

Rede MLP para auxílio ao diagnóstico do Transtorno do Espectro Autista em Crianças e Adolescentes

Gabriel Caldas B. e Sá¹, Ernandes José Q. Maia¹, Náthalee Cavalcanti de A. Lima¹

¹Departamento de Engenharias e Tecnologia - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)

Pau dos Ferros, RN - Brasil

{gabriel.sa, ernandes.maia}@alunos.ufersa.edu.br,
nathalee.almeida@ufersa.edu.br

Abstract. *Autistic Spectrum Disorder (ASD) is a mental disorder that affects cognitive abilities, compromising skills such as communication and learning. Early diagnosis of ASD can allow significant improvements in the patient's condition over the years. Thus, the use of technologies to aid in the diagnosis of ASD is of great relevance for this field of study. Therefore, this work proposes the construction of a Multilayer Perceptron Neural Network (MLP) for the classification of the presence/absence of ASD in children and adolescents. Metrics such as accuracy and precision were analyzed, where values greater than 95% were obtained for both, in addition to the analysis of the network execution, identifying great potential for the solution's performance.*

Resumo. *O Transtorno do Espectro Autista (TEA) é um distúrbio mental que afeta capacidades cognitivas, comprometendo habilidades como a comunicação e o aprendizado. O diagnóstico precoce do TEA pode permitir melhoras significativas no quadro do paciente com o passar dos anos. Desse modo, o uso de tecnologias para o auxílio no diagnóstico do TEA é de grande valia para esse ramo de estudo. Diante disso, este trabalho propõe a implementação de uma Rede Neural Perceptron Multicamadas (MLP) para a classificação da presença/ausência de TEA em crianças e adolescentes. Analisou-se métricas como acurácia e precisão, onde se obteve valores superiores a 95% para ambas, além da análise da performance da rede, identificando grande potencial de desempenho desta solução.*

1. Introdução

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) é um distúrbio que afeta capacidades humanas como aprendizado, habilidades comunicativas e interação social, derivados de fatores ainda sob estudo. Apesar de existirem muitas lacunas a serem preenchidas neste campo de pesquisa, as causas desse distúrbio são apontadas como derivações de anormalidades em partes do cérebro, possivelmente de origem genética [Mello 2019].

Estudos estimam que no Brasil existem cerca de 2 milhões de autistas [Oliveira 2014]. Entretanto, [Paiva Junior 2019] rebate este dado, afirmando que não se pode alegar precisamente os índices do TEA no Brasil, uma vez que, até então, não foram desenvolvidos censos de caráter nacional sobre a doença. No entanto, Paiva Junior (2019) cita, em seu trabalho, um estudo piloto desenvolvido que indica que a cada 367 crianças, 1 é portadora de autismo, índice esse que ainda assim é preocupante.

O autismo pode se manifestar de diferentes modos, como aponta [Bentes et al. 2016], o que o caracteriza como um espectro. Apesar de o autismo não ter cura, o diagnóstico

precoce deste transtorno pode desenvolver as formas de comunicação do portador, bem como melhorar seu aprendizado e convivência em meios sociais, através do acompanhamento de profissionais [Klin 2006]. Desse modo, o uso de tecnologias para classificação de quadros de TEA podem apresentar grande relevância no auxílio do diagnóstico. Dentre essas tecnologias, as metodologias que utilizam o Aprendizado de Máquina se destacam por permitir o reconhecimento de padrões, apresentando altas taxas de aprendizado e baixas taxas de erros, o que se conhece como Inteligência Computacional (IC) [Bezdek 1992].

As técnicas de IC abordam o uso das Redes Neurais Artificiais (RNAs), que se tratam de modelos computacionais que apresentam uma arquitetura semelhante aos neurônios dos seres vivos. Essas redes apresentam paralelismo distribuído em unidades de processamento (neurônios), que possibilitam o desenvolvimento e propagação de conhecimento [Haykin 2001]. Por sua vez, as RNAs se subdividem em diversos modelos, como as Redes Perceptron Multicamadas (MLP - *MultiLayer Perceptron*), por exemplo. As redes MLP se destacam pela aplicabilidade em diversos cenários, como o reconhecimento de padrões, aproximação de funções e previsão de séries temporais [Silva; Spatti; Flauzino 2015].

