

## **O PAPEL DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA PRÁTICA DE FORESIGHT**

### *THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN FORESIGHT PRACTICE*

**GUSTAVO APRILE PORTO ROSSI**  
UFRGS

**RAQUEL JANISSEK-MUNIZ**  
UFRGS

**NATÁLIA MARRONI BORGES**  
UFRGS

**CARLOS JAVIER BRITO CABRERA**  
UFRGS

## O PAPEL DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA PRÁTICA DE FORESIGHT

### **Objetivo do estudo**

Tem como objetivo trazer um estado da arte de estudos sobre a relação entre foresight e Inteligência Artificial, contemplando terminologias recentes como ChatGPT, Large Language Models e Generative IA que podem ajudar a enriquecer a discussão da relação entre antecipação e AI

### **Relevância/originalidade**

Ampliar a compreensão da relação IA e Foresight, fornecendo uma visão atualizada desta área em constante mudança.

### **Metodologia/abordagem**

O trabalho baseia-se em uma revisão sistemática da literatura.

### **Principais resultados**

Os avanços no campo da detecção de artefatos estão impulsionando o desenvolvimento de sistemas autônomos. O aprendizado profundo e outras técnicas baseadas em IA podem detectar sinais ou tendências, de acordo com os estudos discutidos

### **Contribuições teóricas/metodológicas**

Associação de IA e Foresight, e exploração de novos trabalhos através de RSL.

### **Contribuições sociais/para a gestão**

A evolução contínua do LLM trará novos desafios e oportunidades de pesquisa. Métodos tradicionais têm se concentrado em identificar padrões por meio de agrupamento e análise estatística de palavras, mas o LLM encontra relações complexas e produz respostas relevantes para o contexto.

**Palavras-chave:** Foresight, Inteligência artificial, Large Language Models, IA Generativa, RSL

## *THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN FORESIGHT PRACTICE*

### **Study purpose**

It aims to bring a state of the art of studies on the relationship between foresight and Artificial Intelligence, contemplating recent terminologies such as ChatGPT, Large Language Models and Generative AI that can help enrich the discussion of the relationship between anticipation

### **Relevance / originality**

Broaden understanding of the relationship between AI and Foresight, providing an up-to-date view of this ever-changing area.

### **Methodology / approach**

The paper is based on a systematic literature review.

### **Main results**

Advances in the field of artifact detection are driving the development of autonomous systems. Deep learning and other AI-based techniques can detect signals or trends, according to the studies discussed

### **Theoretical / methodological contributions**

Linking AI and Foresight, and exploring new work through RSL.

### **Social / management contributions**

The continued evolution of LLM will bring new challenges and research opportunities. Traditional methods have focused on identifying patterns through clustering and statistical analysis of words, but LLM finds complex relationships and produces context-relevant answers.

**Keywords:** Foresight, Artificial Intelligence, Large Language Models, Generative AI, RSL

## O PAPEL DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA PRÁTICA DE FORESIGHT

### 1 Introdução

Nos últimos anos, tem-se presenciado avanços significativos na área de Inteligência Artificial (IA), impulsionados pelo desenvolvimento de modelos de linguagem (Large Language Model - LLM) altamente avançados, como por exemplo o *ChapGPT*, que revolucionou a forma como interagimos com a tecnologia. Esses modelos generativos de IA apresentam um enorme potencial para moldar o futuro (Dwivedi et al., 2023) e desempenham um papel fundamental no campo do *foresight*, que visa antecipar e compreender sinais que impactarão organizações e sociedade. Por meio de análise avançada de dados e da identificação de padrões complexos, a IA é capaz de processar grandes volumes de informações e extrair *insights* valiosos que seriam impraticáveis por métodos convencionais. Ao adotar *foresight*, as empresas desenvolvem mecanismos que ajudam a detectar sinais fracos do mercado, interpretá-los e agir (Rohrbeck & Schwarz, 2013). Para Brito-Cabrera e Janissek-Muniz (2021), *foresight* é o monitoramento e a análise das informações provenientes do ambiente empresarial, de forma sistemática, com um método específico, a fim de identificar antecipadamente possíveis mudanças nos fatores de contingência que permitam, aos tomadores de decisão, gerar uma vantagem competitiva através da análise de possíveis cenários futuros do mercado.

A relação entre *foresight* e IA não é nova. No meio acadêmico há antecedentes que visam como com o uso desta tecnologia pode-se potencializar a capacidade de antecipação proporcionada pelo *foresight*, permitindo que as organizações ajam proativamente a novos cenários, tomem decisões informadas e aproveitem oportunidades ainda em formação. Neste sentido, Borges e Janissek-Muniz (2022) apresentaram um estudo com avanços da IA, analisando artigos científicos publicados entre os anos de 2011 e 2021. Com esta pesquisa foi possível identificar estudos realizados desde então, a partir de uma busca nas bases de dados de publicações científicas *ScienceDirect* e *Web of Science*.

Em uma primeira exploração, foram gerados os gráficos 1 e 2, que retratam a evolução e o interesse da relação entre IA e *foresight* ao longo do tempo, em especial a partir de 2018. Os gráficos evidenciam a evolução dos artigos, em três categorias distintas: artigos sobre IA, artigos sobre *foresight* e artigos sobre a interseção entre IA e *foresight*, desde os anos 2000. Todas as três categorias cresceram constantemente ao longo do período examinado, como demonstram as linhas de evolução, mostrando um aumento substancial no interesse e na pesquisa nessas áreas particulares.

