

As Ciências Exatas e da Terra no Século XXI

**Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
(Organizadores)**

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
(Organizadores)

As Ciências Exatas e da Terra no Século XXI

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Profª Drª Antonella Carvalho de
Oliveira Diagramação: Lorena Prestes
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof.^a Dr.^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof.^a Dr.^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof.^a Dr.^a Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.^a Dr.^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof.^a Dr.^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof.^a Dr.^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof.^a Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
C569	As ciências exatas e da terra no século XXI [recurso eletrônico] / Organizadores Alan Mario Zuffo, Jorge González Aguilera. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-351-4 DOI 10.22533/at.ed.514192405 1. Ciências exatas e da terra – Pesquisa – Brasil. I. Zuffo, Alan Mario. II. Aguilera, Jorge González. CDD 507
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “As Ciências Exatas e da Terra no Século XXI” aborda uma publicação da Atena Editora, apresenta, em seus 18 capítulos, conhecimentos tecnológicos aplicados às Ciências Exatas.

Este volume dedicado à Ciência Exatas traz uma variedade de artigos alinhados com a produção de conhecimento na área de Matemática, ao tratar de temas como aritmética multidimensional RDM, a teoria da complexidade no estudo de atividade cerebral e o ensino da matemática e sua contribuição no desenvolvimento da consciência ambiental de estudantes. Na área da Mecânica traz trabalhos relacionados com uso do sensor de vibração piezo e a placa BlackBoard V1.0, como ferramenta para avaliar a conservação de casas e prédios qualificados como históricos ou com valor cultural à sociedade. Estudos de adição de nanotubos de carbono no concreto convencional também são abordados. Na área de Agronomia são abordados temas inovadores como a identificação de doenças com técnicas de visão computacional, emprego da técnica de espectroscopia e a calibração por regressão linear múltipla na determinação de misturas com óleos vegetais de oliva, entre outros temas.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos nas Ciências Exatas, os agradecimentos dos Organizadores e da Atena Editora. Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias para a área da Física, Matemática, Mecânica e na Agronomia e, assim, contribuir na procura de novas pesquisas e tecnologias que possam solucionar os problemas que enfrentamos no dia a dia.

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE NUMÉRICA DOS DIFERENTES PROCESSOS DA MULTIPLICAÇÃO INTERVALAR	
Alice Fonseca Finger	
Aline Brum Loreto	
Dirceu Antonio Maraschin Junior	
Lucas Mendes Tortelli	
DOI 10.22533/at.ed.5141924051	
CAPÍTULO 2	10
APLICAÇÃO DA TEORIA DA COMPLEXIDADE AO ESTUDO DE ATIVIDADE CEREBRAL REGISTRADA EM DADOS DE EEG (ELETROENCEFALOGRAMA)	
Sanielen Colombo	
Eduardo Augusto Campos Curvo	
DOI 10.22533/at.ed.5141924052	
CAPÍTULO 3	24
APRIMORAMENTO DO BANCO DE METABÓLITOS SECUNDÁRIOS PARA AUXÍLIO NA BIOPROSPECÇÃO DIRECIONADOS A ESTUDOS QUIMIOTAXONÔMICOS E DE TRIAGEM VIRTUAL DE ESTRUTURAS COM POTENCIAL ATIVIDADE ANTIPROTOZOÁRIA	
Bianca Guerra Tavares	
DOI 10.22533/at.ed.5141924053	
CAPÍTULO 4	29
AVALIAÇÃO PRELIMINAR DO RISCO DE CONTAMINAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS POR PESTICIDAS UTILIZADOS NO CULTIVO DA SOJA EM TRÊS MUNICÍPIOS DA REGIÃO OESTE DO PARÁ	
Joseph Simões Ribeiro	
Alessandra de Sousa Silva	
Ronison Santos da Cruz	
Bianca Larissa de Mesquita Sousa	
Ruy Bessa Lopes	
DOI 10.22533/at.ed.5141924054	
CAPÍTULO 5	36
DANOS OCASIONADOS EM RESIDÊNCIAS HISTÓRICAS POR VIBRAÇÕES	
Jussiléa Gurjão de Figueiredo	
Louise Aimeé Reis Guimarães	
Ylan Dahan Benoliel Silva	
DOI 10.22533/at.ed.5141924055	
CAPÍTULO 6	44
DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DA PLANTA ALIMENTÍCIA NÃO CONVENCIONAL (PANC) ORA-PRO-NÓBIS PARA O DESENVOLVIMENTO DE UMA RAÇÃO ENRIQUECIDA COM <i>Tenebrio molitor</i> PARA GALINÁCEOS	
Gabriel José de Almeida	
Jorge Luís Costa	
Maira Akemi Casagrande Yamato	
Mariana Souza Santos	
Vitoria Rodilha Leão	
DOI 10.22533/at.ed.5141924056	

