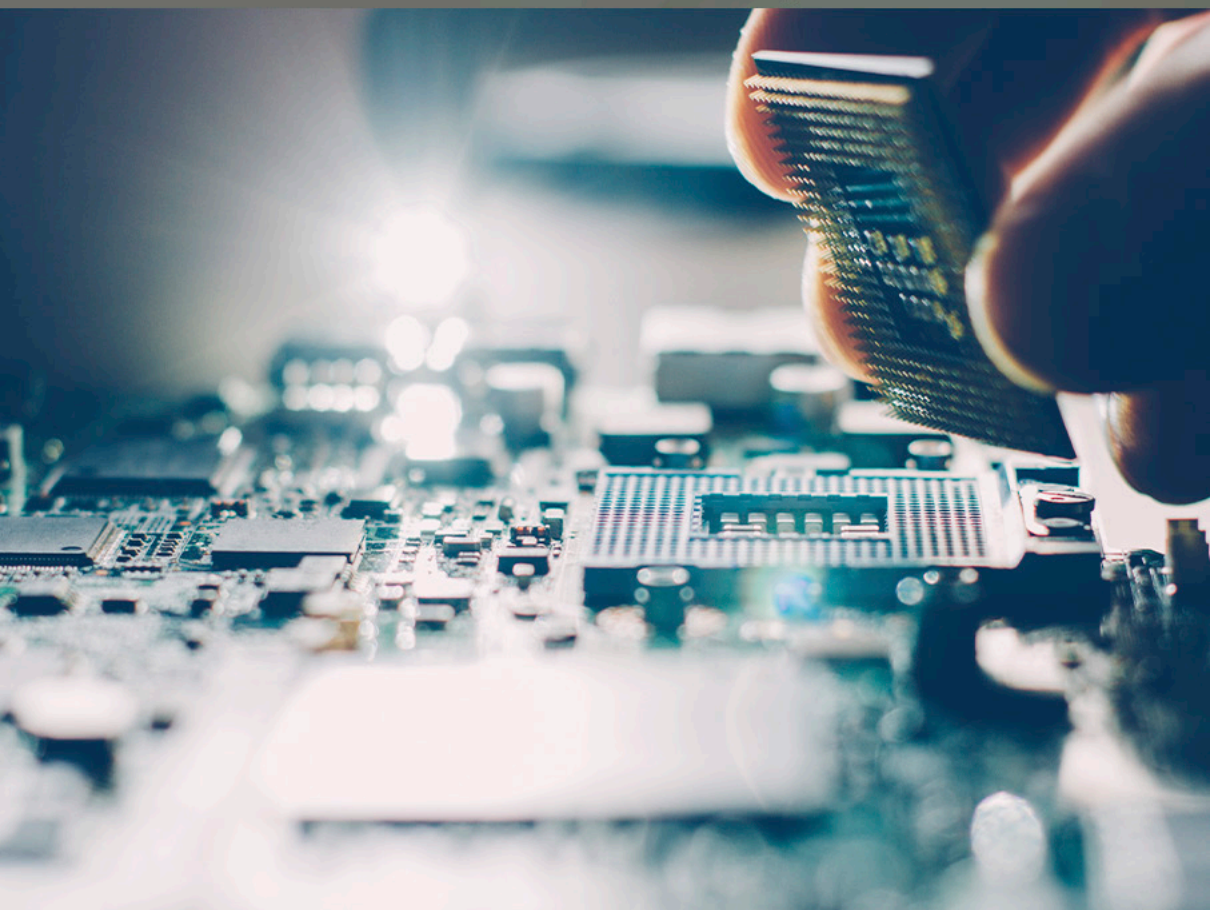


COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO 4

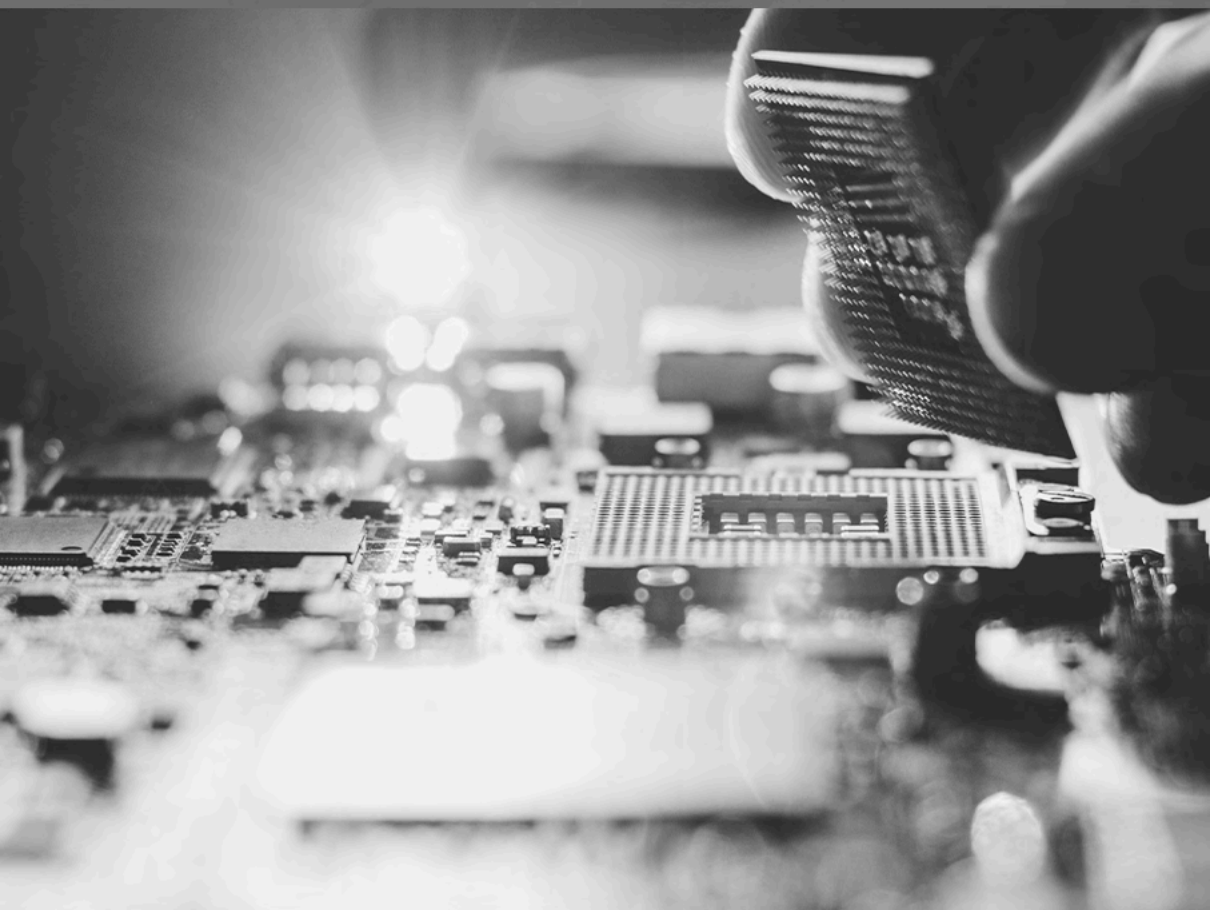


LILIAN COELHO DE FREITAS
(ORGANIZADORA)


Ano 2021

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO 4



LILIAN COELHO DE FREITAS
(ORGANIZADORA)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná



Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Coleção desafios das engenharias: engenharia de computação 4

Diagramação: Gabriel Motomu Teshima
Correção: Yaidy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadora: Lilian Coelho de Freitas

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia de computação 4 / Organizadora Lilian Coelho de Freitas. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-752-6

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.526211012>

1. Engenharia de computação. I. Freitas, Lilian Coelho de (Organizadora). II. Título.

CDD 621.39

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2021

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

A Atena Editora tem a honra de presentear o público em geral com a série de *e-books* intitulada “*Coleção desafios das engenharias: Engenharia de computação 4*”. Em seu quarto volume, esta obra apresenta várias aplicações tecnológicas da Engenharia de Computação na automação industrial, na agricultura, no setor de energias renováveis, e no mercado financeiro.

Organizado em 07 capítulos, este volume objetiva facilitar a difusão do conhecimento científico produzido em várias instituições de ensino e pesquisa do país.

Dessa forma, esta obra contribuirá para aprimoramento do conhecimento de seus leitores e servirá de base referencial para futuras investigações.

Os organizadores da Atena Editora, agradecem especialmente os autores dos diversos capítulos apresentados, parabenizam a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção deste trabalho.

Boa leitura.

