

Técnicas Inteligentes na Classificação do Transtorno do Espectro Autista: Uma Revisão Sistemática

Smart Techniques in Classification of Autistic Spectrum Disorder: A Systematic Review

Matheus Henrique Medeiros de França^{1*}, Jonas Henrique Batista Oliveira¹, Gabriel Caldas Barros e Sá¹, Náthalee Cavalcanti de Almeida Lima¹, Samara Martins Nascimento¹

RESUMO

O Transtorno do Espectro do Autismo é um transtorno mental caracterizado por dificuldades na socialização, comportamentos repetitivos, dificuldades na fala e comunicação não verbal. Entender as necessidades dos pacientes é uma das tarefas mais desafiadoras para os cuidadores. Porém, por meio do diagnóstico precoce, o tratamento pode ser iniciado mais cedo, garantindo resultados mais eficazes quando comparado aos pacientes diagnosticados de forma tardia. O presente estudo trata-se de uma revisão sistemática da literatura baseada no protocolo de Kitchenham e Charters (2007), cujo principal objetivo é analisar e qualificar trabalhos que utilizem técnicas de inteligência artificial na classificação do Transtorno do Espectro do Autismo. Foram analisados 167 trabalhos, de cinco diferentes bases de dados. Desses trabalhos, foram extraídas e sintetizadas informações que responderam 6 questões de pesquisa definidas neste estudo, as quais abrangeram conceitos acerca das técnicas inteligentes abordadas.

Palavras-chave: Aprendizado de Máquina; Diagnóstico; Inteligência Artificial; Revisão Sistemática; Transtorno do Espectro Autista.

ABSTRACT

Autism Spectrum Disorder is a mental disorder characterized by socialization difficulties, repetitive behaviors, failure difficulties and nonverbal communication. Understanding the needs of two patients is one of the most challenging tasks for caregivers. Therefore, through early diagnosis, that is, treatment can be started more quickly, ensuring more effective results when compared to patients with late diagnosis. This study is a systematic literature review, whose main objective is to analyze and qualify the works that use artificial intelligence techniques in the classification of Autism Spectrum Disorder. 167 jobs from five different databases were analyzed. After the work, information is extracted and synthesized that will answer 6 research questions defined in this study, as well as information on the intelligent techniques addressed.

Keywords: Artificial intelligence; Autism Spectrum Disorder; Diagnosis; Machine Learning; Systematic Review.

Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA.

*E-mail: nathalee.almeida@ufersa.edu.br

INTRODUÇÃO

O autismo, cientificamente conhecido como Transtorno do Espectro Autista (TEA), afeta o sistema nervoso, perturbando as habilidades de interação, comunicação e aprendizagem de uma pessoa [KLIN, 2016]. Os pacientes passam por inúmeros desafios, como dificuldades de aprendizagem, de concentração, problemas de saúde mental, dificuldades motoras e problemas sensoriais, afetando diretamente sua qualidade de vida [SILVA; MULICK, 2009]. O reconhecimento precoce do autismo pode reduzir os sintomas, porém ainda não foi encontrado um biomarcador central do TEA, e ainda faltam tratamentos eficazes para os principais sintomas desse transtorno [E. Loth et al., 2016].

Diante dos desafios enfrentados para obtenção de um diagnóstico preciso do TEA e de seu amplo espectro de pesquisa, este trabalho está sendo proposto, cujo principal objetivo é apresentar um panorama acerca das pesquisas que utilizam técnicas inteligentes com a finalidade de diagnosticar pessoas autistas. A proposta desta pesquisa ocorre na forma de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) que, de acordo com Kitchenham e Charters (2007), é uma forma de identificar estudos relevantes para uma questão de pesquisa, avaliá-los e interpretar os seus resultados, permitindo sumarizar informações essenciais ao tópico de pesquisa e identificar pontos que necessitem de estudos futuros. As principais contribuições da RSL proposta na detecção do autismo são as seguintes: Inspeccionar as tendências de publicações de técnicas inteligentes no diagnóstico do TEA; Apresentar os desafios e direções futuras relacionadas a esta pesquisa; Analisar e discutir os fatores de avaliação técnica dos dados obtidos nessa revisão.

Este artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 discute a metodologia utilizada para conduzir essa RSL, sendo dividida em subseções correspondentes a uma ou mais etapas da pesquisa. Já a Seção 3 discute e descreve os resultados obtidos nesta revisão, enquanto a Seção 4 dispõe das conclusões sobre o desenvolvimento desta RSL.

