

Instituto Politécnico de Coimbra
Instituto Superior de Contabilidade
e Administração de Coimbra

Bruno Alexandre dos Santos Couceiro

Inteligência Artificial em Auditoria Interna:
proposta de modelo de auditoria interna a projetos de inteligência artificial

Coimbra, julho de 2021

Inteligência Artificial em Auditoria Interna: proposta de modelo de auditoria interna a projetos de inteligência artificial

Bruno Alexandre dos Santos Couceiro

ISCAC | 2021



Instituto Politécnico de Coimbra
Instituto Superior de Contabilidade
e Administração de Coimbra

Bruno Alexandre dos Santos Couceiro

Inteligência Artificial em Auditoria Interna:
proposta de modelo de auditoria interna a projetos de
inteligência artificial

Dissertação submetida ao Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Coimbra para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Auditoria Empresarial e Pública, realizada sob a orientação da Professora Isabel Maria Mendes Pedrosa.

Coimbra, julho de 2021

TERMO DE RESPONSABILIDADE

Declaro ser o autor desta dissertação, que constitui um trabalho original e inédito, que nunca foi submetido a outra Instituição de ensino superior para obtenção de um grau acadêmico ou outra habilitação. Atesto ainda que todas as citações estão devidamente identificadas e que tenho consciência de que o plágio constitui uma grave falta de ética, que poderá resultar na anulação da presente dissertação.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer à Professora Doutora Isabel Pedrosa que, após o meu pedido, se disponibilizou a ser minha orientadora de Dissertação, apesar do grande número de orientados a seu cargo, bem como do trabalho que estes acarretam. Também queria mencionar o meu agradecimento pela disponibilidade na solução das várias dúvidas que surgiram no decorrer desta Dissertação, bem como pelo conhecimento passado de grande ajuda para a elaboração da mesma.

Queria ainda deixar o meu agradecimento aos meus pais e ao meu irmão que, desde o início deste processo, me apoiaram e que, apesar das dificuldades que foram surgindo, conseguiram incentivar-me a continuar a desenvolver o meu trabalho da melhor forma possível.

Gostaria também de agradecer às especialistas Sofia Raimundo (PwC) e Ana Malfada Costa (HDFE), pela sua disponibilidade em validar a proposta do guia de boas práticas para a auditoria à inteligência artificial e pelas suas sugestões, que ajudaram a melhorar a mesma proposta.

Concluo, referindo, que é com enorme gratidão que expresso os meus mais sinceros agradecimentos a todos os que ajudaram a tornar possível a realização desta Dissertação.

RESUMO

A Inteligência Artificial destaca-se pelo que consegue produzir e também pelas vantagens que fornece aos diversos setores de atividade. A Auditoria Interna poderá beneficiar do uso da Inteligência Artificial nas suas tarefas permitindo, por exemplo, a automatização de processos de auditoria, tornando os auditores internos mais rápidos e eficientes, permitindo um aumento do grau de complexidade das tarefas que podem assumir. Assim, o auditor interno necessitará de desenvolver novas competências relativamente ao uso da Inteligência Artificial e melhorar as que detém em áreas como a determinação dos processos de negócio, dos riscos e controlos associados, deteção antecipada de fraude e acompanhamento em tempo real de anomalias.

Esta Dissertação pretende perceber de que forma a Auditoria Interna e a Inteligência Artificial se relacionam, de modo a que auditoria não perca o seu propósito e crie mais valor para as organizações. São discutidas as vantagens e limitações da aplicação da Inteligência Artificial, apresentando um conjunto de tecnologias de Inteligência Artificial e os benefícios e riscos associados ao seu uso. Analisar-se-á o impacto que a aplicação de Inteligência Artificial tem na auditoria interna e no trabalho do auditor, em especial na forma como se pode realizar auditoria interna aos projetos de Inteligência Artificial.

A presente Dissertação inicia-se com uma revisão sistemática da literatura, usando o protocolo de Buarque (2019). Serão apresentados, detalhadamente, modelos de auditoria à inteligência artificial, sendo avaliados, comparados e proposto, como um dos contributos deste trabalho, um modelo de Auditoria Interna aos projetos de Inteligência Artificial, o qual poderá ser aplicado em qualquer tipo de projeto desta natureza.

Esta Dissertação pretende ser um contributo e incentivo para outros trabalhos académicos sobre o tema, uma vez que, em Português, é ainda escasso o número de publicações académicas e a informação disponível sobre a área, a qual, atendendo à sua atualidade e relevância para auditoria, se antevê que represente um importante impacto na profissão.

Palavras-chave: Inteligência Artificial, Auditoria Interna, *Big Data*, Aprendizagem Automática, *Text Mining*, *Process mining*, *Deep Learning*, *Data mining*, *Machine Learning*

ABSTRACT

Artificial Intelligence stands out for what it can produce but also for the advantages it provides to different sectors of activity. Internal auditing can benefit from the use of artificial intelligence in their tasks, for example, the automation of audit processes, which makes internal auditors faster and more efficient, allowing an increase in the degree of complexity of tasks they can do.

Therefore, the internal auditor will need to develop new skills regarding the use of artificial intelligence and improve those he has in areas such as determining business processes and associated risks and controls, and early detection of fraud and monitoring, in real-time, of anomalies.

This dissertation intends to understand how Internal Audit and Artificial Intelligence are related to each other, in the way that auditing doesn't lose its purpose and creates more value for the organizations. This dissertation has discussed the advantages and limitations of the application of Artificial Intelligence, presenting a set of Artificial Intelligence technologies with the benefits and risks of their use. The impact of the application of Artificial Intelligence in the Internal Audit and in the work of the auditor will be analyzed, especially on the way in which an internal audit of Artificial Intelligence projects can be carried out.

The present dissertation begins with a systematic literature review, using the protocol of Buarque (2019). Models for Auditing Artificial Intelligence Projects will be presented, in detail, evaluated, compared, and proposed, as one of the contributions of this work. The proposed Internal Audit model for Artificial Intelligence projects may be applied in any type of project of this nature.

This dissertation intends to be a contribution and incentive for other academic works about this subject, since, in Portuguese, the number of academic publications and the information available is still scarce, in a study field that, given its timeliness and relevance to auditing, it's expected to represent an important impact in the profession.

Keywords: Artificial Intelligence, Internal Audit, Big Data, Machine Learning, Text Mining, Process Mining, Deep Learning, Data mining, Machine Learning

ÍNDICE GERAL

INTRODUÇÃO	1
Motivação	2
Objetivos do trabalho.....	2
Estrutura do trabalho.....	2
1 Metodologia.....	5
2 Inteligência Artificial.....	13
2.1 Breve enquadramento histórico.....	17
2.2 Tecnologias de inteligência artificial	20
2.2.1 Algoritmos e <i>Big Data</i>	20
2.2.2 Sistemas baseados em conhecimento	21
2.2.3 Aprendizagem automática	22
2.2.3.1 Aprendizagem automática não supervisionada	22
2.2.3.2 Aprendizagem automática supervisionada	22
2.2.3.3 Deep learning.....	22
2.2.3.4 Redes neurais artificiais.....	23
2.2.4 <i>Data mining</i>	23
2.2.5 <i>Text mining</i>	24
2.2.6 <i>Process Mining</i>	24
2.2.7 Processamento de linguagem natural.....	26
2.2.8 <i>Expert Systems</i>	26
3 Auditoria Interna e Inteligência artificial.....	29
3.1 Aplicação da Inteligência Artificial no contexto da Auditoria Interna	29
3.2 Papel da Auditoria Interna e do Auditor Interno no contexto da Inteligência Artificial.....	31
3.3 Vantagens da aplicação da Inteligência Artificial na Auditoria Interna	37
3.4 Limitações e desvantagens da aplicação da Inteligência Artificial na Auditoria Interna	44

3.5	Modelos para a Auditoria Interna à Inteligência Artificial	47
3.5.1	O <i>Framework</i> de Auditoria à Inteligência Artificial do IIA.....	47
3.5.1.1	Estratégia de Inteligência Artificial.....	48
3.5.1.2	Ciber-resiliência	48
3.5.1.3	Governança.....	49
3.5.1.4	Fator Humano	51
3.5.1.5	Arquitetura e infraestrutura de dados	52
3.5.2	<i>The Future Model</i> da Protiviti	53
3.5.2.1	Governança.....	54
3.5.2.2	Metodologia.....	55
3.5.2.3	Tecnologia	56
4	Proposta de modelo de Auditoria Interna à Inteligência artificial	59
4.1	Comparação e discussão dos Modelos.....	59
4.2	Proposta de modelo	61
4.3	Avaliação do Modelo	68
	CONCLUSÕES	69
	Contributos.....	71
	Limitações do estudo	72
	Trabalho Futuro	73
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
	APÊNDICES	79
	APÊNDICE 1 - Guia de Boas Práticas para Auditoria Interna à Inteligência Artificial	80
	APÊNDICE 2 - Guia de Boas Práticas para Auditoria Interna à Inteligência Artificial (download em Excel).....	85
	APÊNDICE 3 – Artigo CISTI 2020 Estado da Arte da Inteligência Artificial no contexto da Auditoria Interna	88
	ANEXOS	90
	ANEXO 1 - Protocolo de revisão sistemática da literatura	91

Lista de Figuras

Figura 1 Cronologia da Inteligência Artificial.....	20
---	----

Lista de Tabelas

Tabela 1: Lista de Revistas Internacionais pesquisadas no Scimago Journal Ranking na Área de Auditing.....	6
Tabela 2: Lista de Revistas Internacionais pesquisadas no Scimago Journal Ranking na Área de Accounting	7
Tabela 3: Lista de Revistas Internacionais pesquisadas no Scimago Journal Ranking na Área de Information Systems	9
Tabela 4: Lista de Revistas Internacionais pesquisadas no Scimago Journal Ranking na Área de Computer Science	10
Tabela 5: Lista de Proceedings de conferências consultadas	11
Tabela 6: Vantagens das Tecnologias de Inteligencia Artificial na Auditoria	42
Tabela 7: Desvantagens e Limitações das Tecnologias de Inteligência Artificial na Auditoria	46
Tabela 8: Comparação das Componentes dos Modelos Selecionados	59
Tabela 9 – Questões para Auditoria Interna à Estratégia da Inteligência Artificial	62
Tabela 10– Questões para Auditoria Interna à Governança de Inteligência Artificial ...	63
Tabela 11 - Questões para Auditoria Interna ao Fator Humano	65
Tabela 12 - Questões para Auditoria Interna à Arquitetura e Infraestrutura de Dados ..	65
Tabela 13 - Questões para Auditoria Interna à Ciber-resiliência.....	66
Tabela 14 - Questões para Auditoria Interna à Qualidade dos Dados	67
Tabela 15 – Questões para Auditoria Interna à Ética	67

Lista de abreviaturas, acrónimos e siglas

AI – Auditoria Interna

AICPA – *American Institute of Certified Public Accountants*

CIPFA - *Chartered Institute of Public Finance and Accountancy*

CPA Canada - *Chartered Professional Accountants of Canada*

IA – Inteligência Artificial

IATE - *Interactive Terminology for Europe*

IBM - *International Business Machines Corporation*

IIA - *The Institute of Internal Auditors*

LISP – *List Processing*

PDF - *Portable Document Format*

XCON - *Expert Configuration*

INTRODUÇÃO

Esta dissertação incide primeiramente sobre uma revisão sistemática da literatura sobre o tema “Inteligência Artificial em Auditoria Interna” e sobre “modelos de auditoria interna a projetos de inteligência artificial”, sendo que, a partir dessa revisão, esta Dissertação procede à elaboração de uma proposta de modelo de Auditoria Interna aos projetos de Inteligência Artificial de uma organização.

O conceito de inteligência artificial surgiu por volta 1950 sendo, portanto, um conceito com alguma antiguidade. Apesar disso, é com a contínua inovação tecnológica das últimas décadas que tem ganho destaque nas organizações e junto do público em geral. Na atualidade a Inteligência Artificial (IA) é omnipresente: está em aspetos da vida privada (por exemplo, através dos diversos usos e *apps* dos *smartphones*) até a aspetos da vida profissional e da realidade empresarial (por exemplo a automatização de tarefas ou a obtenção de um melhor conhecimento sobre os mercados onde se inserem e sobre os seus clientes prevendo as suas necessidades e ações através de tecnologias de aprendizagem automática).

É neste contexto que as técnicas de inteligência artificial começam a ser cada vez mais procuradas pelas organizações com o objetivo de automatizar os seus processos, melhorando o tempo que é despendido nos mesmos bem como a sua eficiência. Os processos que as organizações procuram melhorar através da aplicação da inteligência artificial não são apenas os novos processos criados, mas também os processos já existentes, sendo que é nestes que se verifica a existência mais acentuada dos benefícios da aplicação da inteligência artificial. A aplicação de tecnologias de inteligência artificial nas organizações também pode ser benéfica para um melhor conhecimento dos mercados onde se inserem e adquirir ou manter vantagens competitivas em relação a outras organizações. A inteligência artificial pode também fornecer um melhor conhecimento dos seus clientes, prevendo de certa forma as suas necessidades e ações através de tecnologias de aprendizagem automática (*machine learning*).

A auditoria interna, bem como todos os outros ramos da auditoria, necessita de se adaptar a este novo paradigma tecnológico de modo a conseguir executar as suas funções de forma correta. Para isso, os auditores internos, necessitam de se munir do conhecimento necessário e das competências adequadas de modo a poderem avaliar

processos afetados pela inteligência artificial e a formular uma opinião adequada e verdadeira sobre os mesmos.

Motivação

Este tema tem uma enorme importância na atualidade da auditoria interna uma vez que tem a possibilidade de revolucionar a função do auditor interno - e até a própria auditoria interna - através da aplicação da inteligência artificial à semelhança do que está a acontecer em vários setores de atividade onde a inteligência artificial permite melhorar os vários processos, tornando-os mais eficientes e com menos custos associados. Compreender de que forma a inteligência artificial poderá ser auditada no contexto de auditoria interna, criando um modelo para a realização dessa auditoria interna, colmatando, assim, uma lacuna que, tanto quanto é do nosso conhecimento, existe ainda nos materiais disponíveis para os auditores internos, é a principal motivação para a realização deste trabalho.

Objetivos do trabalho

Esta dissertação pretende dar resposta a alguns objetivos definidos entre os quais estão:

- Objetivo 1 - perceber de que forma a inteligência artificial e a auditoria interna estão relacionadas;
- Objetivo 2 - determinar as vantagens da aplicação da inteligência artificial na auditoria interna;
- Objetivo 3 - identificar as limitações existentes na inteligência artificial e os riscos associados ao uso da mesma no contexto da auditoria interna;
- Objetivo 4 - analisar o impacto que a aplicação da inteligência artificial tem na auditoria interna e propor um modelo para a auditoria interna à inteligência artificial.

Estrutura do trabalho

Esta dissertação é composta por 6 capítulos sendo que, se inicia com a introdução, onde se procede à contextualização do trabalho a desenvolver, se apresenta a motivação e objetivos; no capítulo correspondente à metodologia, refere-se detalhadamente a

metodologia utilizada para a elaboração da presente dissertação. Neste caso, como se seguiu um protocolo de revisão sistemática da literatura, entendeu-se que a Metodologia deveria corresponder a um capítulo autónomo. O capítulo 2. Inteligência Artificial trata sobre um dos temas principais deste trabalho, fornecendo um conjunto de conceitos relacionados com inteligência artificial, técnicas, métodos e algoritmos associados. O capítulo 3. Auditoria Interna e Inteligência Artificial centra-se na auditoria interna, fazendo uma breve referencia teórica sobre a mesma e sobre os seus aspetos fundamentais e, posteriormente, aborda, de forma mais específica e exaustiva, a influência da inteligência artificial na auditoria interna, bem como a sua aplicabilidade e benefícios e riscos associados, apresentam-se dois modelos para auditoria à inteligência artificial. Igualmente neste capítulo irá abordar-se o papel do auditor interno no contexto da inteligência artificial aplicada à auditoria interna. No capítulo 4. apresenta-se o trabalho empírico realizado, uma proposta de modelo de Auditoria Interna à Inteligência Artificial, onde se procede à comparação de dois modelos de referência detalhados no capítulo anterior, se propõe um modelo com diversas dimensões e se procede à validação do modelo.

Finalmente, o trabalho termina com o capítulo dedicado às conclusões, contributos, limitações e trabalho futuro.

*Inteligência Artificial em Auditoria Interna:
proposta de modelo de auditoria interna a projetos de inteligência artificial*

1 Metodologia

Esta dissertação foi preparada e elaborada recorrendo à utilização de uma metodologia baseada no protocolo de revisão sistemática da literatura proposto por Buarque (2019), presente no anexo 1.

Para a elaboração da presente revisão sistemática da literatura recorreu-se a diversos tipos de fontes, relacionadas com a inteligência artificial e com a auditoria interna, existentes em diversos formatos. Procedeu-se à pesquisa em várias bases de dados nomeadamente: SCOPUS, Research Gate, SpringerLink e Google Scholar.

Para além da pesquisa nas bases de dados mencionadas também se procedeu à identificação de um conjunto de Revistas Internacionais com arbitragem científica (*International Journals*) como, por exemplo: *Journal of Information Systems Accounting*, *Journal of Information Systems*, *Journal of Emerging Trends in Economics and Management Sciences*, *Fraud Magazine*, *Advances in Intelligent Systems and Computing*, *European Journal of Information Systems*, *Information Systems Research*, *Managerial Auditing Journal* e *Internal Auditor Magazine*. Estas revistas científicas foram selecionadas com base no Scimago Journal Rankings 2019, considerando a existência do termo “Audit” na designação do *Journal* e a presença da área científica de Contabilidade (Accounting), de onde se obtiveram as revistas listadas na Tabela 1, Tabela 2, Tabela 3 e Tabela 4.

Para a construção das tabelas mencionadas e atendendo a que o estudo de Inteligência Artificial aplicada à Auditoria Interna corresponde a uma área híbrida, associada a diversas outras áreas de investigação, tais como *Auditing*, *Accounting*, *Computer Science* e *Information Systems*, a consulta do Scimago Journal Rankings 2019 permitiu elaborar uma síntese de todos os *Journals* de relevância para o estudo deste tema, bem como as diversas áreas de publicação e respetivos Quartis associados. O facto de existirem diversas áreas de relevo por cada publicação, conduz a que o Quartil não seja o mesmo em todas as áreas, como é o caso do “*Managerial Auditing Journal*” que é 1.º Quartil (Q1) em “*Economics, Econometrics and Finance*” sendo 2.º Quartil (Q2) em “*Accounting, Business*”, “*Management and Accounting*” e “*Organizational Behavior and Human Resource Management*”.

*Inteligência Artificial em Auditoria Interna:
proposta de modelo de auditoria interna a projetos de inteligência artificial*

Tabela 1: Lista de Revistas Internacionais pesquisadas no Scimago Journal Ranking na Área de Auditing

Revista	Intervalo	País	Editor	Índex h	Áreas e Quartis em 2019	
Área de Estudo		Auditing				
Accounting, Auditing and Accountability Journal	1988-2020	United Kingdom	Emerald Group Publishing Ltd	92	Accounting	Q1
					Economics, Econometrics and Finance	Q1
Auditing	1996-2020	United States	American Accounting Association	70	Accounting	Q1
					Economics and Econometrics	Q1
					Finance	Q1
Managerial Auditing Journal	1986-2020	United Kingdom	Emerald Group Publishing Ltd.	52	Accounting	Q2
					Business, Management and Accounting	Q2
					Economics, Econometrics and Finance	Q1
					Organizational Behavior and Human Resource Management	Q2
Journal of Accounting, Auditing and Finance	1986-2020	United States	SAGE Publications Inc	47	Accounting	Q2
					Economics, Econometrics and Finance	Q1
					Finance	Q2
Journal of International Accounting, Auditing and Taxation	1992-2020	United Kingdom	Elsevier BV	39	Accounting	Q2
					Finance	Q2
International Journal of Auditing	2011-2020	United Kingdom	John Wiley and Sons Ltd	16	Accounting	Q2
					Economics, Econometrics and Finance	Q2
International Journal of Accounting, Auditing and Performance Evaluation	2005-2019	United Kingdom	Inderscience Enterprises Ltd.	13	Accounting	Q4
					Finance	Q4
					Organizational Behavior and Human Resource Management	Q4
Current Issues in Auditing	2009-2019	United States	American Accounting Association	9	Accounting	Q2
Comptabilite Controle Audit	2012-2019	France	Francophone Association of Accounting	6	Accounting	Q4
					Finance	Q4

FONTE: elaboração própria

*Inteligência Artificial em Auditoria Interna:
proposta de modelo de auditoria interna a projetos de inteligência artificial*

Na seguinte tabela 2, está presente a lista de Revistas Internacionais pesquisadas na área de *Accounting*. Nesta tabela constam 26 *Journals*, sendo que as principais áreas de publicação correspondem às áreas de “*Accounting*”, “*Economics and Econometrics*”, “*Finance*” e “*Business, Management and Accounting*”. Como é o caso do *Journal*, “*Journal of Accounting and Economics*”, que 1º Quartil (Q1) em “*Accounting*”, “*Economics and Econometrics*” e “*Finance*”.