Lilian Coelho de Freitas

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1


RED NEURAL ARTIFICIAL PARA EL SEGUIMIENTO DE PLANTACIONES DE ARROZ A ALTAS TEMPERATURAS

Silvia Soledad Moreno Gutiérrez

Mónica García Munguía

Yesica Zamudio Briseño

Carlos Pérez Núñez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5262110121>

CAPÍTULO 2..... 10

REDES NEURAIS USADAS NA PREVISÃO DE CURVAS CARACTERÍSTICAS DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO

Gabriel Mancini


Jose Airton Azevedo dos Santos

Hugo Andrés Ruiz Flórez

Gloria Patricia Lopez Sepúlveda

Cristiane Lionço Zeferino

Leandro Antonio Pasa


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5262110122>

CAPÍTULO 3..... 23

UMA APLICAÇÃO PARA CONTROLE DE TEMPERATURA BASEADO EM SENSORES DE BAIXO CUSTO

Ana Carolina Mariath Magalhães Corrêa e Castro

Mário Mestría


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5262110123>

CAPÍTULO 4..... 35

SISTEMA ELETRÔNICO DE RECOMENDAÇÃO AGNÓSTICO E ONLINE DE APLICAÇÃO EM FUNDOS DE INVESTIMENTOS

Antonio Newton Licciardi Junior

Paulo Henrique Barros de Moura


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5262110124>

CAPÍTULO 5..... 57

CONTROLE ADAPTATIVO PID USADO EM DOIS ELOS DE UM ROBÔ DE três GRAUS DE LIBERDADE

José Antonio Riul

Paulo Henrique de Miranda Montenegro


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5262110125>

CAPÍTULO 6..... 69

PROCESAMIENTO Y GRAFICACIÓN DE SEÑALES ELETROMIOGRÁFICAS CON

RASPBERRY-PI 2 PARA LA REHABILITACIÓN DE MUÑECA


Mario Alberto García Martínez
Daniel Ivann Arias Guevara
Ingrid Lizette Sánchez Carmona

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5262110126>

CAPÍTULO 7..... 80

COMPARAÇÃO DE APIS DE OCR PARA RECONHECIMENTO DE DÍGITOS EM IMAGENS DE MOSTRADOR DE SETE SEGMENTOS

Jonathan Ribeiro da Silva
Leandro Colombi Resendo
Jefferson Oliveira Andrade
Karin Satie Komati

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5262110127>

SOBRE A ORGANIZADORA 93

ÍNDICE REMISSIVO..... 94

CAPÍTULO 1

RED NEURAL ARTIFICIAL PARA EL SEGUIMIENTO DE PLANTACIONES DE ARROZ A ALTAS TEMPERATURAS

Data de aceite: 01/12/2021

Data de submissão: 03/09/2021

Silvia Soledad Moreno Gutiérrez

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Pachuca Hidalgo, México
<https://orcid.org/0000-0002-8957-3707>

Mónica García Munguía

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Tlahuelilpan Hidalgo, México
<https://orcid.org/0000-0002-0507-3933>

Yesica Zamudio Briseño

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Tlahuelilpan Hidalgo, México

Carlos Pérez Núñez

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Tlahuelilpan Hidalgo, México

RESUMEN: El arroz en el mundo es un cultivo básico para los seres humanos, por su alto consumo en la dieta diaria representa impacto importante para la seguridad alimentaria, por ello, es prioritario mantener niveles suficientes de producción de este cultivo, sin embargo, ante la presencia del cambio climático esta tarea es cada vez más complicada. Por lo anterior, el trabajo desarrollado consiste en una red neuronal artificial de tipo Adaline para supervisar el cultivo de arroz en dos etapas iniciales de desarrollo y predecir la presencia de anomalías ocasionadas por altas temperaturas, la red logró una precisión mayor al 97% por lo que se considera adecuada.

La propuesta ofrece al agricultor información de apoyo a la toma de decisiones y con ello a la reducción de pérdidas.

PALABRAS CLAVE: Cambio climático, cereal básico, daño a cultivo, redes neuronales artificiales.