METODOLOGIA

O presente estudo tem como objetivo realizar uma revisão sistemática da literatura, baseado no protocolo de Kitchenham e Charters (2007). Nesta RSL, o

protocolo utilizado tem como foco obter de forma objetiva e relevante as tendências de publicações de forma sistemática respondendo 6 questões de pesquisa sobre o uso de técnicas de Aprendizado de Máquina no diagnóstico do autismo, a fim de identificar os principais métodos utilizados e seus respectivos desempenhos.

O protocolo consistiu em (i) definir a necessidade de uma RSL em relação ao diagnóstico do autismo usando técnicas de IA, com a finalidade de compreender como estão sendo desenvolvidas as pesquisas com relação ao diagnóstico do autismo e buscar definir direcionamentos futuros; (ii) formular Questões de Pesquisa (QP), que são perguntas das quais o presente trabalho propõe-se a responder; (iii) definir as *strings* de busca, que foram utilizadas para investigação dos trabalhos de pesquisa que estão relacionados ao tema desta RSL em bases de dados. Ademais, ainda nesta etapa, foram definidos três diferentes tipos de critérios, que são: critérios de inclusão (CI), critérios de exclusão (CE) e critérios de qualidade (CQ), os quais seriam posteriormente usados para o processo de validação dos trabalhos (i.e. aqueles que estavam aptos para responder as QP levantadas); (iv) aplicar os CIs e CEs, buscando filtrar os trabalhos anteriormente selecionados. Após essa etapa, apenas artigos adequados a responder às QP restaram; (v) aplicar os CQs com a finalidade de julgar e avaliar os trabalhos; (vi) definir os dados a serem extraídos; (vii) realizar a extração dos dados e (viii) realizar a síntese e análise dos dados extraídos.

QUESTÕES DE PESQUISA

De acordo com a metodologia proposta por Kitchenham e Charters (2007), a RSL é um meio de identificar, avaliar e interpretar todas as pesquisas disponíveis relevantes para uma questão de pesquisa específica, ou área de tópico, ou fenômeno de interesse. Desse modo, para este trabalho, foram definidas seis questões de pesquisa que visam embasar a avaliação e interpretação dos estudos, sendo elas: QP01: Qual é a frequência dos estudos ao longo do tempo?; QP02: Quais são as principais limitações encontradas pelos os autores?; QP03: Quais são os principais bancos de dados (repositório de dados) utilizados?; QP04: Quais são as principais métricas utilizadas?; QP05: Qual técnica obteve a melhor taxa de desempenho?; e QP06: Quais abordagens tecnológicas e inteligentes têm sido utilizadas?.

BASE DE DADOS E STRINGS DE BUSCA

Buscando selecionar artigos voltados ao diagnóstico do autismo, foram consideradas cinco bases de dados renomadas na área da computação, tecnologia e saúde, das quais seriam extraídos os estudos a serem analisados posteriormente. As bases de dados utilizadas foram: IEEE Xplore, SCOPUS, ACM Digital Library, Science Direct, Web of Science.

Para definir as *strings* de busca, foram considerados termos relacionados ao tema estudado. Além disso, foi necessário o uso de operadores booleanos, como “AND” e “OR” para junção dos termos definidos, a fim de contemplar um maior número de estudos relevantes. As principais *strings* formuladas estão apresentadas na Tabela 1. Porém, foram utilizadas algumas *strings* secundárias com o objetivo de encontrar trabalhos feitos no Brasil e em português, entretanto poucos trabalhos foram retornados ao utilizar *strings* de busca em português.

Tabela 1 - Strings de Busca Utilizadas

STRING I	<i>“Autismo AND (Aprendizado Profundo OR Inteligência Artificial OR Aprendizado de Máquina)”</i>
STRING II	<i>“Autism AND (Machine Learning OR Artificial Intelligence OR Deep Learning) AND (Prediction OR Diagnosis)”</i>
STRING III	<i>“[All: autism] AND [[All: "machine learning"] OR [All: "artificial intelligence"] OR [All: "deep learning"]] AND [[All: prediction] OR [All: diagnosis] AND [[All: prediction] OR [All: diagnosis]]”</i>

Fonte: Autoria Própria

Em seguida, foram extraídos dados básicos dos trabalhos retornados, tais como: Título, Data de publicação e a Base de dados na qual se encontra com a finalidade de melhor organização e identificação nas etapas posteriores.

CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

O processo de triagem dos artigos obtidos a partir das *strings* de busca foi feito por meio de Critérios de Inclusão (CIs) e Critérios de Exclusão (CEs). De acordo com Kitchenham e Charters (2007), a aplicação desses critérios tem como finalidade reduzir

o viés e, principalmente, identificar indícios de ligação direta entre as questões de pesquisa e os trabalhos revisados. Os CIs utilizados nesta RSL são: Artigos publicados entre 2015 e 2020; Artigos em inglês; Artigos sobre TEA e IA; e Artigos de revistas ou conferências. Já os CEs utilizados são elencados por: Artigos não relacionados ao diagnóstico do autismo e não relacionados a IA; Artigos incompletos; Artigos duplicados; Artigos não disponibilizados em revistas ou conferências; e Artigos não disponíveis gratuitamente.

CRITÉRIOS DE QUALIDADE

Para esta pesquisa, foram definidos diferentes Critérios de Qualidade (CQs), que têm por finalidade classificar se os trabalhos admitidos se adequam a essa RSL. Na Tabela 2, estão apresentados os CQs.

Tabela 2 - Critérios de Qualidade

CQ01	Os objetivos ou motivações do trabalho são apresentados de forma clara?
CQ02	Está claro qual(is) técnica(s) de Inteligência Artificial foi(ram) utilizada(s) no estudo?
CQ03	Os parâmetros utilizados foram bem definidos ?
CQ04	Os métodos e ferramentas utilizados foram bem definidos ?
CQ05	A proposta foi validada em um cenário real ?
CQ06	Há discussão dos resultados do estudo?
CQ07	As limitações do estudo são explicitamente expostas ou discutidas ?
CQ08	Os resultados do diagnóstico foram apresentados de forma clara?
CQ09	O artigo disponibiliza sugestões para trabalhos futuros?

Fonte: Autoria Própria

Os CQs foram formulados como perguntas e, para cada um deles, foi definida uma nota entre 0 e 1. Nesse caso, se o trabalho analisado não atender ao critério lhe é concebido a nota 0, caso o critério seja totalmente atendido, a nota 1 é considerada e, finalmente, caso atende parcialmente ao critério, será atribuída uma pontuação de 0,5 no critério no qual está sendo atendido.

EXTRAÇÃO DOS DADOS

A extração dos dados confere uma das principais etapas no processo da construção de uma RSL, tendo em vista que esses dados serão utilizados para responder às questões de pesquisa definidas anteriormente. Todos os dados, mostrados na Tabela 3, foram extraídos e tabulados de forma individual paralelamente por dois autores e comparados ao final da extração. Assim como em todas as etapas anteriores a essa, quaisquer diferenças encontradas foram discutidas e corrigidas ao longo da revisão.

Tabela 3 - Dados Extraídos

Título	Nível de precisão (acurácia)
Data da publicação (mês)	Local da pesquisa (país ou estado)
Autores	Ferramentas/plataformas construídas para apresentação dos resultados
Técnicas de Machine Learning usadas	Objetivos ou foco do diagnóstico
Atributos utilizados no diagnóstico	Repositório de dados
Tamanho de amostra	Conferência ou revista de publicação
Desafios e limitações reportados pelos autores quanto à aplicação da(s) técnica(s)	Trabalhos futuros propostos

Fonte: Autoria Própria

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção apresenta os resultados de cada etapa da RSL de acordo com o protocolo de Kitchenham e Charters (2007), desde a busca de artigos até a aplicação de critérios de inclusão, exclusão e qualidade para a extração e discussão dos resultados.

BUSCA E TRIAGEM DOS TRABALHOS

A fim de buscar obras relacionadas ao tema proposto, foram construídas três *strings* de busca, as quais foram utilizadas em 5 bases de dados diferentes, conforme mostrado na seção 2.2. A Tabela 4 mostra a quantidade de artigos obtidos em cada base de dados, considerando cada *string* de busca.

Tabela 4 - Quantidade de Trabalhos por Base de Dados

String	Base de dados				
	IEEE Xplore	Science/ Direct	Scopus	Web Of Science	ACM Digital Library
I	0	64	0	0	55
II	110	1495	130	302	-
III	-	-	-	-	622

Fonte: Autoria Própria

No momento de aplicação das *strings* de busca, foram retornados um total de 2778 trabalhos nas cinco bases de dados. Por meio da aplicação dos CIs e CEs, foram excluídos 2611 trabalhos, restando 167 a serem revisados nesta RSL. A *String* III foi utilizada apenas na ACM Digital Library por utilizar um tipo diferente de buscador. Os resultados, em porcentagem, da quantidade de trabalhos incluídos e excluídos são de 94% e 6% respectivamente.