Tabela 2: Lista de Revistas Internacionais pesquisadas no Scimago Journal Ranking na Área de Accounting

Revista	Intervalo	País	Editor	Índex h	Áreas e Quartis em 2019	
Área de Estudo		Accounting				
Accounting Review	1996-2020	United States	American Accounting Association	143	Accounting	Q1
					Economics and Econometrics	Q1
					Finance	Q1
Journal of Accounting and Economics	1979-2020	Netherlands	Elsevier	143	Accounting	Q1
					Economics and Econometrics	Q1
					Finance	Q1
Journal of Accounting Research	1996-2020	United Kingdom	Wiley-Blackwell Publishing Ltd	132	Accounting	Q1
					Economics and Econometrics	Q1
					Finance	Q1
Accounting, Organizations and Society	1976-2020	United Kingdom	Elsevier Ltd.	125	Accounting	Q1
					Applied Psychology	Q1
					Information Systems and Management	Q1
					Organizational Behavior and Human Resource Management	Q1
					Sociology and Political Science	Q1
Contemporary Accounting Research	1984-2020	United States	Wiley-Blackwell	90	Accounting	Q1
					Economics and Econometrics	Q1
					Finance	Q1
Management Accounting Research	1990-2020	United States	Academic Press Inc.	82	Accounting	Q1
					Finance	Q1
					Information Systems and Management	Q1
Journal of Business Finance and Accounting	1974-2020	United Kingdom	Wiley-Blackwell Publishing Ltd	72	Accounting	Q2
					Business, Management and Accounting	Q1
					Finance	Q1
Journal of Accounting and Public Policy	1982-2020	Netherlands	Elsevier Inc.	70	Accounting	Q1
					Sociology and Political Science	Q1

*Inteligência Artificial em Auditoria Interna:
proposta de modelo de auditoria interna a projetos de inteligência artificial*

Revista	Intervalo	País	Editor	Índice	Áreas e Quartis em 2019	
Área de Estudo		Accounting				
European Accounting Review	1992-2020	United Kingdom	Routledge	70	Accounting	Q1
					Business and International Management	Q1
					Business, Management and Accounting	Q1
					Economics, Econometrics and Finance	Q1
Accounting Horizons	1996-2020	United States	American Accounting Association	69	Accounting	Q1
Review of Accounting Studies	1996-2020	Netherlands	Springer New York	67	Accounting	Q1
					Business, Management and Accounting	Q1
Critical Perspectives on Accounting	1990-2020	United States	Academic Press Inc.	63	Accounting	Q1
					Finance	Q1
					Information Systems and Management	Q1
					Sociology and Political Science	Q1
British Accounting Review	1988-2020	United States	Academic Press Inc.	62	Accounting	Q1
Accounting and Business Research	1970-2020	United Kingdom	Routledge	52	Accounting	Q2
International Journal of Accounting	1996-2020	United Kingdom	Elsevier BV	50	Accounting	Q2
					Finance	Q2
International Journal of Accounting Information Systems	2000-2020	United Kingdom	Elsevier Inc.	48	Accounting	Q2
					Finance	Q2
					Information Systems and Management	Q2
					Management Information Systems	Q2
Accounting Forum	2004-2020	United Kingdom	Taylor and Francis Ltd.	42	Accounting	Q2
					Finance	Q1
Review of Quantitative Finance and Accounting	1991-2020	United States	Springer New York	39	Accounting	Q2
					Business, Management and Accounting	Q1
					Finance	Q2
Australian Accounting Review	1991-2020	United Kingdom	Wiley-Blackwell Publishing Ltd	33	Accounting	Q3
Advances in Accounting	2000-2003, 2005-2020	United States	JAI Press	27	Accounting	Q3
					Finance	Q2
Behavioral Research in Accounting	2009-2019	United States	American Accounting Association	21	Accounting	Q2
					Organizational Behavior and Human Resource Management	Q2

*Inteligência Artificial em Auditoria Interna:
proposta de modelo de auditoria interna a projetos de inteligência artificial*

Revista	Intervalo	País	Editor	Index h	Áreas e Quartis em 2019	
Área de Estudo		Accounting				
Journal of the American Taxation Association	2003, 2007, 2009-2020	United States	American Accounting Association	20	Accounting	Q1
					Finance	Q1
Journal of Applied Accounting Research	1999-2002, 2004-2006, 2008-2019	United Kingdom	Emerald Group Publishing Ltd.	19	Accounting	Q3
Journal of Management Accounting Research	2009-2019	United States	American Accounting Association	19	Accounting	Q1
					Business and International Management	Q1
Journal of Emerging Technologies in Accounting	2009-2019	United States	American Accounting Association	11	Accounting	Q2
					Computer Science Applications	Q2
International Journal of Digital Accounting Research	2010-2019	United States	Rutgers University	11	Accounting	Q3
					Finance	Q3
					Information Systems and Management	Q2

FONTE: elaboração própria

Na seguinte tabela 3, está presente a lista de Revistas Internacionais consideradas relevantes na área de *Information Systems* relacionado com auditoria. Nesta tabela constam 2 *Journals*, sendo que as principais áreas de publicação correspondem às áreas de “*Information Systems*” e “*Information Systems and Management*”. O *Journal* “*European Journal of Information Systems*”, é 1º Quartil (Q1) em “*Information Systems*”, “*Information Systems and Management*”, sendo Q2, Quartil 2 em “*Management Information Systems*” e “*Management of Technology and Innovation*”.

Tabela 3: Lista de Revistas Internacionais pesquisadas no Scimago Journal Ranking na Área de Information Systems

Revista	Intervalo	País	Editor	Index h	Áreas e Quartis em 2019	
Área de Estudo		Information Systems				
European Journal of Information Systems	1995-2020	United Kingdom	Taylor and Francis Ltd.	103	Information Systems	Q1
					Information Systems and Management	Q1
					Library and Information Sciences	Q1
					Management Information Systems	Q1
				30	Accounting	Q2

*Inteligência Artificial em Auditoria Interna:
proposta de modelo de auditoria interna a projetos de inteligência artificial*

Revista	Intervalo	País	Editor	Index h	Áreas e Quartis em 2019	
Área de Estudo		Information Systems				
Journal of Information Systems	1991, 2009-2019	United States	American Accounting Association		Human-Computer Interaction	Q1
					Information Systems	Q1
					Information Systems and Management	Q1
					Management Information Systems	Q2
					Management of Technology and Innovation	Q2
Software	Q1					

FONTE: elaboração própria

Na seguinte tabela 4, está presente a lista de Revistas Internacionais pesquisadas na área de *Computer Science*. Nesta tabela constam 2 *Journals*, sendo que a principal área de publicação a área de “*Computer Networks and Communications*”. Como é o caso do *Journal*, “*IEEE Intelligent Systems*”, que 1º Quartil (Q1) em “*Artificial Intelligence*” (tema fundamental para a presente Dissertação) e em “*Computer Networks and Communications*”.

Tabela 4: Lista de Revistas Internacionais pesquisadas no Scimago Journal Ranking na Área de *Computer Science*

Revista	Intervalo	País	Editor	Index h	Áreas e Quartis em 2019	
Área de Estudo		Computer Science				
IEEE Intelligent Systems	2001-2020	United States	Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.	115	Artificial Intelligence	Q1
					Computer Networks and Communications	Q1
Journal of Information and Knowledge Management	2002-2020	United States	World Scientific Publishing Co.	19	Computer Networks and Communications	Q3
					Computer Science Applications	Q3
					Library and Information Sciences	Q3

FONTE: elaboração própria

Ainda no âmbito das fontes de pesquisa recorridas para a elaboração desta dissertação estão presentes: livros editados sobre o tema, revistas portuguesas de Ordens Profissionais, nomeadamente a revista *Revisores e Auditores (OROC)* e *Revista Contabilista (OCC)*, *ISACA Journal*, mas também *proceedings* de conferências relacionadas com a auditoria e com a inteligência artificial, presentes na Tabela 5.

*Inteligência Artificial em Auditoria Interna:
proposta de modelo de auditoria interna a projetos de inteligência artificial*

Tabela 5: Lista de Proceedings de conferências consultadas

Conferência	Ano	País	Área de Estudo
Asia-Pacific Software Engineering Conference	2018	United States	Computer Science Software
Enterprise, Business-Process and Information Systems Modeling - 12th International Conference	2011	United Kingdom	Information Systems and Management
III International Scientific and Practical Conference "Digital Economy and Finances"	2020	Russia	Economics, Econometrics and Finance

FONTE: elaboração própria

Relativamente aos métodos de pesquisa utilizados nesta revisão procedeu-se à pesquisa automática nas bases de dados e outros suportes mencionadas anteriormente tendo em conta as palavras-chave específicas, nomeadamente “*Artificial intelligence*”, “*Internal Auditing*”, “*Machine learning*“, “*Process Mining*”, “*Deep learning*”, “*Data mining*”, “*Big Data*”, “*Artificial Intelligence + Auditing*”, “Auditoria Interna”, “Inteligência Artificial” e “Inteligência Artificial + Auditoria Interna”. Para a elaboração da presente dissertação procedeu-se à restrição de intervalo de publicação para serem consideradas apenas publicações mais recentes, ou seja, período de 2000 a 2020, abrindo apenas exceção para artigos com valor fundamental para a compreensão histórica da inteligência artificial.

No âmbito da escolha e tratamento da informação estabeleceu-se um conjunto de critérios de inclusão e exclusão, à semelhança do protocolo mencionado anteriormente, de forma a determinar quais as publicações mais relevantes. Os critérios de inclusão de publicações para a presente revisão sistemática de literatura foram:

- Publicações presentes nos vários suportes definidos anteriormente;
- Publicações sobre inteligência artificial através da pesquisa de palavras-chave específicas como: “*Artificial intelligence*”, “*Machine learning*“,

“Big Data”, “Process Mining”, “Deep learning”, “Data mining” e “Inteligência Artificial”;

- Publicações sobre auditoria interna através da pesquisa de palavras-chave específicas como: “*Internal Auditing*”, “Auditoria Interna”;
- Publicações que incluíam uma relação entre ambos os temas através da pesquisa de palavras-chave específicas como: “*Artificial Intelligence + Auditing*”, “Inteligência Artificial + Auditoria Interna”;
- Publicações mais recentes (2000 a 2020), exceção para artigos com valor fundamental para a compreensão histórica da inteligência artificial

Os critérios de exclusão de publicações foram:

- Publicações com pouco valor científico para o estudo e compreensão da inteligência artificial e da auditoria interna
- Publicações não relacionadas com o tema;
- Publicações em idiomas diferentes do Inglês, Português ou Espanhol
- Publicações que não estavam totalmente disponíveis,

Após o estabelecimento dos critérios acima mencionados, procedeu-se à sua aplicação aquando a escolha de publicações de forma a determinar quais as publicações que devem ser selecionadas para análise a partir de um conjunto mais vasto de publicações.

Relativamente à proposta do guia de boas práticas para a auditoria à inteligência artificial, procedeu-se à pesquisa em vários suportes de informação mencionados anteriormente. Após a pesquisa feita anteriormente selecionaram-se dois modelos de auditoria à inteligência artificial, sendo estes o *framework* de auditoria à inteligência artificial do IIA e o modelo *The future model* da Protiviti.

Após a seleção dos modelos efetuou-se uma comparação entre eles, sistematizando-se as suas componentes de forma a obter uma melhor compreensão sobre esta temática. A partir desta sistematização das componentes presentes em cada modelo que se selecionou, elaborou-se uma proposta de guia de boas práticas para a auditoria à inteligência artificial, incluindo questões que poderiam ser utilizadas em contexto de uma auditoria aos projetos de inteligência artificial em curso em qualquer organização.

2 Inteligência Artificial

O conceito de inteligência artificial é etimologicamente definido através da junção das definições de inteligência e de artificial. O primeiro define-se segundo o dicionário Infopédia, como a capacidade de compreender, interpretar informações, mas também a capacidade de estabelecer um raciocínio lógico. O segundo define-se como não sendo natural e, portanto, é criado pelo ser humano.

De acordo com Russell e Norvig (2010), a inteligência artificial pode ser definida como um ramo da ciência e da engenharia, que compreende uma grande variedade de subcampos e que tem como função não apenas compreender, mas também construir entidades inteligentes. Zhang (2019) define inteligência artificial como a capacidade de fazer os computadores alcançarem a inteligência humana, produzindo análises de forma igual ou superior às dos humanos.

Sendo assim pode-se constatar que a inteligência artificial é a criação, pelo ser humano, de objetos com a capacidade de estabelecer um raciocínio lógico conseguindo assim apreender, compreender e interpretar um conjunto variado de informações, como também resolver vários problemas de forma autónoma.

Segundo que segundo o IIA (2019a), as organizações estão cada vez mais informadas sobre a inteligência artificial e procuram ativamente implementá-la nas suas atividades, sendo que a inteligência artificial tem um grande impacto na forma como a organização passa a desempenhar as suas tarefas. A inteligência artificial tem grande potencial de desenvolvimento no seio das organizações, sendo um instrumento revolucionário como foram os computadores aquando o seu surgimento. Consegue ainda criar novas formas de processar dados e consegue de igual forma automatizar os processos das organizações, que eram impensáveis e impossíveis de se realizar há algumas décadas atrás.

Com a crescente disseminação e utilização de sistemas de inteligência artificial e com uma legislação e regulamentação ainda em fase inicial, surgem algumas preocupações com o incumprimento legal e ético da inteligência artificial. Neste âmbito surgem duas iniciativas: a primeira é a *Ethics Guidelines for Trustworthy AI desenvolvida pelo AI HLEG - European Commission (2019)* e a segunda é o *Model Artificial*

Intelligence Governance Framework desenvolvido pelo Personal Data Protection Commission - Singapore (2020).

Relativamente à primeira iniciativa *Ethics Guidelines for Trustworthy AI*, o *High-Level Expert Group on Artificial Intelligence*, AI HLEG - European Commission (2019), define um conjunto de três objetivos a que a inteligência artificial deve estar sujeita, devendo esta:

- Ser legal, cumprindo toda a legislação e regulamentação aplicáveis;
- Ser ética, garantindo o cumprimento de princípios e valores éticos;
- Ser consistente, do ponto de vista técnico e social, uma vez que, mesmo com boas intenções, os sistemas de inteligência artificial podem causar danos não intencionais.

Identifica ainda os princípios éticos e respetivos valores que têm de ser respeitados durante o desenvolvimento, implementação e a utilização dos sistemas de inteligência artificial, nomeadamente:

- Desenvolver, implementar e utilizar os sistemas de inteligência artificial de uma forma coerente com os princípios éticos de: respeito pela autonomia humana, prevenção de danos, equidade e explicabilidade;
- Prestar atenção a situações que envolvam grupos mais vulneráveis e a situações caracterizadas por assimetrias de informação;
- Reconhecer que, embora tenham vantagens, os sistemas de inteligência artificial apresentam também alguns riscos e são suscetíveis de ter um impacto negativo, que pode ser difícil de prever, identificar ou medir.

O AI HLEG - European Commission (2019) refere ainda que para alcançar uma inteligência artificial de confiança deve se ter em conta alguns requisitos nomeadamente: a ação e supervisão humana; a solidez técnica e segurança; a privacidade e gestão dos dados; a transparência; a diversidade, não discriminação e equidade; o bem-estar ambiental e social e a responsabilização

A ação e supervisão humana refere que os sistemas de inteligência artificial devem auxiliar a tomada de decisões por parte do ser humano e permitir a sua supervisão, supervisão esta que ajuda a garantir que um sistema de inteligência artificial não põe em causa a autonomia humana nem produz outros efeitos negativos.

A solidez técnica e segurança refere que os sistemas de inteligência artificial devem ser desenvolvidos seguindo uma abordagem de prevenção de riscos, com o intuito de minimizar e prevenir danos. Este requisito também refere que os sistemas de inteligência artificial devem ter um elevado grau de proteção contra o seu acesso por parte de terceiros.

Outro requisito presente é a privacidade e gestão dos dados que refere que os sistemas de inteligência artificial devem garantir a privacidade e proteção de dados de modo a assegurar a sua qualidade e integridade, e de modo a proteger os seus protocolos de acesso e a capacidade de tratar os mesmos. Refere ainda que a qualidade dos dados utilizados é fundamental para o desempenho dos sistemas de inteligência artificial, uma vez que, quando são recolhidos, podem conter inexatidões e erros.

A transparência é outro requisito e refere que os sistemas de inteligência artificial devem ser construídos de forma transparente, devendo assim os conjuntos de dados e processos que produzem a decisão dos sistemas de inteligência artificial, bem como os algoritmos utilizados ser documentados da melhor forma possível.

Outro requisito presente é diversidade, não discriminação e equidade, sendo que este refere que os conjuntos de dados utilizados pelos sistemas de inteligência artificial podem ser afetados pela inclusão de desvios históricos, de lacunas e pelos maus modelos de gestão. Refere ainda que os sistemas de inteligência artificial não devem discriminar pessoas pela idade, género, capacidades ou características. Assim sendo, refere também que para se desenvolver sistemas de inteligência artificial de confiança, deve-se consultar as partes interessadas que podem ser afetadas de forma direta ou indireta pela inteligência artificial.

Também o bem-estar ambiental e social representa um requisito desta iniciativa e refere que os sistemas de inteligência artificial devem estar em conformidade com os princípios da equidade e com as regras da sociedade. Devendo também auxiliar na resposta a preocupações sociais mais críticas, assegurando que a mesma resposta respeita o ambiente.

O último requisito diz respeito à responsabilização e refere que devem ser criados mecanismos para garantir a responsabilidade e a responsabilização pelos sistemas de inteligência artificial. Deste modo os sistemas de inteligência artificial devem respeitar a auditabilidade, ou seja, a avaliação dos seus algoritmos, dados e processos de conceção.

Esta avaliação deve ser feita por auditores internos e externos e a disponibilidade desses relatórios de avaliação podem contribuir para a fiabilidade da tecnologia, sendo que em aplicações que afetem os direitos fundamentais, os sistemas de inteligência artificial devem ser avaliados através de auditorias independentes.

A outra iniciativa é o *Model Artificial Intelligence Governance Framework* proposta pelo Personal Data Protection Commission - Singapore (2020), refere orientações sobre as medidas que promovem o uso responsável da inteligência artificial que as organizações devem adotar em quatro áreas-chave, nomeadamente:

- Estruturas e medidas de governança interna - Adaptar a estrutura e medidas de governança existentes para incorporar valores, riscos e responsabilidades relacionadas à tomada de decisões.
- Determinar o nível de envolvimento humano na tomada de decisões feitas por inteligência artificial - Uma metodologia para auxiliar as organizações a definir seu apetite de risco para o uso de inteligência artificial, ou seja, determinar riscos aceitáveis e identificar um nível adequado de envolvimento humano na tomada de decisões aumentadas por inteligência artificial.
- Gestão de operações - Questões a serem consideradas no desenvolvimento, seleção e manutenção de modelos de inteligência artificial, incluindo a gestão dos dados.
- Interação e comunicação das partes interessadas - Estratégias de comunicação com os *stakeholders* de uma organização.

No contexto de implementação da ética nos sistemas de inteligência artificial, esta iniciativa estabelece dois fatores relativos às responsabilidades que devem existir nesse intuito. O primeiro fator refere que a responsabilidade e a fiscalização das diversas etapas e atividades envolvidas na implementação da inteligência artificial devem ser entregues ao pessoal ou departamentos apropriados. O segundo fator refere que o pessoal ou departamentos com funções de governança de inteligência artificial devem estar cientes das suas funções e responsabilidades, devendo também ser devidamente treinados, receber os recursos e orientações necessários para o cumprimento suas funções.

No que diz respeito à ação humana esta iniciativa identifica três abordagens para classificar os vários graus de supervisão humana no processo de tomada de decisão, sendo estes: *human-in-the-loop*, *human-out-of-the-loop* e *human-over-the-loop*.

O primeiro grau refere que o ser humano está ativo e envolvido na supervisão dos sistemas de inteligência artificial, retendo o controlo total sobre a mesma que apenas fornece recomendações. As decisões não podem ser exercidas sem ações afirmativas do ser humano.

O segundo grau refere que o ser humano não exerce qualquer tipo de supervisão sobre o sistema de inteligência artificial, retendo este o controlo total sobre a sua atividade e a conseqüente tomada de decisão.

O terceiro grau refere que existe a supervisão do ser humano sob a forma de monitorização do sistema de inteligência artificial que trabalha de forma semiautónoma, podendo o ser humano assumir o controlo da tomada de decisão quando o sistema de inteligência artificial encontra eventos inesperados ou indesejáveis.

Esta iniciativa refere ainda que a existência de vários tipos de erros relacionados com a inteligência artificial, dando particular destaque aos erros inerentes que se subdividem nos erros de seleção e nos erros de medição. Sendo que os primeiros ocorrem quando os dados utilizados para produzir o modelo de inteligência artificial não são totalmente representativos dos dados ou ambientes reais. Os segundos erros ocorrem quando o dispositivo de recolha de dados faz com que os dados sejam sistematicamente distorcidos numa determinada direção. Neste sentido as organizações devem estar cientes de que os dados que fornecem aos sistemas de inteligência artificial podem conter erros, devendo tomar medidas para mitigar os mesmos.

2.1 Breve enquadramento histórico

É em 1943 que surgem os primeiros estudos no campo da inteligência artificial através de da criação de um modelo de redes neuronais artificiais (*artificial neural network*) por Warren McCulloch e Walter Pitts. De acordo com McCulloch e Pitts (1943), este modelo é baseado na biologia humana e tem como objetivo aplicar a rede neuronal humana ao campo tecnológico. Para tal os autores deste modelo, criaram uma rede de neurónios artificiais aos quais atribuíram um estado “ligado” ou “desligado”, variando esse estado consoante a resposta a um estímulo, que os neurónios artificiais recebem ou não.

É, porém, na pessoa de Alan Turing, que a inteligência artificial começa a ganhar alguma relevância através da publicação de estudos sobre a inteligência artificial e criação de um modelo em 1950. De acordo com Turing (1950) este modelo, denominado de teste de Turing, foi criado com o objetivo de fazer com que um computador consiga fazer-se passar por um ser humano, enganando para isso um indivíduo. Este modelo baseia-se num conjunto de questões feitas por um indivíduo a um computador que as deve resolver.