CAPÍTULO 7	57
DUAS PARTÍCULAS NUM BILHAR QUÂNTICO	
Pedro Chebensi Júnior	
Hércules Alves de Oliveira Junior	
DOI 10.22533/at.ed.5141924057	
CAPÍTULO 8	64
ELABORAÇÃO DE ATLAS AMBIENTAL DIGITAL PARA A MICRORREGIÃO DE FOZ DO IGUAÇU/PR	
Vinícius Fernandes de Oliveira	
Samuel Fernando Adami	
Giovana Secretti Vendruscolo	
DOI 10.22533/at.ed.5141924058	
CAPÍTULO 9	72
ESTUDO DO AQUECIMENTO DE UM <i>RASPBERRY PI 3</i> EM MANIPULAÇÃO DE IMAGEM E IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA TÉRMICO	
Daniel Rodrigues Ferraz Izario	
Yuzo Iano	
Bruno Rodrigues Ferraz Izario	
Carlos Nazareth Motta Marins	
DOI 10.22533/at.ed.5141924059	
CAPÍTULO 10	83
ESTUDO LABORATORIAL DE PROPRIEDADES MECÂNICAS E DE FLUIDEZ A PARTIR DA ADIÇÃO DE NANOTUBOS DE CARBONO NO CONCRETO CONVENCIONAL	
Késsio Raylen Jerônimo Monteiro	
Pedro Bonfim Segobia	
Peter Ruiz Paredes	
Simone Ribeiro Lopes	
DOI 10.22533/at.ed.51419240510	
CAPÍTULO 11	95
EVOLUÇÃO DA COMPUTAÇÃO AUTONÔMICA E ADOÇÃO DO MODELO MAPE-K: UMA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	
Rosana Cordovil da Silva	
Renato José Sassi	
DOI 10.22533/at.ed.51419240511	
CAPÍTULO 12	109
FLUXO DE ATAQUE DPA/DEMA BASEADO NA ENERGIA DE TRAÇOS PARA NEUTRALIZAR CONTRAMEDIDAS TEMPORAIS NAS ARQUITETURAS GALS4	
Rodrigo Nuevo Lellis	
Rafael Iankowski Soares	
Vitor Gonçalves de Lima	
DOI 10.22533/at.ed.51419240512	
CAPÍTULO 13	115
O ENSINO DA MATEMÁTICA E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DA CONSCIÊNCIA AMBIENTAL DOS ESTUDANTES DA EDUCAÇÃO BÁSICA	
Cláudio Cristiano Liell	
Arno Bayer	
DOI 10.22533/at.ed.51419240513	

CAPÍTULO 14	130
OS DESAFIOS ENFRENTADOS PELA COMUNIDADE ESCOLAR AO LIDAR COM ALUNOS COM TDAH EM PEDRO LEOPOLDO/MG	
Aurea Helena Costa Melo	
DOI 10.22533/at.ed.51419240514	
CAPÍTULO 15	143
PDI SOFTWARE: IDENTIFICAÇÃO DE FERRUGEM EM FOLHAS DE SOJA COM TÉCNICAS DE VISÃO COMPUTACIONAL	
Hortência Lima Gonçalves Gabriel Rodrigues Pereira Rocha George Oliveira Barros Cássio Jardim Tavares	
DOI 10.22533/at.ed.51419240515	
CAPÍTULO 16	148
PERCEPÇÃO DA GESTÃO GEOLÓGICA E AMBIENTAL NA PREFEITURA DE SANTA CRUZ DO SUL, RIO GRANDE DO SUL	
Cândida Regina Müller Thays França Afonso Luciano Marquette Verônica Regina de Almeida Vieira Luis Eduardo Silveira da Mota Novaes Leandro Fagundes	
DOI 10.22533/at.ed.51419240516	
CAPÍTULO 17	154
PROCESSAMENTO DE IMAGENS PARA A DETECÇÃO DE PLACAS VEICULARES NO CONTROLE DE ACESSO EM ÁREAS RESTRITAS	
Yan Patrick de Moraes Pantoja Bruno Yusuke Kitabayashi Rafael Fogarolli Vieira Raiff Smith Said	
DOI 10.22533/at.ed.51419240517	
CAPÍTULO 18	163
DO PROPOSTA DE ARQUITETURA DE REDE NEURAL CONVOLUCIONAL INTERVALAR PARA O PROCESSAMENTO DE IMAGENS INTERVALARES	
Ivana P. Steim Lucas M. Tortelli Marilton S. Aguiar Aline B. Loreto	
DOI 10.22533/at.ed.51419240518	
CAPÍTULO 19	173
QUANTIFICAÇÃO DE AZEITE DE OLIVA EM MISTURAS COM ÓLEOS VEGETAIS UTILIZANDO FTIR E CALIBRAÇÃO POR REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA	
Lucas Wahl da Silva Clayton Antunes Martin	
DOI 10.22533/at.ed.51419240519	
CAPÍTULO 20	177
QUANTIFICAÇÃO DE PARTÍCULAS POR ESPALHAMENTO DE LUZ E DETERMINAÇÃO DA COR	