AVALIAÇÃO DE QUALIDADE

Seguindo o protocolo de Kitchenham e Charters (2007), todos os 167 trabalhos foram classificados qualitativamente analisando cada trabalho com base nos 9 CQs definidos com base na seção 2.4, com a pontuação máxima em cada trabalho de 9.

Tabela 5 - Avaliação de qualidade dos 5 artigos mais bem avaliados

ID	Autor(es)	Título	Nota
1	Li et al.	Classifying ASD children with LSTM based on raw vídeos	9
2	Feczko, E et al.	Subtyping cognitive profiles in Autism Spectrum Disorder using a Functional Random Forest algorithm	9

3	Zhang et al.	Whole brain white matter connectivity analysis using machine learning: An application to autismo	9
4	Shahamiri e Thabtah	Autism AI: a New Autism Screening System Based on Artificial Intelligence	9
5	Dekhil et al.	A Personalized Autism Diagnosis CAD System Using a Fusion of Structural MRI and Resting-State Functional MRI Data	9

Fonte: Autoria Própria

A Tabela 5 mostra de forma simplificada a nota final que 5 trabalhos alcançaram, após a análise de cada CQ. No geral, a qualidade média dos trabalhos analisados no presente estudo, de acordo com os critérios utilizados neste estudo, foi de 7 pontos, sendo 9 a nota máxima. A Tabela completa, contendo todas as notas finais de classificação de qualidade e pesquisas, pode ser encontrada no infográfico online² fornecido neste estudo.

INFORMAÇÕES BÁSICAS EXTRAÍDAS

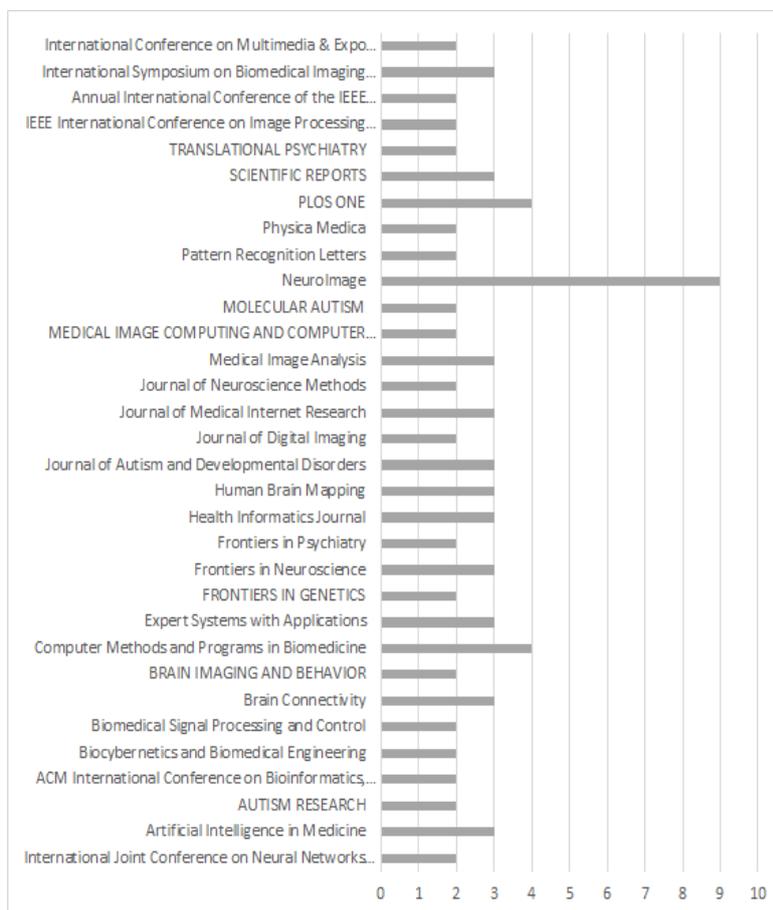
Com base nos artigos revisados, foi feito um levantamento dos locais de publicações (incluindo o nome do congresso e do periódico), conforme mostrado na Figura 1. A maioria dos artigos selecionados foram publicados na revista NeuroImage, com 9 publicações, seguida por Computer Methods and Programs in Biomedicine & PLOS ONE, com 4 cada uma no total. Já os demais locais de publicação encontrados apresentaram publicações de 2 ou 3 trabalhos. Vale destacar que foram excluídos da tabela os locais mencionados apenas uma vez. A Figura 1 apresenta de maneira visual e simplificada a quantidade de publicações para revista ou conferência.