Seguiram-se várias inovações no campo da inteligência artificial nos anos seguintes, estas inovações foram aumentando na sua quantidade e no seu grau de complexidade sendo aplicadas nas mais variadas áreas do saber. Exemplo disso foi o programa de inteligência artificial *Logic Theorist*, criado em 1955 por Hebert Simon e Allen Newel. Os mesmos criaram um programa na área da resolução autónoma de problemas, em 1957, o *General Solver Program*. Em 1959, surgiu pela mão de Hebert Gelemen o *Geometry Theorem Prover*, ainda na área da resolução autónoma de problemas. Em 1965, surge o primeiro *expert system*, o programa DENDRAL aplicado à área química. As inovações na área da inteligência artificial continuaram nos anos subsequentes diversificando a sua aplicação a várias áreas.

De acordo com Russell e Norvig (2010), são definidas três dificuldades relativas à inteligência artificial no seu período inicial. Sendo que a primeira dificuldade era que os primeiros programas de inteligência artificial não tinham um conhecimento aprofundado do seu campo de estudo, referindo os mesmos autores o exemplo da tradução automática (*machine translation*) e da sua dificuldade em traduzir expressões próprias de um idioma específico. Outra dificuldade referida era o facto de vários problemas que a inteligência artificial tentava resolver eram de grande complexidade e de certo modo impossíveis de resolver. A última dificuldade referida era o facto de existirem limitações às estruturas básicas usadas para gerar um comportamento inteligente artificial.

Com a evolução da inteligência artificial, abordagens como as anteriormente mencionadas (*General Problem Solver*), que interligavam “*várias etapas de raciocínios elementares de modo a obter soluções mais completas*” (Russell & Norvig, 2010, p. 22), foram consideradas, de acordo com os autores, como métodos fracos, devido ao facto de conseguirem resolver apenas problemas de pequena dimensão e relativamente simples e também devido à dificuldade de serem aplicados em áreas mais específicas com conhecimento especializado.

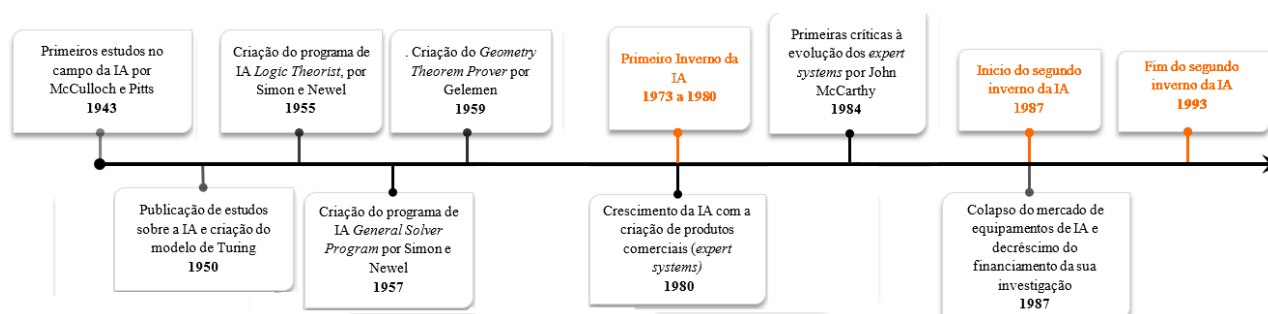
Os “invernos da inteligência artificial” foram um conjunto de períodos de tempo onde a inteligência artificial atingiu as maiores dificuldades no seu desenvolvimento e o menor interesse por parte dos seus utilizadores. Estes períodos acontecem após o surgimento de várias inovações tecnológicas na área da inteligência artificial que, pelas expectativas elevadas nos resultados que poderiam atingir, eram significativamente financiadas por organismos estatais.

O primeiro inverno da inteligência artificial, de acordo com Schuchmann (2019), começa quando existe a proposta feita pelo *Science Research Council* do Reino Unido a James Lighthill para redigir um artigo sobre o estado da evolução da inteligência artificial em 1973. Este artigo concluiu que as evoluções da inteligência artificial não cumprem os resultados prometidos, levando à consequente quebra de expectativas na inteligência artificial, constatações que tiveram sérias consequências na investigação da inteligência artificial, nomeadamente o corte do financiamento à maioria das universidades envolvidas na pesquisa na área da inteligência artificial no Reino Unido, resultando em acontecimentos similares por toda a Europa. Também nos Estados Unidos da América existiram consequências deste artigo, nomeadamente na alocação de fundos da DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency*) de projetos de investigação de inteligência artificial para projetos de aplicação de tecnologias de inteligência artificial. O primeiro inverno da inteligência artificial dura até 1980 onde, segundo Schuchmann (2019b), volta a existir um crescimento da inteligência artificial com a criação de produtos comerciais com destaque para os *expert systems* como por exemplo programas que simulavam capacidades de decisão de especialistas humanos para a resolução de problemas específicos (XCON, máquinas LISP). Em 1984 começam, de acordo o autor, as primeiras críticas à evolução dos *expert systems* através de John McCarthy que aponta a falta de senso comum e a falta de conhecimento das suas próprias limitações como os principais problemas dos *expert systems*.

O segundo inverno da inteligência artificial surge em 1987, num contexto semelhante ao primeiro inverno da inteligência artificial, ou seja, da incapacidade para atingir os resultados a que os *expert systems* (também designados “sistemas periciais”) se propuseram. Segundo Lim (2018), também o surgimento de computadores de secretária da Apple e da IBM alteram a necessidade e as expectativas que os utilizadores dos *expert systems* tinham. Estes computadores eram uma alternativa vantajosa relativamente às

tecnologias de *expert systems*, nomeadamente no preço mais acessível e na fácil manutenção o que levou à queda das vendas de tecnologias de *expert systems*. De acordo com o autor, tal levou, igualmente, ao colapso do mercado de equipamentos de inteligência artificial em 1987 e ao decréscimo do financiamento da investigação de inteligência artificial, este segundo inverno da inteligência artificial durou até 1993. As diversas etapas encontram-se descritas na Figura 1.

Figura 1 Cronologia da Inteligência Artificial



FONTE: Elaboração própria

2.2 Tecnologias de inteligência artificial

Neste subcapítulo serão abordadas as várias tecnologias relacionadas e associadas com a inteligência artificial, procedendo-se, para esse efeito, a uma breve definição das mesmas. Posteriormente, no capítulo 3, onde se abordará a auditoria interna e a sua relação com a Inteligência Artificial, vai-se refletir sobre as implicações, nomeadamente as vantagens e as limitações ou desvantagens que estas tecnologias trazem no contexto da auditoria interna.

2.2.1 Algoritmos e *Big Data*

A inteligência artificial, de acordo com o IIA (2017a), recorre ao uso de algoritmos para conseguir desempenhar as suas funções. Estes algoritmos necessitam de grandes quantidades de dados para o seu funcionamento, sendo estes denominados de *Big Data*.

O conceito de *Big Data*, de acordo com Manyika *et al.*, (2011) é um conjunto de dados de grande escala em volume, distribuição e diversidade que necessitam de recorrer a tecnologias mais avançadas para poderem ser processados de forma a criar valor para as organizações.

O’Leary (2013) refere a existência de uma definição de *Big Data* dada pela IBM que se baseia na nos três “V”. Sendo que o primeiro é o volume e refere-se a grandes quantidades de dados gerados a partir de diversas fontes. O segundo refere-se à variedade de dados que se utilizam para analisar uma situação ou evento. O terceiro diz respeito à velocidade dos dados que tem aumentado ao longo do tempo e existe a necessidade de existir tomadas de decisões mais frequentes sobre esses dados.

Outros autores, como Jasim Hadi et al., (2015), propõem o modelo dos cinco “V”, como um modelo de definição de *Big Data*. Sendo que os dois novos fatores se referem ao valor e à veracidade dos dados. O primeiro fator refere-se ao valor que a informação obtida a partir dos dados recolhidos tem, sendo que de acordo com os autores este valor dos dados dependerá dos processos que representam. O segundo fator diz respeito à veracidade e segundo os mesmos autores refere-se ao grau de confiabilidade que os responsáveis pela tomada de decisão têm na informação para exercer as suas funções. Assim sendo, este fator correlaciona-se com o facto de os dados serem verdadeiros e representarem informações verdadeiras e fidedignas.

Os dados que compõem o *Big Data*, no âmbito das organizações, podem assumir duas vertentes: uma vertente interna e uma vertente externa, sendo a primeira constituída pelos variados dados gerados pela organização no decorrer das suas atividades, e a segunda correspondente aos dados que a organização adquire a terceiros.

Decorrente da existência do *Big Data*, seguem-se os algoritmos. Os algoritmos são um conjunto de regras ou instruções com a finalidade de fazer com que um determinado programa de inteligência artificial atinja um objetivo ou resultado definido, através da sua aplicação.

2.2.2 Sistemas baseados em conhecimento

Os sistemas baseados no conhecimento (*knowledge based systems*) são, segundo Russell e Norvig (2010), programas que realizam tarefas preestabelecidas e são regidos por um conjunto de regras específicas. Estes programas usam o conhecimento e informação sobre uma área específica, com objetivo final de conseguirem formular uma solução para um determinado problema. O primeiro sistema baseado no conhecimento foi o programa DENDRAL em 1965, tendo sido aplicado na área química orgânica.

2.2.3 Aprendizagem automática

O conceito de aprendizagem automática faz parte da inteligência artificial e refere-se a algoritmos que permitem a autoaprendizagem por parte de computadores. A aprendizagem automática é, assim e de acordo com Negnevitsky (2005), um conjunto de mecanismos que permitem que os computadores se adaptem de forma a conseguirem aprender através da experiência, exemplos e analogias. Também Stern e Reinstein (2020), definem a aprendizagem automática como a utilização de algoritmos que se aperfeiçoam de forma autónoma e que produzem resultados mais precisos.

2.2.3.1 Aprendizagem automática não supervisionada

É um subtipo de aprendizagem automática que se especializa, segundo Wodecki (2019), em encontrar novos padrões num conjunto de dados para dar resposta a um problema que desconhece a solução. De acordo com Wodecki (2019), estes tipos de sistemas utilizam técnicas como a análise de conglomerados e são utilizadas em situações onde o utilizador não consegue fornecer exemplos para servir de base à aprendizagem, devido a um elevado grau de complexidade ou à falta de conhecimento.

2.2.3.2 Aprendizagem automática supervisionada

É um subtipo da aprendizagem automática que se especializa, segundo Wodecki (2019) na aprendizagem através de exemplos. Ainda de acordo com Wodecki (2019), são um tipo de sistemas de aprendizagem automática que analisam e modificam a estrutura de um conjunto de exemplos de forma a conseguirem a melhor solução possível para um determinado problema. Sendo que numa primeira fase, estes tipos de sistemas resolvem problemas pré-estabelecidos por um indivíduo e se as soluções forem satisfatórias procede-se à aplicação deste tipo de aprendizagem automática em situações reais onde a solução é desconhecida.

2.2.3.3 *Deep learning*

Deep learning é um tipo de aprendizagem automática e relaciona-se com o conceito de redes neuronais artificiais. Stern e Reinstein (2020) referem que estes tipos de tecnologias de inteligência artificial utilizam redes neuronais artificiais para simular o modo de pensar do cérebro humano. De acordo com Krohn, Beyleveld e Bassens (2019),

pode ser definida como a estratificação de algoritmos simples em redes com várias camadas de profundidade. Sendo que os mesmos autores Krohn, Beyleveld e Bassens (2019) referem que os algoritmos da primeira camada têm por função aprender como representar aspetos simples de dados, sendo que as sucessivas camadas aprendem a representar aspetos cada vez mais complexos dos dados. Isto permite que programas de *deep learning* consigam reconhecer imagens, objetos e reconhecer o discurso humano.

Em relação às tecnologias de *deep learning*, Issa, Sun e Vsarhelvi (2016) estabelecem um conjunto de características para a definição do tamanho do *training data* (conjunto de dados necessários para o funcionamento das tecnologias de *deep learning*) requerido, sendo estes fatores:

- Natureza dos dados;
- Qualidade dos dados;
- Dimensão dos dados;
- Complexidade do objetivo;
- Tipo de redes neuronais utilizadas;
- Tipo de técnicas utilizadas.

2.2.3.4 Redes neuronais artificiais

As redes neuronais artificiais fazem parte da aplicação da aprendizagem automática e podem ser definidas, de acordo com Negnevitsky (2005), como uma representação tecnológica do cérebro humano. Deste modo este modelo é constituído por um conjunto de processadores chamados neurónios que se interligam entre si transmitido um conjunto de sinais à semelhança do cérebro humano. Este tipo de inteligência artificial pode ser aplicado em várias áreas nomeadamente no reconhecimento de escrita, na identificação de palavras no discurso humano e na observação de padrões que o ser humano não consegue reconhecer.

2.2.4 Data mining

O *data mining* é, segundo o IATE, um processo tecnológico que tem como função a análise de grandes quantidades de dados de modo a detetar e extrair, de forma eficiente, um conjunto de informação específica e de particular interesse. Wustrow et al. (2009), definem *data mining* como um processo de análise dados e extração de informações

relevantes, podendo estas ser utilizadas no processo de tomada de decisão. Referem ainda alguns marcos importantes para a evolução da data mining nomeadamente:

- A capacidade de armazenar cada vez mais dados em espaços cada vez menores;
- O custo do hardware necessário que tem vindo a diminuir ao longo do tempo;
- Maior sofisticação tecnológica do software de data mining que se traduz numa maior facilidade de utilização e numa mais rápida análise de dados.

2.2.5 Text mining

É um subtipo de *data mining* e de acordo com Boskou, Kirkos e Spathis (2018), representa uma subárea de data mining e é um processo de extrair informações relevantes a partir de dados textuais. Sendo que, de acordo com os autores, transformam dados não estruturados em dados estruturados para proceder a uma análise mais detalhada dos mesmos. Ainda de acordo com os autores, as tecnologias de *text mining* representam um conjunto muito abrangente de métodos que podem executar várias tarefas como a análise de condições, frases, conceitos e padrões.

2.2.6 Process Mining

Process mining é, de acordo com Van Der Aalst (2011), um ramo recente da aprendizagem automática e da *data mining*. Jans, Depaire e Vanhoof (2011) definem *process mining* como um ramo recente da inteligência artificial que, através dos registos dos eventos das organizações, reconstrói os processos reais presentes nas mesmas. Segundo Van der Aalst (2011), *process mining* representa o processo de descobrir, analisar, monitorizar e melhorar processos através da extração de conhecimento dos eventos registados pelos sistemas das organizações.

Jans, Depaire e Vanhoof (2011), definem que antes da utilização de técnicas de *process mining* o auditor deve estar clarificado sobre o processo projetado com o intuito de identificar as atividades constituintes do processo em questão. Sendo essencial para a análise do processo a existência de uma abordagem sistemática de recolha e documentação de dados referentes ao mesmo processo. Os autores referem que pode ser utilizado para esse efeito um mapa de processos composto por quatro componentes sendo elas:

1. Objetivos do processo;
2. Atividades do processo;
3. Fluxos de informação,
4. Impacto contabilístico.

Após a análise de um processo, é criado um registo de evento a partir dos dados provenientes da mesma análise. Segundo Jans et al. (2014), esse registo de eventos criado pelas tecnologias de *process mining* são construídos pelo auditor a partir das informações mantidas pelos sistemas de informação das organizações. Os autores referem ainda a particularidade de o registo de eventos ser composto não apenas pelos dados inseridos pelo auditado (no sistema de informação da organização), mas também por meta-dados, ou seja, informações sobre os dados que são registadas automaticamente sem qualquer tipo de interferência ou influência do auditado.

De acordo com Van Der Aalst et al. (2010), as tecnologias de *process mining* começam por necessitar de um conjunto de registos sobre os eventos, sendo que cada evento se refere a uma atividade específica de uma organização. Este conjunto de registos são chamados registos de eventos (*event logs*), segundo os autores algumas técnicas de *process mining* podem ainda conter outras informações como os intervenientes do evento em questão, a sua data de realização e outros dados numéricos associados ao evento. Os autores referem que do ponto de vista do auditor é de extrema importância que exista um registo sistemático e credível dos eventos. Segundo os mesmos autores, através da utilização de técnicas de *process mining* e com base no registo de eventos, é possível extrair os processos presentes nas organizações, dando assim aos auditores uma visão imparcial sobre os dados dos mesmos.

As tecnologias de *process mining* são, de acordo Van Der Aalst et al. (2010), utilizadas mais em análises *offline* sendo raras as situações onde são aplicadas como auxílio às decisões operacionais. Apesar disso, este tipo de tecnologias pode ser utilizado de forma online através da comparação de processos a decorrer com modelos baseados em dados históricos das organizações. Estes dados históricos podem também ser utilizados em auditorias *offline*, nomeadamente para consultar e filtrar o registo de eventos. Traduzindo-se esta filtragem em vantagens para a auditoria nomeadamente a remoção de situações irrelevantes, redução do escopo de eventos para uma análise mais detalhada de um determinado processo.

2.2.7 Processamento de linguagem natural

O processamento de linguagem natural (*natural language processing*) é, segundo Boskou, Kirkos e Spathis (2019), uma área da inteligência artificial que tem por objeto de estudo a compreensão automática dos idiomas, permitindo a percepção e entendimento da linguagem humana por parte de computadores. De acordo com Santos, Correia-Neto, Souza e Vilar (2014), num contexto onde o auditor interno tem de analisar informações que muitas vezes estão armazenadas em documentos de texto e pouco estruturadas. Necessitam então de recorrer a técnicas de processamento de linguagem natural para extrair e compreender a informação, tornando-se este tipo de tecnologias de inteligência artificial num mecanismo para estruturar e integrar essa informação nos sistemas informáticos.

De acordo com Sun e Vasarhelyi (2018), o método *bag-of-words* é uma técnica pertencente às tecnologias de processamento de linguagem natural. Tem como função extrair um conjunto de informação de um texto, através da contagem da frequência de palavras específicas com base num dicionário predefinido.

2.2.8 Expert Systems

Segundo um dos criadores do primeiro programa de *expert systems* (DENDRAL), Feigenbaum (1992), os *expert systems* são programas que raciocinam através do uso de conhecimento especializado para resolver problemas complexos.

Também Tolun *et al.*, (2016) referem que os *expert systems*, fazem parte dos sistemas baseados em conhecimento e são tecnologias que têm como objetivo utilizar conhecimento específico para conseguir resolver problemas que, pelo seu elevado grau de complexidade, necessitam de peritos humanos.

Expert systems, segundo Omoteso (2012), podem ser utilizados no âmbito da auditoria interna nomeadamente como suporte ao planeamento da auditoria, aos testes substantivos, aos testes dos controlos, à formulação de opiniões e decisões.

De acordo com Vasarhelyi e O'Leary (2000), os *expert systems*, são utilizados para dar resposta a problemas com um grau elevado de especificidade, permitindo a que as organizações aumentem a sua consistência na abordagem e resolução de problemas. O

que pode resultar numa uniformização dos comportamentos dentro das organizações a que corresponde um aumento na qualidade dos produtos ou serviços prestados.

Vasarhelyi e O’Leary (2000), defendem ainda que estas tecnologias de inteligência artificial podem ser utilizadas como ferramentas de apoio ao trabalho de campo da auditoria, poupando tempo ao auditor em tarefas mais básicas fazendo o mesmo focar-se em tarefas específicas e com maior grau de complexidade. Apesar das vantagens os autores referem que o desenvolvimento de *expert systems* está associado a uma grande quantidade de custos.

3 Auditoria Interna e Inteligência artificial

De acordo com o IIA (2018), pode-se definir auditoria interna como uma atividade que tem como função auxiliar as organizações a atingirem os seus objetivos e a acrescentar valor através da monitorização, avaliação e melhoria dos processos da organização através de uma abordagem sistemática na avaliação de processos de gestão de risco, controlo e de governança, mantendo sempre um carácter de independência e objetividade perante a mesma. Também o *Chartered Institute of Internal Auditors* (2019) define auditoria interna como a função de fornecer uma garantia independente de que a gestão de riscos, a governança e os processos de controlo interno de uma organização estão a funcionar de forma eficaz.

De acordo com Pickett (2010), também a CIPFA (*Chartered Institute of Public Finance and Accountancy*) define a auditoria interna como uma atividade de avaliação objetiva e independente integrada numa organização que fornece uma opinião independente e objetiva sobre a forma que o ambiente de controlo interno está de acordo com os objetivos que a organização espera vir atingir. O ambiente de controlo interno é composto pelo o conjunto de políticas e procedimentos postos em prática para garantir a avaliação dos riscos, o cumprimento das leis e regulamentos e o cumprimento de normas comportamentais e éticas. A auditoria interna também pode ajudar a gestão nas áreas auditadas a melhorar o ambiente de controlo interno através do serviço de consultoria independente e objetiva, através de recurso a uma avaliação sistemática e disciplinada das políticas, procedimentos e operações presentes na organização para que, através de recomendações de melhoria, se atinjam os objetivos pretendidos.

3.1 Aplicação da Inteligência Artificial no contexto da Auditoria Interna

Ao longo dos anos, os auditores internos, segundo Ohene e Mukherjee (2020), têm recorrido ao uso de técnicas manuais com pouca utilização das tecnologias para auditar e auxiliar a formação das suas opiniões. Mas na atualidade com a quantidade massiva de dados que os auditores internos têm que analisar e com a constante inovação tecnológica já não é viável a utilização das auditorias tradicionais muito focadas em tarefas manuais e na presença física dos auditores.

