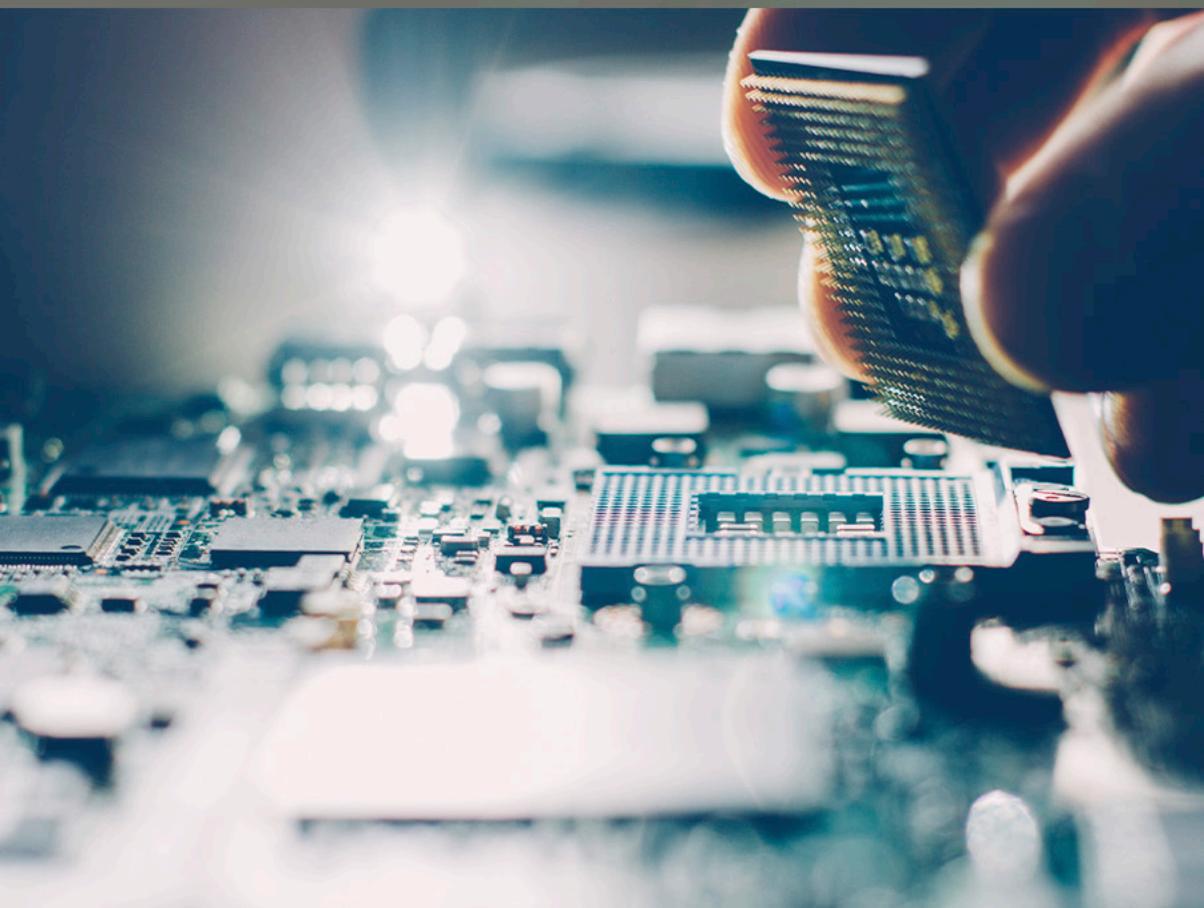


COLEÇÃO

# DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO 4

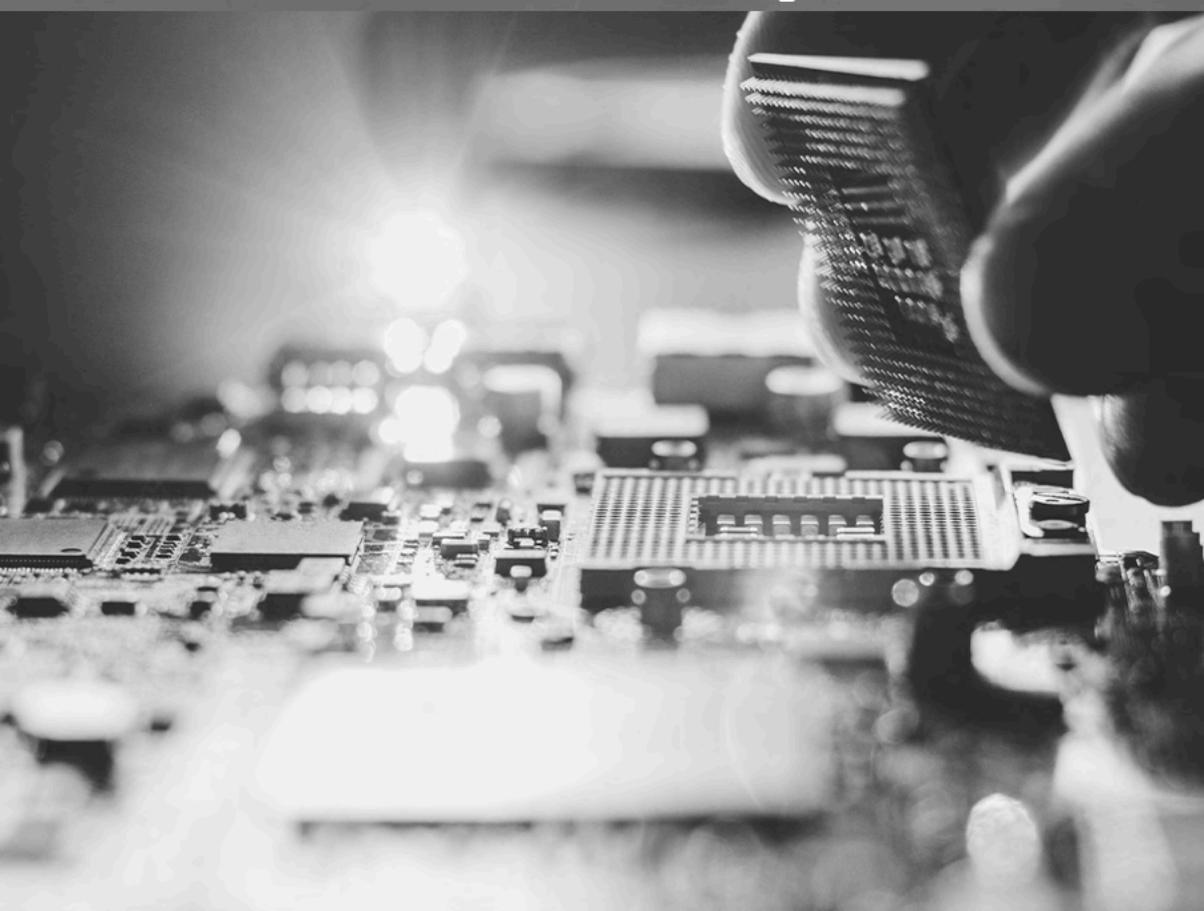


LILIAN COELHO DE FREITAS  
(ORGANIZADORA)

  
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](http://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 NEURAIAS 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 2

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

Data de aceite: 01/12/2021

### **Gabriel Mancini**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná –  
UTFPR  
Medianeira – PR  
<http://lattes.cnpq.br/3923574181707452>

### **Jose Airton Azevedo dos Santos**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná -  
UTFPR  
Medianeira – PR  
<http://lattes.cnpq.br/1208427854093144>

### **Hugo Andrés Ruiz Flórez**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná -  
UTFPR  
Medianeira – PR  
<http://lattes.cnpq.br/1231733785708599>

### **Gloria Patricia Lopez Sepúlveda**

Faculdade de Ensino Superior de São Miguel  
do Iguaçu - Uniguaçu  
São Miguel do Iguaçu – PR  
<http://lattes.cnpq.br/8402032745107959>

### **Cristiane Lionço Zeferino**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná -  
UTFPR  
Medianeira – PR  
<http://lattes.cnpq.br/0915594224998333>

### **Leandro Antonio Pasa**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná -  
UTFPR  
Medianeira – PR  
<http://lattes.cnpq.br/4095187669845473>

**RESUMO:** Os sistemas convencionais de fornecimento de energia elétrica, não são sempre a melhor opção para satisfazer as necessidades atuais dos consumidores, por isso, existe a necessidade de realizar pesquisas envolvendo a utilização de fontes alternativas de energia, dentre elas, a geração de energia solar fotovoltaica. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo implementar modelos de Redes Neurais Artificiais, baseados em resultados obtidos de um modelo matemático computacional, usado para prever as curvas características de um painel fotovoltaico. Os resultados obtidos neste trabalho indicam que as curvas características construídas, por meio de Redes Neurais Artificiais são similares às curvas geradas pelo modelo computacional.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fontes Alternativas de Energia, Energia Solar Fotovoltaica, Modelo Computacional, Redes Neurais Artificiais.