Dessa forma, este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma Rede Neural Artificial para o auxílio do diagnóstico do TEA. Para este fim, foi desenvolvido um *script* utilizando o *software* Matlab (versão R2018a) e a *toolbox* *Nprtool* e foram utilizados os dados disponíveis nas bases da *UCI Machine Learning Repository*^{1,2}, referentes a crianças e adolescentes com diagnósticos de presença e ausência do TEA. Finalmente, foi realizada uma análise quanto às métricas de acurácia, precisão, sensibilidade e especificidade da rede com relação aos dados trabalhados.

O presente trabalho se encontra estruturado da seguinte forma: na seção 2 são estudados os conceitos de TEA e, na seção 3, de redes MLP; na seção 4 são apresentados os trabalhos relacionados com esta pesquisa; a seção 5 trata do procedimento metodológico para a condução da pesquisa; na seção 6 são apresentados e discutidos os resultados do trabalho; por fim, na seção 7 são apresentadas as conclusões.

2. Transtorno do Espectro Autista

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) é o termo dado a um conjunto de condições distintas que afetam a saúde mental do portador, sendo essas condições o autismo, transtorno invasivo do desenvolvimento sem outra especificação (TID-SOE) e a síndrome de Asperger [Carvalho et al. 2013]. A pessoa com TEA pode apresentar transtornos de ansiedade, depressão, crises epiléticas, ter níveis intelectuais comprometidos ou superdesenvolvidos, dentre outras condições que podem persistir na adolescência e idade adulta [Mello 2019].

Desse modo, as formas de diagnóstico do TEA são amplamente discutidas no ramo. Segundo [Mello 2019], o diagnóstico do autismo pode ser realizado a partir de análises clínicas do paciente. Já o estudo de [Jorge 2003] argumenta que, além de análises clínicas, faz-se necessária a realização de exames laboratoriais para a comprovação do quadro.

¹ *Autistic Spectrum Disorder Screening Data for Children Data Set*. Disponível em <<https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Autistic+Spectrum+Disorder+Screening+Data+for+Children++>>

² *Autistic Spectrum Disorder Screening Data for Adolescent Data Set*. Disponível em <[#>](https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Autistic+Spectrum+Disorder+Screening+Data+for+Adolescent++)

A criança e o adolescente com TEA tende a apresentar dificuldades comunicativas e de assimilação da utilidade de objetos com os quais interagem, o que pode influir no isolamento social, visto que esses dificultam a interação social dos portadores com pessoas ao entorno [Bentes et al. 2016]. Dessa forma, grandes são os desafios enfrentados para a integração dessas pessoas à sociedade, por enfrentarem preconceito e discriminação a partir de suas limitações, além da exclusão social em ambientes em que frequentam [Bentes et al. 2016].

3. Redes *MultiLayer* Perceptron (MLP)

Redes multicamadas geralmente são utilizadas nos casos onde a classificação das amostras não se resume a apenas duas classes, como ‘sim’ e ‘não’, ou ‘verdadeiro’ e ‘falso’ [Haykin 2001]. Dentre as alternativas para a construção de redes multicamadas, as Redes Perceptron Multicamadas (MLP - *Multilayer Perceptron Networks*) são caracterizadas por apresentarem versatilidade quanto à sua aplicabilidade em diferentes cenários [Silva; Spatti; Flauzino 2015].

Diferindo das redes Perceptron convencionais, a MLP apresenta uma camada intermediária escondida, o que a caracteriza como uma rede multicamadas, apresentando uma arquitetura *feedforward*, ou seja, o fluxo do conhecimento segue em uma única direção [Silva; Spatti; Flauzino 2015]. A figura 1 apresenta uma representação geral de uma rede com arquitetura MLP.

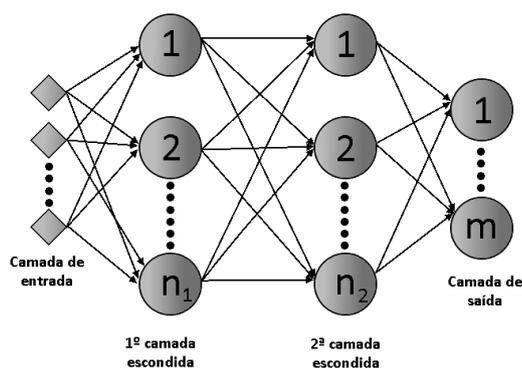


Figura 1. Representação de uma Rede Perceptron Multicamadas

As redes MLP podem ser aplicadas a cenário financeiros [Daniels e Kamp 1999], na administração de recursos hídricos [Onyari e Ilunga 2013], na indústria da bioenergia [Keybondorian et al. 2017], dentre outras aplicações. Na saúde, a MLP pode ser aplicada no diagnóstico de diversas enfermidades, como o câncer de mama [Mohamad et al. 2010], síndrome de Parkinson [Cimen e Bolat 2016], e distúrbios hepatobiliares [Niyom et al. 2006].