Com a banalização das tecnologias de inteligência artificial, muitas organizações procuraram adaptar-se a esta nova realidade de forma a dar resposta a um mercado cada vez mais competitivo. Com esse objetivo em mente, segundo a Protiviti (2018), as organizações procuraram implementar a inteligência artificial através da automatização dos seus sistemas de processos para conseguirem aumentar a sua eficiência e eficácia.

As organizações estão cada vez mais a aumentar a sua dependência de tecnologias de inteligência artificial para auxiliá-las nas suas tarefas. Esta aplicação da inteligência artificial tem graves implicações ao nível de auditoria interna que necessitam de fazer face aos novos riscos emergentes de forma a conseguirem desempenhar as suas funções.

De acordo com a Protiviti (2018), a auditoria interna tem de repensar a forma de desempenhar as suas funções, deste modo os auditores internos têm de agilizar o seu trabalho de forma a poder fornecer uma gestão de riscos mais eficaz e eficiente no contexto da aplicação da inteligência artificial nas organizações onde se inserem. A Protiviti refere ainda a necessidade de se ajustar os modelos tradicionais de auditoria interna, tendo em conta as novas vertentes emergentes, nomeadamente a inteligência artificial.

De acordo com Zhang (2019), as pesquisas recentes sobre inteligência artificial em auditoria focam-se em cinco áreas:

- Desenvolver ajuda cognitiva para os auditores;
- Utilizar tecnologias de processamento de linguagem natural para processar informações textuais relacionadas à auditoria;
- Combinar tecnologias de processamento de linguagem natural com tecnologias de *deep learning* de forma a extrair informações de documentos;
- Utilizar tecnologias de aprendizagem automática para obter análises e previsões;
- Utilizar o reconhecimento de imagens em procedimentos de auditoria.

Os autores Alvero e Errington (2019) referem ainda que a auditoria interna, através de quatro objectivos-chave, pode ganhar uma maior compreensão de como os investimentos que as organizações fazem em matéria de tecnologias de inteligência artificial podem ter impacto na estratégia, operações, relato e *compliance* das mesmas. Esses objetivos são:

- Auxiliar o Conselho de Administração através do uso das considerações da auditoria interna sobre os negócios da organização e sobre as principais áreas de risco. Isto apoia a transparência e supervisão da gestão de riscos;
- Transformar o plano de auditoria em tempo real por via de tecnologias de inteligência artificial. Através desta transformação, a auditoria interna poderá executar auditorias onde e quando necessário, concentrando-se mais em riscos estratégicos e deixando auditorias de rotinas para serem automatizadas com recurso a tecnologias de inteligência artificial;
- Com informações em tempo real, os auditores podem concentrar-se nas principais causas o que permite priorizar o trabalho para áreas de maior urgência;
- Através da coordenação de esforços da auditoria com a gestão, existirá a possibilidade de eliminar a necessidade de relatórios de auditoria formais.

Existem ainda algumas preocupações, mencionadas por Carataş, Spatariu e Gheorghiu (2018), referentes ao facto de a auditoria interna necessitar de se adaptar aos riscos provenientes da automatização dos processos e à preocupação que os auditores internos têm de serem substituídos por tecnologias de inteligência artificial. Esta adaptação prende-se na necessidade de a auditoria interna auxiliar e criar valor para a organização onde se integra. Deste modo existirá uma maior valorização da auditoria interna e do auditor interno sem que a sua continuidade seja posta em causa.

3.2 Papel da Auditoria Interna e do Auditor Interno no contexto da Inteligência Artificial

Com a constante evolução, a inteligência artificial vai modificar, num futuro próximo, toda a estrutura atualmente conhecida em vários setores, na medida em que poderá deixar de existir a necessidade de algumas profissões. No caso da auditoria interna, é igualmente verdade a modificação da estrutura nomeadamente do papel do auditor interno bem como a forma de este auditar. As principais ameaças à mudança da auditoria interna no contexto da inteligência artificial, são um maior nível de segurança e transparência dos processos (provocado pela implementação da inteligência artificial, que pode tornar menor a necessidade da existência do auditor interno).

Para fazer face a este novo paradigma, a Protiviti (2018) refere que o auditor interno tem que ajustar as suas competências para melhorar a forma de avaliar os novos

riscos provenientes da aplicação da inteligência artificial. Além disso, o auditor interno deve obter conhecimentos básicos sobre a inteligência artificial e tudo o que ela produz com o intuito de conseguir emitir as recomendações necessárias e também formalizar as medidas corretivas a executar.

Sendo que de acordo com o *Survey* feito pela Metricstream (2021), mais de 50% das organizações vão, muito provavelmente, fazer um maior investimento na formação dos auditores na área das tecnologias emergentes, onde se incluem a inteligência artificial e a aprendizagem automática.

Segundo a Protiviti (2018), quanto mais à vontade estiver o auditor interno no contexto da inteligência artificial melhor conseguirá desempenhar as suas funções e mais facilmente pode servir de ponte entre a organização e a inteligência artificial, em situações de implementação de técnicas ou mecanismos de inteligência artificial.

Peterson (2018) refere que negligenciar os benefícios que as novas tecnologias têm e o seu impacto nas organizações vai levar a que o papel de auditor interno se torne menos relevante para os *stakeholders*. Refere, ainda, o facto de o auditor interno não conseguir fornecer um serviço de garantia significativa ou adicionar valor se não se mantiver a par das últimas tecnologias e do impacto das mesmas no seu trabalho.

De acordo com Peterson (2018), sem o conhecimento das capacidades e potenciais da inteligência artificial não é possível - ou é muito difícil - que o auditor interno consiga utilizar este tipo de tecnologias no seu trabalho. É ainda possível que o auditor interno prejudique o auditado pelo simples facto de ignorar essas áreas. O autor menciona, ainda, que os avanços tecnológicos nunca devem ser usados como substitutos das competências do auditor interno, mas como uma forma de aumentar e potenciar as mesmas.

Segundo Raphael (2017), através da inovação tecnológica e da aplicação de uma metodologia baseada em riscos, os auditores conseguem obter mais recursos, ferramentas e tempo para aplicar estrategicamente os seus julgamentos aos processos de negócio, controlos e riscos, podendo os auditores através do uso de tecnologias de inteligência artificial conseguirem ultrapassar os limites de uma auditoria tradicional. Como exemplificado pelo autor, a utilização de tecnologias de inteligência artificial pode ser aplicada a todos os contratos de uma organização numa área de especial interesse da auditoria, reduzindo, assim, os riscos, uma vez que a informação é analisada mais detalhadamente impossibilitando que transações suspeitas possam passar despercebidas.

Também de acordo com Raphael (2017), cada vez mais as evidências de auditoria são digitais e as aplicações das tecnologias de inteligência artificial levam a que o auditor consiga fazer mais análises em menos tempo, despendendo mais tempo em tarefas que criam mais valor para a auditoria e, conseqüentemente, para as empresas.

O papel do auditor interno é, também, objeto de modificações para melhor se ajustar à nova realidade das organizações. De acordo com o IIA (2019), passa a ter como funções, para além das suas funções tradicionais:

- O fornecimento de suporte à organização na identificação de oportunidades decorrentes da implementação da inteligência artificial;
- A adaptação dos processos de auditoria à inteligência artificial;
- A adaptação das suas funções tradicionais ao contexto de inteligência artificial, como a identificação de novos riscos.

De acordo com o IIA (2019), o auditor necessita também de aumentar as suas responsabilidades nomeadamente:

- Perceber como a inteligência artificial funciona;
- Perceber os riscos e oportunidades provenientes da inteligência artificial;
- Determinar se os resultados da inteligência artificial correspondem ao que se pretende;
- Fornecer uma garantia interna relativa às atividades de gestão de riscos da inteligência artificial.

O auditor interno vai ter de adequar também as suas ações à nova realidade da Inteligência Artificial. O IIA (2019) também refere um conjunto de ações a serem tomadas como é o caso de:

- Incluir a inteligência artificial na avaliação de risco, considerando a opção de fazer o mesmo no plano de auditoria;
- Participar e fornecer conselhos sobre os processos de inteligência artificial;
- Fornecer garantias da gestão de riscos associados à credibilidade dos algoritmos e dos dados utilizados;
- Garantir que os problemas éticos do uso da inteligência artificial são discutidos.

No entanto o auditor deve manter a sua independência, não devendo estar responsável pela criação ou implementação dos processos de inteligência artificial.

O IIA (2019), estabelece um conjunto de áreas onde o auditor interno deve interferir, sendo estas áreas as que maior impacto tem na inteligência artificial. Estas áreas são:

- Fornecer garantias sobre o nível de rapidez da resposta a ameaças;
- Informar a gestão e a administração sobre o nível de risco da organização bem como os esforços efetuados para dar resposta ao mesmo;
- Coordenar com os diversos departamentos no âmbito de assegurar a implementação de defesas efetivas;
- Coordenar com todos os que integram a organização no que diz respeito ao risco.

De acordo com o IIA (2017), a função do auditor interno no contexto da inteligência artificial é uma função de suporte, devendo auxiliar a implementação da inteligência artificial na organização bem como avaliá-la. Para esse efeito o auditor interno tem que ter conhecimentos necessários sobre a inteligência artificial para conseguir avaliar as oportunidades e riscos provenientes da inteligência artificial comunicando as consequências, positivas ou negativas resultantes, à organização.

Para além disso Raphael (2017), refere que o auditor interno deve obter um conhecimento básico das tecnologias de inteligência artificial que podem ser aplicadas nas suas tarefas. O mesmo autor refere também um conjunto de competências tecnológicas que devem ser familiares para o auditor interno, nomeadamente:

- Extrair dados estruturados e não estruturados a partir de um conjunto variado de fontes;
- Identificar riscos potenciais relativos aos dados analisados e às evidências obtidas;
- Trabalhar com vários tipos de bases de dados;
- Aplicar métodos estatísticos e análises avançadas presentes em ferramentas para transformar dados brutos em informação relevante;
- Compreender como utilizar análises de modo a realizares avaliações de riscos para identificar áreas que necessitam de maior aprofundamento por parte da auditoria;

- Utilizar ferramentas de visualização de dados para apresentar um conjunto complexo de dados de forma a tornar mais fácil a compreensão dos resultados obtidos.

A Deloitte (2018), refere três elementos essenciais para as necessidades dos auditados, sendo estes garantir, aconselhar e antecipar.

- A garantia é a função essencial da auditoria interna e deve cada vez mais ser mais ampla e em tempo real;
- A auditoria interna deve também aconselhar a gestão sobre mudanças e melhorias na gestão de riscos cumprindo as expectativas dos *stakeholders*;
- Antecipar riscos e auxiliar as organizações na compreensão dos mesmos riscos associados aos seus negócios.

A Deloitte (2018) menciona a existência da característica de garantia automática presente na auditoria interna que utiliza a inteligência artificial para monitorizar controlos em tempo real de forma a relatar não conformidades mais rapidamente. Também associados a esta característica existem os relatórios automáticos que permitem que as não conformidades anteriormente mencionadas sejam relatadas de forma imediata, permitindo a atuação em tempo útil. Ainda de acordo com a Deloitte (2018), existem a benefícios das garantias automáticas nomeadamente:

- Permite a alocação de recursos para dar resposta a riscos mais urgentes, para analisar a razão dos problemas e os comportamentos que contribuem para o seu incumprimento, de forma a corrigi-los.

A Protiviti (2018) defende, para além da criação de novos modelos de auditoria interna, uma mudança na mentalidade dos auditores internos através da adoção de uma atitude e cultura de inovação. Os auditores internos, segundo o autor, necessitam de rever as suas competências básicas, de forma a verificarem a necessidade de adquirir novas competências para fazer face ao seu trabalho em contexto da inovação tecnológica, nomeadamente na área da inteligência artificial.

Após esta revisão da mentalidade do auditor interno, a Protiviti (2018) defende a criação de um plano de adaptação das suas funções introduzindo medidas para fazer face às necessidades anteriormente mencionadas, devendo, por último, implementar esse plano em contexto real, através da sua aplicação no contexto do seu trabalho diário.

Refere ainda a existência de alguns entraves à transformação da mentalidade do auditor interno como o facto de, por vezes, os profissionais de auditoria serem avessos aos riscos e à mudança normalmente existentes nas inovações implementadas. Estes entraves podem ser diminuídos com a criação de, segundo a Protiviti, gabinetes de inovação interna com o objetivo de criar, testar e ajustar novas aplicações de inteligência artificial na área da auditoria interna e também sensibilizar os auditores para o uso de técnicas e tecnologias mais inovadoras.

De acordo com a Protiviti (2018), todas estas tecnologias vão afetar as funções do auditor interno, nomeadamente com o surgimento de novos riscos, com um maior auxílio que a auditoria interna deve prestar à organização em matérias de implementação das novas tecnologias.

Nesses novos riscos estão os riscos de cibersegurança que devem, de acordo com a empresa Galvanize (2020), ser alvo de especial atenção por parte a auditoria interna que deve, através de uma avaliação deste tipo de riscos, auxiliar a sua compreensão por parte das organizações. Estabelece, para esse fim, um conjunto de atividades que devem fazer parte da função do auditor interno em contexto de cibersegurança:

- Avaliar controlos preventivos e detectivos relacionados com cibersegurança de forma independente;
- Avaliar os ativos tecnológicos dos utilizadores com acesso privilegiado nomeadamente em configurações de segurança;
- Acompanhar medidas corretivas aplicadas;
- Fazer avaliações de ciber-riscos de terceiros que tenham relação com a organização.

A Galvanize (2020) estabelece, também, um conjunto de etapas para a avaliação de ciber-riscos:

- Caracterizar sistemas (processos, funções e aplicações);
- Identificar ameaças;
- Determinar os riscos inerentes e o seu impacto;
- Analisar o ambiente de controlo;
- Calcular probabilidades e classificar de riscos;
- Priorizar os riscos-chave;

- Documentar os resultados num relatório de avaliação de riscos.

De igual forma, a empresa Galvanize (2020) estabelece ainda várias etapas que a auditoria interna deve adotar nesta temática dentro dos quais:

- Trabalhar em conjunto com a gestão e o Conselho de Administração para desenvolver uma estratégia de cibersegurança;
- Melhorar a capacidade de as organizações identificarem e mitigarem os ciber-riscos;
- Aumentar a consciencialização e conhecimentos de ciberameaças e assegurar a participação do conselho de administração em matérias de cibersegurança;
- Integrar os ciber-riscos no plano de auditoria.

De acordo com The Institute of Internal Auditors, (2019b), a auditoria interna também tem ainda um papel muito importante de fornecer uma garantia à gestão de topo de que a organização consegue mitigar os riscos reputacionais, financeiros e legais de uma implementação de um modelo de inteligência artificial tendencioso ou discriminatório. Refere ainda que, uma vez que este é um novo domínio de garantia para a profissão, os auditores precisam de uma metodologia para auditar a equidade destes modelos. Ainda de acordo com o autor, os modelos de inteligência artificial necessitam de ser justos e não discriminatórios para que as decisões que auxiliam não exponham as organizações a riscos substanciais se os critérios de classificação que usam forem antiéticos, ilegais ou publicamente inaceitáveis.

Segundo The Institute of Internal Auditors (2019b), para garantir à administração e ao comité de auditoria que o modelo de inteligência artificial da organização não faz discriminação, os auditores precisam avaliar que:

1. O modelo de inteligência artificial não beneficia ou penaliza uma determinada classificação de pessoas;
2. Se uma classificação for removida do modelo de inteligência artificial, o mesmo ainda fornece resultados úteis.

3.3 Vantagens da aplicação da Inteligência Artificial na Auditoria Interna

No contexto organizacional existem benefícios associados à implementação da inteligência artificial como a diminuição do tempo de execução de uma tarefa, e a redução

do erro existente associado à mesma. Em organizações de maior dimensão, a aplicação da inteligência artificial permite também, a recolha de grandes quantidades de dados das suas atividades que podem ser utilizados para execução de tabelas ou gráficos.

Na auditoria interna a aplicação de tecnologias de inteligência artificial, de uma forma generalizada segundo Issa et al. (2016), vai traduzir-se num conjunto de vantagens como:

- Maior eficácia e eficiência das tarefas executadas através da automatização de processos;
- Diminuição dos erros provenientes das tarefas executadas pelo auditor interno e aumento da credibilidade do mesmo;
- A automatização de análises de grandes quantidades de dados com vários níveis de complexidade permite o aumento da poupança de tempo do auditor.
- Detecção proativa de anomalias, de erros, de problemas de cibersegurança;
- Rápida atuação do auditor em casos de problemas relacionados com erros, anomalias e cibersegurança;
- Melhoria da estruturação e consistência dos processos de auditoria;
- Diminuição do tempo necessário para a tomada de decisão.

Também Omoteso (2012) menciona a redução do o tempo necessário para a tomada de decisões com uma vantagem da Inteligência Artificial no contexto da auditoria interna. Segundo Wustrow et al. (2009), outra vantagem associada é o facto de o auditor através da inteligência artificial, poder avaliar os dados como um todo, de forma rápida e eficaz, ao invés de ter de escolher e avaliar uma amostra representativa.

É possível encontrar um conjunto de vantagens da aplicação dos vários tipos de tecnologias de inteligência artificial, sendo estas vantagens específicas para cada tecnologia de inteligência artificial. A seguinte tabela 6, sumaria essas diversas vantagens que os vários tipos de tecnologias de inteligência artificial têm no contexto da auditoria.

Com a enorme quantidade de dados a que o auditor interno está sujeito a ter de analisar, existem grandes dificuldades de realiza esse trabalho de acordo com metodologias tradicionais de auditoria. Nesse contexto, a aplicação da inteligência artificial no contexto do *Big Data*, segundo Issa et al. (2016b), vai permitir que o auditor interno tenha menor dificuldade em analisar grandes quantidades de dados e consiga fazer

esta análise num prazo de tempo menor, traduzindo-se assim num aumento da eficácia e eficiência do auditor interno. Segundo Sun e Vasarhelyi (2018), o auditor, ao incorporar tecnologias de *Big Data* como evidência de auditoria, irá facilitar a detecção de anomalias e a prevenção de fraudes melhorando a qualidade da auditoria.

As tecnologias de aprendizagem automática, podem de acordo com Struthers-Kennedy e Nesgood (2020), auxiliar os auditores a identificar padrões e tendências presentes em grandes quantidades de dados e podem fornecer uma visão mais abrangente em áreas como a gestão de risco e em áreas como a detecção e correção de fraudes ainda em fases iniciais. Sendo esta detecção de fraudes mais pode ser mais eficiente com o recurso à *data mining*, que de forma automática classifica informação extraída a partir de dados.

Também no âmbito da aprendizagem automática, AICPA e CPA Canada (2020), referem que através da conjugação de tecnologias de aprendizagem automática com ferramentas de auditoria, podem ser analisados enormes volumes de dados com o intuito de detetar anomalias e identificar padrões mais rapidamente e com maior facilidade. Apesar disso, os mesmos autores referem que é sempre necessário o julgamento do auditor para determinar a veracidade destas anomalias, distinguindo os verdadeiros positivos, e o seu impacto numa organização.

Em relação ao *deep learning*, de acordo com Issa et al. (2016), pode ser utilizado em conjunto com programas de análise linguística de forma a processar vários documentos de texto de forma autónoma, com efeito e produtividade superior ao conceito de *text mining* e com um gasto de tempo menor na execução. Através deste processo, o auditor pode extrair um conjunto de dados muito específicos sobre um determinado assunto a partir de um conjunto massivo de dados. Isto irá permitir que o auditor interno consiga estabelecer um julgamento mais rápido e adequado sobre o assunto em questão, dando assim uma resposta mais rápida e efetiva a problemas que possam surgir. Um exemplo da aplicação de tecnologias de *deep learning* em conjunto com programas de análise linguística, dado por Issa et al. (2016), em contexto de auditoria interna é na análise e cruzamento de documentos classificando-os automaticamente consoante a existência ou não de fraude, cabendo ao auditor interno focar-se apenas nos documentos essenciais.

Outra vantagem associada a tecnologias de *deep learning* é, segundo Stern e Reinstein (2020), a ausência de intervenção humana, fazendo com que aplicações de *deep learning* possam classificar autonomamente produtos a partir de transações feitas anteriormente.

A principal vantagem da utilização de tecnologias de *data mining* é a possibilidade de o auditor interno extrair e analisar um conjunto de dados, de tipos diferentes, num curto período de tempo. Wustrow et al. (2009) definem algumas vantagens das técnicas de *data mining* no processo da auditoria nomeadamente a rapidez na análise detalhada de grandes quantidades de dados que até então tinham muitas restrições em quesito de softwares disponíveis e no número de registos que poderiam ser armazenados. Outras vantagens associadas são a capacidade de detetar mais facilmente certos padrões e atividades fraudulentas quando os dados são analisados na sua totalidade e não é apenas analisada uma amostra representativa.

Aplicando estas tecnologias de *text mining*, de acordo com Issa, Sun e Vsarhelvi (2016), o auditor interno pode extrair a informação essencial dos documentos que tem que analisar no decorrer das suas tarefas, diminuindo, assim, o tempo despendido pelo auditor interno neste tipo de tarefas, o que lhe permitirá concentrar-se apenas nas informações mais importantes, deixando para segundo plano as informações que menos utilidade têm para o desenvolvimento do seu trabalho de auditoria.

Através do uso de tecnologias de *process mining*, o auditor interno consegue de forma automática, definir quais os processos da organização onde executa funções, removendo a necessidade de determinar manualmente quais os processos existentes nas organizações. Segundo Van Der Aalst et al. (2010), estes tipos de tecnologias fornecem ao auditor interno uma visão real e imparcial dos factos ocorrido. Para além disso, o auditor interno ao recorrer a este tipo de tecnologias consegue, numa fase posterior de análise, ter uma visão mais abrangente dos controlos existentes, verificando se funcionam, se existem transgressões e permite também verificar quais os riscos associados a um determinado processo.