### USE OF NEURAL NETWORKS FOR PREDICTION OF CHARACTERISTIC CURVES OF A PHOTOVOLTAIC SYSTEM

**ABSTRACT:** Conventional electricity supply systems are not always the best option to satisfy the customer load requirements. Hence, there is a need to develop new studies involving the use of alternative energy sources, such as, solar photovoltaic energy generation. In this context, the present work seeks to implement models of Artificial Neural Networks based on results obtained from a computational model, used to predict the characteristic curves of a photovoltaic panel. The results obtained in this work indicate

that the characteristic curves constructed by the Artificial Neural Networks are similar to the curves generated by the computational model.

**KEYWORDS:** Alternative Energy Sources, Solar Photovoltaic Energy, Computational Model, Artificial Neural Networks.

## 1 | INTRODUÇÃO

A demanda por energia vem crescendo continuamente. Contudo, para o atendimento desta demanda, deve-se levar em consideração os efeitos negativos associados ao aumento do uso de energias não renováveis. A energia solar, alternativa ao uso destas energias, é uma energia abundante, não poluente e dispersa, o que possibilita sua utilização em locais em que não existe concorrência com fontes convencionais (SANTOS; MICHELS, 2011).

Como exemplo de fontes não renováveis de energia pode-se citar as usinas termoelétricas. Estas usinas utilizam, para produção de energia, carvão, óleo ou gás. Segundo Foster et al. (2009) contribuem para o efeito estufa, aquecimento global e para catástrofes climáticas.

O protocolo de Kyoto, cujo objetivo é fazer com que os países, que participam de tal acordo, reduzam as emissões de gases que causam o efeito estufa, é uma forma de se sugerir a utilização de fontes não poluidoras do meio ambiente, tais como, eólica, geotérmica, solar, dentre outras (ANDRADE; COSTA, 2008).

O Brasil está situado em uma zona tropical, apresenta alta incidência de radiação solar, o que torna viável o desenvolvimento de tecnologias capazes de transformar a energia solar em energia térmica, elétrica, química, mecânicas e outras (CAMARGO, 2015; PETRY et al., 2020; VICHI, 2009).

Segundo Gasparin (2009), a determinação das curvas características é essencial para determinação da qualidade dos dispositivos fotovoltaicos, além de fornecer parâmetros para dimensionamento e estimativa da geração de eletricidade.

Redes Neurais Artificiais (RNA) estão sendo aplicadas em várias áreas, tais como medicina, engenharia, física, etc. São modelos matemáticos que se assemelham às estruturas neurais biológicas e que têm capacidade computacional adquirida por meio de aprendizagem e generalização. Estes modelos utilizam, no processamento de informações, o princípio de organização de neurônios do cérebro. As redes neurais podem ser aplicadas em problemas de regressão, classificação e compactação de dados (HAYKINS, 2001; BASTIANI et. al, 2018; PINHEIRO et al, 2020).

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo implementar modelos de Redes Neurais Artificiais, baseadas em resultados obtidos de um modelo computacional, para prever as curvas características de um painel fotovoltaico localizado na região oeste paranaense.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O sistema fotovoltaico (Figura 1) foi montado nas dependências da UTFPR (Universidade Tecnológica Federal do Paraná) na cidade de Medianeira. Medianeira está localizada na Região Oeste Paranaense com 25° 17' 43" latitude Sul, 54° 05' 38" longitude Oeste e apresenta uma altitude de 500,7 metros. O sistema fotovoltaico foi instalado com dois painéis de 5 módulos. Sendo utilizado apenas dois módulos, ligados em série devido à configuração do sistema. Os equipamentos, utilizados no sistema fotovoltaico, são apresentados na Tabela 1.