DE ÁGUAS

David Antonio Brum Siepmann
Ricardo Schneider
Alberto Yoshihiro Nakano
Paulo Afonso Gaspar
Antonio Cesar Godoy
Felipe Walter Dafico Pfrimer

DOI 10.22533/at.ed.51419240520

CAPÍTULO 21 193

AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DE MUROS DE GRAVIDADE CONSTRUÍDO COM SOLO-PNEUS

Guilherme Faria Souza Mussi de Andrade
Daniel Silva Lopez
Bruno Teixeira Lima
Ana Cristina Castro Fontenla Sieira
Alberto de Sampaio Ferraz Jardim Sayão

DOI 10.22533/at.ed.51419240521

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 208

DO PROPOSTA DE ARQUITETURA DE REDE NEURAL CONVOLUCIONAL INTERVALAR PARA O PROCESSAMENTO DE IMAGENS INTERVALARES

Ivana P. Steim

Universidade Federal de Pelotas, CDTec
Pelotas – RS

Lucas M. Tortelli

Universidade Federal de Pelotas, CDTec
Pelotas – RS

Marilton S. Aguiar

Universidade Federal de Pelotas, CDTec
Pelotas – RS

Aline B. Loreto

Universidade Federal de Santa Maria, UFSM
Cachoeira do Sul – RS

ABSTRACT: The general objective of this work is the proposal of an interval extension for convolutional neural networks and the analysis of their application in interval digital images in the context of pattern recognition in images, aiming for high accuracy and reliability in the results. We adopt an intervalal convolutional neural network with the purpose of controlling and automating the numerical error analysis, where the layers that compose the neural network by convolution are represented by equivalent operations through intervals.

KEYWORDS: Statistical indicators, interval arithmetic, intervals, Python.

RESUMO: O objetivo geral deste trabalho é a proposta de uma extensão intervalar para redes neurais convolucionais e a análise de sua aplicação em imagens digitais intervalares no contexto de reconhecimento de padrões em imagens, visando alta exatidão e confiabilidade nos resultados. Adota-se uma rede neural convolucional intervalar com propósito de controlar e automatizar a análise do erro numérico, onde as camadas que compõem a rede neural por convolução são representadas por operações equivalentes através de intervalos.

PALAVRAS-CHAVE: Indicadores estatísticos, aritmética intervalar, intervalos, Python.

1 | INTRODUÇÃO

Na computação científica existem dois problemas conhecidos que são o truncamento e o arredondamento, causados pela discretização ao se usar ponto flutuante na representação numérica nas operações computacionais. Uma solução de controle de erro pode ser encontrada com o uso da matemática intervalar.

Redes neurais, em particular as por convolução, pertencem a uma classe de algoritmos de aprendizagem de máquina capazes de aperfeiçoar com eficácia o mapeamento entre pares de blocos da imagem e generalizar a predição além do conjunto de

exemplos de fornecidos. A composição de uma Rede Neural por Convolução é feita através de camadas, em que nessas é realizado o processamento sobre a imagem para extração de suas características. Este processamento requer grande número de operações aritméticas sobre cada pixel existente na imagem e, por isso, pode acarretar uma maior propagação de erros durante o processo de convolução. Desta maneira utiliza-se as redes neurais por convolução intervalar (CNN-Int) (Tortelli 2016) que consistem na extensão intervalar de uma rede neural por convolução (CNN) convencional. Visando desta maneira controlar rigorosamente o erro propagado.

Tem-se como finalidade, neste trabalho, a utilização de uma CNN-Int, com Imagens Intervalares conforme proposta de Lyra (2003), visando controlar a propagação do erro numérico gerado durante todo o processo e obter resultados com maior exatidão. O processamento de imagens intervalares, segundo Cruz et al (2010), tem se mostrado uma ferramenta poderosa na análise e controle de erros no processamento tradicional de imagens.

O referente estudo tem por objetivo geral propor uma extensão intervalar para redes neurais convolucionais e analisar sua aplicação em imagens digitais intervalares no contexto de reconhecimento de padrões em imagens. Também busca analisar se houve melhora na precisão e na classificação desta rede.