Gráfico 1 - Evolução das publicações na Web of Science

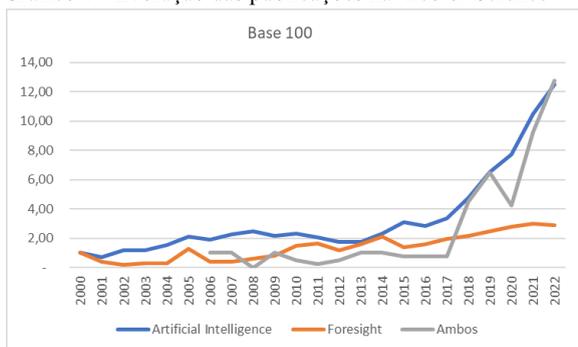
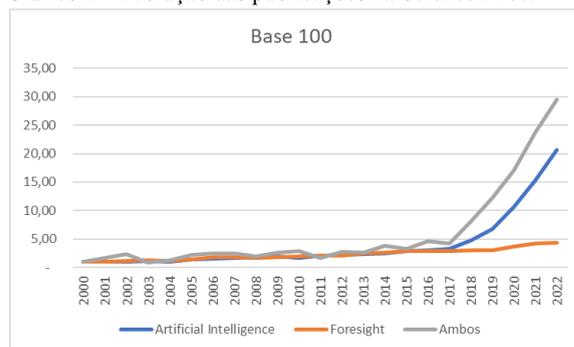


Gráfico 2 - Evolução das publicações na ScienceDirect



O aumento significativo dos estudos de IA pode ser atribuído ao rápido avanço da IA nos últimos anos, impulsionado por avanços tecnológicos como LLM, bem como progressos em áreas como aprendizado de máquina e visão computacional. Esse aumento resulta do reconhecimento da importância da IA como uma área de pesquisa e aplicação em expansão (Dwivedi et al., 2023). Já a linha que representa os artigos publicados usando o termo *foresight*, que também aumentou, mostra um crescente interesse em práticas de antecipação relacionadas à gestão estratégica, dentro do objetivo de ajudar as empresas e os tomadores de decisão a identificar, compreender e se antecipar a possíveis mudanças futuras. À medida que o ambiente empresarial e social passa por transformações rápidas, a inteligência estratégica antecipativa tem se tornado cada vez mais importante (Borges & Janissek-Muniz, 2022).

Em ambos os gráficos, a linha cinza que mostra os artigos publicados com os termos IA e *foresight* é ainda mais evidente, indicando que há maior reconhecimento da relação, e que pesquisadores estão percebendo como a IA pode melhorar as práticas de antecipação. Essa tendência se deve à compreensão de que a IA pode ajudar os processos de *foresight* em diferentes etapas, com análises avançadas e *insights* úteis. De fato, a IA tem sido cada vez mais utilizada em diversas áreas e pode ser empregada para prescrever ou tomar ações com base em regras ou modelos pré-definidos (Faraj et al., 2018). Adicionalmente, pode ser vista como uma forma de "automação" que apoia a tomada de decisão, onde a IA é capaz de analisar grandes quantidades de dados e fornecer recomendações ou ações com base em padrões identificados (Baird & Maruping, 2021). A necessidade de automação nas estratégias de busca, na qualidade dos dados e no apoio a especialistas humanos de forma mais eficaz em estágios posteriores, como a tomada de decisões estratégicas e a implementação, foi veiculado por Mühlroth e Grottke (2023). Esses autores também sugerem que os sistemas para detectar sinais e tendências emergentes precisam ser capazes de aprender e acumular conhecimento ao longo do tempo, para fornecer uma base sólida para a tomada de decisões estratégicas.

Com o objetivo de compreender a situação atual da convergência entre os temas de IA e *foresight*, bem como as possibilidades de uso e implementação de soluções baseadas de IA na detecção de sinais, optou-se pela continuidade ao estudo iniciado por Borges e Janissek-Muniz (2022), partindo das dimensões propostas pelas autoras. Foi desenvolvida, portanto, uma revisão sistemática de literatura complementar, com o objetivo de ampliar e atualizar a visão sobre a relação entre *foresight* e IA. A investigação dos novos termos e conceitos que surgiram após 2021, como LLM e Generative AI, por exemplo, permite compreender melhor como essas tecnologias estão moldando a prática do *foresight*. Como abordagem metodológica, foi realizada uma pesquisa exploratória através de uma revisão sistemática da literatura (RSL). Em termos de contribuição, esta pesquisa contribui com a comunidade acadêmica e profissional, orientando o desenvolvimento futuro das áreas IA e *foresight*, e identificando possíveis lacunas que merecem atenção adicional.

## 2 Revisão da Literatura

### 2.1 Inteligência Artificial

A crescente demanda por soluções eficazes para lidar com a pandemia de COVID-19 despertou o interesse no uso da IA, levando a um aumento substancial no número de publicações acadêmicas relacionadas ao assunto em um curto período, tornando assim, difícil examinar toda a literatura disponível (Adadi et al., 2022). Inicialmente, os objetivos de pesquisa nesse campo foram voltados para a identificação de possíveis aplicações da IA no combate à Covid-19. No entanto, com o desenvolvimento acelerado dos estudos, os pesquisadores passaram a se dedicar também à avaliação dos usos atuais de sistemas inteligentes no enfrentamento da pandemia (Ebadi et al., 2022).

Em linha complementar, Matschek et al (2021) enfatizam a demanda crescente por sistemas autônomos, que possam operar de forma total ou parcialmente independente. Para alcançar esse nível de autonomia, abordagens clássicas de controle têm sido combinadas com métodos de aprendizado de máquina e AI. Essa integração permite que os sistemas se adaptem a novas situações e tomem decisões com base em dados em tempo real.

As tecnologias de IA mais contemporâneas (Benbya et al., 2021) são projetadas não apenas para ajudar os humanos com decisões repetitivas e problemas complexos não estruturados, mas também são capazes de aprender, ajustar seus comportamentos e tomar decisões complexas e autônomas (Tabela 1).