ARTIFICIAL NEURAL NETWORK FOR MONITORING RICE CULTIVATION AT HIGH TEMPERATURES

ABSTRACT: Rice in the world is a basic crop for human beings, due to its high consumption in the daily diet represents an important impact for food security, therefore, it is a priority to maintain sufficient levels of production of this crop, however, in the presence of climate change this task is increasingly complicated. Therefore, the work developed consists of an artificial neural network of the Adaline type to supervise the rice crop in two initial stages of development and predict the presence of anomalies caused by high temperatures, the network achieved a precision greater than 97%, therefore which is considered adequate. The proposal offers the farmer information to support decision-making and thereby reducing losses.

KEYWORDS: Climate change, basic cereal, crop damage, artificial neural networks.

REDE NEURAL ARTIFICIAL PARA MONITORAMENTO DO PLANTAÇÕES DE ARROZ EM ALTAS TEMPERATURAS

RESUMO: O arroz no mundo é uma cultura básica para o homem, devido ao seu alto

consumo na dieta diária representa um importante impacto na segurança alimentar, visto que é prioritário manter níveis suficientes de produção desta cultura, porém, antes do presença de mudanças climáticas esta tarefa torna-se cada vez mais complicada. Portanto, o trabalho realizado consiste em uma rede neural artificial do tipo Adalino para supervisionar o cultivo do arroz e os estágios iniciais de desenvolvimento e prever a presença de anomalias causadas por altas temperaturas, o logaritmo vermelho tem uma precisão superior a 97% mas considerada apropriado. A proposta oferece ao agricultor informações para subsidiar a tomada de decisões e auxiliar na redução de perdas.

PALAVRAS-CHAVE: Mudanças climáticas, cereais básicos, danos às plantações, redes neurais artificiais.

1 | INTRODUCCIÓN

En el mundo, el arroz constituye uno de los 3 cereales de mayor importancia al formar parte de la dieta básica de los seres humanos y representar más del 55 % del consumo calórico necesario. Según los pronósticos, la población será cada vez mayor al año 2050 será de 9100 millones de personas cuyas necesidades de alimentos básicos representan un incremento del 70% de la producción actual, en cuanto a requerimiento de cereal básico significará un aumento de 1000 millones de toneladas (FAO, 2016; OCDE/FAO, 2019).

El arroz es el segundo cereal más importante a nivel mundial (MINAGRI, 2009) es el alimento básico predominante en diecisiete países de Asia y el Pacífico, nueve países de América del Norte y del Sur y ocho países de África, se produce en más de 113 países, este cereal cubre 20% del suministro de energía alimentaria en el mundo (el trigo y el maíz también tienen representatividad), es alimento básico de más de la mitad de la población mundial (FAO, 2020). No obstante 90% de la producción total se realiza en países asiáticos (Tomassino, 2012), el 82% de las exportaciones a nivel global tienen como principales destinos la India, Tailandia, Vietnam, Pakistán, EE. UU y Guyana (Bernardi, 2017).

El cambio climático y sus efectos en los cultivos de arroz

Pese a la fuerte demanda de cereal en el mundo, el cambio climático (CC) hace presencia como el deterioro ambiental y el estancamiento de los rendimientos, un reto difícil de afrontar que amenaza la producción de cereales y la seguridad alimentaria mundial (FAO, 2016). El CC es principalmente caracterizado por aumento en las temperaturas y aumento en la incertidumbre de las lluvias (Rajesh., 2012); ante este fenómeno, el sector agrícola es uno de los más sensibles (Moreno-Gutiérrez et al., 2018).

El arroz es cultivable en condiciones secas y húmedas, en diferentes suelos y condiciones climáticas e hidrológicas (Bijay-Singh et al., 2017), sin embargo, la planta de arroz presenta limitaciones relacionadas con su entorno ambiental para alcanzar su potencial de rendimiento (FAO., 2003).

Los factores como la temperatura, radiación solar y el viento afectan el crecimiento

de la planta y el rendimiento del grano además de los procesos fisiológicos relacionados con la formación del grano, y el desarrollo adecuado en cada una de sus etapas, las cuales son: germinación, plántula, macollaje, elongación y engrosamiento de la vaina, espigazón, floración, estado lechoso, estado pastoso del grano y madurez (FAO, 2003).

La planta durante su desarrollo responde diferente a iguales temperaturas (Vargas, 2010), las cuales inciden sobre el macollaje, la formación de espiguillas y la maduración, cuando son bajas limitan la duración del período de desarrollo y cuando son altas causan estrés térmico. La radiación solar es fuente de energía para el proceso fotosintético y es participa en la evapotranspiración, la cual es fundamental para obtener buenos rendimientos. Los vientos fuertes también son factores que tienen efecto sobre el cultivo (FAO, 2003).