Segundo Van Der Aalst et al. (2010), a utilização deste tipo de tecnologias traduz-se também no conjunto de vantagens para a auditoria nomeadamente a troca do tamanho da análise feita pela mesma, passando da análise por amostragem de um conjunto representativo de casos para a análise da totalidade dos processos podendo esta ser feita

de forma contínua. De acordo com os autores a utilização de tecnologias de *process mining* podem de igual forma servir para apurar quais as regras que são transgredidas e também onde e quando é que os trabalhadores não executam os processos conforme o que está estipulado. Podendo isto ser aplicado em tempo real, antes da conclusão dos eventos sendo possível influenciar o processo aplicando ações para corrigir eventuais problemas detetados pela auditoria. Os autores referem também que através do uso de técnicas de *process mining* é possível também prever quais os processos mais onde exista uma maior suscetibilidade de ocorrer desvios dos resultados esperados.

Segundo Jans, Depaire e Vanhoof (2011), estabelecem um conjunto de fatores que tornam as tecnologias de *process mining* numa ferramenta de suporte viável à auditoria interna. Sendo estes fatores:

1. A possibilidade de utilizar os dados provenientes do registo de eventos que não estão sob influência ou controlo do auditado;
2. A possibilidade de ter acesso a todos os dados dos processos desde a sua criação no tempo, a todos os seus intervenientes e as ligações que estabelecem entre si;
3. A possibilidade de mais facilmente detetar fraudes nomeadamente o conluio entre os intervenientes de um processo.

A utilização de tecnologias de processamento de linguagem natural de acordo com a KPMG Australia (2019), permite ao auditor interno extrair informação de documentos (como por exemplo contratos, documentos PDF) com grande volume num curto espaço de tempo, diminuindo o trabalho e o tempo gasto pelo auditor se tivesse que analisar os documentos manualmente. Estes tipos de tecnologias conseguem ainda analisar documentos de vários idiomas, auxiliando o auditor, que, sem este tipo de ferramentas, teria que gastar mais tempo a traduzir o conteúdo do documento.

Segundo AICPA e CPA Canada, (2020), a utilização de tecnologias de processamento de linguagem natural permitem examinar um conjunto de itens de uma organização (relatório anual de contas, atas de reuniões) e sumarizar todas essas informações num resumo do negócio, da finalidade do mesmo e do seu perfil de risco.

Os *expert systems*, segundo Omoteso (2012), podem ser utilizados no âmbito da auditoria interna nomeadamente como suporte ao planeamento da auditoria, aos testes substantivos, aos testes dos controlos, à formulação de opiniões e decisões, bem como

*Inteligência Artificial em Auditoria Interna:
proposta de modelo de auditoria interna a projetos de inteligência artificial*

uma melhoria na detecção de problemas e fraudes. Segundo Commerford et al. (2020), a utilização *expert systems* na auditoria pode auxiliar os auditores no desempenho de tarefas complexas através da capacidade dos *expert systems* em fornecer avaliações e recomendações especializadas. Outra das vantagens da utilização de *expert systems* é o seu custo quando comparado com os especialistas humanos que, para além de serem consideravelmente mais caros, são também mais escassos.

A aplicação de tecnologias de inteligência artificial como as redes neuronais artificiais, de acordo com Omoteso (2012), vão trazer vantagens para a auditoria interna como a detecção mais atempada de fraudes e a redução da presença de riscos de controlo e riscos de detecção.

Tabela 6: Vantagens das Tecnologias de Inteligencia Artificial na Auditoria

Tecnologia	Vantagem	Fonte
<i>Big Data</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Permite que o auditor interno tenha menor dificuldade em analisar grandes quantidades de dados e consiga fazer esta análise num prazo de tempo menor, traduzindo-se assim num aumento da eficácia e eficiência do auditor interno. • Facilita a detecção de anomalias e a prevenção de fraudes melhorando a qualidade da auditoria. 	Issa et al. (2016b)
		Sun e Vasarhelyi (2018)
Aprendizagem Automática	<ul style="list-style-type: none"> • Auxilia os auditores a identificar padrões e tendências presentes em grandes quantidades de dados, fornecendo uma visão mais abrangente em áreas como a gestão de risco e em áreas como a detecção e correção de fraudes ainda em fases iniciais. 	Struthers-Kennedy e Nesgood (2020)
<i>Deep Learning</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Processa vários documentos de texto de forma autónoma, com efeito e produtividade superior ao conceito de <i>text mining</i> e com um gasto de tempo menor na sua execução. • Classifica autonomamente produtos a partir de transações feitas anteriormente 	Issa et al. (2016)
		Stern e Reinstein (2020)

*Inteligência Artificial em Auditoria Interna:
proposta de modelo de auditoria interna a projetos de inteligência artificial*

Tecnologia	Vantagem	Fonte
<i>Data Mining</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Rápida análise de grandes quantidades de dados complexos que até então tinham muitas restrições em quesito de softwares disponíveis e no número de registos que poderiam ser armazenados. • Capacidade de detetar mais facilmente certos padrões e atividades fraudulentas quando os dados são analisados na sua totalidade e não é apenas analisada uma amostra representativa. 	Wustrow et al. (2009)
<i>Text Mining</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Extrair a informação essencial de documentos, diminuindo o tempo despendido pelo auditor interno neste tipo de tarefas, o que lhe permite concentrar-se apenas nas informações mais importantes. 	Issa, Sun e Vsarhelvi (2016)
<i>Process Mining</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Definir automaticamente quais os processos da organização, removendo a necessidade de determinar manualmente quais os processos existentes nas organizações • Fornece ao auditor interno uma visão real e imparcial dos factos ocorrido. Conseguindo o auditor, numa fase posterior de análise, ter uma visão mais abrangente dos controlos existentes, verificando se funcionam, se existem transgressões, permitindo também verificar quais os riscos associados a um determinado processo. • Consegue prever quais os processos onde existe uma maior suscetibilidade de ocorrer desvios dos resultados esperados • Possibilidade de utilizar os dados provenientes do registo de eventos que não estão sob influência ou controlo do auditado. • Possibilidade de ter acesso a todos os dados dos processos desde a sua criação no tempo, a todos os seus intervenientes e as ligações que estabelecem entre si. • Possibilidade de mais facilmente detetar fraudes nomeadamente o conluio entre os intervenientes de um processo. 	<p>Van Der Aalst et al. (2010)</p> <p>Jans, Depaire e Vanhoof (2011)</p>

Tecnologia	Vantagem	Fonte
Processamento de Linguagem Natural	<ul style="list-style-type: none">• Permite ao auditor interno extrair informação de documentos com grande volume num curto espaço de tempo, diminuindo o trabalho e o tempo gasto pelo auditor se tivesse que analisar os documentos manualmente.• Analisar documentos de vários idiomas, auxiliando o auditor, que, sem este tipo de ferramentas, teria que gastar mais tempo a traduzir o conteúdo do documento.	KPMG Australia (2019)
<i>Expert Systems</i>	<ul style="list-style-type: none">• Auxilia os auditores no desempenho de tarefas complexas através da capacidade dos <i>expert systems</i> em fornecer avaliações e recomendações especializadas.• Menor custo quando comparado com os especialistas humanos que, para além de serem consideravelmente mais caros, são também mais escassos.	Commerford et al. (2020)
Redes Neuronal Artificial	<ul style="list-style-type: none">• Detecção mais atempada de fraudes e a redução da presença de riscos de controlo e riscos de deteção.	Omoteso (2012)

FONTE: Elaboração própria

3.4 Limitações e desvantagens da aplicação da Inteligência Artificial na Auditoria Interna

Omoteso (2012) refere que, em auditoria interna, a aplicação de tecnologias de inteligência artificial, de uma forma generalizada, vai traduzir-se num conjunto de desvantagens como:

- Processos de decisão mais prolongados, quando existem muitas alternativas;
- Custo significativo na construção, manutenção e melhoramento dos sistemas de inteligência artificial;
- Risco de o auditor ser influenciado em demasia por estas tecnologias e aceitar tudo o que delas provem, transmitindo-se isso na tomada de decisão a qual pode não ser a mais correta.

De acordo com Gotthardt et al. (2019), os sistemas de inteligência artificial podem ser manipulados assumindo características indesejáveis, o que também influencia a auditoria interna, nomeadamente, na disponibilização de dados errados ou incoerentes o que afeta toda a auditoria, fazendo com que os seus resultados sejam diferentes da realidade.

Outra limitação associada a este tema, segundo AICPA e CPA Canada, (2020), é a dependência das tecnologias de inteligência artificial do acesso a grandes quantidades de dados (muitas vezes confidenciais) para o seu normal funcionamento, o que pode causar resistência na sua disponibilização por parte das organizações. Os mesmos autores referem também que, apesar de as tecnologias de inteligência artificial serem dotadas de grande eficiência e eficácia, estas não podem atuar de forma independente, pelo que necessitam sempre do auditor (fator humano) para analisar os seus resultados e fazer julgamentos sobre os mesmos. O autor exemplifica esta limitação com a possibilidade existirem fraudes mesmo quando as informações processadas por tecnologias de inteligência artificial pareçam de forma inicial corretas.

Outra limitação apontada por AICPA e CPA Canada (2020) refere-se ao facto de a inteligência artificial não conseguir avaliar aspetos relacionados com a ética uma vez que, apesar de conseguir analisar a informação e detetar padrões, não consegue analisar a motivação ou a intenção por detrás da mesma.

Segundo Gotthardt et al. (2019), pode existir um certo receio por parte do auditor em confiar ou utilizar os algoritmos, criando uma certa aversão aos mesmos, tornando-se esta aversão uma tendência por parte do auditor para desconsiderar os conselhos fornecidos por algoritmos e confiar mais no fator humano. Apenas em situações em que existe a necessidade do conhecimento de especialistas é que o auditor considera mais facilmente a utilização de dados fornecidos por *expert systems*.

A seguinte tabela 7 sumaria as desvantagens e limitações dos vários tipos de tecnologias de inteligência artificial na auditoria.

Para aplicar técnicas de *deep learning* na auditoria interna são necessárias grandes bases de dados, denominados *training data*, para garantir um alto grau de fiabilidade deste tipo de tecnologias. Tendo em conta o anteriormente mencionado e a realidade do setor da auditoria, “*embora muitas técnicas possam ser usadas para ajudar a reduzir o*

tamanho dos dados necessários, os dados atualmente disponíveis para os auditores não são suficientes para o desenvolvimento de uma análise criteriosa dos dados” (Issa et al., 2016a).

A criação destas bases de dados é dificultada porque pode contrariar os pressupostos de dever de confidencialidade a que o auditor interno está sujeito, sendo assim difícil formar uma base de dados voltada para a auditoria, uma vez que os dados que elas necessitam têm de ser sujeitos ao consentimento da organização bem como dos indivíduos sobre os quais os dados tratam, bem como respeitar e ter em conta todos os regulamentos e leis presentes nesse sentido.

No que diz respeito às tecnologias de *process mining*, Van Der Aalst et al. (2010), referem que aplicação deste tipo de tecnologias de inteligência artificial à auditoria dependem de um conjunto de fatores como:

- A disponibilidade de dados relevantes;
- Ao analisar todos os dados, o auditor irá aumentar a qualidade da sua auditoria, mas irá de igual forma aumentar o tempo e o custo da mesma.

Relativamente ao processamento de linguagem natural, Sun e Vasarhelyi (2018), referem que este método tem algumas limitações nomeadamente a impossibilidade de entender o contexto ou semântica das palavras e o facto de que ignora a ordem sequencial das mesmas.

Tabela 7: Desvantagens e Limitações das Tecnologias de Inteligência Artificial na Auditoria

Tecnologias	Desvantagens/Limitações	Fonte
<i>Deep Learning</i>	<ul style="list-style-type: none">• São necessárias grandes bases de dados, denominados <i>training data</i>, para garantir um alto grau de fiabilidade deste tipo de tecnologias.	(Issa et al., 2016a)
<i>Process Mining</i>	<ul style="list-style-type: none">• Ao analisar todos os dados, o auditor irá aumentar a qualidade da sua auditoria, mas irá de igual forma aumentar o tempo e o custo da mesma.	Van Der Aalst et al. (2010)
Processamento de Linguagem Natural	<ul style="list-style-type: none">• Impossibilidade de entender o contexto ou semântica das palavras e o facto de que ignorar a ordem sequencial das mesmas.	Sun e Vasarhelyi (2018)

FONTE: Elaboração própria

3.5 Modelos para a Auditoria Interna à Inteligência Artificial

Foram selecionados dois modelos de Auditoria à Inteligência Artificial, sendo estes o *Framework* de Auditoria à Inteligência Artificial do IIA e o *The Future Model* da Protiviti. Apesar de terem sido consultados vários modelos relacionados com esta temática, como aliás é comprovado pelas referências feitas no capítulo 2, apenas foram selecionados para este estudo mais compreensivo dois modelos, os quais foram selecionados devido ao facto de terem uma relação direta com a auditoria à inteligência artificial e por serem os modelos mais completos encontrados no decorrer da pesquisa feita.

3.5.1 O *Framework* de Auditoria à Inteligência Artificial do IIA

O papel da auditoria interna neste contexto, tem como função de suporte, auxiliando a implementação da inteligência artificial, mas também dando o seu parecer sobre o efeito da sua aplicação, nomeadamente o acréscimo ou decréscimo de valor que acarreta para a organização.

O IIA (2017b) estabelece um conjunto de “cinco atividades críticas” que a auditoria interna pode-se envolver, no contexto de aplicação da inteligência artificial, sendo estas:

- A integração da inteligência artificial na avaliação de riscos e a possibilidade de ser integrada no plano de auditoria baseado em riscos;
- O envolvimento da auditoria interna nos projetos de inteligência artificial desde a sua criação, dando indicações pertinentes para o sucesso da implementação do projeto. Apesar disso, a auditoria interna deve-se abster da responsabilidade da implementação e criação dos projetos de inteligência artificial, de modo a manter a independência do auditor interno;
- A avaliação da gestão dos riscos relacionados com credibilidade dos algoritmos e dados que serviram de base à criação da inteligência artificial;
- Garantir que a inteligência artificial está em conformidade com os requisitos éticos da organização;
- Estabelecer e avaliar estruturas de governança.

O IIA (2017b), estabelece um *framework* destinado à auditoria à inteligência artificial, de forma a suportar este tipo de auditoria. Este *framework* é composto por três componentes principais, nomeadamente a estratégia de inteligência artificial, a governança e o fator humano.

3.5.1.1 Estratégia de Inteligência Artificial

O primeiro componente diz respeito à forma como as organizações abordam a inteligência artificial, nomeadamente a aplicação de uma estratégia de inteligência artificial. Esta estratégia varia consoante os interesses e objetivos da organização e tem em conta as oportunidades e os riscos advenientes das mesmas. Nesta componente, o IIA (2017b) refere a necessidade de a auditoria interna precisar de considerar esta estratégia antes de proceder à execução do seu trabalho.

Para a elaboração de uma estratégia de inteligência artificial numa organização, existe uma necessidade de coordenação entre todas as partes da organização. Deste modo é possível adequar a estratégia de inteligência artificial com os objetivos da organização.

Antes da elaboração da estratégia de inteligência artificial, a organização deve primeiro elaborar e implementar uma estratégia associada ao *Big Data*, uma vez que a inteligência artificial irá estar dependente desta. Portanto, quanto mais e melhor elaborada for a estratégia associada ao *Big Data*, melhor e mais eficaz será a estratégia de inteligência artificial que a organização irá criar e implementar.

3.5.1.2 Ciber-resiliência

O conceito de ciber-resiliência relaciona-se com resistência que o sistema tecnológico de uma organização tem perante ciberataques, bem como a sua capacidade de resposta e de recuperação. Para melhorar a ciber-resiliência de uma organização, devem existir equipas com as competências necessárias na área da cibersegurança, para executarem tarefas de monitorização dos riscos, defesa ativa dos sistemas informáticos e, também, fornecer aos órgãos de gestão e administração um conjunto de conselhos e

recomendações de forma a prevenir ciberataques e melhorar as defesas dos sistemas informáticos.

Um dos riscos associados à utilização da inteligência artificial é a cibersegurança, pelo que as organizações devem considerar melhorar a sua segurança. Para se obter um nível de confiança maior na inteligência artificial é necessário recorrer à sua proteção (através de software específico), de modo a prevenir a influência de terceiros que a podem modificar ou até mesmo destruir.

Existe um conjunto de competências necessárias no contexto da inteligência artificial que os profissionais devem obter. De acordo com o IIA (2017b), estas competências são:

- Conhecimento do funcionamento da inteligência artificial;
- Compreender o conjunto de riscos e oportunidades associados à inteligência artificial;
- Determinar se os resultados da inteligência artificial estão de acordo com os que a organização pretende;
- Capacidade de fazer recomendações e executar ações corretivas no contexto de inteligência artificial.

Os auditores internos para além destas capacidades deve ter conhecimento sobre o mercado atual, de forma a reconhecer a competência e credibilidade de fornecedores externos de tecnologias de inteligência artificial.

3.5.1.3 Governança

O IIA (2017b), refere que o segundo componente fala sobre a governança da inteligência artificial, nomeadamente a um conjunto de processos implementados de forma a “*monitorizar, gerir e dirigir as atividades de Inteligência Artificial da organização*” com vista a atingir os resultados pretendidos. Com a aplicação desta componente é possível que os responsáveis pelas tarefas de inteligência artificial tenham o conhecimento e capacidades necessárias para adequar a mesmas à realidade da organização.

Segundo o IIA (2017c), a governança da inteligência artificial tem como objetivos:

- Estabelecer estruturas de prestação de contas, bem como a determinar as responsabilidades e a supervisão;
- Garantir a existência das competências e experiência adequada para aqueles que tem responsabilidades;
- Garantir que as decisões tomadas no âmbito da inteligência artificial estejam em conformidade com a lei vigente, com os valores e ética da organização.

Os regulamentos dedicados exclusivamente à inteligência artificial são inexistentes sendo que apenas existem algumas vagas referências à matéria da inteligência artificial em regulamentos como o Regulamento Geral de Proteção de Dados. Apesar de, em janeiro de 2020, a Casa Branca ter avançado com uma proposta pioneira no sentido de criar uma regulamentação exclusiva para a inteligência artificial e a sua aplicação no setor privado, esta proposta, denominada *The American AI Initiative*, ainda está numa fase embrionária. Existem outras iniciativas em matéria de inteligência artificial nomeadamente o conjunto de Orientações Éticas para uma Inteligência Artificial de Confiança, criado pela Comissão Europeia em 2019 com o intuito de auxiliar a inteligência artificial a alcançar padrões éticos respeitáveis. Também o *Model Artificial Intelligence Governance Framework* elaborado pela Personal Data Protection Commission - Singapore (2020), estabelece um conjunto de orientações para o uso e gestão dos sistemas de inteligência artificial, abordando também os desafios que a inteligência artificial introduz nomeadamente em matéria de ética, legislação e governança.

Na auditoria interna, os auditores internos devem estar especialmente atentos às iniciativas acima mencionadas, uma vez que são pioneiras na área, mas também a outros trabalhos que venham a existir na regulamentação desta matéria, com o intuito de orientar a organização para questões importantes que venham a surgir e que tenham como consequência a necessidade de modificação da estratégia de inteligência artificial e os processos que decorrem desta, caso seja necessário, para cumprir com os regulamentos. Ainda no âmbito da regulamentação da inteligência artificial existem algumas preocupações referentes à ética do uso da inteligência artificial, nomeadamente, o uso da inteligência artificial para fins criminosos.

A auditoria interna deve, nesta situação e segundo o IIA (2017b), adaptar-se aos novos regulamentos existentes e que possam vir a surgir na matéria de inteligência artificial, antecipando-se de certa forma a estes. Desta forma a auditoria interna, consegue ajudar a organização a agilizar a modificação dos processos de inteligência artificial em conformidade com novos regulamentos que possam vir a ser publicados.

Como foi mencionado anteriormente, todos os órgãos da organização devem estar envolvidos na elaboração da estratégia de inteligência artificial. No caso do comité/conselho de auditoria, este deve ser o responsável máximo pela avaliação e supervisão dos processos de inteligência artificial. E deve o mesmo estar em conjunto com a administração de topo envolvido na criação da estratégia de inteligência artificial na organização, bem como na sua manutenção e modificação.

Os auditores internos, segundo o *framework* do IIA (2017b), devem avaliar as políticas e procedimentos da segunda linha de defesa em matéria de inteligência artificial, verificando se são adequados e estão a ser executados.

Ainda na componente de governança, existe a preocupação referida pelo IIA (2017c) na mensuração do desempenho da inteligência artificial, sendo que, neste caso, refere a necessidade de serem “definidas métricas de desempenho” de modo a poder avaliar a eficiência das atividades de inteligência artificial, avaliação essa que se baseia na relação das atividades de inteligência artificial com os objetivos das organizações.

3.5.1.4 Fator Humano

O terceiro e último componente definido no *framework* do IIA (2017c) é o fator humano, que se prende com o facto de existir uma intervenção do ser humano na criação de algoritmos que servirão de base à inteligência artificial. Isto acarreta um conjunto de problemas nomeadamente, a possível parcialidade do ser humano, a probabilidade de este cometer erros, bem como um conjunto de outros fatores presentes na personalidade do ser humano como os preconceitos, valores e ética que podem determinar o sucesso ou insucesso da inteligência artificial, bem como a capacidade da organização alcançar os seus objetivos.