Tabela 1. Tecnologias de IA e domínios de aplicação

<b>Tecnologia</b>	<b>Breve Descrição</b>	<b>Aplicação e exemplo</b>
Aprendizado de Máquina Aprendizagem por reforço Aprendizagem supervisionado Aprendizagem não supervisionada	Aprende com a experiência Aprende a partir de um conjunto de dados de treinamento Detecta padrões em dados que não são rotulados e para os quais o resultado não é conhecido	Análises altamente granulares em big data
Aprendizado profundo	Uma classe de aprendizado de máquina que aprende sem supervisão humana, extraindo de dados não estruturados e não rotulados	Reconhecimento de imagem e voz, carros autônomos
Redes neurais	Algoritmos que se esforçam para reconhecer as relações subjacentes em um conjunto de dados por meio de um processo que imita a maneira como o cérebro humano opera	Avaliação de solicitação de crédito e empréstimo, previsão do tempo
Processamento de linguagem natural	A capacidade de um programa de computador entender a linguagem humana como ela é escrita ou falada	Reconhecimento de fala, análise de texto, tradução, geração
Sistemas especialistas baseados em regras	Um conjunto de regras lógicas derivada de especialistas humanos	Subscrição de seguros, aprovação de crédito
Automação de processos robóticos	Automatiza tarefas digitais estruturadas e faz interface com sistemas	Substituição de cartão de crédito, validação de credenciais on-line
Robôs	Automatiza uma atividade física, manipula e pega objetos	Tarefas de fábricas e armazéns

Fonte: Benbya et al. (2021)

A classificação dos sistemas de IA pode ser baseada em diferentes critérios: pelo tipo de inteligência que eles exibem, com base na tecnologia integrada ao sistema de IA e na função desempenhada pela IA (Benbya et al., 2021).

O uso potencial de sistemas de IA para identificar e analisar padrões em grande quantidade de dados, pode facilitar a identificação de sinais fracos, que podem não ser imediatamente aparentes para especialistas humanos (Mühlroth et al., 2023). Contribuindo para que se encaixem como um nova engrenagem nos processos de monitoramento de ambiente de *foresight* (Saffi, 2020).

## 2.2. Sinais Fracos

O *foresight* constitui-se de interpretações humanas (Saffi, 2020) baseadas em informações do ambiente, os chamados sinais fracos (Ansoff, 1975), cuja capacidade de identificação é determinante no processo de monitoramento antecipativo (Rowe, Wright & Derbyshire, 2017). Na linha da sistematização dos processo de *foresight* nas organizações, o conceito de sinais fracos têm uma natureza diferencial e interpretativa, o que significa que são vagos e requerem mais informações para fazer sentido (Blanck & Janissek-Muniz, 2014). Para transformar sinais fracos em informações úteis para a tomada de decisões, é necessário desenvolver a capacidade interpretativa, pois são essenciais para a criação de significado a partir dos sinais que são percebidos (Lesca & Janissek-Muniz, 2007).

A detecção de sinais fracos, por meio de interações, ou a não linearidade entre variáveis explicativas, é facilitada pela combinação de big data e IA (Saffi, 2020). Na teoria da racionalidade limitada, Simon (1955) enfatiza que os seres humanos não são capazes de tomar decisões racionais quando enfrentam uma quantidade excessiva de informações, especialmente em situações complexas. Ferramentas de IA podem ser aplicadas para a projeções, processamento e análise de grandes quantidades de dados, proporcionando uma visão mais abrangente para embasar decisões (Kuzminov et al., 2021). Neste sentido, a IA pode apoiar os seres humanos a lidar com grandes volumes de dados em ambientes de negócios dinâmicos (Saffi, 2020). A capacidade de detecção de sinais fracos através da IA pode levar a projeções mais precisas e confiáveis, mesmo sem entender completamente os motivos subjacentes da não linearidade das variáveis (Sadok et al., 2022).

Assim, Kuzminov et al (2021) considera que a quantidade cada vez maior de informações valiosas necessárias para a tomada de decisões não pode mais ser processada de maneira eficaz pelas funções tradicionais em sistemas organizacionais, de análise especializada, sem o uso de sistemas automatizados para processamento de informações científicas e técnicas, soluções de IA aparecem como uma potencial solução. Torna-se portanto necessária a utilização de sistemas de apoio à decisão que forneçam informações com base em evidências, por meio do monitoramento contínuo do ambiente (Kuzminov et al., 2021).

No contexto da IA, também é importante identificar precocemente tecnologias emergentes que possam vir a ter impactos significativos na economia e na estabilidade estratégica (Ebadi et al., 2022). Essa identificação requer um exame abrangente das tendências científicas e tecnológicas relevantes, bem como de suas referências. Tradicionalmente, essa análise é realizada por especialistas da área, mas pode ser um processo demorado e sujeito à subjetividade nas avaliações (Ebadi et al., 2022).

Além disso, a capacidade ou racionalidade limitada no tratamento de sinais ou dados é uma das barreiras para a adoção do *foresight*, que por natureza é essencialmente um processo humano (Souza et al., 2023). Isso ocorre devido à imensa quantidade de informações ambientais com as quais as organizações lidam diariamente, incluindo monitoramento, coleta, tratamento e interpretação de dados (Borges & Janissek-Muniz, 2022).

No entanto, essa limitação pode ser reduzida por meio das capacidades das soluções fundamentadas na IA, que detêm um poder substancial de processamento informacional (Benbya et al., 2021). A IA demonstra aptidão para enfrentar o processamento de linguagem natural e a visão computacional, o que amplia ainda mais sua relevância (Kuzminov et al., 2021). O progresso alcançado pelas máquinas nos últimos anos confere maior importância à fusão desses domínios com o *foresight* (Borges & Janissek-Muniz, 2022). A IA exibe uma expressiva capacidade de processamento informacional, abarcando tanto o processamento de linguagem natural quanto a visão computacional (Mühlroth & Grottko, 2020), o que denota sua capacidade para lidar eficazmente com a vasta quantidade de dados e sinais inerentes ao ambiente, contribuindo para sua organização e interpretação.

Evidencia-se a importância de aprimorar a automação no processo de reconhecimento e análise de tanto sinais fracos quanto tendências, visando otimizar o uso dos especialistas humanos de maneira mais eficiente durante a etapa de tomada de decisão. A inteligência artificial (IA) assume um papel crucial nesse contexto, ao facilitar a identificação e o processamento de informações pertinentes. Essa abordagem permite que os especialistas concentrem seus esforços na avaliação dos resultados e na formulação de decisões embasadas, contribuindo para uma gestão mais eficaz de sinais fracos que sinalizam possíveis mudanças emergentes, e também de tendências já mais consolidadas (Zhao et al., 2023).

