentes. Cabe destacar que a China tem o dobro de publicações científicas dos Estados Unidos, Reino Unido e da Índia, porém essa liderança não justifica de forma isolada a grande quantidade de patentes registradas em 2020.

Cabe ressaltar que a IA se desenvolveu no século XIX e teve Alan Turing como um dos seus idealizadores. A pesquisa na Scopus com o termo inteligência artificial aponta a primeira publicação científica com essa temática como um artigo de 1960 intitulado “*Bibliography on Simulation, Gaming, Artificial Intelligence and Allied Topics*”. Já as pesquisas envolvendo *Smart Cities* se desenvolveram a partir de 1994. Nessa publicação, Johnson *et al.* (1994) propuseram um estilo de vida saudável com base na situação de riscos à saúde da época, e fazendo parte da proposição a adoção de um modelo de educação primária que contemplasse a educação em saúde.

Observou-se que, entre as 418 publicações científicas recuperadas na Scopus, os autores que lideraram em número de publicações foram: T. Yigitcanlar, com sete artigos; seguido de J. H. Park, com seis artigos; J. M. Corchado, com cinco artigos; e de A. Mosavi, com quatro artigos.

A Figura 4 demonstra a relação de *networking* entre os autores de publicações científicas sobre IA para *Smart Cities*. Essa relação foi observada por meio das 418 publicações científicas recuperadas. Destacam-se os autores na rede: J. M. Corchado e T. Yigitcanlar.

Figura 4 – Networking de autores de artigos sobre inteligência artificial na Scopus



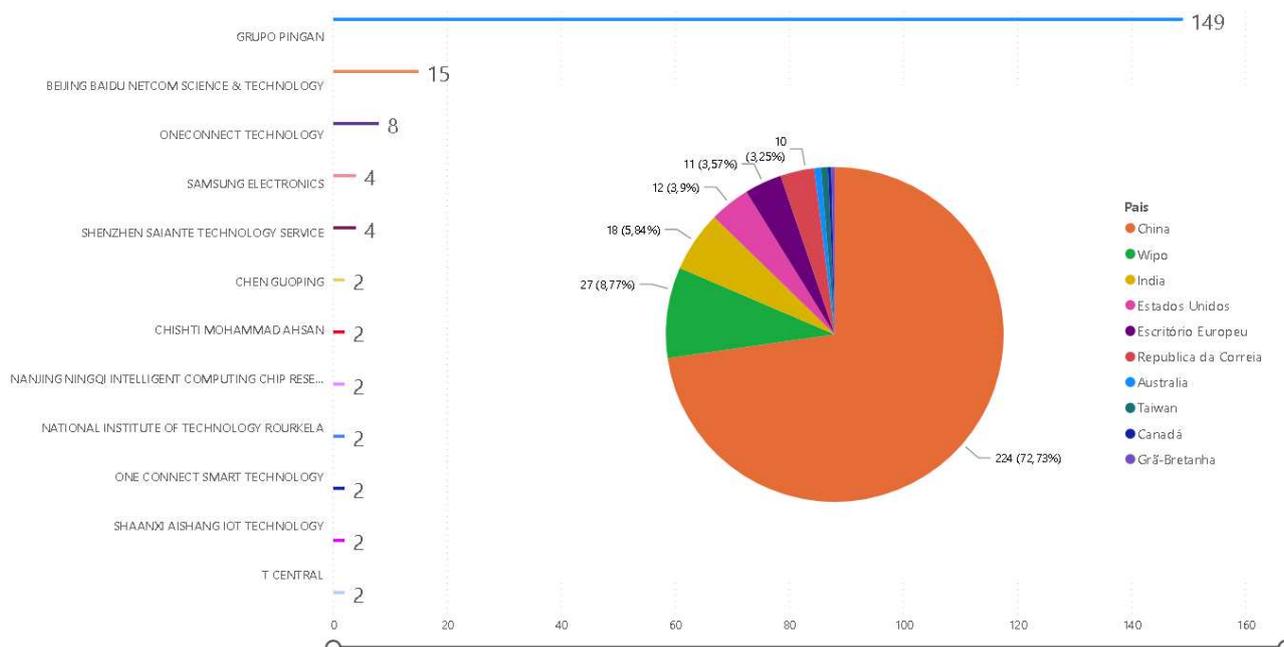
Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo no software Vosviewer, a partir da base de dados Scopus (2021)