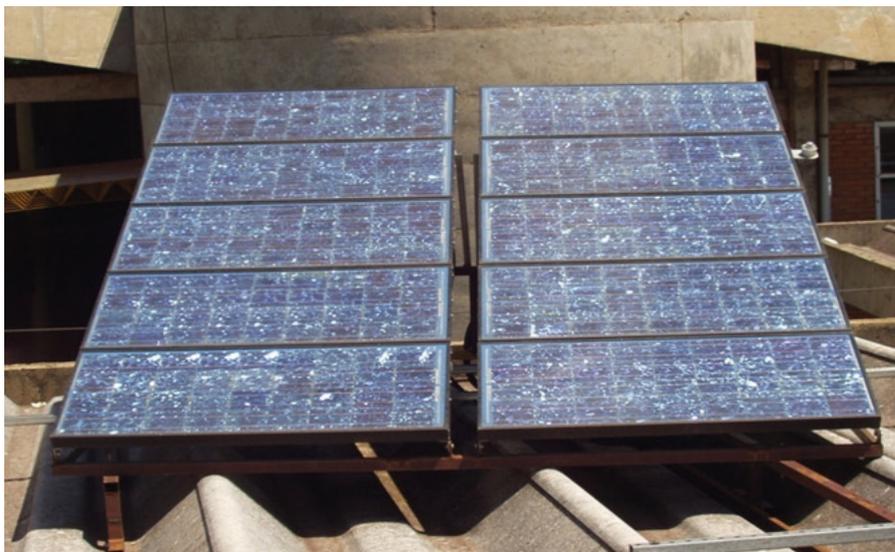


Figura 1 – Sistema Fotovoltaico

Fonte: Michels (2007)

Equipamento	Fabricante	Modelo
Painel Solar	Solarex	MSX 56
Micrologger	Campbel	CD23X
Termopar	-	K
Piranômetro	Kipp&Zonen	CM3

Fonte: Adaptada de Michels (2007)

Tabela 1 – Equipamentos

O sistema de aquisição de dados foi constituído por um “micrologger” da CAMPBELL SCIENTIFIC-INC, programado para realizar uma leitura por segundo de cada canal e armazenar: a média aritmética de cada minuto dos dados das componentes de irradiação

global na mesma inclinação do painel; a temperatura de operação do painel e a tensão e corrente do sistema fotovoltaico (MICHELS, 2007).

Os dados de temperatura de operação do painel fotovoltaico foram obtidos por um termopar do tipo K, instalado na parte de trás do mesmo (medida de temperatura do painel). Os valores de irradiação global foram obtidos por meio de um piranômetro KIPP & ZONEN (Figura 2).



Figura 2. Piranômetro

Fonte: Michels (2007)

## 2.1 Modelo computacional

O modelo computacional, implementado neste trabalho para descrever a célula solar, foi baseado no circuito equivalente do modelo de 1 diodo (Figura 3) (BELARBI et al., 2013).

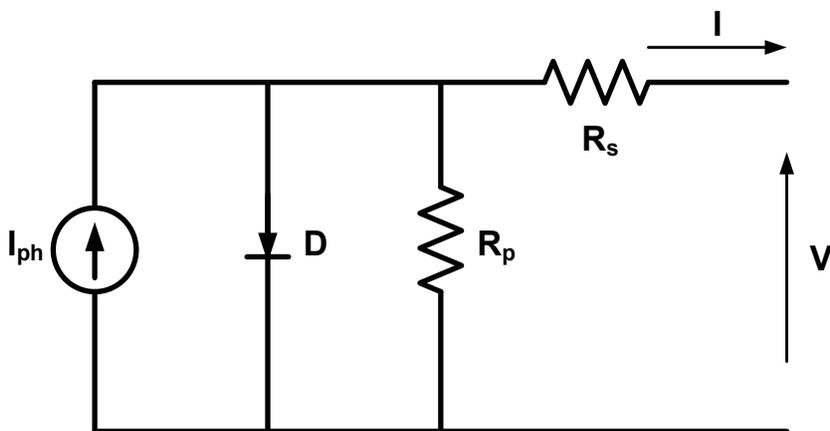


Figura 3. Modelo de um diodo

Fonte: Surichaqui et al. (2015).

Neste modelo a relação entre a tensão ( $V$ ) e a corrente ( $I$ ) é dada por:

$$I = I_{ph} - I_s \left( e^{\left( \frac{q(V + R_s I)}{\alpha k T} \right)} - 1 \right) - \frac{V + R_s I}{R_p} \quad (1)$$

Onde:

- é a resistência série da célula ( $\Omega$ );
- é a resistência *shunt* ( $\Omega$ );
- é o parâmetro do diodo ( $\alpha \approx 1.2$ );
- é a temperatura da célula ( $K$ );
- é a carga de um elétron ( $1.602 \times 10^{-19} C$ );
- é a constante de Boltzmann ( $1.3854 \times 10^{-23} JK^{-1}$ );
- é a corrente gerada pela radiação luminosa ( $A$ );
- é a corrente de saturação ( $A$ ).