### 3 Método

O trabalho baseia-se em uma revisão sistemática da literatura, seguindo os passos indicados por Snyder (2019) e buscando trabalhos científicos em bases específicas, fazendo análise de resumos e palavras-chave, excluindo alguns artigos e, em seguida, levando em consideração os restantes. A pesquisa foi baseada em dois termos principais: *foresight* e *artificial intelligence*. Para ambos, foram encontrados termos derivados na literatura que se referem a práticas de antecipação relacionadas à gestão estratégica organizacional, como monitoramento do ambiente, sinais fracos e planejamento de cenários, associados ao *foresight* (Borges & Janissek-Muniz, 2022), e modelos de linguagem, generativo e chatGPT, associados a IA (Dwivedi et al., 2023). O título, resumo e palavras-chave foram considerados no idioma inglês (tabela 2).

Tabela 2. Palavras-chave da RSL

Termo principal	Termo derivado	Significado
Artificial Intelligence	Large Language Models (LLM)	são modelos avançados de IA projetados para entender e gerar texto semelhante ao humano.
	Generative AI	é um tipo de IA que pode gerar novos conteúdos
	ChatGPT	Modelo de LLM
Foresight	Environment Scanning	Monitoramento do ambiente
	Scenario Scanning	Planejamento de cenários
	Weak Signals	Sinais fracos

O resumo detalhado das buscas, considerando as duas bases de publicações e a combinação entre os termos principal e derivado, estão demonstrados na tabela 3. é Possível perceber que, para algumas combinações de termos, não foram localizadas publicações.

Tabela 3. Detalhamento dos termos pesquisados

Base	Termos pesquisados	Artigos localizados
Web of Science	"Artificial Intelligence" AND "foresight"	100
Web of Science	"Artificial Intelligence" AND "environment scanning"	0
Web of Science	"Artificial Intelligence" AND "scenario planning"	6
Web of Science	"Artificial Intelligence" AND "weak signals"	17
Web of Science	"chatgpt" AND "foresight"	0
Web of Science	"chatgpt" AND "environment scanning"	0
Web of Science	"chatgpt" AND "scenario planning"	0
Web of Science	"chatgpt" AND "weak signals"	0
Web of Science	"large language models" AND "foresight"	0
Web of Science	"large language models" AND "environment scanning"	0
Web of Science	"large language models" AND "scenario planning"	0
Web of Science	"large language models" AND "weak signals"	0
Web of Science	"generative AI" AND "foresight"	0
Web of Science	"generative AI" AND "environment scanning"	0
Web of Science	"generative AI" AND "scenario planning"	1
Web of Science	"generative AI" AND "weak signals"	0
ScienceDirect	"Artificial Intelligence" AND "foresight"	623
ScienceDirect	"Artificial Intelligence" AND "environment scanning"	18
ScienceDirect	"Artificial Intelligence" AND "scenario planning"	169
ScienceDirect	"Artificial Intelligence" AND "weak signals"	312
ScienceDirect	"chatgpt" AND "foresight"	5
ScienceDirect	"chatgpt" AND "environment scanning"	0
ScienceDirect	"chatgpt" AND "scenario planning"	2
ScienceDirect	"chatgpt" AND "weak signals"	1
ScienceDirect	"large language models" AND "foresight"	6
ScienceDirect	"large language models" AND "environment scanning"	0
ScienceDirect	"large language models" AND "scenario planning"	1
ScienceDirect	"large language models" AND "weak signals"	2
ScienceDirect	"generative AI" AND "foresight"	5
ScienceDirect	"generative AI" AND "environment scanning"	0
ScienceDirect	"generative AI" AND "scenario planning"	1
ScienceDirect	"generative AI" AND "weak signals"	0
<b>Total</b>		<b>1.269</b>

O artigo de Borges e Janissek-Muniz (2022) analisou artigos científicos publicados entre os anos de 2011 e 2021. Nesta revisão sistemática de literatura, foram analisados artigos a partir de 2021 até 2023 (data de referência: 17/05/2023). Após realizar a busca inicial, foram obtidos um total de 1.269 artigos (tabela 3). Destes, foram identificados 468 artigos duplicados, resultando em 801 artigos únicos para a primeira etapa de análise.

Em seguida, foram aplicados critérios adicionais para a seleção dos artigos, excluindo-se 105 artigos que não atendiam aos critérios estabelecidos. Além disso, foram removidos 120 artigos de periódicos da área de saúde, os quais estavam fora do escopo da pesquisa. Após essas exclusões, restaram 576 artigos para a próxima etapa. Na etapa seguinte, foram avaliados os resumos e as palavras-chave de cada artigo com o objetivo de verificar sua relevância em relação à proposta da pesquisa. Como resultado desta avaliação, 548 artigos foram excluídos, pois não continham termos relacionados com *foresight* e uso de ferramentas de IA, restando 28 artigos que estavam alinhados com os objetivos do estudo (tabela 4).

Tabela 4. Visão Ampliada das Exclusões

Critério Exclusão	Artigos Excluídos	Artigos Resultantes
Inicial	-	1.269
Duplicados	468	801
Somente artigos	105	696
Área de saúde	120	576
Palavras-chave	414	162
Resumo	134	28

Após todas as etapas de seleção, restaram 28 artigos para a análise final. No entanto, durante essa análise, foram excluídos mais 13 artigos que não abordavam adequadamente a relação entre IA e *foresight*, resultando 15 artigos para serem analisados na pesquisa.

Vale ressaltar que, embora o artigo de Mühlroth e Grottke (2020) atendesse a todos os critérios estabelecidos, ele foi excluído da pesquisa por já ter sido incluído no trabalho anterior de Borges e Janissek-Muniz (2022), o qual serviu de base para a realização deste estudo. Dessa forma, foi possível evitar duplicações e promover uma abordagem abrangente e atualizada no presente estudo, totalizando portanto em 14 publicações (tabela 5).