De acordo com a Figura 4, é possível notar que Park, Rathore e Singh (2020) e Park, Jeon e Jeong (2020) publicaram artigos sobre a aplicação de *Blockchain* e IoT para Inteligência Artificial e foram citados 126 vezes. Corchado de 2016 a 2021 realizou quatro publicações, com 105 citações, e descreveu a necessidade de soluções que implementam métodos de aquisição e gerenciamento de dados (CORCHADO *et al.*, 2021). P. Chamoso, no ano de 2021, pesquisou sobre Inteligência Artificial e *Smart Cities* contribuindo na evolução dos algoritmos inteligentes e na interoperabilidade entre muitos sensores dentro de uma arquitetura de IoT, sendo citado seis vezes (CHAMOSO *et al.*, 2021).

Nas pesquisas envolvendo IA para *Smart Cities*, os países que aparecem no topo dos que mais publicaram foram: a China, com 97 artigos; os Estados Unidos, com 51; e o Reino Unido, com 46 artigos.

A Figura 5 apresenta os dez maiores titulares de pedidos de patentes de tecnologia com inteligência artificial, dentro dos parâmetros utilizados para a pesquisa na Base Orbit Intelligence. Com a titularidade de 134 famílias de patentes, o grupo empresarial Ping An Technology lidera o *ranking* de patentes depositadas, sendo que 17 estão concedidas e 117 estão em análise. Observa-se que, em sua maioria, os pedidos de patentes desse grupo empresarial foram realizados na China e via Tratado de Cooperação em termos de Patentes (PCT), por serem patentes novas. A empresa Beijing Baidu apresenta 11 pedidos de patentes, todos estão em análise, uma das patentes foi na Coreia do Sul.

Figura 5 – Titulares de tecnologias de inteligência artificial e países que mais receberam solicitações de proteção de patentes



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo no software PowerBI a partir de dados do Orbit Intelligence (2021)

De acordo com a Figura 5, apresenta-se os maiores cessionários da IA aplicável a *Smart Cities*. Com a cessão de 149 famílias de patentes, o grupo Ping na Technology tem a liderança absoluta, sendo que 17 estão concedidas e 132 estão pendentes. Desses depósitos, 142 tiveram relação com o conceito de IA, 122 com *Storage medium* e 90 com *Blockchain*. A empresa One Connect Company, que trabalha com tecnologias para instituições financeiras, aparece com oito famílias de patentes que implementam processamento inteligente de texto, imagens e vídeos, sendo uma concedida e sete pendentes, e a Samsung Electronics, empresa conhecida mundialmente, aparece com quatro famílias de patentes que implementam mecanismos de comunicação em rede e provedor de reuniões digitais, que estão pendentes, entretanto, foram realizados depósitos na Wipo e em vários escritórios como Europa, Índia, República da Coreia, Estados Unidos e Grã-Bretanha. No caso a empresa Shenzhen Saiante Technology tem quatro famílias de patentes, que estão pendentes, com depósito de patente na China atuando na área educacional e de armazenamento e troca de informações digitais. Na Organização das Nações Unidas (ONU), por meio da World Intellectual Property Organization (WIPO), foram depositados 27 pedidos de patentes, via PCT, todos ativos e ainda pendentes. A empresa Samsung Electronics Co., Ltd aparece como cessionária titular da patente n. WO2020/055172, publicada em 19 de março de 2018, ainda pendente, e que se refere a um método e sistema para suportar taxas de dados mais altas na comunicação de quinta geração (5G) aplicada a serviços inteligentes com base na tecnologia de comunicação 5G e na tecnologia relacionada à Internet das Coisas (GUTIERREZ, 2020). A patente WO2020/211430, ativa e pendente, foi publicada em 22 de outubro de 2020, e consiste num sistema e método que realiza o processamento e o reconhecimento inteligente de imagens (FOOK, 2020). A patente WO2021/139347, pendente e ativa, propõe soluções para transporte inteligente com redução dos custos (CHAO; ZHUANG; WANG, 2020).