O IIA (2017c) refere ainda que, de acordo com o *Infoword*, o sucesso da integração da inteligência artificial nas organizações, deve-se a três áreas principais:

- A integração dos dados deve ser feita antes de incorporar a inteligência artificial na organização;
- Atualizar o software regularmente, de acordo com os erros detetados e com as inovações lançadas na área;
- Formar os trabalhadores quanto à inteligência artificial e outras matérias de interesse.

Este modelo defende a existência de um mecanismo que permite a recolha e gravação de informações vitais, as quais, em caso de acidentes/erros, são utilizadas para perceber as causas dos mesmos. Este mecanismo seria semelhante ao conceito de caixa negra presente na indústria aeronáutica.

Aplicando este conceito ao setor da inteligência artificial, a caixa negra teria como função permitir a recolha de informação sobre acidentes provocados por tecnologias de inteligência artificial com um grau elevado de inteligência, que conseguem fazer uma aprendizagem automática. Isto é necessário devido à falta de transparência que advém do alto grau de complexidade deste tipo de tecnologias de inteligência artificial.

3.5.1.5 Arquitetura e infraestrutura de dados

De acordo com o IIA (2017b), deve existir uma preocupação sobre a arquitetura e infraestrutura dos dados provenientes da inteligência artificial por parte da auditoria interna, nomeadamente a forma de acesso aos dados, a sua privacidade e segurança e a responsabilidade do uso dos mesmos.

Outro aspeto que a auditoria interna deve considerar é a qualidade dos dados utilizados pela inteligência artificial. Sendo que o auditor interno deve ter em especial atenção se o *Big Data* necessário para a execução de algoritmos cumpre níveis aceitáveis de integralidade, precisão e credibilidade. Sob pena de caso isso não seja avaliado, existir a possibilidade de a organização poder sofrer danos devido à má forma como os dados são adquiridos, avaliados e utilizados e consequentes irregularidades da estrutura dos algoritmos.

3.5.2 *The Future Model da Protiviti*

Este modelo proposto pela Protiviti (2018) como sendo um novo modelo para auditoria interna, deve-se focar, segundo o autor, em três categorias principais que são: a governança, a metodologia e as tecnologias. Desta forma permite um aumento da eficiência, garante uma maior visão sobre os processos de negócios das organizações.

Segundo a Protiviti (2018) este modelo pretende estabelecer três objetivos para a auditoria interna:

- Melhorar a garantia fornecida pela auditoria interna através da utilização de programas de análise de dados como a *data mining*, *text mining*. Isto permite que o auditor interno se foque mais nos riscos chave e consiga fornecer às organizações informações mais relevantes sobre a gestão de riscos e controles atempadamente;
- Aumentar a eficiência da auditoria interna através automatização dos processos de auditoria oferecendo uma maior garantia dos riscos;
- Fornecer uma compreensão mais profunda e mais valiosa sobre os processos e atividades da auditoria interna, através do auxílio prestado pela auditoria interna na tomada de decisões, mencionando os riscos e as consequências inerentes à adoção da implementação de inovações tecnológicas.

Este modelo tem como base as três categorias anteriormente mencionadas (governança, metodologia e tecnologia) que, de acordo com a Protiviti (2018), se subdividem em vários subpontos.

A metodologia presente nas três principais áreas sobre o qual o modelo criado pelo autor se insere, tem como função equipar as organizações com meios de conseguirem informações precisas sobre riscos em tempo real.

O outro pilar deste modelo, segundo o autor, é a tecnologia que o auditor interno deve estar familiarizado conseguindo emitir opiniões e auxiliar a tomada de decisão.

3.5.2.1 Governança

A primeira categoria representa as estratégias, estrutura e competências que a função de auditoria interna está sujeita, e a forma de como as competências do auditor interno são desenvolvidas, preservadas e atualizadas.

Esta categoria tem presente um conjunto de elementos, que segundo a Protiviti (2018) devem estar presentes na auditoria interna. Estes elementos são respectivamente a estratégia prospectiva, a garantia da organização alinhada, a estrutura simplificada e recursos flexíveis e por último o desenvolvimento de competências e aplicação de conhecimentos.

- Estratégia prospectiva:

Corresponde à criação uma cultura de inovação na auditoria interna que lida com riscos diariamente, modificando a forma do auditor interno pensar sobre os riscos e modificando também a sua disposição para aceitar riscos provenientes da inovação.

- Garantia da organização alinhada:

Nas organizações são vários os departamentos que têm presentes nas suas funções a gestão de riscos. A auditoria interna pode assumir neste contexto um papel de liderança, trabalhando para alinhar os vários departamentos presentes no modelo das três linhas de defesa, de forma a uniformizar um conjunto de fatores como a classificação da informação, escalas de classificação e idiomas.

Desta forma auditoria consegue quebrar barreiras dentro da organização e uniformizar as mensagens transmitidas dentro da mesma. As inovações tecnológicas podem ser implementadas neste processo para fornecer um maior entendimento dos riscos presentes e fornecer uma maior capacidade de detecção a todos os departamentos que gerem os mesmos riscos.

- Estrutura simplificada e recursos flexíveis:

Prende-se com a capacidade das novas metodologias adotadas pelas organizações conseguirem modificar a estrutura das próprias organizações. A auditoria interna tem que desenvolver modelos de recursos flexíveis para ter acesso a competências e capacidades conforme exista a necessidade. Isso requer que em

muitos casos os modelos se estendam para além dos limites da auditoria interna abordando outras áreas.

- Desenvolvimento de competências e aplicação de conhecimentos técnicos:

A implementação de novas tecnologias, metodologias e o surgimento de novos riscos nas organizações fazem com que função de auditoria interna necessite de adquirir novas competências e melhorar as que já tem para fazer face à nova realidade. Tendo em conta a aplicação de inovações tecnológicas na organização, a auditoria interna deve adequar o seu trabalho, determinando de que forma as mesmas mudam a maneira da auditoria interna atingir os resultados pretendidos.

3.5.2.2 Metodologia

A metodologia é a segunda categoria presente neste modelo e representa de acordo com a Protiviti (2018), um conjunto de métodos com o fim de aumentar o entendimento e a tornar a visão e monitorização dos riscos em tempo real nas organizações. As abordagens ágeis e avançadas de gestão e análise de dados representam os principais facilitadores desta monitorização em tempo real.

Essas metodologias incluem, de acordo com a Protiviti (2018), alguns fatores importantes como a avaliação dinâmica de riscos, aplicação ágil, orientada por análises e escalável e por último, relatórios simples e com alto impacto.

- Avaliação dinâmica de riscos:

A avaliação de riscos necessita de ser estruturada de forma a dar resposta aos riscos assim que existam mudanças nos mesmos ou o surgimento de novos riscos. Para esse efeito, existe a necessidade da adoção de novas metodologias que permitam um entendimento mais completo dos riscos e permitam também quantificar e monitorizar os mesmos. Desta forma o que se espera da auditoria interna é uma avaliação em tempo real dos riscos e das suas mudanças e igualmente prever o impacto que eles podem ter na organização.

- Aplicação ágil, orientada por análises e escalável:

Os auditores internos têm de implementar metodologias e ferramentas que lhes permitam a rápida captura e análise de dados, traduzindo-se num maior entendimento da situação em tempo real ou o mais próximo possível disso.

- Relatórios simples e com alto impacto:

Os auditores internos devem comunicar as suas conclusões de forma rápida e efetiva aos *stakeholders* de forma permitir detalhar informação caso exista necessidade. Os auditores internos podem recorrer ao uso de vários tipos de gráficos ou tabelas de modo a transmitirem as informações chave de forma impactante sendo apenas suportados por ligeiras narrativas dando ênfase às principais descobertas.

3.5.2.3 Tecnologia

A última componente deste modelo refere-se à aplicação das inovações tecnológicas nas auditorias internas e refere-se também ao domínio que o auditor interno deve ter ou obter nesta temática de forma a conseguir desempenhar as suas funções adequadamente.

A Protiviti (2018), estabelece um conjunto de ferramentas tecnológicas e técnicas que podem e devem ser implementadas nas tarefas de auditoria interna de modo a melhorar o trabalho do auditor interno. Estas tecnologias e técnicas são respetivamente: análises omnipresentes de dados e análises avançadas, processos automatizados, entendimento de *process mining*, inteligência artificial e aprendizagem automática.

- Análises omnipresentes de dados e análises avançadas:

O aproveitamento de dados internos da organização para avaliar os riscos permite que o auditor interno desempenhe as suas funções com uma eficácia acrescida. Exemplos da aplicação são amostras completas, diagramas de fluxo de dados, limites de risco.

- Processos automatizados:

A redução de processos manuais na função de auditoria interna permite que o auditor interno se foque em tarefas mais relevantes como a avaliação e monitorização de riscos ou em áreas onde exista uma necessidade de o auditor emitir os seus

pareceres. Exemplo de processos automatizados são listas de requisição de documentos ou a compilação de resumos das descobertas da auditoria.

- Entendimento de *process mining*:

O auditor interno deve aproveitar os dados recolhidos através das tecnologias para obter um entendimento mais profundo dos processos, conseguindo assim este entendimento numa fase inicial da auditoria evitando uma abordagem tradicional, manual e menos eficiente. Isto vai-se transmitir em ganhos significativos para o auditor interno, nomeadamente uma maior eficiência do mesmo.

Exemplo disso é a aplicação de tecnologia de *process mining*, que utiliza os dados da organização para automatizar as atividades de determinação dos processos. Consegue com essa informação criar representações visuais dos processos de negócio da organização onde o auditor interno pode rapidamente identificar os riscos e controlar falhas.

- Inteligência artificial e aprendizagem automática:

A introdução da inteligência artificial e da aprendizagem automática nas organizações permite ao auditor interno aumentar a sua eficácia e eficiência em testes com maior grau de complexidade bem como aumentar a rapidez de análises mais complexas. Alguns exemplos de tecnologias de inteligência artificial que podem ser aplicados em contexto da auditoria interna são:

- Análise de clusters e aprendizagem não supervisionada – Através da utilização de algoritmos como o *k-means* e a análise hierárquica de clusters é possível identificar e agrupar elementos semelhantes em conjuntos de dados que podem não ser evidentes para o auditor. Isso permite que a auditoria interna identifique transações suspeitas ou de alto risco e consiga estratificar melhor as populações nas análises baseadas em riscos.
- Modelagem preditiva – Através do uso deste tipo de técnicas é possível usar dados e estatísticas para criar modelos preditivos que conseguem prever resultados. Este tipo de técnicas permite que se identifique melhor e mais facilmente fatores de risco e fornece informações de como melhorar um processo.

- Processamento de linguagem natural – São técnicas que fornecem automaticamente uma forma de identificar padrões em palavras e frases presentes em documentos e outros tipos de dados. Podem ser utilizados para classificar documentos com base no seu conteúdo. Na auditoria interna podem ser utilizados para por exemplo identificar cláusulas adversas ou importantes em contratos.

4 Proposta de modelo de Auditoria Interna à Inteligência artificial

Os dois modelos de auditoria interna à inteligência artificial apresentados no tópico 3.5 - *Modelos para a Auditoria Interna à Inteligência Artificial* têm vários aspetos em comum como, nomeadamente o facto de as suas componentes terem nomenclaturas muito semelhantes e o facto de abordarem áreas comuns como expresso na seguinte Tabela 8. Exemplo disso é a componente da governança de inteligência artificial que tem como objetivo monitorizar e gerir as atividades de inteligência artificial e a qual se encontra presente nos dois modelos apresentados. Os dois modelos referem objetivos comuns para esta componente, nomeadamente, a aquisição/manutenção de competências por parte dos auditores na área da inteligência artificial, bem como a adequação dessas mesmas competências às suas funções.

4.1 Comparação e discussão dos Modelos

A tabela 8 representa as várias definições dadas pelos dois modelos às suas componentes, sendo que a partir desta tabela é possível verificar a semelhança entre várias componentes e também a semelhança entre os vários conceitos dados pelos dois modelos.

Tabela 8: Comparação das Componentes dos Modelos Seleccionados

Componentes	<i>Framework</i> de Auditoria à Inteligência Artificial do IIA	<i>The future Modelo</i> da Protiviti
Estratégia	Refere-se ao modo como as organizações aplicam as suas diretrizes de IA, variando consoante os seus objetivos e interesses e tendo em conta os riscos advenientes da IA.	
Governança	Conjunto de processos implementados de forma a monitorizar e gerir as atividades de IA das organizações. Definindo que os responsáveis pelas tarefas de IA devem ter os conhecimentos e as competências necessárias.	Representa as estratégias, estruturas e competências a que a função de auditoria interna está sujeita, e a forma de como as competências do auditor interno são desenvolvidas, preservadas e atualizadas.

*Inteligência Artificial em Auditoria Interna:
proposta de modelo de auditoria interna a projetos de inteligência artificial*

Componentes	<i>Framework</i> de Auditoria à Inteligência Artificial do IIA	<i>The future Modelo</i> da Protiviti
Metodologia		Representa um conjunto de métodos com a finalidade de aumentar o entendimento e realizar a monitorização de riscos em tempo real nas organizações.
Fator Humano	Prende-se com o facto de existir uma intervenção do ser humano na criação de algoritmos que servirão de base à IA.	
Tecnologia		Corresponde ao domínio que o auditor interno deve ter (ou obter) em relação à IA para desempenhar as suas funções adequadamente

FONTE: elaboração própria

Apesar das várias semelhanças entre os dois modelos, existem de igual forma várias diferenças, sendo a primeira a que mais se destaca: o *framework* de auditoria à inteligência artificial do *Institute of Internal Auditors* foca-se mais na auditoria à inteligência artificial e o *the future model* da Protiviti foca-se mais no auditor, nomeadamente, no perfil que deve ter para conseguir auditar de forma competente a inteligência artificial.

Outra das diferenças entre os modelos é o facto de o *framework* da auditoria à inteligência artificial do *Institute of Internal Auditors*, ter em especial conta no seu modelo a parte da ética e a parte da intervenção do ser humano na inteligência artificial que são fatores fundamentais para o sucesso ou insucesso da inteligência artificial, ao contrário do *the future model* da Protiviti que não menciona qualquer aspeto da ética no seu modelo.

O *the future model* da Protiviti ao contrário do *framework* da auditoria à inteligência artificial do *Institute of Internal Auditors*, estabelece um conjunto de métodos a serem utilizados pelos auditores com o intuito de tornar a sua avaliação numa avaliação em tempo real através do uso de tecnologias de inteligência artificial. Outra diferença

entre os modelos é que o *the future model* da Protiviti ao contrário do *framework* da auditoria à inteligência artificial do Institute of Internal Auditors estabelece também um conjunto das principais tecnologias de inteligência artificial a serem aplicadas pelo auditor nas suas auditorias de modo a melhorar o seu trabalho.

É possível concluir que, apesar das diferenças e semelhanças entre os dois modelos de auditoria à inteligência artificial, estes modelos complementam-se entre si uma vez que através suas similaridades transmitem uma melhor compreensão e mais informação sobre as suas componentes como é o caso da governança de inteligência artificial. Também se complementam através das suas diferenças como é o caso do seu foco mais diferenciado uma vez que especificam fatores diferentes sobre o mesmo tema. Exemplo disso é a maior especificação do *framework* de auditoria à inteligência artificial do IIA que aborda para além das suas componentes principais a parte da ética e dos problemas que a mesma levanta. Por outro lado, o *the future model* da Protiviti apesar de não abordar o aspeto ético aborda outras áreas de grande importância como é o caso da componente da tecnologia. Isto é de enorme importância nomeadamente na compreensão da auditoria à inteligência artificial bem como na compreensão da evolução da função do auditor neste processo.

4.2 Proposta de modelo

Sendo esta uma temática com informação escassa decidiu-se criar, através da análise destes dois modelos, um guia de boas práticas para a auditoria interna aos projetos de inteligência artificial presente, na sua versão completa e final, no Apêndice 1, formulando, para esse efeito, uma *checklist* com um conjunto de questões baseadas nos dois modelos analisados e comparados.

As questões foram agrupadas em várias categorias correspondentes ao *framework* de auditoria à inteligência artificial do *Institute of Internal Auditors*, nomeadamente a Estratégia de Inteligência Artificial, a Governança de Inteligência Artificial, o Fator Humano, a Arquitetura e Infraestrutura de Dados, a Ciber-resiliência e a Qualidade dos Dados e Ética. As questões foram numeradas de acordo com a sua categoria, sendo que a resposta será através da seleção das várias alternativas, nomeadamente: Conforme, Não Conforme e Não Aplicável. O último campo da tabela menciona a fonte correspondente a cada pergunta incluída.

*Inteligência Artificial em Auditoria Interna:
proposta de modelo de auditoria interna a projetos de inteligência artificial*

Este guia de boas práticas pretende ser um documento orientador para auditoria interna à inteligência artificial contribuindo para, numa fase inicial, auxiliar o auditor na sua avaliação, avaliação essa que poderia ser mais dificultada uma vez que esta área é relativamente recente e as informações disponíveis sobre inteligência artificial aplicada à auditoria interna são ainda escassas.

Apresenta-se, de seguida, o modelo e guia de boas práticas para a auditoria interna aos projetos de Inteligência Artificial. Como forma de melhor detalhar a proposta, o modelo é apresentado de forma organizada por 7 tópicos distintos, cada um correspondendo a uma componente da *checklist*:

1. Estratégia da Estratégia Inteligência Artificial
2. Governança de Inteligência Artificial
3. Fator Humano
4. Arquitetura e Infraestrutura de Dados
5. Ciber-resiliência
6. Qualidade dos Dados
7. Ética

A seguinte Tabela 9, representa um conjunto de questões elaboradas para a auditoria interna à inteligência artificial mais concretamente à estratégia da inteligência artificial das organizações. Nesta tabela encontram-se presentes seis questões sobre a estratégia da inteligência artificial, baseadas na sua totalidade no *framework* de auditoria interna à inteligência artificial do IIA.

Tabela 9 – Questões para Auditoria Interna à Estratégia da Inteligência Artificial

1. Estratégia da Inteligência Artificial					
Nº	Pergunta	Conforme	Não Conforme	Não Aplicável	Fonte
1.1	A organização tem uma estratégia definida de IA?				IIA
1.2	Esta estratégia encontra-se devidamente documentada?				IIA
1.3	O auditor interno está envolvido ativamente nos projetos de IA?				IIA
1.4	Há recursos suficientes para implementar a estratégia de IA?				IIA

*Inteligência Artificial em Auditoria Interna:
proposta de modelo de auditoria interna a projetos de inteligência artificial*

1. Estratégia da Inteligência Artificial					
Nº	Pergunta	Conforme	Não Conforme	Não Aplicável	Fonte
1.5	A estratégia de IA considera adequadamente as ameaças e oportunidades de IA?				IIA
1.6	Todos os departamentos da organização estão coordenados na elaboração da estratégia de IA?				IIA

FONTE: elaboração própria

A Tabela 10, representa um conjunto de questões elaboradas para a auditoria interna à inteligência artificial e são relativas à governança de inteligência artificial nas organizações. Encontram-se presentes, nesta tabela 8, quinze questões sobre a governança de inteligência artificial, sendo nove questões baseadas no *framework* de auditoria interna à inteligência artificial do IIA e as restantes seis no *The future model* da Protiviti.

Tabela 10– Questões para Auditoria Interna à Governança de Inteligência Artificial

2. Governança de Inteligência Artificial					
Nº	Pergunta	Conforme	Não Conforme	Não Aplicável	Fonte
2.1	As estruturas de governança de inteligência artificial foram estabelecidas e documentadas?				IIA
2.2	As estruturas de governança de inteligência artificial foram colocadas em prática?				IIA
2.3	Os modelos de negócio e a estrutura organizacional refletem a estratégia de IA implementada?				IIA
2.4	As políticas e procedimentos da organização estabelecem e identificam claramente as funções e responsabilidades relativas à estratégia de IA e à governança de IA?				IIA
2.5	As funções relativas à IA estão devidamente descritas, contendo elementos como por exemplo as qualificações exigidas relativamente aos profissionais associados aos projetos de IA?				IIA
2.6	Os indivíduos com responsabilidades ao nível da IA têm as qualificações necessárias?				IIA

*Inteligência Artificial em Auditoria Interna:
proposta de modelo de auditoria interna a projetos de inteligência artificial*

2. Governança de Inteligência Artificial					
Nº	Pergunta	Conforme	Não Conforme	Não Aplicável	Fonte
2.7	As políticas e procedimentos de IA foram estabelecidos e documentados?				IIA
2.7.1	As políticas e procedimentos de IA definidos anteriormente estão a funcionar?				IIA
2.7.2	Os funcionários responsáveis pela IA têm conhecimento das políticas e procedimentos de IA?				IIA
2.8	Existe a criação de uma cultura de inovação na auditoria interna?				Protiviti
2.9	A auditoria interna uniformiza um conjunto de fatores como a classificação da informação, escalas de classificação e idiomas?				Protiviti
2.9.1	Todos os departamentos presentes no modelo das três linhas de defesa seguem esses mesmos elementos?				Protiviti
2.10	As inovações tecnológicas são implementadas de forma a fornecer um maior entendimento dos riscos e uma maior capacidade de detecção dos mesmos?				Protiviti
2.11	A auditoria interna tem acesso a recursos e competências/capacidades conforme exista a necessidade?				Protiviti
2.12	A avaliação de riscos é reestruturada de forma a dar resposta aos riscos assim que existam mudanças nos mesmos ou o surgimento de novos riscos?				Protiviti

FONTE: elaboração própria

A seguinte Tabela 11, representa um conjunto de questões elaboradas para a auditoria interna à inteligência artificial relativamente ao fator humano. Nesta tabela encontram-se presentes sete questões sobre o fator humano, sendo três questões baseadas no *framework* de auditoria interna à inteligência artificial do IIA e as restantes quatro no *The future model* da Protiviti.