Tabela 5. Artigos selecionados

N	Ano	Autores	Título	Journal
1	2021	Devaraj, Elavarasan, Pugazhendhi, Shafiullah, Ganesan, Jeysree, Khan, Hossain	Forecasting of COVID-19 cases using deep learning models: Is it reliable and practically significant?	Results In Physics
2	2021	Chiarello, Belingheri, Fantoni	Data science for engineering design: State of the art and future directions	Computers in Industry
3	2021	Qian e Deng	An Empirical Study on Knowledge Aggregation in Academic Virtual Community Based on Deep Learning	Data and Information Management
4	2021	Buah, Linnanen, Wu	Augmenting the communication and engagement toolkit for CO2 capture and storage projects	International Journal of Greenhouse Gas Control
5	2021	Kuzminov, Bakhtin, Timofeev, Khabirova, Lobanova, Zurabyan	Modern Natural Language Processing Technologies for Strategic Analytics	Scientific And Technical Information Processing
6	2021	Miao, Guo, Yuan	Research on Identification of Potential Directions of Artificial Intelligence Industry From the Perspective of Weak Signal	IEEE Transactions On Engineering Management

7	2022	Adadi, Lahmer, Nasiri	Artificial Intelligence and COVID-19: A Systematic umbrella review and roads ahead	Journal Of King Saud University-Computer And Information Sciences
8	2022	Werle, Laumer	Competitor identification: A review of use cases, data sources, and algorithms	International Journal Of Information Management
9	2022	Wever, Shah, O'Leary	Designing early warning systems for detecting systemic risk: A case study and discussion	Futures
10	2022	Gautron, Maillard, Preux, Corbeels, Sabbadin	Reinforcement learning for crop management support: Review, prospects and challenges	Computers and Electronics in Agriculture
11	2022	Ebadi, Auger, Gauthier	Detecting emerging technologies and their evolution using deep learning and weak signal analysis	Journal of Informetrics
12	2022	Sadok, Sakka, Maknouzi	Artificial intelligence and bank credit analysis: A review	Cogent Economics & Finance
13	2023	Liu, Guo, Bi	Comparison of administrative and regulatory green technologies development between China and the U.S. based on patent analysis	Data Science and Management
14	2023	Mühlroth, Grottko	Innovation signals: leveraging machine learning to separate noise from news	Scientometrics Journal

#### 4 Resultados

O objetivo desta pesquisa foi compreender a situação atual da convergência entre os temas de IA e *foresight*, bem como as possibilidades de uso e implementação de soluções baseadas de IA na detecção de sinais. Foi adotada uma abordagem exploratória, utilizando os padrões de uma revisão sistemática da literatura (RSL). Foram analisados 28 artigos científicos, publicados entre os anos de 2021 até 2023. Deste total, apenas 14 artigos tiveram alguma relação com o objetivo da RSL. Não houve repetição de periódicos ou pesquisadores. No que se refere aos países dos pesquisadores, destacam-se a China com 3 publicações e, Alemanha e Marrocos, com 2 publicações. Na sequência, com apenas 1 artigo, estão: Canadá, Itália, Finlândia, França, Nova Zelândia e Rússia (Tabela 6).

Tabela 6 - Relação dos Países dos Pesquisadores

Países	Artigos Resultantes
China	3
Alemanha	2
Marrocos	2
Canadá	1
Itália	1
Finlândia	1
França	1
Nova Zelândia	1
Rússia	1

Após uma análise criteriosa dos 14 artigos, foram identificados quatro construtos fundamentais que contribuiriam significativamente para o entendimento e o desenvolvimento do trabalho. Esses construtos servem como pilares que fornecem uma base sólida para a compreensão das interconexões e complexidades inerentes aos assuntos discutidos (tabela 7).

Tabela 7 - Artigos e seus construtos

<b>Categorias</b>	<b>Resumo</b>	<b>Técnicas</b>	<b>Artigos</b>
<i>Forecast</i>	Artigos que adotam a sinergia entre a IA e ferramentas estatísticas para conceber modelos de previsão.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Machine Learning (ML) e Rede Neural Profunda (DNN)</li> <li>Séries Temporais e Deep Learning (DL)</li> </ul>	1 e 11
Recomendação/ Tomada de Decisão	Artigos que tratam da seleção e indicação de cenários/estratégias alternativas, enquanto outro conjunto aborda a extração de características sintáticas e semânticas do texto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fuzzy e Deep Learning</li> <li>Reinforcement Learning e Machine Learning (ML)</li> <li>Word2Vec e Componentes Principais</li> </ul>	3, 4 e 10
Detecção de artefatos/ sinais I	Artigos que exploram a identificação de artefatos por meio do aumento da capacidade de monitorar dados, reconhecimento de padrões, utilização de técnicas de mineração de texto e, modelagem e categorização de tópicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>LDA</li> <li>Deep learning</li> <li>NLP</li> </ul>	2, 6, 7, 8, 9, 12 e 13
Detecção de artefatos/ sinais II	Artigo que aborda a detecção a partir de um processo semi autônomo	<ul style="list-style-type: none"> <li>ML</li> </ul>	14

#### **Forecast:**

Ebadi et. al (2022) apresentam a utilização de Deep Neural Network (DNN) como um método de aprendizado de máquina para modelos de projeção no contexto da COVID-19. As DNNs são muito úteis quando precisam trabalhar com grandes quantidades de informações. Esses algoritmos são capazes de aprender a identificar padrões em dados e fazer previsões com base nos padrões. Além disso, artigo de Devaraj et. al (2021) sugere uma abordagem baseada em aprendizado profundo e o uso de grande base de dados para a projeção precisa de casos de COVID-19 usando dados de séries temporais. Os autores apresentam um método inovador que combina os resultados de vários modelos de previsão de séries temporais. A ideia por trás dessa abordagem é explorar como os diferentes métodos funcionam juntos e utilizar suas forças individuais para fazer previsões mais precisas. Quando os resultados dos modelos são combinados, é possível obter uma visão mais abrangente e confiável das tendências futuras do COVID-19.