A Índia contabiliza o depósito de 18 patentes, ativas e pendentes, das quais destacam-se: a patente 2018IN-21023423, que tem como proposta dar ao cidadão o poder e a conveniência de acessar todos os serviços do governo local (PADIA, 2018); a patente IN201911002341, que propõe um sistema de segurança inteligente que permite autoaprendizagem de diagnóstico por máquina (AGRAHARI, 2019); e a patente IN201941034794, que propõe fornecer transporte inteligente por meio do gerenciamento de tráfego automatizado (THULASEEKRISHNA *et al.*, 2019). Todas essas patentes citadas têm como cessionário os próprios inventores.

Nos Estados Unidos, foram depositados 11 pedidos de patentes, todos ativos e ainda pendentes. A T. Central é titular da patente US10652031, publicada em 28 de dezembro de 2018, já concedida, e que se refere a uma solução de comunicação segura por meio de autenticação entre os dispositivos que compõem o sistema de segurança para controle e gestão da troca de dados (KRAVITZ *et al.*, 2020). A patente US20200184278, da Z Advanced Computing, ainda pendente, foi publicada em 11 de junho de 2020 e tem como objeto um sistema e um método de reconhecimento de padrões de imagem que utiliza Inteligência Artificial (ZADEH; TADAYON; TADAYON, 2020). A patente US11003184, concedida e ativa, propõe uma solução de aprendizado de dados colaborativo e auxiliado por nuvem entre veículos autônomos para otimizar a operação e o planejamento de uma infraestrutura de cidade inteligente (MATOS, 2021).

No Escritório Europeu de Patentes, há 11 famílias de patentes, e destas, há quatro famílias de patentes concedidas à Samsung Electronics. Destaca-se a PCT WO2020/166948, ainda pendente e publicada em 11 de fevereiro de 2020. A invenção consiste em um método e em um sistema de comunicação que trabalha com 4G e 5G, usando uma tecnologia para Internet das Coisas (IoT) (EHSAN *et al.*, 2020). Destaca-se também a patente EP3446183, da Navio Internacional, que propõe uma modularização para soluções de segurança inteligente para disponibilizar uma grade de sensores e detectores para cobertura de uma área geográfica (JARRELL; BROWN, 2017).

Ao analisar patentes mais destacadas no campo Score no Orbit, destacam-se as seguintes tecnologias: método evolutivo de uma rede neural relativo à patente CN107453921 (LU; ZHANG; ZOU, 2017); tratamento de imagens relativo à patente CN212181519 (SHAN, 2020); monitoramento de segurança baseado em Inteligência Artificial CN111901564 (LIU, 2020); e monitoramento e alarme de incêndio CN111882814 (TAO; ZHANG, 2020).

No período de oito anos cobertos por esta pesquisa de famílias de patentes, observou-se a evolução quantitativa no ano de 2020, passando de 53 resultados acumulados, em 2019, para 229, o que coaduna com o crescimento das publicações científicas da China. Pode-se supor que houve investimentos ou incentivos para o desenvolvimento tecnológico aplicável a *Smart Cities*, decerto motivados não só pela percepção de que cada vez mais o mundo reclama por soluções às demandas das cidades, como também por conta da necessidade interna, impulsionada pela concentração populacional nos grandes centros urbanos. Todavia, não está descartada a necessidade de estudos aprofundados sobre essa temática e os fatores que impulsionaram exponencialmente a curva das tecnologias de inteligência artificial aplicadas à *Smart Cities*.