4. Trabalhos Relacionados

Investimentos em tecnologias atuantes no auxílio ao diagnóstico de autismo já são realidade. No trabalho de [Portela Carvalho et al. 2016] propõe-se a validação de uma ferramenta de análise das distâncias antropométricas faciais a partir de imagens de portadores do TEA. Em seu estudo, utilizaram-se 17 pontos faciais (*landmarks*) como referência para o cálculo de 136 distâncias Euclidianas como um conjunto de pares distintos possíveis entre as *landmarks* observadas.

No trabalho de [Altay e Ulas 2018] é apresentado um estudo comparativo do diagnóstico do autismo utilizando os algoritmos *Linear Discriminant Analysis* (LDA) e o *K-*

Nearest Neighbor (KNN) para a classificação de quadros de autismo em crianças. Foram utilizadas 292 instâncias, onde 70% foram utilizadas para treinamento, e outros 30% para validação e teste. Ambos os algoritmos apresentaram resultados satisfatórios nas análises de precisão, acurácia, especificidade e sensibilidade, onde o LDA se destacou na acurácia, enquanto que o KNN apresentou melhores resultados de sensibilidade.

O trabalho de [Brito, Fernandes e Amora 2019] desenvolve um estudo da eficiência de redes *Multilayer Perceptron* (MLP) e *Radial Basis Function* (RBF) aplicadas no diagnóstico de TEA em crianças, utilizando-se de uma base com 292 instâncias de crianças com e sem autismo. Em um panorama geral, o estudo resultou que o uso da MLP se apresentou mais eficiente que a rede RBF.

Apesar de os estudos apresentarem ferramentas de alto desempenho, focam apenas no público infantil [Altay e Ulas 2018; Brito, Fernandes e Amora 2019], utilizam uma quantidade maior de camadas ocultas, necessitando de um maior poder de processamento [Brito, Fernandes e Amora 2019] ou apresentam resultados ainda inconclusivos quanto ao diagnóstico do TEA e necessitam de adequações e novos experimentos a fim de validar a eficácia da ferramenta [Portela Carvalho et al. 2016]. Deste modo, o presente trabalho apresenta contribuições que visam ampliar o campo de atuação das ferramentas, através do uso de um maior volume de dados, que englobam crianças e adolescentes, utilizando de técnicas de classificação eficazes, além de dispor de uma arquitetura aprimorada, fazendo melhor uso dos recursos computacionais sem grandes perdas de desempenho.

5. Metodologia

Este trabalho trata-se de um estudo de caráter quantitativo, através do qual se busca implementar uma Rede MLP para a classificação de quadros clínicos sobre um espectro de autismo em crianças e adolescentes. Para este fim, utilizou-se dois bancos disponíveis na *UCI Machine Learning Repository*, com 20 atributos, como gênero, a existência de parentes com Transtornos Invasivos de Desenvolvimento e a saída, que classifica se o indivíduo amostrado possui ou não autismo.

Ao todo, 392 instâncias foram obtidas a partir da unificação dos dois bancos, um com dados sobre o espectro autista em crianças e o outro em adolescentes, das quais 70% (274 instâncias) foram usadas para treinamento, 15% (59 instâncias) para testes, e 15% (59 instâncias) foram utilizadas para validação da rede. A saída indica o diagnóstico negativo (0) ou positivo (1) de autismo. Dentre as instâncias utilizadas, 202 correspondem a dados de portadores de autismo, enquanto que 190 instâncias correspondem a dados de pacientes com diagnóstico negativo.

Primeiramente, os dados foram compilados em uma única base, e normalizados em seguida. Após tal processo passaram pela Rede MLP (*Multi-Layer Perceptron*), a qual tem sua arquitetura apresentada pela Figura 2. A RNA recebe as 19 entradas de uma instância, passando por uma camada oculta contendo 10 neurônios, e utilizando como função de ativação a tangente hiperbólica, além do uso da função sigmóide para a camada de saída. Para o treinamento, utilizou-se o algoritmo *Scaled Conjugate Gradient* (SCG).