#### **Recomendação / Tomada de decisão:**

Buah et. al (2021) discutem uma solução alternativa para superar as limitações da ferramenta estratégica SWOT nas tarefas de projeção, usando a técnica de IA. Uma estratégia de escalonamento Likert e aprendizado profundo difuso são usados na estratégia de IA sugerida. Este método incorpora a IA e as opiniões de especialistas e dados sociais (Buah et al., 2021) para melhorar a capacidade de modelagem e projeção das melhores opções estratégicas. Essa estrutura para o algoritmo de IA sugerido tem como objetivo melhorar a capacidade da ferramenta SWOT em relação às projeções quantitativas (Buah et al., 2021).

Gautron et al (2022) tem como objetivo encontrar caminhos de pesquisa promissores e problemas atuais em agronomia e aprendizado por reforço. O objetivo desta colaboração é apoiar futuras pesquisas conjuntas que apoiem o desenvolvimento de ferramentas de apoio à decisão centradas no ser humano e baseadas em dados para o manejo de safras. Para explorar o potencial dessa abordagem e descobrir possíveis aplicações práticas para seu aprimoramento, a revisão apresentada se concentra especificamente na aplicação do aprendizado por reforço na tomada de decisão no manejo de safras (Gautron et al., 2022). Ao compreender esses fatores, a análise de cenários pode ser conduzida para antecipar as tendências futuras no setor agrícola.

Um método de agregação de conhecimento é proposto por Qian e Deng (2021) para organizar e acessar dados de uma plataforma externa. Os autores analisam as relações entre títulos da plataforma usando técnicas de aprendizado profundo como o modelo Word2Vec para aprender as relações semânticas entre as palavras e a identificação de padrões, e associações nos dados de texto.

#### **Deteção de Artefatos/Sinais I:**

O artigo Adadi et al (2022) discute uma abordagem multicamada para identificar sinais futuros de publicações científicas e tecnologias emergentes. A abordagem combina técnicas como aprendizado profundo, processamento de linguagem natural, análise de redes sociais e análise de sinais fracos. A abordagem proposta pelos autores visa fornecer uma visão quantitativa abrangente para ajudar os tomadores de decisão a identificar e monitorar de forma mais eficaz as tendências tecnológicas emergentes. Além disso, o artigo demonstra que esse método é capaz de identificar sinais de surgimento de tecnologia futuros e também rastrear padrões de sinais de interesse ao longo do tempo.

Por sua parte, a identificação de sinais fracos de convergência na indústria de inteligência artificial é outro tópico abordado no trabalho de Miao et al (2021). O objetivo do artigo é compreender as características inovadoras das indústrias emergentes, apoiar o processo de revolução tecnológica, ajudar as empresas a desenvolver estratégias de desenvolvimento tecnológico e promover a competitividade (Miao et al., 2021). Neste sentido, foi proposto usar a "percepção de varredura, verificação-deteção de rede" para identificar a estrutura de reconhecimento de sinal fraco na competição estratégica tradicional.

Na linha de pré-processamento e análise de dados de patentes, Liu et al (2023) usaram análises baseadas em mineração de texto com a ajuda de IA. Por meio dessa técnica, foram identificados os subtópicos e pontos de destaque tecnológicos em cada fase do processo. Por exemplo, os sistemas de deteção de informações rodoviárias, os sistemas de negociação de dinheiro eletrônico, os sistemas de controle de tráfego baseados em análise de imagens e os sistemas de gerenciamento de serviços baseados em análise de dados e imagens foram os principais pontos de destaque tecnológicos.

Outro artigo aborda as perspectivas futuras relacionadas ao surgimento de tecnologias inteligentes e sistemas abrangentes com aprendizado profundo, inteligência artificial e internet das coisas como principais algoritmos (Wever et al., 2022). Além disso, são fornecidos exemplos de sistemas de alerta antecipado que são utilizados em uma variedade de situações, incluindo crises financeiras, terremotos, surtos de vírus e deteção de ataques com mísseis. A identificação de padrões sutis, a aceleração do desenvolvimento e teste de modelos de sistema

e a melhoria da detecção de riscos sistêmicos requerem essas soluções mais integradas (Wever et al., 2022).

Werle e Laumer (2022) fornecem uma revisão abrangente da literatura sobre a identificação de concorrentes e aplicações de mineração de dados no contexto da tomada de decisões estratégicas. Ao analisar esses diversos contextos e utilizar as referências dos autores, é possível obter uma compreensão ampla e embasada sobre as abordagens, métodos e benefícios relacionados à detecção de sinais futuros, identificação de tendências tecnológicas emergentes e apoio à tomada de decisões estratégicas. .

### **Deteção de Artefatos/Sinais II:**

Um método revolucionário baseado em aprendizado de máquina é apresentado por Mühlroth et al (2023) para ajudar as empresas na identificação de sinais precoces de mudança para que as empresas mantenham sua vitalidade e vantagens competitivas. Este método oferece um grau mais alto de automação do que antes. O processo incluiu coletar dados de sites de notícias online, identificar e selecionar automaticamente sinais precoces de mudança. Em seguida, os especialistas avaliam a relevância destes sinais. Para identificar novos sinais de mudança, esta técnica pode ser repetida sistematicamente em intervalos regulares possibilitando identificar sinais de mudança em estágios iniciais antes que se transformem em uma tendência, aumentando o grau de automação e evitando que os especialistas humanos recebam informações inúteis (Mühlroth et al., 2023).

## **5 Conclusão**

Os avanços no campo da detecção de artefatos estão impulsionando o desenvolvimento de sistemas autônomos. O aprendizado profundo e outras técnicas baseadas em IA podem detectar sinais ou tendências, de acordo com os estudos discutidos. Como mencionado no artigo de Adadi et al (2022), a utilização de Deep Neural Networks (DNNs) no contexto do COVID-19 mostra a capacidade desses algoritmos de identificar padrões em grandes quantidades de dados, o que permite interpretações mais precisas. Além disso, a combinação de modelos de previsão de séries temporais diferentes, como sugerido por Devaraj et al (2021), mostra a importância de explorar as forças únicas de cada modelo para obter uma visão mais ampla das tendências futuras.