Entre 2015 e 2020 os Estados Unidos apresentou-se como o principal país com maior quantidade de trabalhos produzidos, com 56 trabalhos no total. Em seguida, a China aparece com um total de 27 trabalhos produzidos, mostrando uma superioridade em relação aos demais países. Já o Irã apresenta-se como o terceiro país com mais

²A tabela completa pode ser encontrada através do link: <https://infogram.com/cilab-1h7z2l8lml8kx6o?live>

publicações, totalizando 10 trabalhos. O Brasil, por sua vez, possui apenas um trabalho produzido entre 2015 e 2020 em relação ao assunto abordado nesta RSL.

Figura 1 - Principais Locais de Publicação



Fonte: Autoria Própria

RESPOSTAS ÀS QUESTÕES DE PESQUISA

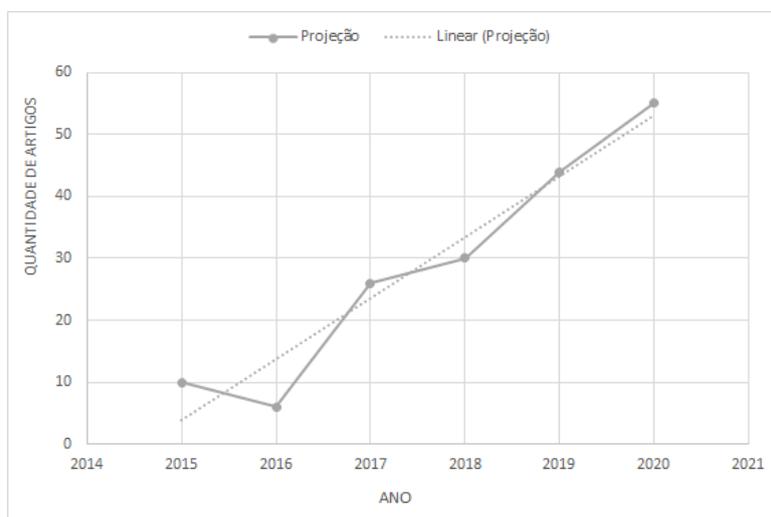
Esta seção propõe-se a responder às questões de pesquisas definidas na seção 2.1, onde cada subseção refere-se a uma questão de pesquisa distinta.

QP01: QUAL A FREQUÊNCIA DOS ESTUDOS AO LONGO DO TEMPO?

De acordo com a Figura 2, as pesquisas referentes ao Transtorno do Espectro Autista (TEA) têm crescido consideravelmente ao longo dos últimos cinco anos - entre 2015 e 2020 - totalizando o percentual de 550% no índice de aumento de trabalhos publicados. Isso pode se dar devido a popularização de técnicas de *Machine Learning* (Aprendizado de Máquina) que possibilitam a criação de softwares que auxiliam na obtenção de diagnósticos e na elaboração de estratégias que permitam a prevenção do

TEA. Ademais, destaca-se o uso da Inteligência Computacional no processo de análise para diversas doenças e síndromes, especialmente as neurológicas.

Figura 2 - Comparação Visual da Quantidade de Artigos ao Longo de 5 Anos



Fonte: Autoria Própria

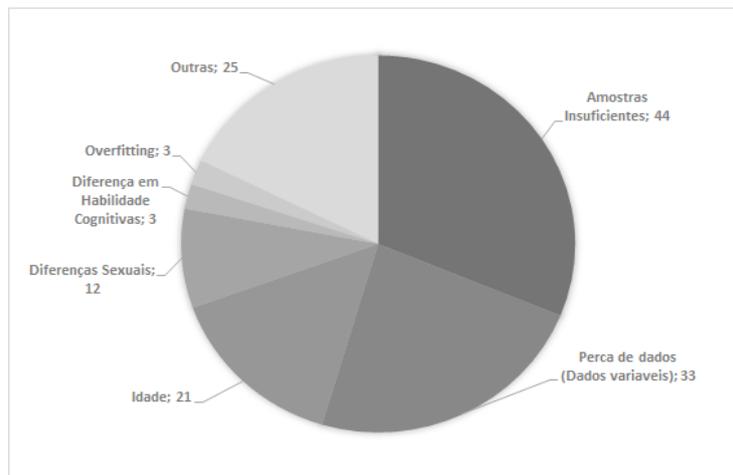
Vale ressaltar que, para esta RSL, todos os trabalhos obtidos antecedem a data de pesquisa desta revisão, portanto, esta análise conta com artigos publicados até o final de setembro de 2020.

QP02: QUAIS SÃO AS PRINCIPAIS LIMITAÇÕES ENCONTRADAS PELOS AUTORES?