Com base no conjunto de artigos e de patentes pesquisadas, foram identificadas ramos e aplicabilidades tecnológicas, desde a utilização de método de rede neural para análise cognitiva de dados, utilização de produtos de segurança para monitoramento inteligente, como o tratamento de imagens para reconhecimento facial e de sinais, até o uso de monitoramento inteligente para cenários de prevenção de incêndio. Observou-se que a abordagem da inteligência artificial se

iniciou com a intenção de incentivar as *Smart Cities* na infraestrutura física (por meio de IoT) e está evoluindo para a gestão do conhecimento gerado pelos diversos nós da rede do sistema inteligente (por meio da *machine and deep learning*).

Destaca-se a evolução do modelo de infraestruturação das *Smart Cities* para a gestão do conhecimento, com a utilização de mecanismos automatizados de predição, cognição e tomada de decisão. Nesse novo cenário, é necessário que as *Smart Cities* realizem investimentos em tecnologias, inovação e transferência de conhecimento para o rol de colaboradores da organização, porque a manutenção desse ecossistema tecnológico requer profissionais altamente qualificados.

4 Considerações Finais

O modelo de cidades inteligentes, ou *Smart Cities*, continua sendo uma tendência mundial. Instrumentalizada com inúmeros dispositivos tecnológicos e sistemas que fazem uso da Inteligência Artificial, essas cidades oferecem aos seus cidadãos e à própria gestão municipal inúmeras facilidades, com ganhos no tempo e de economia, impactando positivamente na qualidade de vida. Essas inovações e os dispositivos de melhoria implementados nesse novo paradigma são objetos de interesse não apenas dos entes públicos, mas também da iniciativa privada, com um grande potencial de realização de negócios. O modelo *Smart Cities*, portanto, é estratégico para o desenvolvimento, impulsionando os investimentos realizados pelas nações para o avanço desse modelo.

O objetivo do estudo foi alcançado e a pergunta foi respondida. Foram realizadas as pesquisas bibliométricas e de prospecção patentária acerca das tecnologias de Inteligência Artificial para *Smart Cities*, identificando suas relações existentes, apontando ainda as tecnologias que se destacam para a definição de planos estratégicos na área tecnológica. A China destacou-se quanto ao número de publicações científicas, seguida dos Estados Unidos e da República da Coreia (Coreia do Sul). Também em relação à prospecção patentária, a China se destacou, sendo o país com o maior número de pedidos de patentes no período de 2014 a 2021, computando, conforme a base de dados Orbit, 215 famílias de patentes com 227 patentes. Destacou-se a participação do grupo empresarial Ping na Technology, que patenteou vários produtos originados de pesquisa e desenvolvimento, a exemplo do método de detecção de pedestre; o método de identificação de sinais de trânsito; o reconhecimento facial em veículo automotor; o reconhecimento de símbolos em imagens e o método com um dispositivo de avaliação de *Smart Cities* por meio de análise de dados.

No conjunto das patentes pesquisadas, foram identificadas tecnologias em diversas áreas do conhecimento, desde a utilização de método de rede neural para análise cognitiva de dados, utilização de produtos de segurança para monitoramento inteligente, como o tratamento de imagens para reconhecimento facial e de sinais, até o uso de monitoramento inteligente para cenários de prevenção de incêndio. Observou-se que a abordagem da Inteligência Artificial se iniciou com a intenção de incentivar as *Smart Cities* na infraestrutura física (por meio de IoT) e está evoluindo para a gestão do conhecimento gerado pelos diversos nós da rede do sistema inteligente, demonstrando a necessidade da automatização e qualificação na geração, armazenamento e inferência sobre a massa de dados, gerando um grande potencial técnico de soluções para as *Smart Cities* que implementam a Inteligência Artificial.

Os resultados apresentados evidenciaram um crescimento no número de pedidos de patentes no ano de 2020, sinalizando a necessidade de investigar as razões para esse crescimento no número de tecnologias de Inteligência Artificial aplicadas às *Smart Cities*. Esses resultados poderão gerar possibilidades de perspectivas futuras, com novos recortes, inclusive poderão ocorrer aprofundamentos da internacionalização dessas patentes depois da análise e concessão das patentes depositadas via PCT.