Estrategias implementadas ante las adversidades ambientales

Los modelos de simulación de crecimiento de cultivos son herramientas útiles para estudiar el impacto del CC en el crecimiento y rendimiento de cultivos diversos (Moreno-Gutiérrez et al., 2018), han sido utilizados para simular y predecir cambios en la fenología del arroz y realizan análisis estadísticos (Shuai, 2012).

El alcance de estos modelos tales como CERES – RICE and CERES - Wheat, es grande, permite realizar simulaciones y estudios, todos principalmente relacionados con la predicción del rendimiento (Akinbile, 2020). El modelo ORYZA 2000 posee funciones similares al anterior y un error menor (Soundharajan y Sudheer, 2009). El CROPSYST, el SIMRIW son ejemplos de otros modelos previamente desarrollados sin resultados sobresalientes (Horie, 1993).

A diferencia de los anteriores, el desarrollo de sistemas con técnicas de inteligencia artificial desde su aparición, ha sido permanente aceptado en el sector agrícola productor de cereal por su alta precisión y ventajas relacionadas con su alto poder de generalización y manejo de incertidumbre (Moreno-Gutiérrez et al., 2018).

Algunos de estos trabajos se mencionan. Algunos autores aplicaron regresión de árboles potenciada, regresión lineal múltiple y 4 RNA (perceptrón multicapa, red neuronal probabilística (RNP), red de feed forward generalizado y red neuronal de regresión lineal) para pronosticar el rendimiento de arroz de secano ante el CC al año 2052, la RNP superó a las otras técnicas en precisión, mientras que el funcionamiento de modelos lineales fue no satisfactorio (Zhang et al., 2019).

En otro caso revisaron 20 artículos científicos orientados a la predicción de plagas y enfermedades de cultivos con aprendizaje supervisado, se identificaron tres trabajos para cereal básico: predicción de hongo en arroz con RNA y máquina de soporte vectorial (MSV), predicción de mancha en maíz con regresión logística y predicción de roya en trigo con MSV, RNA y regresión logística. Las RNA con funciones de base radial y la MSV alcanzaron mayor precisión, es decir, porcentaje de predicciones correctas respecto al total

(Corrales et al., 2015).

Una revisión de 37 trabajos basados en técnicas de soft computing, fue realizada, de los cuales cinco están orientados a cultivos de cereal. Para trigo: un sistema de inferencia adaptativa neuro-difuso para predecir el rendimiento, un sistema de LD para identificar la idoneidad de la tierra para siembra; un AG con objetos difusos para manejo de nutrientes en planificación de arroz, eficiencia de la producción de maíz con LD y análisis envolvente de datos, optimización del Nitrógeno en cultivos de arroz con RNA. Las técnicas ofrecen amplias mejoras a la agricultura de precisión (Narwal y Nehra, 2017).

Realizaron revisión bibliográfica de 100 artículos con en técnicas de IA: sistemas expertos, RNA y lógica difusa (LD) para solución de problemáticas agrícolas en los últimos 34 años, de los cuales diez trabajos están centrados en cereales. En cultivos de trigo con RNA las propuestas buscan la clasificación de semillas, reconocimiento de características, análisis de humedad de hojas y reconocimiento de imágenes; para cultivos de maíz una propuesta para determinación de nitrógeno con LD y dos para predicción de rendimiento con RNA; dos propuestas para predecir rendimiento de arroz con RNA y una para detección de hierba (Bannerjee et al., 2018).

Revisaron 23 trabajos de modelado matemático y simulación de cultivos mediante software abordando procesos fisiológicos y ecológicos del crecimiento, de los cuales dos se enfocan en cereal: uno observa la respuesta del maíz ante dosis de Nitrógeno mediante modelo discontinuo rectilíneo, otro aborda la interacción planta-ambiente-manejo de arroz, trigo y maíz con DSSAT (Rodríguez-González et al., 2018).

Otra revisión se efectuó respecto a las técnicas de aprendizaje automático en la agricultura, en total 40 trabajos de los cuales 8 abordan cereal básico, para predecir rendimiento de trigo se creó una RNA y una MSV para arroz. Para predecir enfermedades en la planta, se desarrolló una MSV para arroz, además de 4 RNA y una MSV para trigo (Konstanticon et al., 2018).