*Inteligência Artificial em Auditoria Interna:
proposta de modelo de auditoria interna a projetos de inteligência artificial*

Tabela 11 - Questões para Auditoria Interna ao Fator Humano

3. Fator Humano					
Nº	Pergunta	Conforme	Não Conforme	Não Aplicável	Fonte
3.1	Os funcionários da organização recebem formação sobre a área da inteligência artificial e o que ela produz?				IIA
3.2	A auditoria interna tem consciência das consequências que as tecnologias de inteligência artificial têm no seu trabalho?				Protiviti
3.3	A organização estabelece medidas a serem tomadas de forma a mitigar a parcialidade e erros do ser humano nos sistemas de IA?				IIA
3.4	Os softwares da organização são atualizados quando são detetados erros ou quando são lançadas atualizações?				IIA
3.5	O auditor interno utiliza os dados internos da organização de modo a desempenhar as suas funções com maior eficácia?				Protiviti
3.6	Os dados internos da organização não são consultados por terceiros e são utilizados de forma adequada?				Protiviti
3.7	Os dados internos da organização são utilizados de forma adequada?				Protiviti

FONTE: elaboração própria

A seguinte Tabela 12, representa um conjunto de questões elaboradas para a auditoria interna à inteligência artificial relativamente à arquitetura e infraestrutura de dados. Nesta tabela 10, encontram-se presentes cinco questões sobre a arquitetura e infraestrutura de dados, sendo a totalidade das questões baseadas no *framework* de auditoria interna à inteligência artificial do IIA.

Tabela 12 - Questões para Auditoria Interna à Arquitetura e Infraestrutura de Dados

4. Arquitetura e Infraestrutura de Dados					
Nº	Pergunta	Conforme	Não Conforme	Não Aplicável	Fonte
4.1	A organização tem planos definidos de recuperação para casos de falhas de IA?				IIA

*Inteligência Artificial em Auditoria Interna:
proposta de modelo de auditoria interna a projetos de inteligência artificial*

4. Arquitetura e Infraestrutura de Dados					
Nº	Pergunta	Conforme	Não Conforme	Não Aplicável	Fonte
4.2	A infraestrutura de dados da organização tem capacidade de acomodar o dimensão e complexidade da atividade de IA?				IIA
4.3	A infraestrutura é capaz de lidar com dados da IA?				IIA
4.4	A organização definiu uma taxonomia de dados?				IIA
4.4.1	Esta taxonomia é robusta o suficiente para suportar complexidade das atividades de IA?				IIA

FONTE: elaboração própria

A seguinte Tabela 13, representa um conjunto de questões elaboradas para a auditoria interna à inteligência artificial relativamente à ciber-resiliência. Nesta tabela 11, encontram-se presentes duas questões sobre a arquitetura e infraestrutura de dados, sendo a totalidade das questões baseadas no *framework* de auditoria interna à inteligência artificial do IIA.

Tabela 13 - Questões para Auditoria Interna à Ciber-resiliência

5. Ciber-resiliência					
Nº	Pergunta	Conforme	Não Conforme	Não Aplicável	Fonte
5.1	Existem na organização equipas/departamentos com as competências necessárias na área da cibersegurança?				IIA
5.2	Os departamentos/equipas com responsabilidades ao nível da cibersegurança auxiliam e fornecem conselhos de prevenção de ciberataques e de melhoria das defesas dos sistemas informáticos aos órgãos de gestão e à administração?				IIA

FONTE: elaboração própria

A seguinte Tabela 14, representa um conjunto de questões elaboradas para a auditoria interna à inteligência artificial relativamente à qualidade dos dados. Nesta tabela encontram-se presentes sete questões sobre a qualidade dos dados, sendo cinco questões baseadas no *framework* de auditoria interna à inteligência artificial do IIA e as restantes duas no *The future model* da Protiviti.

*Inteligência Artificial em Auditoria Interna:
proposta de modelo de auditoria interna a projetos de inteligência artificial*

Tabela 14 - Questões para Auditoria Interna à Qualidade dos Dados

6. Qualidade dos Dados					
Nº	Pergunta	Conforme	Não Conforme	Não Aplicável	Fonte
6.1	Os dados e os algoritmos de IA utilizados têm um grau de confiabilidade aceitável?				IIA
6.2	A organização estabeleceu políticas e procedimentos para mensurar e monitorizar continuamente os dados?				IIA
6.3	Os dados utilizados estão completos?				IIA
6.4	A organização definiu procedimentos para limitar a parcialidade do ser humano aquando a introdução de dados?				IIA
6.5	A integridade dos dados é mensurada e monitorizada?				IIA
6.6	Os auditores internos implementam novas metodologias e utilizam tecnologias de IA na captura e análise de dados?				Protiviti
6.7	Os auditores internos utilizam tecnologias de IA na captura e análise de dados?				Protiviti

FONTE: elaboração própria

A seguinte Tabela 15, representa um conjunto de questões elaboradas para a auditoria interna à inteligência artificial relativamente à ética. Nesta tabela 13, encontram-se presentes quatro questões sobre a ética, sendo a totalidade das questões baseadas no *framework* de auditoria interna à inteligência artificial do IIA.

Tabela 15 – Questões para Auditoria Interna à Ética

7. Ética					
Nº	Pergunta	Conforme	Não Conforme	Não Aplicável	Fonte
7.1	Os resultados das atividades de IA da organização contêm parcialidades?				IIA
7.2	A organização está em conformidade com a legislação e regulamentação em vigor ao nível tecnológico (ex: RGPD)?				IIA
7.3	Os projetos de IA são criados tendo em conta a ética e os valores da organização?				IIA

7. Ética					
Nº	Pergunta	Conforme	Não Conforme	Não Aplicável	Fonte
7.4	O auditor interno, tem especial atenção à regulamentação que surge ou que possa vir a surgir no campo da ética dos projetos de IA?				IIA

FONTE: elaboração própria

4.3 Avaliação do Modelo

Decidiu-se obter uma validação desta proposta de um guia de boas práticas para a auditoria interna à inteligência artificial, presente no Apêndice 1, sendo que esta validação pretendeu legitimar este guia de boas praticas através da opinião dada pelos especialistas selecionados, aumentando assim o valor da mesma.

Após a consulta de cinco especialistas na área da auditoria, dois aceitaram proceder a esta validação do guia de boas praticas para a auditoria interna à inteligência artificial. Assim sendo a primeira especialista consultada uma especialista em Auditora de Sistemas de Informação e com quatro anos de experiência na área da auditoria (distribuídos respetivamente num ano na BDO e 3 anos na PwC). O parecer emitido por esta especialista refere este guia de boas práticas como um documento claro e orientado para o seu objetivo.

A segunda especialista consultada foi uma especialista em auditoria interna, que conta com quatorze anos de experiência como Diretora do Serviço de Auditoria Interna do Hospital Distrital da Figueira da Foz e com treze anos de experiência como Auditora Interna de Qualidade do Hospital Distrital da Figueira da Foz. Quanto ao seu parecer, refere que este guia de boas práticas para a auditoria interna à inteligência artificial encontra-se bem elaborada, existindo apesar disso, questões que poderiam ser subdividas com o intuito de se tornarem mais claras e objetivas.

Assim sendo, o guia de boas práticas após a validação dos especialistas encontra-se no subcapítulo anterior. Sendo que a única alteração feita sob recomendação dos especialistas consultados foi a subdivisão da pergunta 3.6 e 6.6, do guia de boas práticas presente no Apêndice 1, dando origem às perguntas 3.6; 3.7; 6.6 e 6;7 do guia de boas práticas para a auditoria interna à inteligência artificial validado, presente no subcapítulo anterior.

CONCLUSÕES

Com a presente Dissertação pretendeu-se realizar uma revisão sistemática da literatura com o tema “Inteligência Artificial no Contexto da Auditoria Interna” o que permitiu perceber que a IA foi evoluindo ao longo do tempo, desde o seu aparecimento em 1950 pela mão de Alan Turing, diversificando as suas tecnologias e o seu grau de aplicabilidade em diversos setores. Também na Auditoria Interna, a Inteligência Artificial pode ser aplicada modificando a mesma, nomeadamente, na forma de se auditar, de o auditor executar as suas tarefas e também na forma como já são conhecidas e estabelecidas metodologias e *frameworks* para o trabalho do auditor interno no contexto de inteligência artificial. Tal exige que o auditor interno adeque as suas competências às novas exigências da área, cabendo ao auditor interno a necessidade de se munir do conhecimento necessário e das competências fundamentais para que, neste âmbito, possam avaliar processos afetados pela inteligência artificial e formularem opiniões adequadas e verdadeiras sobre os mesmos.

Os principais objetivos desta dissertação compreenderam quatro objetivos distintos, sendo o primeiro perceber de que forma a inteligência artificial e a auditoria interna estão relacionadas. Neste contexto pode-se concluir que a inteligência artificial tem uma relação cada vez mais profunda com a auditoria interna, o que se deve, em grande parte, à evolução tecnológica e ao aumento da quantidade dos dados e informação que o auditor interno tem de analisar. Assim, a inteligência artificial surge e tem aplicabilidade nas funções do auditor interno tornando-o mais rápido e eficiente. Como por exemplo através da utilização combinada de tecnologias de *deep learning* e de processamento de linguagem natural de forma a extrair rápida e eficaz informações de documentos. Podendo, assim, o auditor interno despende menos tempo em tarefas com um menor grau de importância e dar mais atenção a tarefas mais relevantes onde o seu espírito crítico seja fundamental e não possa ser substituído por Inteligência Artificial. Como por exemplo em funções como auxílio ao conselho de administração em matéria de inteligência artificial, nomeadamente os as vantagens e os riscos que a implementação da mesma pode implicar para a organização.

O segundo objetivo da presente dissertação correspondeu a determinar as vantagens da aplicação da inteligência artificial na auditoria interna. Sendo que neste âmbito pode-se concluir que a inteligência artificial pode através da utilização de

tecnologias de inteligência artificial como *text mining* ou *data mining*, extrair um conjunto de informações estruturadas ou não estruturadas num curto período de tempo diminuindo assim o tempo do auditor na realização destas tarefas. Também através de tecnologias de aprendizagem automática o auditor interno consegue identificar mais facilmente padrões e tendências nos dados analisados de forma a detetar mais rapidamente anomalias e erros, o que pode levar a uma atuação mais rápida nesses casos. Conclui-se de igual forma que o auditor interno através do uso de vários tipos de tecnologias de inteligência artificial, como por exemplo *deep learning*, processamento de linguagem natural entre outros, pode analisar os dados na sua totalidade ao invés da tradicional abordagem da escolha de uma amostra representativa.

Outro objetivo da presente dissertação foi identificar as limitações existentes na inteligência artificial e os riscos associados ao uso da mesma no contexto da auditoria interna. Das várias limitações abordadas nesta temática, as principais limitações são o risco de o auditor interno ser influenciado em demasia por tecnologias de inteligência artificial, colocando de parte o seu julgamento pessoal em detrimento das informações provenientes da inteligência artificial. Outra limitação refere-se ao facto de os sistemas de inteligência artificial, para além de terem um elevado custo na sua construção, manutenção e atualização, poderem ser manipulados, afetando assim a auditoria interna ao transmitir dados incorretos ou incoerentes afetando o trabalho do auditor interno.

O último objetivo desta dissertação foi analisar o impacto que a aplicação da inteligência artificial tem na auditoria interna e no trabalho do auditor interno. Neste contexto conclui-se que como a inteligência artificial vai provocar mudanças na auditoria interna, à semelhança de outros setores de atividade, cabe ao auditor interno manter-se com um grau adequado de conhecimento e competências para poder desempenhar as suas funções de forma apropriada. Assim sendo o auditor interno deve também obter conhecimentos básicos sobre a inteligência artificial e sobre o que ela consegue produzir no âmbito da auditoria interna, de forma a conseguir dar resposta aos novos riscos que a IA introduz, não perdendo o seu valor perante os *stakeholders*. Este objetivo pretendeu por último, elaborar uma proposta de um guia de boas praticas para a auditoria interna à inteligência artificial, sendo que conclui-se que esta proposta de guia poderá ser utilizado pelos auditores em qualquer organização que tenha projetos de inteligência artificial

tornando-se num instrumento útil para o auditor interno no âmbito da auditoria interna à inteligência artificial.

Esta dissertação pretendeu estudar um tema cada vez mais importante na atualidade da auditoria interna, uma vez que aplicação da inteligência artificial pode modificar o papel do auditor interno e a própria forma de o mesmo auditar. Pretendeu-se também demonstrar que a inteligência artificial, quando aplicada de forma correta, pode traduzir-se em vários benefícios para o auditor interno e também para o auditado. Apesar do anteriormente referido também a inteligência artificial pode acrescentar novos riscos e trazer desvantagens para o auditor interno, que não deve descurar o seu julgamento profissional em detrimento das considerações da inteligência artificial.

Sendo que a partir do estudo dos dois modelos de auditoria à inteligência artificial anteriormente referidos, esta dissertação pretendeu criar uma proposta de um guia de boas práticas para a auditoria interna à inteligência artificial. Podendo este guia de boas práticas utilizado em qualquer organização que tenha projetos de inteligência artificial.

Após a investigação feita nesta revisão sistemática da literatura na área da inteligência artificial no contexto da auditoria interna, pode-se concluir que existe um conjunto de tecnologias de inteligência artificial que se espera que sejam mais investigadas e que se desenvolvam mais devido à sua grande importância, nomeadamente as tecnologias de *process mining* e as tecnologias de *deep learning*. Isto deve-se principalmente ao facto de estas tecnologias, conseguirem um elevado grau de aplicabilidade na área da auditoria, mas também conseguirem produzir resultados excecionais no aumento da eficiência do auditor interno e da própria auditoria. Como por exemplo a utilização de tecnologias de *process mining* permite ao auditor interno perceber e determinar os processos de uma organização, bem como várias informações associadas (data, intervenientes e os controlos existentes), de forma mais rápida e com uma eficácia acrescida. Exemplo disso é também a utilização de tecnologias de *deep learning*, que permitem ao auditor interno processar documentos de forma autónoma, permitindo a sua classificação de forma automática no caso da existência de fraude.

Contributos

Esta dissertação pretendeu divulgar as perspetivas de vários autores no que diz respeito à temática do relacionamento entre a inteligência artificial e a auditoria interna,

de forma a servir de base e auxiliar o começo de outros trabalhos académicos sobre este tema. Uma vez que em português são muito reduzidos o número de trabalhos académicos e a quantidade de informações disponíveis sobre este assunto, que é bastante atual e que representa um grande avanço na área da auditoria. De igual forma a presente dissertação, através da demonstração das vantagens e limitações da inteligência artificial na auditoria interna, bem como com a desmonstração dos modelos de auditoria de inteligência artificial, pretende ser também um contributo na motivação da continuação do uso da inteligência artificial na auditoria interna.

Outro dos contributos desta dissertação foi a elaboração do artigo científico “Estado da Arte da Inteligência Artificial no contexto da Auditoria Interna”, artigo este que assenta sobre a revisão sistemática de literatura feita, foi aceite e apresentado no WICTA 2020 (7th Workshop on ICT for Auditing & Accounting 2020). Sendo que a página inicial deste mesmo artigo encontra-se presente no apêndice 3.

Encontra-se também em fase de elaboração outro artigo científico com o título “Modelos de Auditoria Interna à Inteligência Artificial” para o ICITS'22 (*The 2022 International Conference on Information Technology & Systems*). Sendo que este artigo irá abordar os modelos de auditoria à inteligência artificial bem como a proposta do guia de boas práticas para a auditoria interna à inteligência artificial.

Finalmente, entende-se que o modelo proposto de auditoria interna aos projetos de inteligência artificial é um bom contributo para os profissionais desta área e um ponto de partida para trabalhos futuros que venham a melhorar esta proposta, incluindo outros contributos de outros modelos.

Limitações do estudo

As limitações deste estudo corresponderam à escassez de informação sobre a aplicabilidade do tema em Portugal e de estudos em língua portuguesa, à dificuldade em encontrar informação sobre a inteligência artificial exclusivamente para a auditoria interna, notando-se um menor desenvolvimento quando comparada com estudos de inteligência artificial para outros tipos de auditoria. Como sugestão de futura investigação sobre o tema, sugere-se o estudo da análise do grau de aplicabilidade de tecnologias de inteligência artificial em auditoria interna em Portugal ou na Europa. Adicionalmente, na área de inteligência artificial para auditoria interna, têm surgido, muito recentemente,

novas áreas como a ética nos projetos de inteligência artificial e a Responsabilidade digital das empresas no desenvolvimento de projetos de inteligência artificial, algo em que os departamentos de auditoria interna podem ter um papel importante em preparar as empresas para cumprirem.

Outra das limitações encontradas relativamente à Guia de boas práticas de Auditoria Interna à Inteligência Artificial, corresponde ao facto de terem sido considerados para estudo apenas dois modelos de auditoria à inteligência artificial. Sendo que de igual forma apenas estes dois modelos foram considerados para a elaboração da proposta do guia de boas práticas para a auditoria interna à inteligência artificial.

Trabalho Futuro

Entende-se, após a realização deste trabalho, que ele merece continuidade em especial no que respeita à investigação das tecnologias de Inteligência Artificial relacionadas com Auditoria Interna. Desta forma para trabalho futuro sugere-se a análise e verificação de outros modelos de auditoria à inteligência artificial. Demonstrando de que forma estes podem contribuir para o aprofundamento das componentes identificados nos modelos estudados ou a introduzindo novos componentes que não foram abordados nos modelos estudados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AI HLEG - European Commission. (2019). *Ethics Guidelines for Trustworthy AI*.
- AICPA, & CPA Canada. (2020). *The Data-Driven Audit: How Automation and AI are Changing the Audit and the Role of the Auditor*.
<https://www.aicpa.org/content/dam/aicpa/interestareas/frc/assuranceadvisoryservices/downloadabledocuments/the-data-driven-audit.pdf>
- Alvero, K., & Errington, C. (2019, May 7). *Internal Audit's Changing Role in a Changing Technological Environment | Corporate Compliance Insights*.
<https://www.corporatecomplianceinsights.com/internal-audits-changing-role-in-a-changing-technological-environment/>
- Boskou, G., Kirkos, E., & Spathis, C. (2018). Assessing internal audit with text mining. *Journal of Information and Knowledge Management*, 17(2).
<https://doi.org/10.1142/S021964921850020X>
- Boskou, G., Kirkos, E., & Spathis, C. (2019). Classifying internal audit quality using textual analysis: the case of auditor selection. *Managerial Auditing Journal*, 34(8), 924–950. <https://doi.org/10.1108/MAJ-01-2018-1785>
- Buarque, F. (2019). *Protocol of the Systematic Review of Literature* (p. 3).
- Carataş, M. ., Şpatariu, E. ., & Gheorghiu, G. (2018). Internal Audit Role in Artificial Intelligence. *Ovidius University Annals: Economic Sciences Series*, XVIII(1), 441–445.
- Chartered Institute of Internal Auditors. (2019). *What is internal audit ?* (Issue May).
<https://www.iaa.org.uk/media/1462847/What-is-internal-audit.pdf>
- Commerford, B. P., Dennis, S. A., Joe, J. R., & Wang, J. (2020). Man Versus Machine: Complex Estimates and Auditor Reliance on Artificial Intelligence. *SSRN Electronic Journal*, 42. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3422591>
- Deloitte. (2018). *Internal Audit 3.0 The future of Internal Audit is now*. April, 1–15.
- Feigenbaum, E. A. (1992). Expert Systems: Principles and Practice. *The Encyclopedia of Computer Science and Engineering*.
- Galvanize. (2020). *Future-proofing internal audit*.

- Gotthardt, M., Koivulaakso, D., Paksoy, O., & Saramo, C. (2019). Current State and Challenges in the Implementation of Robotic Process Automation and Artificial Intelligence in Accounting and Auditing. *ACRN Oxford Journal of Finance and Risk Perspectives*, 8, 31–46.
- IIA. (2018). *Definition of Internal Auditing*. IIA Mandatory Guidance.
- Issa, H., Sun, T., & Vasarhelyi, M. A. (2016a). Research ideas for artificial intelligence in auditing: The formalization of audit and workforce supplementation. In *Journal of Emerging Technologies in Accounting*. <https://doi.org/10.2308/jeta-10511>
- Issa, H., Sun, T., & Vasarhelyi, M. A. (2016b). Research ideas for artificial intelligence in auditing: The formalization of audit and workforce supplementation. *Journal of Emerging Technologies in Accounting*, 13(2), 1–20. <https://doi.org/10.2308/jeta-10511>
- Jans, M., Alles, M. G., & Vasarhelyi, M. A. (2014). A field study on the use of process mining of event logs as an analytical procedure in auditing. *Accounting Review*, 89(5), 1751–1773. <https://doi.org/10.2308/accr-50807>
- Jans, M. J., Depaire, B., & Vanhoof, K. (2011). Does Process Mining Add to Internal Auditing? An Experience Report. *Enterprise, Business-Process and Information Systems Modeling - 12th International Conference, January*. https://doi.org/10.1007/978-3-642-21759-3_3
- Jasim Hadi, H., Hameed Shnain, A., Hadishaheed, S., & Haji Ahmad, A. (2015). Big Data and Five V's Characteristics. In *International Journal of Advances in Electronics and Computer Science*.
- KPMG Australia. (2019). *Natural language processing: A more fluent audit*. <https://home.kpmg/au/en/home/insights/2019/03/audit-technology-natural-language-processing.html>
- Krohn, J., Beyleveld, G., & Bassens, A. (2019). *Deep Learning Illustrated* (A.-W. Professional (ed.); 1st ed.).
- LIM, M. (2018). *History of AI Winters*. <https://www.actuaries.digital/2018/09/05/history-of-ai-winters/>
- Manyika, J., Chui, M., Brown, B., Bughin, J., Dobbs, R., Roxburgh, C., & Byers, A. H.