5 Perspectivas Futuras

Com os novos olhares sobre a gestão, os serviços e as políticas públicas para aprimorar o modelo de cidades inteligentes no Brasil, é provável que o estudo e a aplicabilidade das tecnologias que envolvam a Inteligência Artificial sejam ainda mais impulsionados, a tendência de crescimento percebida neste estudo demonstra que, nos próximos anos, essa temática continuará sendo debatida. Sugere-se estudos futuros que busquem aprofundar as prospecções dentro desse tema, por exemplo, o monitoramento inteligente utilizando a IA cognitiva aplicáveis a *Smart Cities*, ou o processamento inteligente utilizando IA preditiva em *big data* das *Smart Cities*.

Referências

- AGRAHARI, S. K. **System and method for smart security system enabling artificial intelligence and self diagnostic machine-learning**, IN201911002341. 19 jan. 2019, 22 fev. 2019.
- ANAGNOSTAKIS, A. *et al.* CITATION Citizen Information Tool in Smart Administration. In: ANAGNOSTAKIS, A. *et al.* **Electronic Government**. Springer, Berlin: Heidelberg, 2002. p. 307-312. Disponível em https://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-46138-8_50. Acesso em: 6 jul. 2021
- ANDRADE, E. A.; FRANCESCHINI, M. C. T. O direito à cidade e as agendas urbanas internacionais: uma análise documental. **Ciência & Saúde Coletiva**, [s.l.], v. 22, p. 3.849-3.858, 2017. Disponível em https://www.researchgate.net/publication/321863555_O_direito_a_cidade_e_as_agendas_urbanas_internacionais_uma_analise_documental. Acesso em: 3 nov. 2021.
- BHATTACHARYA, S. *et al.* Deep learning and medical image processing for coronavirus (COVID-19) pandemic: a survey. **Sustainable Cities and Society, Open Access**, [s.l.], v. 65, fevereiro de 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102589>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670720308076>. Acesso em: 24 jul. 2021.
- CHAO, Z.; ZHUANG, B.; WANG, S. **Artificial intelligence open platform and method for intelligent transportation, and medium and electronic device**, WO2021/139347. 29 out. 2020, 15 jul. 2021.
- CHAMOSO, P. *et al.* An Efficient Management Platform for Developing Smart Cities: Solution for Real-Time and Future Crowd Detection. **Electronics**, [s.l.], v. 10, n. 7, p. 765, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2079-9292/10/7/765>. Acesso em: 16 jun. 2021.