Como abordado pelos artigos de Ebadi et al (2022) e Miao et al (2021), a detecção de sinais e a identificação de tendências tecnológicas emergentes também são áreas de estudo relevantes. Para detectar e monitorar sinais futuros e padrões ao longo do tempo, esses estudos usam técnicas de aprendizado profundo, processamento de linguagem natural, análise de redes sociais e sinais fracos. Essas técnicas fornecem uma visão abrangente e quantitativa que ajuda os tomadores de decisão a identificar e acompanhar as tendências tecnológicas emergentes. Para Liu et al (2023), a análise de patentes também aborda o uso da IA na detecção de artefatos. O uso de técnicas de IA e mineração de texto permite a identificação de pontos de destaque tecnológicos em várias áreas, fornecendo uma visão útil para o desenvolvimento de estratégias e tomada de decisões.

No artigo Buah et al (2021) discute-se como usar a IA para superar as limitações da ferramenta SWOT. O objetivo dessa abordagem é melhorar a capacidade de modelagem e fazer previsões sobre as melhores opções estratégicas. Além disso, o artigo Gautron et al

(2022) visa apoiar o desenvolvimento de ferramentas de apoio à decisão no manejo de safras por meio do aprendizado por reforço.

Por fim, Mühlroth et al (2023) oferece uma abordagem inovadora que combina aprendizado de máquina e abordagens qualitativas existentes para identificar sinais precoces de mudança nas empresas. Essa abordagem permite uma maior automação e evita a sobrecarga de informações irrelevantes para os especialistas.

Ao expandir a visão do trabalho anterior, esta pesquisa teve como objetivo proporcionar uma compreensão mais atualizada e abrangente sobre a relação entre *foresight* e IA. A evolução contínua do LLM (Modelo de Linguagem baseado em Aprendizado de Máquina) traz novos desafios e oportunidades de pesquisa. Os métodos tradicionais têm se concentrado em identificar padrões por meio de agrupamento e análise estatística de palavras, mas o LLM encontrará relações complexas e produzirá respostas relevantes para o contexto. Pois cada vez mais há necessidade de aumentar o nível de automação no processo de identificação e análise/detecção de sinais para deslocar recursos humanos valiosos para a etapa de tomada de decisão.

A perspectiva futura oferece uma vasta gama de oportunidades de pesquisa. Aprimorar os algoritmos de aprendizado de máquina, desenvolver novos métodos de processamento de linguagem natural e estudar novos métodos de detecção de sinais e tendências emergentes serão necessários. Os pesquisadores terão a oportunidade de explorar o LLM em uma variedade de campos, como ciência, medicina, negócios e muito mais, para obter informações úteis e prever mudanças. Essa jornada promete abrir portas para uma compreensão mais abrangente do mundo ao nosso redor e oferecer *insights* valiosos para enfrentar as dificuldades que surgirão no futuro.

## Referências

- Adadi, A; Lahmer, M; Nasiri, S (2022). Artificial Intelligence and COVID-19: A Systematic umbrella review and roads ahead. *Journal of King Saud University-Computer And Information Sciences*, Volume 34, Issue 8, Part B, Pages 5898-5920, ISSN 1319-1578, <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2021.07.010>.
- Ansoff, I. H. (1975). Managing strategic surprise by response to weak signals. *California Management Review*, Winter, 18(2), 21-33.
- Baiard, A.; Maruping, M. (2021). The next generation of research on is use: a theoretical framework of delegation to and from agentic is artifacts. *MIS Quarterly*, v. 45, n. 1.
- Benbya, H; Pachidi, S; Jarvenpaa, S (2021). Special issue editorial: artificial intelligence in organizations: implications for information systems research. *Journal of the Association for Information Systems*, 22(2).
- Blanck, M.; Janissek-Muniz, R. (2014) Inteligência estratégica antecipativa coletiva e crowdfunding: aplicação do método L.E.SCANning em empresa social de economia peer-to-peer (P2P). In: *Revista de Administração da Universidade de São Paulo (RAUSP)*, 2014.
- Borges, N.; Janissek-Muniz, R. (2022) O uso da inteligência artificial no foresight: status e potencialidades. 11º IFBAE. *Anais*.
- Brito-Cabrera, C.; Janissek-Muniz, R.. (2021). Abordagem antecipativa para ajuste estrutural contingencial nas empresas através do uso do foresight: uma contribuição à teoria da contingência. Semead 2021, *Anais*.
- Buah, E; Linnanen, L; Wu, H (2021). Augmenting the communication and engagement toolkit for CO2 capture and storage projects. *International Journal of Greenhouse Gas Control*. Volume 107, 103269. <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2021.103269>.
- Chiarello, F; Belingheri, P; Fantoni, G (2021). Data science for engineering design: State of the art and future directions. *Computers in Industry*. Volume 109, 103447. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103447>.
- Devaraj, J; Elavarasan, RM; Pugazhendhi, R; Shafiullah, GM; Ganesan, S; Jeysree, AK; Khan, IA; Hossain, E (2021). Forecasting of COVID-19 cases using deep learning models: Is it reliable and practically significant?. *Results In Physics*. Volume 21, <https://doi.org/10.1016/j.rinp.2021.103817>.
- Dwivedi, Y.; Kshetri, N.; Hughes, L.; Slade, E.; Jeyaraj, A.; Kar, A.; Baabdullah, A.; Koohang, A.; Raghavan, V.; Ahuja, M.; Albanna, H.; Albashrawi, M. A.; Al-Busaidi, A. S.; Balakrishnan, J.; Barlette, Y.; Basu, S.; Bose, I.; Brooks, L.; Buhalis, D.; Carter, L.; Chowdhury, S.; Crick, T.; Cunningham, S. W.; Davies, G. H.; Davison, R. M.; Dé, R.; Dennehy, D.; Duan, Y.; Dubey, R.; Dwivedi, R.; Edwards, J. S.; Flavián, C.; Gauld, R.; Grover, V.; Hu, M.-C.; Janssen, M.; Jones, P.; Junglas, I.; Khorana, S.; Kraus, S.; Larsen, K. R.; Latreille, P.; Laumer, S.; Malik, F. T.; Mardani, A.; Mariani, M.; Mithas, S.; Mogaji, E.; Nord, J. H.; O'Connor, S.; Okumus, F.; Pagani, M.; Pandey, N.; Papagiannidis, S.; Pappas, I. O.; Pathak, N.; Pries-Heje, J.; Raman, R.; Rana, N. P.; Rehm, S.-V.; Ribeiro-Navarrete, S.; Richter, A.; Rowe, F.; Sarker, S.; Stahl, B. C.; Tiwari, M. K.;