2 | PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS

Entende-se por processamento de imagens digitais o tratamento exercido sobre a imagem, com intuito de obter informações desta ou realizar alterações sobre esta. Uma imagem pode ser obtida ou gerada por diversos meios, como câmeras digitais, aparelhos de ultrassom, microscópio eletrônico e computadores. Uma imagem digital é composta por um número finito de elementos e cada um possui uma localização e valor próprio. Estes são conhecidos por *pixels* ou *picture elements* ou *image elements* ou *pels* [Gonzalez 2007].

O processamento digital de imagens engloba uma longa variedade de campos de aplicação, como no processamento e interpretação de imagens captadas por satélites, que podem ser usadas em geoprocessamento, meteorologia, geografia, entre outros. Na medicina, utilizam-se imagens para diagnóstico oriundas, por exemplo, de Raio X [Marques Filho 1999]. Também se pode considerar o uso em detecções de faces ou objetos, na biometria, entre várias outras possíveis aplicações passíveis ao processamento de imagens digitais, bem como na classificação de imagens em redes neurais convolucionais artificiais [Lecun et al 2015].

[210; 215]	[20; 25]	[210; 215]	...
[210; 215]	[20; 25]	[210; 215]	...
[210; 215]	[20; 25]	[210; 215]	...
[210; 215]	[20; 25]	[210; 215]	...
[210; 215]	[20; 25]	[210; 215]	...
[210; 215]	[20; 25]	[210; 215]	...
...

Figura 1 – Possível representação de pixels em imagem digital intervalar

Cada pixel, em uma imagem digital, pode representar um intervalo matemático natural. Isto ocorre em decorrência da variação das condições de captura e tratamento da imagem, como: iluminação ambiental, reflectância dos objetos, regulagem de aparelhos, software utilizado no tratamento, etc [Lyra et al 2003].

Para minimizar a perda de dados, Lyra et al (2003) introduziram em seu trabalho uma abordagem baseada na matemática intervalar, de controle de informações e possíveis erros no momento de captura e processamento, desenvolvendo técnicas e conceitos matemáticos que deram suporte a sua teoria [Ribeiro; Lyra 2004]. No processo de discretização de imagens contínuas para imagens digitais, discretas, podem surgir erros. Isto pode levar a incertezas com relação à intensidade de brilho dos pixels da imagem, causando importantes perdas de informações para aplicações que necessitem de precisão na análise da imagem [Cruz 2008].

Lyra et al (2004) afirmam que a matemática intervalar por sua vez, traz uma melhoria através de sua representação de pixels de forma contínua (um intervalo é um espaço contínuo), com a certeza do valor atribuído ao pixel estar contido no intervalo tão grande quanto desejado, muitas vezes não viável de ser computado.

3 I REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

Segundo Haykin (2001), uma rede neural é uma máquina que é projetada para modelar a maneira como o cérebro realiza uma tarefa particular ou função de interesse. Há toda uma classe de redes neurais artificiais que executam computação útil através de um processo de aprendizagem.

As redes neurais possuem a capacidade de aprenderem por exemplos e depois serem capazes de generalizar, predizendo saídas a entradas ainda não testadas. O aprender, o conhecimento adquirido, por assim dizer, está armazenado nos valores das conexões sinápticas. São geralmente utilizadas na solução de problemas complexos e em sua execução podem exigir alto dispêndio de tempo, processamento e consumo de memória, especialmente no período de treinamento (Souza 2012).

As redes convolutivas são um tipo particular de redes neurais artificiais, que são

do tipo *feedforward*¹. Além disso, este tipo de rede possui conexões locais, pesos compartilhados e uso de várias camadas, sua estrutura é uma série de estágios de convolução, *feature maps* e *pooling* [Lecun et al. 2015]. Por convolução entende-se como o processo que calcula a intensidade do pixel em função da intensidade dos seus vizinhos (Tortelli, 2016, p. 43).

A camada de *pooling* ou subamostragem faz a diminuição do tamanho de representação espacial da imagem de entrada ou dos mapas de características (Tortelli 2016). Desde 2000 estas redes têm sido aplicadas com grande sucesso para a detecção, segmentação e reconhecimento de objetos e regiões em imagens (Lecun et al 2015).

4 | REDES NEURAS CONVOLUCIONAIS INTERVALARES COM IMAGENS INTERVALARES

A imagem intervalar é adquirida através do processamento de imagens convencionais, visto que não há equipamentos que as possam fornecer diretamente. O método utilizado neste trabalho se baseia na vizinhança de 8 (N8) e na vizinhança de 4 (N4) dos pixels, como Lyra (2003) sugeriu em seu trabalho, porém com diferenças no cálculo do novo pixel intervalar da imagem.