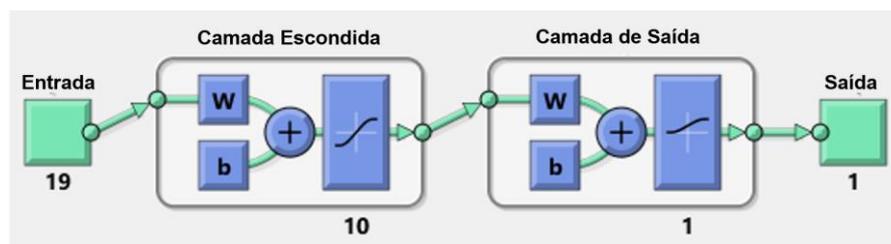


Figura 2. Arquitetura da Rede MLP desenvolvida

O processo de treinamento consistiu em 10 sessões de treinamento cruzado, teste e validação, através das quais foram feitas sondagens de dados do desempenho da rede. A análise do desempenho foi realizada considerando quatro métricas: acurácia ($A = \frac{Vp + Vn}{Vp + Vn + Fp + Fn}$), precisão ($P = \frac{Vp}{Vp + Fp}$), sensibilidade ($S = \frac{Vp}{Vp + Fn}$) e especificidade ($E = \frac{Vn}{Vn + Fp}$), onde VP significa verdadeiros positivos, Vn são verdadeiros negativos, Fp , falsos positivos e Fn são os falsos negativos.

A acurácia (A) define a taxa de acertos da rede. A precisão (P) define a taxa de classificação correta de valores VP . A sensibilidade (S) define a taxa de classificação correta de classificações verdadeiras. Já a especificidade (E) define a taxa de classificação correta de valores verdadeiros negativos. Analisou-se ainda resultados do desempenho da rede, utilizando para tal a métrica da entropia cruzada (*Cross-Entropy*), e para a medição da qualidade do classificador desenvolvido, utilizou-se o *Receiver Operating Characteristic* (ROC). Por fim, os resultados foram tabulados e analisados conforme apresenta a seção seguinte deste documento.

6. Resultados e Discussões

Após as etapas de treinamento, validação e teste, observando a matriz de confusão obtida da Rede MLP, foram obtidos índices de 99,7% de acurácia, 99,9% de precisão, 99,6% de sensibilidade e 99,8% de especificidade. Estas métricas foram calculadas a partir dos dados das três etapas, ou seja, sobre os resultados das 392 instâncias utilizadas. Notam-se resultados bastante satisfatórios quanto às métricas observadas, onde todas apresentaram índices médios acima de 99%.

Dado que para o diagnóstico de transtorno do espectro autista é imprescindível que ferramentas de identificação disponham de alta confiabilidade em seus resultados, a rede neural desenvolvida para este estudo apresenta grande potencial para a classificação de crianças e adolescentes com autismo. Os índices de acurácia e precisão obtidos apontam para resultados com alta possibilidade de corretude em sua classificação, enquanto que os índices de sensibilidade e especificidade indicam alta capacidade da rede de identificar casos de verdadeiros positivos e verdadeiros negativos, respectivamente.

Quanto à performance da rede, observa-se, a partir da Figura 3, que no último treinamento foram necessárias 13 épocas para a convergência dos resultados. Dentre os 10 treinamentos realizados, este foi o que apresentou os melhores resultados, ou seja, necessitou de uma menor quantidade de épocas para convergir em relação aos outros 9 treinamentos.

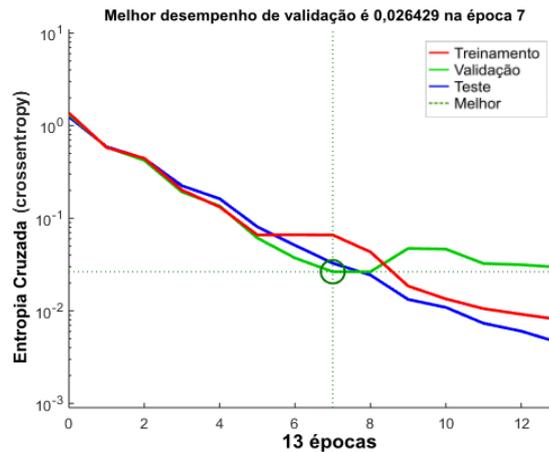


Figura 3. Convergência dos resultados no décimo treinamento

A partir da Figura 3, ainda é possível perceber que o valor da entropia cruzada no décimo treinamento cai significativamente para o teste e para o treinamento, enquanto se mantém quase constante para a validação a partir da época 7. Isso indica que a classificação apresentou poucas perdas entre as duas distribuições de probabilidade (saídas amostradas e saídas classificadas) [Data Science Academy 2019], uma vez que valores mínimos para a entropia cruzada levam a boas classificações [Mathworks 2020].