- CLARIVATE. **Web of Science**. 2020. Disponível em: <https://www-webofscience.ez357.periodicos.capes.gov.br/wos/woscc/basic-search>. Acesso em: 6 jun. 2021.
- CLARIVATE ANALYTICS. **Web of science**. 2020. Disponível em: http://images.webofknowledge.com/WOKRS5132R4.2/help/pt_BR/WOK/hp_database.html. Acesso em: 28 fev. 2022.
- CORCHADO, J. M. *et al.* Deepint.net: a Rapid Deployment Platform for Smart Territories. **Sensors**, [s.l.], v. 21, p. 236, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/s21010236>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/1/236>. Acesso em: 16 jun. 2021.
- DESORDI, D.; BONA, C. D. A inteligência artificial e a eficiência na administração pública. **Revista de Direito**, [s.l.], v. 12, n. 2, p. 1-22, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/revistadir/article/view/9112>. Acesso em: 6 jul. 2021.
- EHSAN, H. D. *et al.* **Methods and systems for managing bearer configuration of user equipment with en-dc capability**, US20200260515, PCT WO2020/166948 e IN201941005541. fev. 2020, ago. 2020.
- ELSEVIER. **Scopus**. 2021. Disponível em: <https://www-scopus.ez357.periodicos.capes.gov.br/>. Acesso em: 6 jun 2012.
- ESPAENET. **[Site institucional]**. 2021. Disponível em: <https://worldwide.espacenet.com/>. Acesso em: 6 jun 2021.
- FOOK, L. S. **Smart city system and implementation method therefor**, WO2020/211430. 20 dez. 2019, 22 dez. 2020.
- GOMES, D. S. Inteligência Artificial: conceitos e aplicações. **Olhar Científico**, [s.l.], v. 1, n. 2, p. 234-246, 2010. Disponível em https://www.professores.uff.br/screspo/wp-content/uploads/sites/127/2017/09/ia_intro.pdf. Acesso em: 20 jun 2021.
- GUTIERREZ, E. D. **Improvements in and relating to telecommunication networks**, WO2020/055172. 11 nov. 2019, 19 mar. 2020.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/2098-np-censo-demografico/9662-censo-demografico-2010.html?=&t=destaques>. Acesso em: 20 jun. 2021.
- JARRELL, B.; BROWN, Ernest C. **Modular approach for smart and customizable security solutions and other applications for a smart city**, EP3446183. 18 abr. 2017, 26 out. 2017.
- JOHNSON, C. C. *et al.* Cardiovascular risk factors of elementary school teachers in a low socio-economic area of a metropolitan city: The heart smart program. **Health Education Research**, [s.l.], v. 9, n. 2, p. 183-191, 1994. Disponível em: <https://academic.oup.com/her/article-abstract/9/2/183/554203>. Acesso em: 16 jun. 2021.
- KOICHI, S. **Method of manufacturing composite bodies of system configuration structure cell and component material**, JP2015006650. 26 jun 2013, 15 jan. 2015.
- KRAVITZ, David W. *et al.* **Using pki for security and authentication of control devices and their data**, US10652031. 28 dez. 2018, 12 maio 2020.
- LIU, Y. **Smart city safety monitoring system based on artificial intelligence**, CN111901564. 27 jul. 2020, 6 nov. 2020.

LOBO, L. C. Inteligência artificial e medicina. **Revista Brasileira de Educação Médica**, [s.l.], v. 41, p. 185-193, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbem/a/f3kqKjVQJxB4985fDMVb8b/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 6 jul. 2021.

LU, C.; ZHANG, M.; ZOU, P. **Smart city system artificial intelligence evaluation method based on nonlinear neural network**, CN107453921. 8 set. 2017, 8 dez. 2017.

MATOS, R. J. M. **Cloud-aided and collaborative data learning among autonomous vehicles to optimize the operation and planning of a smart-city infrastructure**, US11003184. 31 out. 2018, 11 maio 2021.

NESPOLI, Z. B. Ciência, inteligência artificial e Pós-modernidade. **Revista Diálogo Educacional**, [s.l.], v. 4, n. 13, p. 31-42, 2004. Disponível em: <https://periodicos.pucpr.br/index.php/dialogoeducacional/article/view/7004>. Acesso em: 6 jul. 2021.

ONE CONNECT COMPANY. **Site Institucional**. [2021]. Disponível em: <https://www.ocft.com/en/>. Acesso em: 4 jul. 2021.

PADIA, J. **Artificial intelligence (ai) chatbot and voicebot for smart city citizen services**, IN201821023423. 22 jun. 2018, 6 set. 2018.

PARK, J. H.; RATHORE, S.; SINGH, S. K. BlockIoTIntelligence: A blockchain-enabled intelligent IoT architecture with artificial intelligence. **Future Generation Computer Systems**, [s.l.], v. 110, p. 721-743, 2020. Disponível em <https://www-sciencedirect.ez357.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0167739X19316474?via%3Dihub>. Acesso em: 6 jun. 2021.

PARK, J. H.; JEON, J.; JEONG, Y. Dynamic analysis for IoT malware detection with convolution neural network model. **IEEE Access**, [s.l.], v. 8, p. 96899-96911, 2020. Disponível em <https://ieeexplore-ieee-org.ez357.periodicos.capes.gov.br/document/9097224>. Acesso em: 6 jun. 2021.

PING AN TECHNOLOGY. **Site Institucional**. 2021. Disponível em: <https://tech.pingan.com/en/>. Acesso em: 23 jun. 2021.

QUESTEL. **Orbit Intelligence**. [2021]. Disponível em: <https://www.orbit.com/>. Acesso em: 6 jun. 2021.