Na Figura 3, são mostradas as principais limitações encontradas pelos autores nos trabalhos analisados.

Conforme é possível observar na Figura 3, a principal limitação encontrada relaciona-se com a quantidade de dados, que em muitos trabalhos eram insuficientes principalmente pela falta de bancos de dados condizentes com a pesquisa realizada. Em seguida, foi elencada a “perda de dados” ou “dados variáveis” como segunda maior limitação encontrada, essas limitações podem ser interpretadas como dados faltantes, dados discrepantes ou dados que possuem uma diferença significativa entre os mesmos. Algumas limitações encontradas eram únicas e variaram de acordo com o trabalho, essas limitações foram agrupadas no grupo “Outras” para melhor visualização da Figura 3.

Figura 3 - Principais Limitações Encontradas

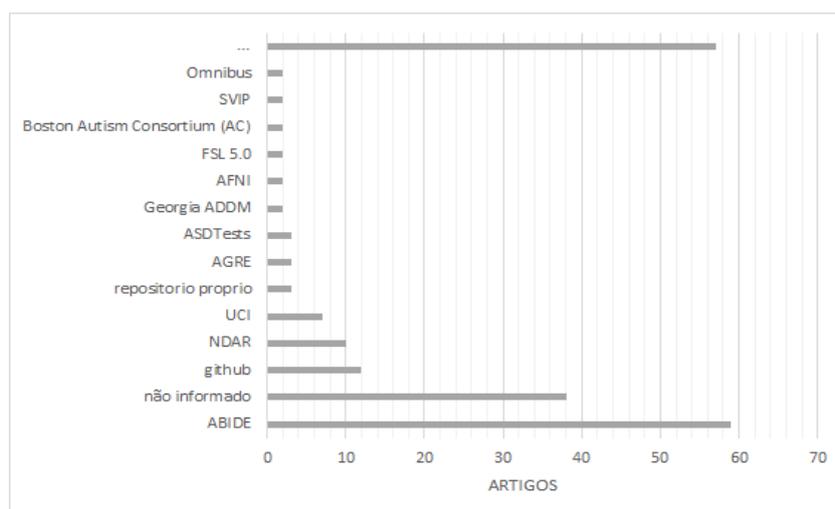


Fonte: Autoria Própria

QP03: QUAIS SÃO OS PRINCIPAIS BANCOS DE DADOS (REPOSITÓRIOS DE DADOS) UTILIZADOS?

A Figura 4 destaca os principais repositórios utilizados nos trabalhos analisados, sendo o Autism Brain Imaging Data Exchange (ABIDE) o repositório mais usado, contando com 59 utilizações nos trabalhos analisados. Este repositório agrega dados de imagens cerebrais funcionais e estruturais, que foram coletadas em laboratórios por todo o mundo, com o intuito de facilitar descobertas e comparações de pacientes autistas e pacientes com desenvolvimento normal.

Figura 4 - Análise Visual dos Repositórios Mais Usados



Fonte: Autoria Própria.

Atualmente, o ABIDE é dividido em dois agrupamentos de dados: ABIDE I e ABIDE II, na qual o ABIDE I, compreende 1112 conjuntos de dados, incluindo 539

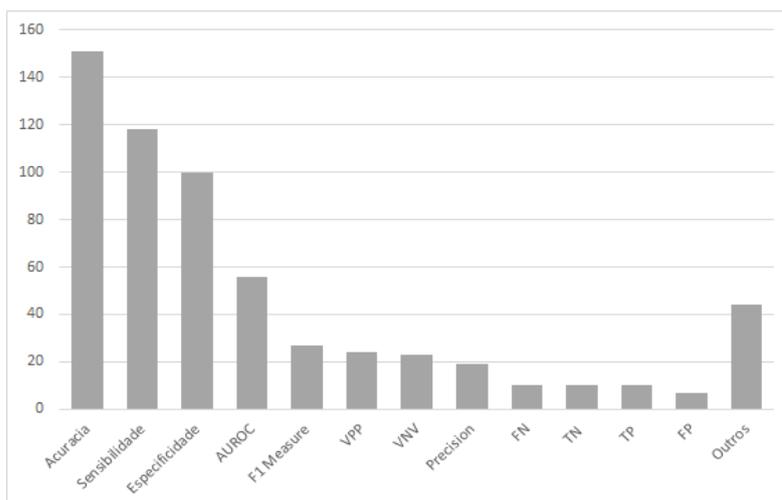
pacientes diagnosticados com TEA e 573 pacientes saudáveis, reunindo dados de 17 diferentes sites internacionais que compartilham dados de ressonância magnética funcional em estado de repouso (R-fMRI) coletadas anteriormente. ABIDE II por sua vez, compreende 1114 conjuntos de dados, incluindo 521 pacientes diagnosticados com TEA e 593 pacientes saudáveis, reunindo 19 diferentes sites internacionais.