Aqui se propõe, para a obtenção de uma imagem intervalar, calcular as distâncias entre o pixel e sua vizinhança de 8 ou de 4, e obter o novo pixel intervalar conforme Eq.(1).

$$p' = \left[p - \frac{d}{2}; p + \frac{d}{2} \right] \quad (1)$$

onde p é a representação do pixel, d consiste no menor diâmetro da vizinhança analisada e p' é o pixel intervalar obtido.

Em caso de todos os vizinhos possuírem a mesma distância do pixel observado e esta for nula, tem-se o pixel intervalar pontual ou degenerado.

A rede proposta é composta por duas camadas de convolução, intermediadas por uma camada de *pooling* e seguidas por uma camada totalmente conectada, que compatibiliza os dados, adequando os mapas de características intervalares gerados e sua inserção em uma rede convencional *perceptron* de multicamadas (MLP – do inglês, *Multilayer Perceptron*), como pode ser observado na Figura 2.

¹ Em uma rede *feedforward*, cada camada se conecta à próxima camada, porém não há caminho de volta.

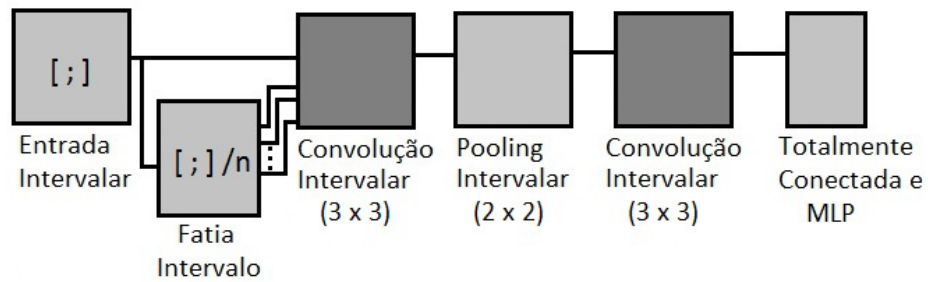


Figura 2 – Estrutura de rede CNN intervalar proposta

São utilizadas neste trabalho o diâmetro (Eq. 2), o erro absoluto (Eq. 3) e o desvio padrão (Eq. 4) como medidas de qualidade para a aritmética intervalar.

$$\text{Diâmetro}(X) = w(X) = \bar{x} - \underline{x} \quad (2)$$

$$\text{ErroAbsoluto} = |x - m(X)| < \frac{w(X)}{2} \quad (3)$$

Onde X é a representação intervalar do valor real x e $m(X)$ representa o ponto médio do intervalo X .

$$Dp = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (4)$$

Onde \bar{x} é a média aritmética da série, n é o tamanho da amostra, x_i é dado da série.

5 | RESULTADOS

Os testes foram realizados em duas etapas: para verificação da exatidão numérica, exibindo o controle do erro e para verificação dos acertos na classificação final, quando é inserida a ideia de fatiar a imagem intervalar para a geração de mais imagens convencionais e possível melhoria nos resultados nesta classificação. Este fatiamento só é possível pelo uso de imagens intervalares, pois aumenta a representatividade, e torna possível, através de um espaço contínuo, gerar novos segmentos de uma mesma imagem. Para a simulação de execução da rede foram utilizadas um total de 559 imagens no formato PNG, monocromáticas e com resolução espacial de 66x72, aplicando-se vizinhança de 8 e vizinhança de 4 para a geração de cada imagem de forma intervalar. Estas imagens estão agrupadas em três classes distintas: Carros (247), Mãos (160) e Prédios (152).

Para a representação de resultados de exatidão numérica da rede neural por convolução intervalar (Figura 2) foram realizadas primeiramente apenas execuções com valores reais, tanto em imagens quanto em filtros, com a finalidade de obter dados

sobre cada pixel dos *features maps* produzidos. Então foi simulada a implementação com valores intervalares, desde a imagem até os filtros das convoluções, com os mesmos parâmetros da execução real, para a obtenção de informação para o cálculo do erro absoluto que será um indicador de qualidade neste trabalho.

A Figura 3 apresenta os resultados de exatidão numérica obtidos até o momento neste trabalho, com imagens intervalares geradas por vizinhança de 8 na rede por convolução intervalar, onde a Figura 3(a) representa a diferença entre o valor real e o intervalo e a Figura 3(b) corresponde ao erro do intervalo gerado em cada camada de convolução.