- van der Aalst, W.; Venkatesh, V.; Viglia, G.; Wade, M.; Walton, P.; Wirtz, J.; Wright, R. (2023). Opinion Paper: “So what if ChatGPT wrote it?” Multidisciplinary perspectives on opportunities, challenges and implications of generative conversational AI for research, practice and policy. *International Journal of Information Management*, Volume 71, <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2023.102642>.
- Ebadi, A.; Auger, A.; Gauthier, Y (2022). Detecting emerging technologies and their evolution using deep learning and weak signal analysis. *Journal of Informetrics*. Volume 16, <https://doi.org/10.1016/j.joi.2022.101344>.
- Faraj, S; Pachidi, S.; Sayegh, K. (2018) Working and organizing in the age of the learning algorithm. *InfOrgan* 28:62–70.
- Gautron, R; Maillard, OA; Preux, P; Corbeels, M; Sabbadin, R (2022). Reinforcement learning for crop management support: Review, prospects and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*. Volume 200, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107182>.
- Kuzminov, IF.; Bakhtin, PD; Timofeev, AA.; Khabirova, EE.; Lobanova, PA.; Zurabyan, NI. (2021). Modern Natural Language Processing Technologies for Strategic Analytics. *Scientific And Technical Information Processing*. Volume 48, <https://doi.org/10.3103/S0147688221060071>.
- Lesca, H.; Janissek-Muniz, R. (2007). *Inteligência Estratégica Antecipativa e Coletiva: Conceitos e procedimentos para implantação em empresas*. Fonte: IEA Brasil: [ieabrasil.com.br/arquivos/biblioteca/plaquettePO\\_HL\\_RJM.pdf](http://ieabrasil.com.br/arquivos/biblioteca/plaquettePO_HL_RJM.pdf)
- Liu, M.; Guo, J.; Bi, D. (2023). Comparison of administrative and regulatory green technologies development between China and the U.S. based on patent analysis. *Data Science and Management*. Volume 6, <https://doi.org/10.1016/j.dsm.2023.01.001>.
- Matschek, J.; Himmel, A.; Findeisen, R. (2021). Constrained learning for model predictive control in asymptotically constant reference tracking tasks. *IFAC-PapersOnLine*. Volume 54, <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.08.366>.
- Miao, H.; Guo, X.; Yuan, F. (2021). Research on Identification of Potential Directions of Artificial Intelligence Industry From the Perspective of Weak Signal. *IEEE Transactions On Engineering Management*. <https://doi.org/10.1109/TEM.2021.3123639>
- Mühlroth, C.; Grottko, M. (2020). Artificial intelligence in innovation: how to spot emerging trends and technologies. *IEEE Transactions on Engineering Management*. Volume 69, <https://doi.org/10.1109/TEM.2020.2989214>.
- Mühlroth, C.; Kölbl, L.; Grottko, M. (2023). Innovation signals: leveraging machine learning to separate noise from news. *Scientometrics Journal*. <https://doi.org/10.1007/s11192-023-04672-y>
- Qian, L.; Deng, S. (2021). An Empirical Study on Knowledge Aggregation in Academic Virtual Community Based on Deep Learning. *Data and Information Management*. Volume 5, <https://doi.org/10.2478/dim-2021-0010>.
- Rohrbeck, R. ; Schwarz, JO. (2013). The value contribution of strategic foresight: Insights from an empirical study of large European companies. *Technological Forecasting and Social Change*. Volume 80, Issue 8, Pages 1593-1606, ISSN 0040-1625, <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2013.01.004>.

- Rowe, E., Wright, G., & Derbyshire, J. (2017). Enhancing horizon scanning by utilizing pre-developed scenarios: Analysis of current practice and specification of a process improvement to aid the identification of important ‘weak signals’. *Technological Forecasting and Social Change*, 125, 224-235.
- Sadok, H.; Sakka, F.; and El Maknouzi, ME (2022). Artificial intelligence and bank credit analysis: A review. *Cogent Economics & Finance*. Volume 10, <https://doi.org/10.1080/23322039.2021.2023262>.
- Saffi, F. (2020). *Explorando usos potenciais do big data para a inteligência antecipativa*. Dissertação de Mestrado. Escola de Administração. UFRGS.
- Simon, H. A. (1955). A Behavioral Model of Rational Choice. *The Quarterly Journal of Economics*, [s. l.], v. 69, n. 1, p. 99.
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, Vol. 104, Pages 333-339, <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>.
- Souza, A.; Janissek-Muniz, R.; Borges, M. (2023). Proposta de Framework para Adoção de Inteligência Artificial em Processos de Foresight, *Anais 12º IFBAE*, 2023.
- Werle, M.; Laumer, S. (2022). Competitor identification: A review of use cases, data sources, and algorithms. *International Journal of Information Management*. Volume 65, <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2022.102507>.
- Wever, M.; Shah, M.; O'Leary, N. (2022). Designing early warning systems for detecting systemic risk: A case study and discussion. *Futures*. Volume 136, <https://doi.org/10.1016/j.futures.2021.102882>.
- Zhao, D., Tang, Z. and He, D. (2023). A systematic literature review of weak signal identification and evolution for corporate foresight. *Kybernetes*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/K-03-2023-0343>.