Uma boa parte dos trabalhos analisados não informaram a base de dados ou repositório utilizado em seu estudo. Para estes casos, a Figura 4 agrupa-os em “Não Informado”. O github vem em sequência com 12 utilizações, como segunda base de dados mais utilizada, seguida por National Database for Autism Research (NDAR) sendo utilizada 10 vezes e UC Irvine Machine Learning Repository (UCI) sendo utilizada 7 vezes.

QP04: QUAIS SÃO AS PRINCIPAIS MÉTRICAS UTILIZADAS?

A partir da Figura 5 é possível afirmar que a acurácia é a métrica predominante na maioria dos estudos, tendo sido utilizada em 150 deles de 167 artigos analisados, seguida pela sensibilidade com 117 utilizações e especificidade com 99 estudos. Além das métricas anteriormente elencadas, é possível encontrar resultados relacionados com a Área sob a curva ROC (AUROC) sendo utilizada em 55 trabalhos, validação cruzada, com 30 utilizações, e *F1-Measure*, com 26 utilizações, conforme mostrado na Figura 6. As métricas que foram utilizadas apenas uma vez estão agrupadas na categoria “outros”, para melhor visualização.

Figura 5 - Comparação Visual das Quantidades de Repetições das Métricas



Fonte: Autoria Própria

QP05: QUAL TÉCNICA OBTEVE A MELHOR TAXA DE DESEMPENHO?

Na Tabela 6, estão listadas as principais técnicas inteligentes utilizadas nos trabalhos de pesquisa, assim como suas respectivas acurácias médias.

Tabela 6 - Comparação Entre Acurácia Média e Quantidade de Artigos por Técnica Inteligente

Método	Acurácia Média	Artigos
SVM	80,44%	89
Neural Networks	81,87%	62
RF	82,84%	32
LR	81,11%	35
Naive Bayes	82,12%	23
Decision Trees	85,98%	18
LDA	78,07%	14

Fonte: Autoria Própria

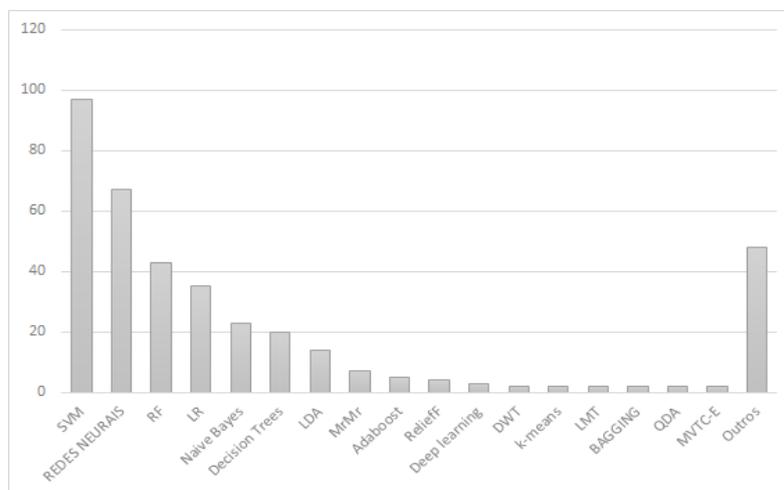
Analisando os dados apresentados na Tabela 6, é observável que as 7 técnicas mais usadas tenham tido uma porcentagem muito semelhante. A técnica inteligente que obteve a melhor média nos trabalhos analisados foi *Decision Trees*, com 85,98% de acurácia, sendo utilizada 18 vezes no total. Entretanto, a técnica SVM, apesar de ter atingido um valor de acurácia menor, com 80,44%, foi utilizada em uma quantidade maior de trabalhos, compreendendo 89 artigos. A técnica com menor taxa foi a LDA, sendo utilizada em apenas 14 trabalhos dentre os 167 analisados, atingindo uma acurácia de 78,07%. Vale ressaltar que a quantidade de trabalhos considerada nesta seção compreende apenas os trabalhos que fizeram uso da Acurácia como métrica de desempenho. Entretanto, também é importante ressaltar que apenas a taxa de acurácia foi extraída dos trabalhos, o que analisada de forma isolada não garante a qualidade da classificação.