También fueron revisados 27 trabajos con RNA y aprendizaje profundo o deep learning, técnicas de procesamiento de imágenes y aprendizaje automático para identificar enfermedades en el cultivo, nueve de ellos abordan maíz, trigo o arroz, el deep learning resultó la técnica de mayor precisión y potencial. Los autores expresaron la necesidad de intensificar el trabajo de investigación apoyado en técnicas de IA para fortalecer cultivos de cereal básico (Sapna-Nigam et al., 2020).

En la revisión, no se observó aplicación de estas alternativas en el análisis de planta de arroz en etapas de desarrollo iniciales.

2 | METODOLOGÍA

La propuesta realizada consta de dos bloques, el primero analiza el desarrollo de la planta en la fase 1 de emergencia y el segundo analiza la fase 2 de macollaje del arroz.

En ambos casos se diseñó una red neuronal artificial (RNA), las cuales se describen a continuación.

Previo a la construcción de los modelos, se analizaron las características fenológicas de la planta de arroz, al tratarse de información primordial para la construcción de la salida esperada de la red, es decir, para hacer posible el modelado fenológico de la planta y con base en él identificar las anomalías posibles en el cultivo,

Umbrales de temperatura

El cuadro 1 muestra el rango de temperatura máxima que la planta soporta, misma que, en caso de ser mayor representa un inconveniente y un momento en que la planta empieza a sufrir daño. Los datos que se describen fueron considerados para el entrenamiento de la RNA, en la identificación de posible daño.

Etapa	Temperaturamáxima (°C)
Emergencia de la plántula	25 a 30 -- 33
Macollaje	25 a 31 -- 35

Tabla 1. Temperaturas. Fuente: elaboración propia con datos de FAO (2020)

Durante la etapa de germinación, la temperatura óptima es de 20 a 35 °C, durante la emergencia es de 25 a 30 °C y en el macollaje es de 25 a 31 °C.

El trabajo abordó únicamente las 2 últimas etapas de desarrollo por su alta sensibilidad ante las temperaturas altas.

Arquitectura de la RNA

En ambos casos fue aplicado el modelo Adaline con el algoritmo de aprendizaje supervisado de Widrow y Hoff. Cada caso se construyó con 2 variables de entrada, las cuales fueron temperatura media (M) y temperatura máxima (MAX). En cuanto a variables de salida, cada RNA únicamente posee una, la cual es encargada de expresar si la planta podría presentar desarrollo desfavorable en la fase 1 o en la fase 2, respectivamente. Las redes monocapa que se mencionan se expresan en la figura 1 y figura 2.

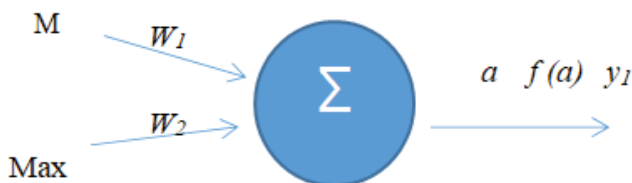


Figura 1. Fase 1. Etapa de emergencia. Elaboración propia



Figura 2. Fase 2. Etapa de macollaje. Elaboración propia

Proceso de aprendizaje o entrenamiento

Para el entrenamiento de cada RNA se utilizó un total de 11161 registros climáticos diarios que corresponden al 80% del total.

El algoritmo de Widrow y Hof aplicado se componen de los siguientes pasos:

1. Inicializar pesos (W)
2. Presentar patrón de entrada (X)
3. Calcular salida de la red (y)
4. Calcular error del patrón presentado (e)
5. Actualizar pesos
6. Repetir paso 2 al 5 para cada patrón de entrada
7. Si el error es aceptable terminar el proceso, si no, regresar al paso 2

Los cuales fueron ejecutados hasta alcanzar el nivel de error aceptable.

Validación del modelo

En cada modelo se emplearon 5554 registros climáticos diarios diferentes a los utilizados en el entrenamiento. Luego de analizar el error cercano a cero y aceptable, se consideró concluida la validación con resultados favorables, los cuales se exponen en el apartado siguiente.

Tanto la fase de entrenamiento como la de validación, se realizaron a través de código de programación desarrollado en Matlab 2017^a.

3 | COMENTARIOS FINALES

La red demostró resultados satisfactorios con los datos climáticos ingresados, demostró su capacidad de generalización al momento de validar correctamente datos diferentes a los aplicados durante el entrenamiento. Con ello, la RNA hace evidente su poder de generalización y su alta precisión (Yegnanarayana, 2009).