ROSA, J. L. G. **Fundamentos da inteligência artificial**. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

RUSSELL, S.; NORVIG, P. **Inteligência Artificial**. 2. ed. Rio de Janeiro: Campos, 2004. Disponível em: <https://www.cin.ufpe.br/~gtsa/Periodo/PDF/4P/SI.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2021.

SCHEMES, D. C. **O uso da inteligência artificial e gestão associada na região metropolitana da Grande Florianópolis**: uma análise a partir de cidades inteligentes e sustentáveis. 2019. 73p. Dissertação (Mestrado em Direito) – Centro de Ciências Jurídicas, Programa de Pós-Graduação em Direito, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

SHENZHEIN COMPANY. **Site Institucional**. 2021. Disponível em: <https://www.cccme.cn/shop/cccme0147/index.aspx>. Acesso em: 4 jul. 2021.

SHAN, D. **Smart city system based on artificial intelligence**, CN212181519. 7 maio 2020, 18 dez. 2020.

SILVA, W. F. *et al.* Tendências no uso de inteligência artificial e sua influência na requalificação da força de trabalho no setor público. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 14, n. 3, p. 824-842, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/36727>. Acesso em: 2 jun. 2021.

SILVA, V. S.; FELIZARDO, L. F.; DUTRA, A. C. Smart City: um estudo prospectivo da tecnologia com base nas patentes. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 13, n. 1, p. 171-183, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/32677/20797>. Acesso em: 2 jun. 2021.

TAO, Z.; ZHANG, Y. **Smart city fire-fighting monitoring system based on artificial intelligence**, CN111882814. 23 jul. 2020, 3 nov. 2020.

THULASEEKRISHNA, S. *et al.* **Enhanced traffic management with artificial intelligence congestion control algorithm**, IN201941034794. 29 ago. 2019, 18 out. 2019.

WEISS, M. C.; BERNARDES, R. C.; CONSONI, F. L. Cidades inteligentes como nova prática para o gerenciamento dos serviços e infraestruturas urbanas: a experiência da cidade de Porto Alegre. **URBE – Revista Brasileira de Gestão Urbana**, [s.l.], v. 7, p. 310-324, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/urbe/a/7PPdkzYV9xCL4kR4RbbPjMv/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 3 jun. 2021.

YUNG, C. Y. **System and method for streamlined registration and management of products over a communication network related thereto**, US20170206532. 3 abr. 2017, 20 jul. 2017.

ZADEH, L.; TADAYON, S.; TADAYON, B. **System and method for extremely efficient image and pattern recognition and artificial intelligence platform**, US20200184278. 30 dez. 2019, 11 jun. 2020.

Sobre os Autores

Vagner Simões Santos

E-mail: vagnersantos@ifba.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3827-0113>

Especialista em MBA em Marketing Digital e Analytics pela Universidade Pitágoras Unopar em 2021.

Endereço profissional: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Campus Salvador, Rua Emídio dos Santos, s/n, Barbalho, Salvador, BA. CEP: 40301-015.

Núbia Moura Ribeiro

E-mail: nubiamr.ifba@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0468-9760>

Doutora em Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro em 2004.

Endereço profissional: Instituto Federal da Bahia, Campus de Jequié, Departamento de Ensino, Loteamento Cidade Nova, John Kennedy, Jequié, BA. CEP: 45201-570.

Ângela Maria Ferreira Lima

E-mail: angela.lima@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3925-7463>

Doutora em Energia e Ambiente pela Universidade Federal da Bahia em 2017.

Endereço profissional: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Campus Salvador, Rua Emídio dos Santos, s/n, Barbalho, Salvador, BA. CEP: 40301-015.

Alex Sousa Santos

E-mail: alexss@ifba.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2041-2662>

Especialista em Direito e Processo do Trabalho pela Universidade Anhanguera em 2017.

Endereço profissional: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Campus Salvador, Rua Emídio dos Santos, s/n, Barbalho, Salvador, BA. CEP: 40301-015.