Para resolução da Eq.(1) deve-se determinar os parâmetros  $I_{ph}$ ,  $I_s$ ,  $R_s$  e  $R_p$  a partir de dados de catálogos, fornecidos pelos fabricantes dos módulos. Sendo, geralmente: tensão de circuito aberto ( $V_{oc}$ ); corrente de curto-circuito ( $I_{sc}$ ); tensão no ponto de máxima potência ( $V_{MP}$ ) e corrente no ponto de máxima potência ( $I_{MP}$ ). Para maiores detalhes da modelagem matemática destes parâmetros, ver Belarbi et al. (2013).

## 2.2 Redes neurais artificiais

Os dados gerados, pelo modelo computacional, são utilizados para o treinamento das Redes Neurais Artificiais. Na Figura 4 apresentam-se os vetores utilizados para

armazenar os dados de entrada e saída da rede. Observa-se que, neste trabalho, utiliza-se aprendizagem supervisionada. Na aprendizagem supervisionada indica-se a resposta desejada para o padrão de entrada. Grifado em vermelho tem-se os vetores de entrada (Temperatura e Irradiância) e de saída, em amarelo, (Corrente e Tensão). Observa-se também que, como vetor de entrada, tem-se também o vetor de teste. Utilizado para testar os resultados obtidos das Redes Neurais Artificiais.

```
input_treinamento = [T(1:200) ; G(1:200)]
input_teste = [T(150:200) ; G(150:200)]
```

```
output_treinoC = dados_C(1:150)
output_treinoT = dados_T(1:150)
```

Figura 4. Vetores para treinamento e teste das Redes Neurais

Fonte: Autoria própria

Neste trabalho foram treinadas duas Redes Neurais Artificiais: *network1* e *network2*. Com saídas de Corrente (*network1*) e Tensão (*network2*), como mostrado na Figura 5.

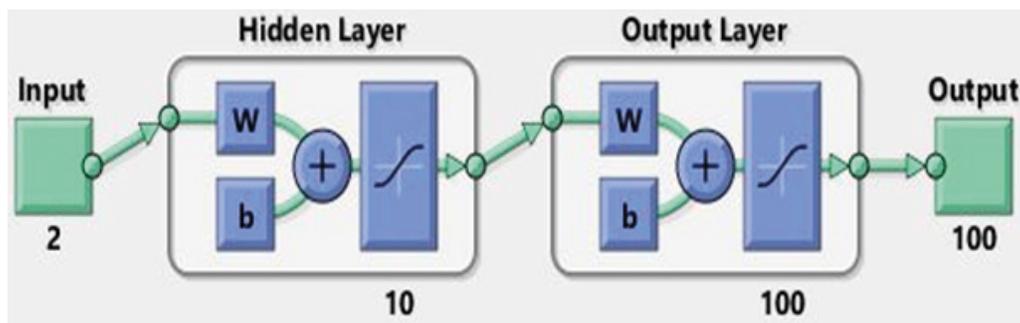


Figura 5. Arquitetura das redes

Fonte: Autoria própria.

Observa-se, da arquitetura apresentada na Figura 5, que as redes apresentam duas entradas e cem saídas. O número de neurônios, da camada oculta, foi igual a dez e a função de ativação utilizada foi a TANSIG.

## 2.3 Métricas

As métricas utilizadas, neste trabalho, para avaliar a performance da rede neural

foram (CANKURT; SUBASI, 2015):

**Correlation Coefficient (R):** Mede o grau de associação linear entre os dados previstos e observados. Quanto maior, mais explicativo é o modelo. O coeficiente de correlação é um indicador relativo do grau de ajustamento para modelos não lineares, com amplitude entre -1 e 1, e quanto mais próximo de 1 melhor é o ajuste.

**Mean Squared Error (MSE):** É uma forma de avaliar a diferença entre um estimador e o verdadeiro valor da quantidade estimada.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos do modelo computacional, implementado neste trabalho, e das redes neurais artificiais construídas por meio dos conjuntos de dados gerados por este modelo.