- (2011). Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity. *McKinsey Global Institute*. <https://doi.org/10.1080/01443610903114527>
- McCulloch, W. S., & Pitts, W. (1943). A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *The Bulletin of Mathematical Biophysics*. <https://doi.org/10.1007/BF02478259>
- Metricstream. (2021). *STATE OF INTERNAL AUDIT SURVEY REPORT 2021* (p. 31).
- Negnevitsky, M. (2005). *Artificial Intelligence: A Guide to Intelligent Systems* (Addison-Wesley (ed.); 2nd ed.). Pearson Education.
- O’Leary, D. E. (2013). Artificial intelligence and big data. *IEEE Intelligent Systems*, 28(2), 96–99. <https://doi.org/10.1109/MIS.2013.39>
- Ohene, C. N., & Mukherjee, L. (2020). Preparing for the next generation of auditing; The role of the internal auditor. *UGC Care Journal*, 40(04).
- Omoteso, K. (2012). The application of artificial intelligence in auditing: Looking back to the future. *Expert Systems with Applications*, 39(9), 8490–8495. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.01.098>
- Personal Data Protection Commission - Singapore. (2020). *Model Artificial Intelligence Governance Framework Second Edition*.
- Peterson, S. (2018). *Embrace Change or Become Obsolete*. <https://iaonline.theiia.org/2018/Pages/Embrace-Change-or-Become-Obsolete.aspx>
- Pickett, K. H. S. (2010). *The Internal Audit Handbook* (3rd ed.). John Wiley & Sons Ltd.
- Protiviti. (2018). *The Next Generation of Internal Auditing*.
- Raphael, J. (2017). *Rethinking the audit - Journal of Accountancy*. <https://www.journalofaccountancy.com/issues/2017/apr/rethinking-the-audit.html>
- Russell, S. J., & Norvig, P. (2010). *Artificial Intelligence A Modern Approach*. In *Pearson* (3rd ed.). <https://doi.org/10.1017/S0269888900007724>
- Santos, R. E. S., Correia-neto, J. S., Souza, E. P. R., & Vilar, G. (2014). Técnicas de processamento de linguagem natural aplicadas ao processo de mineração de textos: resultados preliminares de um mapeamento sistemático. *Revista de Sistemas e Computação*, 4, 116–125.

- Schuchmann, S. (2019a). *History of the First AI Winter*.
<https://towardsdatascience.com/history-of-the-first-ai-winter-6f8c2186f80b>
- Schuchmann, S. (2019b). *History of the Second AI Winter*.
<https://towardsdatascience.com/history-of-the-second-ai-winter-406f18789d45>
- Stern, M., & Reinstein, A. (2020). *Hot Topics in Internal Audit Automation*.
- Struthers-Kennedy, A., & Nesgood, K. (2020). *Artificial Intelligence and Internal Audit: A Pragmatic Perspective - The Protiviti View*.
<https://blog.protiviti.com/2020/01/02/artificial-intelligence-and-internal-audit-a-pragmatic-perspective/>
- Sun, T., & Vasarhelyi, M. A. (2018). Embracing textual data analytics in auditing with deep learning. *International Journal of Digital Accounting Research*, 18(December 2017), 49–67. https://doi.org/10.4192/1577-8517-v18_3
- The Institute of Internal Auditors. (2017a). *Global Perspectives and Insights: Artificial Intelligence – Considerations for the Profession of Internal Auditing* (pp. 1–8). www.theiia.org/gpi.
- The Institute of Internal Auditors. (2017b). *The IIA’s artificial intelligence auditing framework: Practical applications Part A*. www.theiia.org/gpi.
- The Institute of Internal Auditors. (2017c). *The IIA’s artificial intelligence auditing framework: Practical applications Part B*.
- The Institute of Internal Auditors. (2019a). *ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) AND INTERNAL AUDIT Artificial*.
- The Institute of Internal Auditors. (2019b). Bias in the Machine. *Internal Auditor*, LXXVI: III(June).
- Tolun, M. R., Sahin, S., & Oztoprak, K. (2016). Expert Systems. In *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology* (pp. 1–12). John Wiley & Sons, Inc.
<https://doi.org/10.1002/0471238961.0524160518011305.a01.pub2>
- Turing, A. M. (1950). Computing Intelligence and Machinery. *Psychology and Its Allied Disciplines*. <https://doi.org/10.4324/9781315781808-5>
- Van der Aalst, W. M. P. (2011). *Process Mining: Discovery, Conformance and*

- Enhancement of Business Processes.* Springer Berlin Heidelberg.
<https://doi.org/10.1007/978-3-642-19345-3>
- Van Der Aalst, W. M. P., Van Hee, K. M., Van Der Werf, J. M., & Verdonk, M. (2010). Auditing 2.0: Using process mining to support tomorrow's auditor. *Computer*, 43(3), 90–93. <https://doi.org/10.1109/MC.2010.61>
- Vasarhelyi, M. A., & O'Leary, D. (2000). Artificial intelligence in accounting and auditing – Creating Value with AI. *Rutgers Series in Accounting Information Systems*, 5(October 2015), 0–17.
- Wodecki, A. (2019). *Artificial Intelligence in Value Creation*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-91596-8>
- Wustrow, D., Kelly, J., & Frazzitta, B. (2009). REINSURANCE AUDITING FOR THE 21ST CENTURY. *AIRROC Matters*, 24–25.
- Zhang, C. (2019). Intelligent process automation in audit. *Journal of Emerging Technologies in Accounting*, 16(2), 69–88. <https://doi.org/10.2308/jeta-52653>

APÊNDICES

**APÊNDICE 1 - Guia de Boas Práticas para Auditoria Interna à
Inteligência Artificial**

*Inteligência Artificial em Auditoria Interna:
proposta de modelo de auditoria interna a projetos de inteligência artificial*

Guia de Boas Práticas Para a Auditoria Interna à Inteligência Artificial					
1. Estratégia Inteligência Artificial					
Nº	Pergunta	Conforme	Não Conforme	Não Aplicável	Fonte
1.1	A organização tem uma estratégia definida de IA?				IIA
1.2	Esta estratégia encontra-se devidamente documentada?				IIA
1.3	O auditor interno está envolvido ativamente nos projetos de IA?				IIA
1.4	Há recursos suficientes para implementar a estratégia de IA?				IIA
1.5	A estratégia de IA considera adequadamente as ameaças e oportunidades de IA?				IIA
1.6	Todos os departamentos da organização estão coordenados na elaboração da estratégia de IA?				IIA
2. Governança de Inteligência Artificial					
2.1	As estruturas de governança de inteligência artificial foram estabelecidas e documentadas?				IIA
2.2	As estruturas de governança de inteligência artificial foram colocadas em prática?				IIA
2.3	Os modelos de negócio e a estrutura organizacional refletem a estratégia de IA implementada?				IIA
2.4	As políticas e procedimentos da organização estabelecem e identificam claramente as funções e responsabilidades relativas à estratégia de IA e à governança de IA?				IIA
2.5	As funções relativas à IA estão devidamente descritas, contendo elementos como por exemplo as qualificações exigidas relativamente aos profissionais associados aos projetos de IA?				IIA
2.6	Os indivíduos com responsabilidades ao nível da IA têm as qualificações necessárias?				IIA

*Inteligência Artificial em Auditoria Interna:
proposta de modelo de auditoria interna a projetos de inteligência artificial*

2.7	As políticas e procedimentos de IA foram estabelecidos e documentados?				IIA
2.7.1	As políticas e procedimentos de IA definidos anteriormente estão a funcionar?				IIA
2.7.2	Os funcionários responsáveis pela IA têm conhecimento das políticas e procedimentos de IA?				IIA
2.8	Existe a criação de uma cultura de inovação na auditoria interna?				Protiviti
2.9	A auditoria interna uniformiza um conjunto de fatores como a classificação da informação, escalas de classificação e idiomas?				Protiviti
2.9.1	Todos os departamentos presentes no modelo das três linhas de defesa seguem esses mesmos elementos?				Protiviti
2.10	As inovações tecnológicas são implementadas de forma a fornecer um maior entendimento dos riscos e uma maior capacidade de detecção dos mesmos?				Protiviti
2.11	A auditoria interna tem acesso a recursos e competências/capacidades conforme exista a necessidade?				Protiviti
2.12	A avaliação de riscos é reestruturada de forma a dar resposta aos riscos assim que existam mudanças nos mesmos ou o surgimento de novos riscos?				Protiviti
3. Fator Humano					
3.1	Os funcionários da organização recebem formação sobre a área da inteligência artificial e o que ela produz?				IIA
3.2	A auditoria interna tem consciência das consequências que as tecnologias de inteligência artificial têm no seu trabalho?				Protiviti

*Inteligência Artificial em Auditoria Interna:
proposta de modelo de auditoria interna a projetos de inteligência artificial*

3.3	A organização estabelece medidas a serem tomadas de forma a mitigar a parcialidade e erros do ser humano nos sistemas de IA?				IIA
3.4	Os softwares da organização são atualizados quando são detetados erros ou quando são lançadas atualizações?				IIA
3.5	O auditor interno utiliza os dados internos da organização de modo a desempenhar as suas funções com maior eficácia?				Protiviti
3.6	Os dados internos da organização não são consultados por terceiros e são utilizados de forma adequada?				Protiviti
4. Arquitetura e Infraestrutura de Dados					
4.1	A organização tem planos definidos de recuperação para casos de falhas de IA?				IIA
4.2	A infraestrutura de dados da organização tem capacidade de acomodar o dimensão e complexidade da atividade de IA?				IIA
4.3	A infraestrutura é capaz de lidar com dados da IA?				IIA
4.4	A organização definiu uma taxonomia de dados?				IIA
4.4.1	Esta taxonomia é robusta o suficiente para suportar complexidade das atividades de IA?				IIA
5. Ciber-resiliência					
5.1	Existem na organização equipas/departamentos com as competências necessárias na área da cibersegurança?				IIA
5.2	Os departamentos/equipas com responsabilidades ao nível da cibersegurança auxiliam e fornecem conselhos de prevenção de ciberataques e de melhoria das defesas dos sistemas informáticos aos órgãos de gestão e à administração?				IIA

6. Qualidade dos Dados					
6.1	Os dados e os algoritmos de IA utilizados têm um grau de confiabilidade aceitável?				IIA
6.2	A organização estabeleceu políticas e procedimentos para mensurar e monitorizar continuamente os dados?				IIA
6.3	Os dados utilizados estão completos?				IIA
6.4	A organização definiu procedimentos para limitar a parcialidade do ser humano aquando a introdução de dados?				IIA
6.5	A integridade dos dados é mensurada e monitorizada?				IIA
6.6	Os auditores internos implementam novas metodologias e utilizam tecnologias de IA na captura e análise de dados?				Protiviti
7. Ética					
7.1	Os resultados das atividades de IA da organização contêm parcialidades?				IIA
7.2	A organização está em conformidade com a legislação e regulamentação em vigor ao nível tecnológico (ex: RGPD)?				IIA
7.3	Os projetos de IA são criados tendo em conta a ética e os valores da organização?				IIA
7.4	O auditor interno, tem especial atenção à regulamentação que surge ou que possa vir a surgir no campo da ética dos projetos de IA?				IIA

**APÊNDICE 2 - Guia de Boas Práticas para Auditoria Interna à
Inteligência Artificial (download em Excel)**

QRCode para consulta e download da *checklist* em Excel



Link para consulta e download da *checklist* em Excel

<https://qrgo.page.link/hhoZC>

APÊNDICE 3 – Artigo CISTI 2020
**Estado da Arte da Inteligência Artificial no contexto da Auditoria
Interna**

Artigo:

- em conferência com *double blind review*
 - aceite como *full paper*
 - incluído na Biblioteca Digital IEEE Xplore
 - indexado na ISI, Scopus, EI-Compendex, INSPEC e Google Scholar
-

Estado da Arte da Inteligência Artificial no contexto da Auditoria Interna

State of the Art of Artificial Intelligence in Internal Audit context

Bruno Couceiro

Coimbra Business School | ISCAC,
Polytechnic of Coimbra,
Coimbra, Portugal
iscac14867@alumni.iscac.pt

Isabel Pedrosa

Coimbra Business School | ISCAC,
Polytechnic of Coimbra,
Instituto Universitário de Lisboa
(ISCTE-IUL) ISTAR-IUL, Portugal
ipedrosa@iscac.pt

André Marini

Coimbra Business School | ISCAC,
Polytechnic of Coimbra, Portugal
amarini@iscac.pt

Resumo — A Inteligência Artificial (IA) assume um destaque cada vez maior não apenas pelo que consegue produzir, mas também pelas vantagens que fornece aos diversos setores de atividade. A auditoria interna poderá beneficiar do uso da IA nas suas tarefas, através da automatização de processos de auditoria, que se tornam mais rápidos e eficientes, permitindo um aumento do grau de complexidade das tarefas que o auditor interno pode assumir. O auditor necessitará de melhorar as suas competências em áreas como a determinação dos processos de negócio e dos riscos e controlos associados, e deteção antecipada de fraude e acompanhamento, em tempo real, de anomalias. Este artigo apresenta um conjunto de tecnologias de IA e benefícios que tais tecnologias acrescentam à auditoria interna. Dois modelos de auditoria interna aplicados à IA são destacados para demonstrar de que forma auditores internos e auditoria interna devem adaptar-se ao novo paradigma tecnológico da inteligência artificial, não perdendo o propósito e criando valor para as organizações.

Palavras Chave – *Inteligência Artificial, Auditoria Interna, Big Data, Aprendizagem Automática, Text Mining, Process mining.*

Abstract — Artificial intelligence (AI) is a technological field that stands out for what can do and for the advantages that can provide to various sectors of activity. An internal audit could benefit from the introduction of AI in its tasks, namely through the automation of audit processes that make it faster and more efficient allowing an increase in the degree of complexity of the tasks that internal auditors may perform. This will enhance the skills of internal auditors in fields like the determination of business processes and associated risks and controls in anticipated detection of fraud and the following up of anomalies in real-time. This article features a set of technologies of AI and the set of benefits it adds to the internal audit. Two models of internal audit applied to artificial intelligence demonstrate how internal audit and internal auditors must adapt to the new reality of AI, by not losing their purpose and by bringing benefits to organizations.

Keywords – *Artificial Intelligence, Internal Audit, Big Data, Machine Learning, Text Mining, Process Mining,*

INTRODUÇÃO

A Inteligência Artificial (IA) é omnipresente: está em aspetos da vida privada (por exemplo, através dos diversos usos e *apps* dos *smartphones*) até a aspetos da vida profissional e da realidade empresarial (por exemplo a automatização de tarefas ou a obtenção de um melhor conhecimento sobre os mercados onde se inserem e sobre os seus clientes prevendo as suas necessidades e ações através de tecnologias de aprendizagem automática). A aplicação e utilização da IA possibilitam que indivíduos e organizações atinjam um maior grau de produtividade e eficiência através de, por exemplo, automatização de tarefas. As organizações de vários setores profissionais têm, nos últimos anos, despertado para as potencialidades e vantagens da inteligência artificial, procurando a sua implementação nas suas atividades, perseguindo o objetivo de se tornarem mais competitivas num mercado global em constante mudança, com necessidade de adaptação constante às inovações tecnológicas de forma a que as organizações adquiram ou mantenham vantagens competitivas em relação à concorrência.

Neste artigo pretende-se: 1) demonstrar como a inteligência artificial, através dos vários tipos de tecnologias que a compõem, se relaciona com a auditoria interna, apresentando os benefícios e desvantagens que acarreta não só para a auditoria interna, mas também para o auditor interno e as tarefas que o mesmo executa; 2) demonstrar que a auditoria interna e o auditor interno necessitam de se adaptar à nova realidade tecnológica, no contexto da inteligência artificial, de modo a que possam executar as suas funções de forma apropriada e eficiente, avaliem e emitam julgamentos adequados sobre processos de auditoria sujeitos à intervenção da IA.

Pretende-se dar resposta aos objetivos acima mencionados através de uma revisão sistemática da literatura, de modo a poder observar o que vários autores de referência nesta área e em áreas similares referem. Esta revisão de literatura recorre, na sua essência, a vários tipos de fontes relacionadas com IA e auditoria interna.

ANEXOS

ANEXO 1 - Protocolo de revisão sistemática da literatura

Protocol of the Systematic Review of Literature

Protocol of the Systematic Review of Literature

**Supervisor Fernando Buarque, DIC PhD
Compliance Team**

History of Revisions

Date	Reason	Versão
24/03/2019	Document creation	0.1
05/04/2019	Settings for protocol segments	0.2

1. Introduction

This document proposes a systematic review of the literature in the field of computational intelligence applied to the Compliance area.

2. Objectives of the Review

Identify the state of the art in computational intelligence applied to Compliance.

3. General Question

How can computational intelligence be applied in Compliance programs?

4. Specific Questions

- (1) What are the current challenges in Compliance programs?**
- (2) Are there experiences of inclusion of Artificial Intelligence techniques with Compliance?**
- (3) Which of the private and public sectors most uses AI solutions in Compliance?**
- (4) What business areas have been used of AI techniques to improve Compliance programs?**
- (5) What types of Compliance problems can be solved through the use of AI techniques?**
- (6) What are the main difficulties in implementing AI solutions with Compliance?**
- (7) Which computer intelligence techniques were used with Compliance?**
- (8) What artificial intelligence methods apply to Compliance?**
- (9) What are the architectures of Artificial Intelligence solutions in Compliance?**

5. Review Strategies

Selection of primary studies was defined according to the sources of previous studies, keywords, search period, and based on defined inclusion and exclusion criteria.

6. Criteria for Selecting Revision Sources

The criteria for selecting sources were based on the protocol defined here, using six bases, which were selected due to their scope and to have relevant works in the research area covered in this review. The chosen databases were: IEEEExplore, ACM Digital Library, SCOPUS, Science Direct, SpringerLink IBM Research and ARXiv.

6.1. List of Selected Sources of Review

IEEE Xplore	www.ieeexplore.ieee.org
ACM Digital Library	www.dl.acm.org
SCOPUS	www.scopus.com
Science Direct	www.sciencedirect.com
SpringerLink	www.springerlink.com
IBM Research	www.research.ibm.com/artificial-intelligence/publications/
ArXiv	https://arxiv.org/

7. Review Research Methods

The systematic review will be conducted with the automatic search in the research bases making use of:

- (1) Keywords.
- (2) Period.

7.1. Keywords

[(Compliance OR "Internal Control" OR Accountability OR Auditing OR "Risk Management" OR Actuarial)] AND [{"Artificial Intelligence" OR "Deep Learning" OR "Machine Learning" OR "Computational Intelligence" OR "Neural Network" OR "Swarm Intelligence" OR "Naive Bayes" OR "Bayesian Network" OR "Data Mining"}] [AND NOT [(Health OR Medicine OR Robot)] IN (Metadata) OR (Title) OR (Abstract)

7.2. Period

2013 - 2018

8. Review Procedures

Inclusion Criteria (IC):

- (1) Works that include computational methods and Compliance.
- (2) Works that include computational intelligence methods.
- (3) Model conceptual applications of a Compliance program.

Exclusion Criteria (EC):

- (1) Works that are not in the English language.
- (2) Poster, tutorial, editorial.
- (3) Research in areas not related to management.
- (4) Researches with methodological deficiencies.
- (5) Works that are not fully available.
- (6) Duplicate work.
- (7) Unfinished works.
- (8) Works that do not include some computational technique.
- (9) Works that do not have quotations.

9. Review Selection Processes

Preliminary Process (PP):

- (1) Application of the inclusion and exclusion criteria.

(2) Evaluation according to titles and abstracts, in order to select studies that have information relevant to the review.

Final Process (FP):

(1) Critical evaluation of the works read based on the questions elaborated in the checklist punctuating with the following rule:

YES(Y) = 1; NO(N) = 0; e PARTIALLY (P) = 0,5.

9.1. Checklist		
ID	QUALITY CRITERIA	ANSWER
PQ01	Is there a description of the application domain in which the search was performed?	Y/N/P
PQ02	Is the computer intelligence technique used in detail?	Y/N/P
PQ03	Is there a description of the sources of information used?	Y/N/P
PQ04	Are the results reported clearly?	Y/N/P
PQ05	Do the results add value to the research area?	Y/N/P
PQ06	Is there a description of the architecture of the solution?	Y/N/P
PQ07	Presents the main features of a Compliance program?	Y/N/P
PQ08	Does it expose the main problems in implementing a Compliance program?	Y/N/P
PQ09	Is there application in the business area?	Y/N/P
PQ10	Results in a practical application?	Y/N/P
PQ11	Do AI methods apply to Compliance?	Y/N/P
PQ12	Highlights the types of Compliance issues that can be solved through the use of computer intelligence techniques?	Y/N/P
PQ13	Is there indication of application in the public or private sector?	Y/N/P

10. Strategy for extracting and summarizing results

(1). The strategy for extracting information was that, for each selected research, the following data should be extracted:

- (1.01) Article title.**
- (1.02) Name of authors.**
- (1.03) Year.**
- (1.04) Institution.**
- (1.05) Research base.**
- (1.06) Type of model.**
- (1.07) Scope of application.**
- (1.08) Considered dimensions.**
- (1.09) Model requirements.**
- (1.10) Results presented.**
- (1.11) Advantages of the model.**
- (1.12) Disadvantages of the model.**

(2) A descriptive summary of the surveys will be included at the end to obtain similarities and differences between the studies in order to identify gaps in the research.