A continuación se expresan los hallazgos obtenidos.

4 | RESUMEN DE RESULTADOS

Como se mencionó previamente, la RNA fue validada con un total de 5554 registros climáticos recabados a través de diferentes estaciones meteorológicas ubicadas en diversos puntos y regiones del mundo.

	Registros de entrenamiento	Registros de validación	Precisión
Modelo 1	11161	5554	94.0%
Modelo 2	11161	5554	97.4%

Tabla 2. Resultados. Fuente: elaboración propia

La precisión alcanzada se consideró alta y por ello la propuesta adecuada para realizar las predicciones esperadas, de daño a la planta de arroz durante la emergencia o durante el macollaje.

5 | CONCLUSIONES

El apoyo de la tecnología al sector del cereal ante el CC, es un tema bastante estudiado como lo demuestran los trabajos disponibles que en gran medida se concentran en la predicción del rendimiento del cultivo. Al contar con información oportuna del desarrollo fenológico desde las primeras etapas del cultivo, se hace posible tomar la construcción de planes de contingencia y estrategias, así como las medidas necesarias para evitar el daño.

El uso de RNA permite a realización de análisis del desarrollo del cultivo con alta eficacia y precisión, las técnicas modernas ofrecen apoyo al sector productor de cereal y son aceptadas, su uso es cada vez más frecuente para afrontar el CC en cultivos de arroz.

Por sus resultados de validación, la propuesta es adecuada para monitorear la etapa de emergencia y macollaje del cultivo de arroz, y predecir daños posibles derivados de las altas temperaturas, derivadas en las últimas décadas por la presencia del CC.

REFERENCIAS

AKINBILE, C. O. **Crop water requirements, biomass and grain yields estimation for upland rice using CROPWAT, AQUACROP and CERES simulation models.** Agricultural Engineering International: CIGR Journal, 22: 1-20. 2020.

BANNERJEE G., U. SARKAR, S. DAS, y GHOSH. **Artificial Intelligence in Agriculture: A Literature Survey.** International Journal of Scientific Research in Computer Science Applications and Management Studies. v. 7: p.1-6. 2018.

BIJAY-SINGH and V.K. SING. **Fertilizer Management in Rice.** En B.-S. a. Sing. Rice Production

WorldWide. 2017.

Sapna-Nigam et al. (2020), F. FERNÁNDEZ, J. LIMA, R. MATEO, H. ROEL, A. **Estudio de la temperatura base, grados día acumulados y su validación en diferentes cultivares de arroz.** Asociación Cultivadores de Arroz del Uruguay. 1999.

CORRALES, D. C., CORRALES, J. C. and FIGUEROA-CASAS, A. Towards detecting crop diseases and pest by supervised learning. Ingeniería y Universidad 19: 207-228. 2015.

FAO- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación. **Guía para identificar las limitaciones de campo en la producción de arroz. Comisión internacional del arroz.** Obtenido de guía para identificar las limitaciones de campo en la producción de arroz. 2003.

FAO - Organización de las Naciones unidas para la Agricultura y la Alimentación. **Ahorrar para crecer en la práctica. Maíz, trigo y arroz. Guía para la producción sostenible de cereales.** 2016. Obtenida de <http://www.fao.org/3/a-i4009s.pdf>. Consultada en Enero 2020.

FAO - Organización de las Naciones unidas para la Agricultura y la Alimentación). **AquaCrop el modelo de productividad del agua de los cultivos.** 2020. Obtenida de <http://www.fao.org/aquacrop>.

HORIE, T. **Predicting the effects of climatic variation and elevated Co2 on rice field in japan.** Journal of Agricultural Meteorology. p.567-574. 1993.

HUSSAIN-SHARIFI R. J. HIJMANS, J. E. **Using Stage-Dependent Temperature Parameters to Improve Phenological Model Prediction Accuracy in Rice Models.** Crop Science Society of America , p.1-10. 2016.

LAL,K.K. SINGH, L.S. RATHORE, G. SRINIVASAN, S.A. SASEENDRAN. **Vulnerability of rice and wheat yields in NW India to future changes in climate.** ELSEVIER, v. 15. 1996.