A Figura 4 apresenta o desempenho final da rede após a décima sessão de treinamento. O gráfico da curva ROC apresenta uma relação entre as classificações de verdadeiro positivo e falso positivo, de modo a aplicar valores no intervalo $[0, 1]$ às saídas. Neste sentido, observa-se que a rede apresentou resultados satisfatórios para todas as fases de treinamento (treinamento, validação e teste), onde observa-se que a curva ROC esteve sempre acima da diagonal.

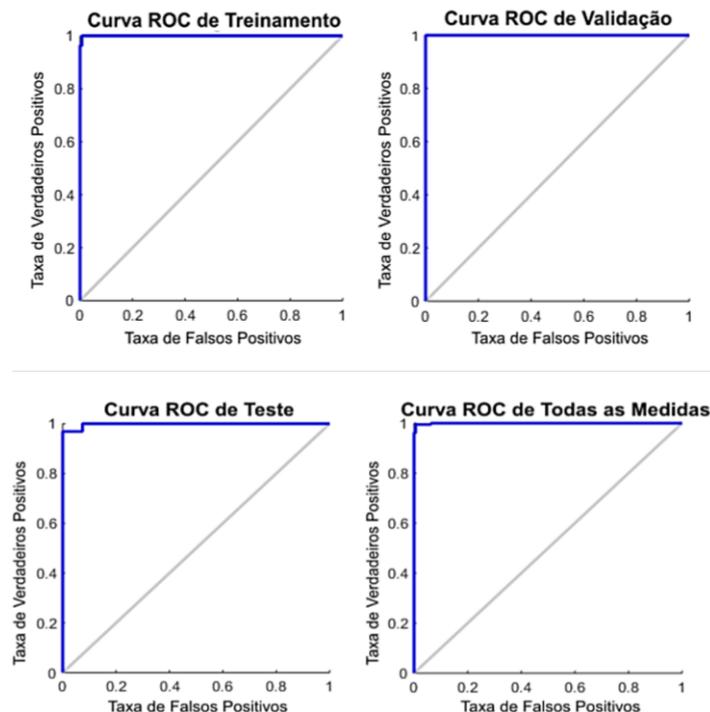


Figura 4. Curva ROC para o décimo treinamento da rede

7. Conclusão

O estudo desenvolvido no presente trabalho possibilitou o entendimento da aplicação de redes neurais MLP na classificação de TEA em crianças e adolescentes, apresentando-se como forma de auxílio para o diagnóstico precoce deste transtorno. Para tal, foram utilizadas duas bases de dados unificadas, contendo, ao todo, 392 instâncias utilizadas para o treinamento da rede desenvolvida.

Foram analisadas métricas de desempenho da rede, obtendo resultados satisfatórios quanto à precisão, acurácia, sensibilidade e especificidade dos resultados, além de um desempenho considerável durante o treinamento da rede, entendendo-se que a RNA MLP apresentou um aprendizado adequado.

Conclui-se que a aplicação das redes MLP para fins de classificação de TEA em crianças e adolescentes se enquadra como uma alternativa viável para ao auxílio no diagnóstico clínico. Entretanto, salienta-se que este estudo não se apresenta como conclusivo para categorizar as redes MLP como a melhor alternativa para o propósito deste estudo, uma vez que para tal, faz-se necessário o desenvolvimento de estudos comparativos com outras tecnologias, o que será desenvolvido em trabalhos futuros.