	Erro Médio Absoluto	Desvio Padrão
Convolução 1	$4,43 \times 10^{-2} < 1,5$	$9,47 \times 10^{-2} < 0,51946258$
Convolução 2	$3,52 \times 10^{-2} < 1,247260$	$7,43 \times 10^{-2} < 0,42328541$

Tabela 1 – Erro médio absoluto após as operações de convolução em imagens intervalares geradas por vizinhança de 8.

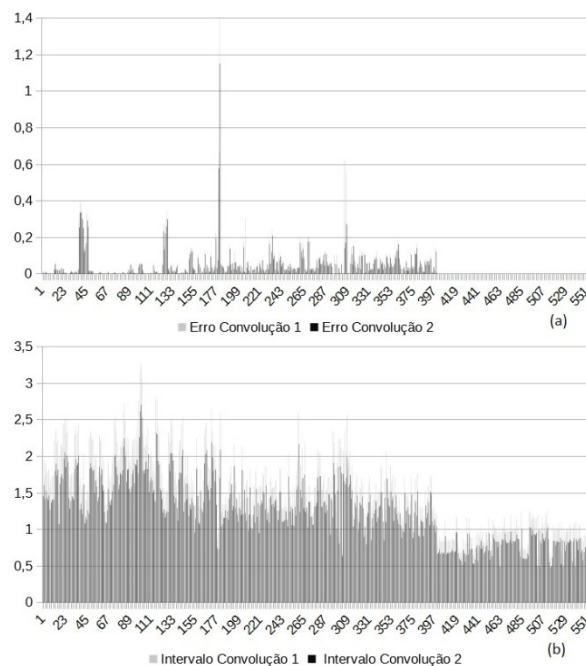


Figura 3 – Gráfico do Erro Médio Absoluto onde (a) Erro do valor real em relação ao seu intervalo e (b) Erro do intervalo solução, de imagens geradas por vizinhança de 8.

A Tabela 1 apresenta a média dos resultados de cálculo de erro absoluto obtidas na execução da rede com imagens intervalares e o desvio padrão percebido neste erro.

Observando-se a Tabela 1 nota-se que os valores médios do erro absoluto diminuíram da convolução 1 para a convolução 2, bem como o diâmetro dos seus intervalos e respectivos desvios padrões das imagens geradas por vizinhança de 8.

A Figura 4 apresenta o resultado deste trabalho, em relação ao controle de erro,

com imagens intervalares geradas por vizinhança de 4 como entrada da rede por convolução intervalar.

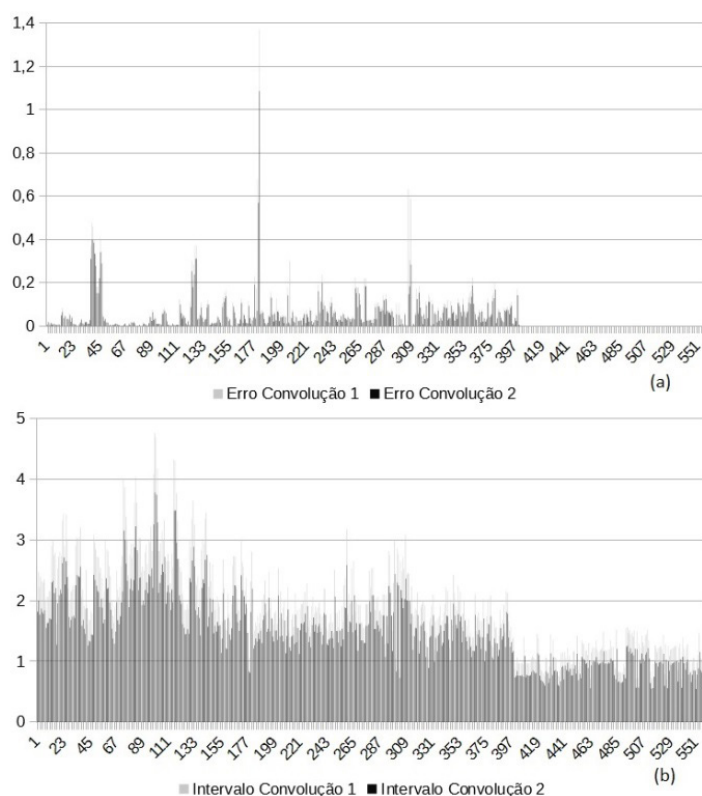


Figura 4 - Gráfico do Erro Médio Absoluto onde (a) Erro do valor real em relação ao seu intervalo e (b) Erro do intervalo solução, de imagens geradas por vizinhança de 4.