MORENO-GUTIERREZ, S. S. PALACION, A. RUIZ-VANOYE, J. A. y LOPEZ, P. **Sustainable and technological strategies for basic cereal crops in the face of climate change: A literature review.** African Journal of Agricultural Research, v.13, n. 5, p. 220-227.

NARWAL S., y V. NEHRA. **A Survey on usage of Soft Computing Techniques in Crop Production.** SSRG International Journal of Agriculture & Environmental Science (SSRG-IJAES), v. 4 n. 2. 2017.

OCDE/FAO, OECD - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. **OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2019-2028.** Roma. 2019. Obtenida de <https://doi.org/10.1787/7b2e8ba3-es>. Consultada en Junio 2020.

RAJESH KUMAR MAIL, P.K. AGGARWAL. **Climate change and rice yields in diverse agro-environmentsof india. I. Evaluationof impact assessmentmodels.** Research Gate, 17. 2012.

RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ O., R. FLORIDO-BACALLAO Y M. VARELA-NUALLES. **Aplicaciones de la modelación matemática y la simulación de cultivos agrícolas en Cuba.** Cultivos Tropicales v.39: p.121-126. 2018.

SAPNA-NIGAM AND RAJNI-JAIN. **Plant disease identification using Deep Learning: A review.**

Indian Journal of Agricultural Sciences v.90. p. 249–57.2020.

SHUAI, Z. FULU, T. Modeling the response of rice phenology to climate change and variability in different climatic zones: Comparisons of five models. ELSEVIER. 2012.

SINGH, V A. K.. GOYAL, A. K. MISHRA AND S. S. PARIHAR. **Validation of CropSyst simulation model for direct seeded rice–wheat cropping system.** Current science. 2003.

SOUNDLHARAJAN, B.S. SUDHEER, K.P. **Deficit irrigation management for rice using crop growth simulation model in an optimization framework.** Paddy and Water Environment. 2009.

TOMMASINO, H. **El Mercado del arroz en los países del CAS.** 2012. Obtenido de agroindustria. gob: https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss_mercados_agropecuarios/areas/regionales/_archivos/000030_Informes/000020_Arroz/000020_El%20mercado%20del%20arroz%20en%20los%20países%20del%20CAS.pdf

VARGAS, J. **El arroz y su medio ambiente.** En J. P. Vargas, Producción eco-eficiente del arroz en América Latina. 2010.

YEGNANARAYANA, B. **Artificial neural networks.** PHI Learning Pvt. Ltd. 2009.

ZHANG, L., TRAORE, S., GE, J., LI, Y., WANG, S., ZHU, G.,... AND FIPPS, G. **Using boosted tree regression and artificial neural networks to forecast upland rice yield under climate change in Sahel.** Computers and Electronics in Agriculture, 166, 105031. 2019.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aplicativo 23, 25, 26, 28, 29, 30, 32, 33, 82, 91
Arduino 23, 25, 26, 27, 28, 32, 34, 69, 70, 71, 72, 77
Azure cognitive services 80, 81, 84

C

Cambio climático 1, 2
Cereal básico 1, 2, 3, 4
Cloudmersive 80, 81, 82, 84, 85, 88, 89, 90, 91
Comunicação sem fio 23, 24, 25
Controle Adaptativo 3, 57, 58
Controle de temperatura 3, 23, 24, 25, 30, 31, 32, 33

D

Daño a cultivo 1

E

Energia Solar Fotovoltaica 10

F

Fontes Alternativas de Energia 10
Fundos de investimento 35, 36, 37, 38, 39, 48, 54, 55

G

Google Cloud 45, 80, 81, 83, 85, 88, 89, 90, 91

I

Identificação de sistemas 57, 68
Inovação 23, 25, 32, 33

M

Modelo Computacional 10, 11, 13, 14, 16, 19, 20

O

OCR 82, 92
OCRSspace 80, 81, 82, 85, 88, 89, 90, 91

P

Perfil de investidor 35, 40, 45, 46

Placa de desenvolvimento 23, 26

Processamento de imagens 80, 82, 85, 91

R

Raspberry-Pi 4, 69, 70, 72, 74, 77, 78

Reconhecimento de texto 80, 83, 85

Redes Neurais Artificiais 2, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21

Rehabilitación de muñeca 4, 69, 70, 77

Rekognition 80, 81, 82, 84, 91

Robótica 57, 84

S

Sistema eletrônico agnóstico 35, 54

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:





ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO 4

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO 4

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br