8. Referências

- ALTAY, Osman; ULAS, Mustafa. Prediction of the autism spectrum disorder diagnosis with linear discriminant analysis classifier and K-nearest neighbor in children. 2018 6th International Symposium On Digital Forensic And Security (isdfs), [s.l.], p.1-4, mar. 2018. IEEE.
- BENTES, Caroline Cássila Araújo et al. A Família no Processo de Inclusão Social da Criança e Adolescente com Autismo: Desafios na Sociedade Contemporânea. 2016. 75 f. TCC (Graduação) - Curso de Serviço Social, Centro Universitário “Antônio Eufrásio de Toledo” de Presidente Prudente, Presidente Prudente, 2016.
- BEZDEK, James C. On the relationship between neural networks, pattern recognition and intelligence. International Journal Of Approximate Reasoning, [s.l.], v. 6, n. 2, p.85-107, fev. 1992. Elsevier BV.
- BRITO, Rhyhan Ximenes de; FERNANDES, Carlos Alexandre Rolim; AMORA, Márcio André Baima. Performance Analysis with Artificial Neural Networks, MLP and RBF Architectures for a Problem of Classification of Children with Autism. Isys: Brazilian Journal of Information Systems, [s.l.], p.60-76, 23 dez. 2019.
- CARVALHO, Felipe Alckmin et al. Rastreamento de sinais precoces de transtorno do espectro do autismo em crianças de creches de um município de São Paulo. Revista Psicologia: Teoria e Prática, [s.l.], v. 15, n. 2, p.144-154, 20 abr. 2013.
- CIMEN, Sibel; BOLAT, Bulent. Diagnosis of Parkinson's disease by using ANN. 2016 International Conference On Global Trends In Signal Processing, Information Computing And Communication (icgtspicc), [s.l.], p.119-121, dez. 2016. IEEE.
- DANIELS, H.; KAMP, B.. Application of MLP Networks to Bond Rating and House Pricing. Neural Computing & Applications, [s.l.], v. 8, n. 3, p.226-234, ago. 1999. Springer Science and Business Media LLC.

- DATA SCIENCE ACADEMY. Deep Learning Book, 2019. Disponível em: <<http://deeplearningbook.com.br/entropia-cruzada-para-quantificar-a-diferenca-entre-duas-distribuicoes-de-probabilidade/>>. Acesso em: 13 fev. 2019.
- HAYKIN, Simon. Redes Neurais: Princípios e Práticas. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- JORGE, Lília Maíse de. Instrumentos de avaliação de autistas: revisão de literatura. 2003. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Psicologia Escolar, Pontifícia Universidade Católica, Campinas, 2003.
- KEYBONDORIAN, Ebrahim et al. Application of MLP-ANN strategy to predict higher heating value of biomass in terms of proximate analysis. Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, [s.l.], v. 39, n. 22, p.2105-2111, 16 nov. 2017.
- KLIN, Ami. Autismo e síndrome de Asperger: uma visão geral. Revista Brasileira de Psiquiatria, [s.l.], v. 28, n. 1, p.3-11, maio 2006. FapUNIFESP (SciELO)
- MATHWORKS. Documentation: crossentropy. Disponível em: <<https://www.mathworks.com/help/deeplearning/ref/crossentropy.html>>. Acesso em: 26 jan. 2020.
- MELLO, Ana Maria S. Ros de. Autismo: Guia Prático. 9. ed. Brasília: Corde, 2019.
- MOHAMAD, Nadiyah et al. Comparison between Levenberg-Marquardt and Scaled Conjugate Gradient training algorithms for Breast Cancer Diagnosis using MLP. 2010 6th International Colloquium On Signal Processing & Its Applications, [s.l.], p.162-168, maio 2010. IEEE.
- NIYOM, Anan et al. The DAGs-MLP Structure to the Efficiency of Neural Network Classification for Diagnosis of Hepatobiliary Disorders. 2006 Sice-icase International Joint Conference, [s.l.], p.1489-1493, out. 2006. IEEE.
- OLIVEIRA, Carolina. Um retrato do autismo no Brasil. 2014. Disponível em: <<http://www.usp.br/espacoaberto>>. Acesso em: 26 jan. 2020.
- ONYARI, E. K.; ILUNGA, F. M.. Application of MLP Neural Network and M5P Model Tree in Predicting Streamflow: A Case Study of Luvuvhu Catchment, South Africa. International Journal Of Innovation, Management And Technology, [s.l.], v. 4, n. 1, p.11-15, fev. 2013.
- PAIVA JUNIOR, Francisco. Quantos autistas há no Brasil? 2019. Disponível em: <<https://www.revistaautismo.com.br/>>. Acesso em: 26 jan. 2020.
- PORTELA CARVALHO, Samuel et al. Uma contribuição ao auxílio do diagnóstico do autismo a partir do processamento de imagens para extração de medidas antropométricas. Revista de Informática Teórica e Aplicada, [s.l.], v. 23, n. 2, p.100-123, 3 dez. 2016. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- SILVA, Ivan Nunes da; SPATTI, Danilo Hernane; FLAUZINO, Rogério Andrade. Redes Neurais Artificiais para Engenharia e Ciências Aplicadas. 2. ed. São Paulo: Artliber, 2015.