Na figura 4(a) pode-se perceber que o valor médio do erro absoluto de algumas imagens foi ínfimo, não sendo visíveis no gráfico. Nos dois gráficos também se observa uma diminuição neste erro e no diâmetro na passagem da convolução 1 para a convolução 2. Salienta-se que estes resultados ocorrem devido ao conjunto de entrada utilizado na segunda camada de convolução já conter um controle rigoroso do erro propagado, sendo assim os valores contêm maior exatidão e confiabilidade.

A Tabela 2 apresenta os resultados de exatidão numérica da rede com entrada de imagens intervalares geradas por vizinhança de 4. Observa-se também na Tabela 2 a diminuição do erro médio absoluto de uma convolução para outra e estes respeitam o critério de qualidade referente ao tamanho do diâmetro do intervalo.

	Erro Médio Absoluto	Desvio Padrão
Convolução 1	$5,10 \times 10^{-2} < 1,87$	$0,09946876 < 0,72971580$
Convolução 2	$3,98 \times 10^{-2} < 1,50523156$	$0,07634868 < 0,57627798$

Tabela 2 – Erro médio absoluto após as operações de convolução em imagens intervalares geradas por vizinhança de 4.

A Figura 5 juntamente com a Tabela 3 apresentam os resultados de qualidade de

classificação obtidos pela rede, não mais focando na precisão numérica ou controle de erro. Para isso, foi incluída a ideia de fatiamento da imagem intervalar de entrada, buscando aumentar a qualidade da classificação. Tem-se a imagem fatiada por 1 (não fatiada), a imagem fatiada por 3 e fatiada por 6 e suas respectivas médias de acerto nas classificações.

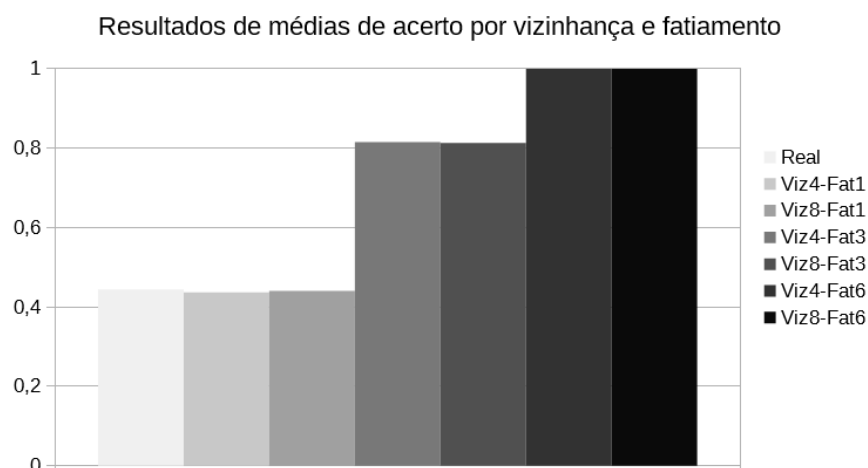


Figura 5 – Médias de classificação

A Tabela 3 apresenta as médias de acertos da rede e respectivo desvio padrão, considerando forma de geração da imagem intervalar e quantidades de fatias geradas a partir delas.

	Média de Acertos	Desvio Padrão
Real	44,44 %	2,33 %
Viz8-Fat1	44,05 %	2,16 %
Viz4-Fat1	43,65 %	2,44 %
Viz8-Fat3	81,35 %	1,87 %
Viz4-Fat3	81,55 %	1,73 %
Viz8-Fat6	100 %	0 %
Viz4-Fat6	100 %	0 %

Tabela 3 – Médias de Classificação

Pode-se perceber considerando que as operações sobre as imagens geradas por vizinhança de 4 e de 8, respeitando o respectivo fatiamento, obtiveram valores próximos com relação a corretude na classificação. Porém considera-se que as operações de classificação sobre imagens geradas por vizinhança de 4 e fatiadas em 3 partes

obtiveram um melhor resultado de classificação neste momento, desconsiderando o resultado das fatiadas por 6.

6 | CONCLUSÕES

O uso da matemática intervalar garante o controle do erro no processamento efetuado nas convoluções da rede neural intervalar. Verifica-se que com o fatiamento das imagens intervalares na entrada da rede obteve-se uma melhor qualidade na classificação das imagens. Pode-se observar que o erro médio diminuiu de uma convolução para outra, assim como o desvio padrão, tanto com imagens geradas por vizinhança de 8 como por vizinhança de 4.

Os resultados preliminares sugerem a ocorrência de *overfitting* quando realizado o fatiamento por 6, que poderá ser melhor entendido na sequência deste trabalho pois será realizada validação cruzada. Percebe-se também que a média de acertos com vizinhança de 4 e fatiamento por 3 foi melhor que no equivalente de vizinhança de 8. Ainda como seguimento deste trabalho pretende-se introduzir a ideia de *Image Augmentation*, de aumento nos dados, neste caso imagens, para buscar ainda uma maior qualidade de classificação da rede.