QP06: QUAIS ABORDAGENS TECNOLÓGICAS E INTELIGENTES TEM SIDO UTILIZADAS?

De acordo com a Figura 6, é possível observar que existe uma gama de técnicas inteligentes sendo empregadas no diagnóstico do autismo. Além disso, é notório que a quantidade de técnicas utilizadas ultrapassa a quantidade de trabalhos revisados nesta RSL. Isso se dá por meio de trabalhos que, em sua maioria, utilizam mais de uma técnica para o diagnóstico, seja para motivos de comparação, ou para combinação

dessas. Vale ressaltar que apenas as técnicas mais utilizadas estão apresentadas na Figura 6, técnicas com únicas ou com poucas utilizações estão agrupadas no grupo “Outros”.

Figura 6 - Comparação Visual da Quantidade de Repetições dos Métodos



Fonte: Autoria Própria

Outrossim, é observável que técnicas como SVM e Redes Neurais se repetem com mais frequência em relação às demais. De forma geral, os resultados mostraram que a técnica SVM é utilizada 97 vezes no total, enquanto as Redes Neurais foram utilizadas em 62. Ademais, algumas outras técnicas tiveram apenas uma utilização e foram agrupadas no “Outros”. Por conseguinte, é possível concluir que a técnica SVM tem sido a mais utilizada para o diagnóstico do autismo nos últimos anos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

O uso de técnicas inteligentes para classificar o autismo tem crescido significativamente ao longo dos últimos anos, o que pode permitir que no futuro essas técnicas sejam cruciais no diagnóstico mais preciso e rápido do TEA. Pensando nisso, este trabalho propõe um estudo e análise sobre técnicas inteligentes usadas para o diagnóstico do TEA. Essa revisão sistemática da literatura foi construída com base no protocolo de Kitchenham e Charters (2007) e se propôs a analisar e avaliar 167 trabalhos, publicados entre 2015 e 2020. O principal objetivo foi de entender como estão sendo desenvolvidas as pesquisas relacionadas ao diagnóstico do autismo utilizando diferentes técnicas de inteligência computacional.

A partir dos resultados obtidos foi possível observar que uma grande variedade de técnicas têm sido utilizadas para este fim, com destaque para a SVM, tendo sido

utilizada em 96 trabalhos analisados e com uma taxa de acurácia média de 80,44%, e as Redes Neurais, com 62 utilizações e 81,87% de acurácia média, as mais usadas e com melhores resultados.

Apesar dos avanços nas pesquisas, ainda há um grande caminho a ser percorrido, pois as técnicas inteligentes desenvolvidas ainda não possuem aplicação prática em clínicas de diagnóstico especializadas. Conforme observado neste trabalho, os dados utilizados nas pesquisas ainda são limitados pela falta de dados ou por dados incompletos e repetidos. Assim, é possível afirmar que existe uma necessidade de que pesquisas futuras utilizem-se de banco de dados mais completos e padronizados, a fim de buscar melhores resultados no processo analítico.

REFERÊNCIAS

DEKHIL, Omar et al. A personalized autism diagnosis CAD system using a fusion of structural MRI and resting-state functional MRI data. **Frontiers in psychiatry**, v. 10, p. 392, 2021.

FECZKO, Eric et al. Subtyping cognitive profiles in autism spectrum disorder using a functional random forest algorithm. **Neuroimage**, v. 172, p. 674-688, 2018.

KITCHENHAM, Barbara; CHARTERS, Stuart. Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. 2007.

KLIN, Ami. Autismo e síndrome de Asperger: uma visão geral. **Brazilian Journal of Psychiatry**, v. 28, p. s3-s11, 2006.

OMAR, Kazi Shahrukh et al. A machine learning approach to predict autism spectrum disorder. In: **2019 International Conference on Electrical, Computer and Communication Engineering (ECCE)**. IEEE, 2019. p. 1-6.

SHAHAMIRI, Seyed Reza; THABTAH, Fadi. Autism AI: a new autism screening system based on Artificial Intelligence. **Cognitive Computation**, v. 12, n. 4, p. 766-777, 2020.

SILVA, Micheline; MULICK, James A. Diagnosticando el trastorno autista: aspectos fundamentales y consideraciones prácticas. **Psicología: ciência e profissão**, v. 29, n. 1, p. 116-131, 2009.

ZHANG, Fan et al. Whole brain white matter connectivity analysis using machine learning: an application to autism. **NeuroImage**, v. 172, p. 826-837, 2018.

Recebido em: 15/02/2022

Aprovado em: 12/03/2022

Publicado em: 16/03/2022