REFERÊNCIAS

CRUZ, M.M.C.; SANTIAGO, R.H.N.; BEDREGAL, E.R.C.; DORIA NETO, A.D.D. **Um modelo intervalar aplicado à Morfologia matemática**. In: *XXXIII Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional*, Águas de Lindóia, SP. Anais... SBMAC 2010, p.123-129, 2010.

CRUZ, M.M.C. **“Uma Fundamentação Intervalar Aplicada à Morfologia Matemática.”** 128 f. Tese (Doutorado em Ciências), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Computação. UFRN, Natal, 2008.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **“Digital Image Processing”**. 3rd ed. Pearson – Prentice Hall. 976P, 2007.

HAYKIN, S. **“Redes Neurais: princípios e prática”**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman,. 2001

LECUN, Y.; BENGIO, Y.; HINTON, G. **Deep learning**. *Nature*, New York, v.521, n.14539, p. 436 – 444, 2015.

LYRA, A. (2003) **“Uma fundamentação matemática para o processamento de imagens digitais intervalares”**. 183f. Tese (Doutorado em Ciências) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, UFRN, Natal, 2003.

LYRA, A.; BEDREGAL, B.R.C.; DORIA NETO, A.D.; BEDREGAL, B.R.C. **The Interval Digital Images Processing**. *WSEAS Trans. on Circ. and Syst.*, v. 3, n. 2, p. 229-233, 2004.

LYRA, A.; RIBEIRO, A.G.S.; BEDREGAL, B.R.C.; DORIA NETO, A.D. **Um aplicativo computacional sob as Imagens Digitais Intervalares**. In: XXVI Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional, São José do Rio Preto. Anais...p.93,2003.

MARQUES FILHO, O e NETO, H. V. “**Processamento digital de imagens**”. Rio de Janeiro: Brasport. 307P, 1999.

MOORE, R. E. “**Interval Analysis**”. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1966.

RIBEIRO, A G S; LYRA, A. PDI – **Processamento digital de imagens intervalares: Criação e tratamento de imagens intervalares**. In: *XXVII CNMAC*, 2004, Porto Alegre, RS. Anais... p.497,2004.

SOUZA, F. A. A. “**Análise e desempenho da rede neural artificial do tipo multilayer perceptron na era multicore**”. 49f. Dissertação (Mestrado em Ciências) Programa de Pós-Graduação em Eng. Elétrica e de Computação. UFRN. Natal, 2012.

TORTELLI, L. M. “**Extensão intervalar aplicado em redes neurais por convolução**”. Monografia (Bacharelado em Ciências da Computação) – CDTec – UFPel, 2016.

SOBRE OS ORGANIZADORES

JORGE GONZÁLEZ AGUILERA Engenheiro Agrônomo (Instituto Superior de Ciências Agrícolas de Bayamo (ISCA-B) hoje Universidad de Granma (UG)), Especialista em Biotecnologia pela Universidadde Oriente (UO), CUBA (2002), Mestre em Fitotecnia (UFV/2007) e Doutorado em Genética e Melhoramento (UFV/2011). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no Campus Chapadão do Sul. Têm experiência na área de melhoramento de plantas e aplicação de campos magnéticos na agricultura, com especialização em Biotecnologia Vegetal, atuando principalmente nos seguintes temas: pre-melhoramento, fitotecnia e cultivo de hortaliças, estudo de fontes de resistência para estres abiótico e biótico, marcadores moleculares, associação de características e adaptação e obtenção de vitroplantas. Tem experiência na multiplicação “on farm” de insumos biológicos (fungos em suporte sólido; Trichoderma, Beauveria e Metharrizum, assim como bactérias em suporte líquido) para o controle de doenças e insetos nas lavouras, principalmentede soja, milho e feijão. E-mail para contato: jorge.aguilera@ufms.br

ALAN MARIO ZUFFO Engenheiro Agrônomo (Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/2010), Mestre em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal do Piauí –UFPI/2013), Doutor em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal deLavras – UFLA/2016). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal doMato Grosso do Sul – UFMS no Campus Chapadão do Sul. Tem experiência naárea de Agronomia – Agricultura, com ênfase em fisiologia das plantas cultivadas e manejo da fertilidade do solo, atuando principalmente nas culturas de soja, milho, feijão, arroz, milheto, sorgo, plantas de cobertura e integração lavoura pecuária. E-mail para contato: alan_zuffo@hotmail.com

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-351-4