#### 3.1 Resultados do Modelo computacional

A Figura 6 apresenta as curvas da corrente em função da tensão ( $I \times V$ ) e da potência em função da tensão ( $P \times V$ ), obtidas em campo na cidade de Medianeira/PR, para uma temperatura  $T = 35^\circ C$  e uma irradiação  $G = 1000 Wm^2$ .

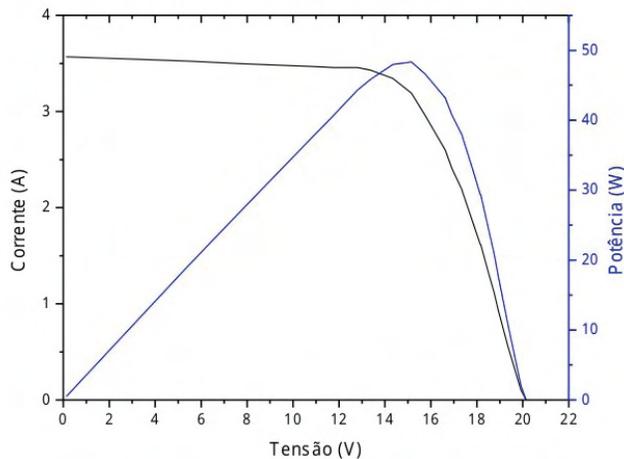


Figura 6. Curvas reais

Fonte: Autoria própria.

Na Figura 7 têm-se as curvas ( $I \times V$ ) e ( $P \times V$ ), obtidas de simulação através do modelo proposto por Belarbi (2013), implementado neste trabalho, para os mesmos valores de temperatura e irradiação solar.

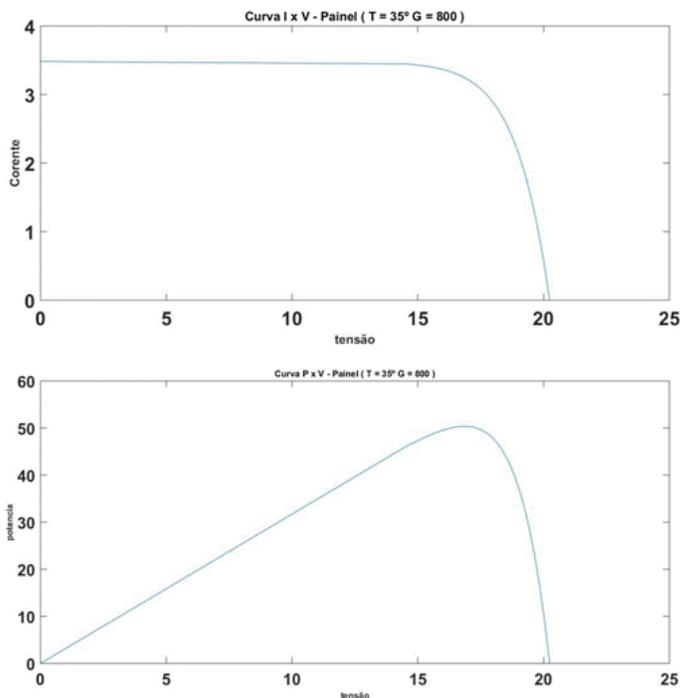


Figura 7. Curvas geradas pelo modelo

Fonte: Autoria própria

Observa-se, por meio dos gráficos apresentados nas Figuras 6 e 7, que as curvas obtidas de simulação, para as condições avaliadas neste trabalho, apresentam similaridades com as curvas obtidas em campo.

### 3.2 Redes neurais artificiais - Resultados

Na Tabela 1 apresentam-se as correlações (R), entre os valores previstos e observados, para os conjuntos de treinamento, validação e teste para as duas redes neurais analisadas.

R	Treinamento	Validação	Teste
<i>Network1</i>	0.954	0.964	0.965
<i>Network2</i>	0.982	0.988	0.989

Tabela 1. Correlação – treinamento, validação e teste

Fonte: Autoria própria

Pode-se observar da Tabela 1 que coeficientes de correlação estão acima de 95%, portanto existe um bom ajuste das redes para as etapas de treinamento, validação e teste.

O gráfico, na Figura 8, mostra as medidas do erro médio (*Mean Square Error*) ao longo das iterações (*Epochs*) durante o treino das redes *network1* (937 *epochs*) e *network2* (768 *epochs*). É possível identificar que o erro médio dos dados de treino, validação e teste tem uma boa convergência para as redes, indicando que o conhecimento é transmitido gradativamente às RNAs ao longo do treinamento.

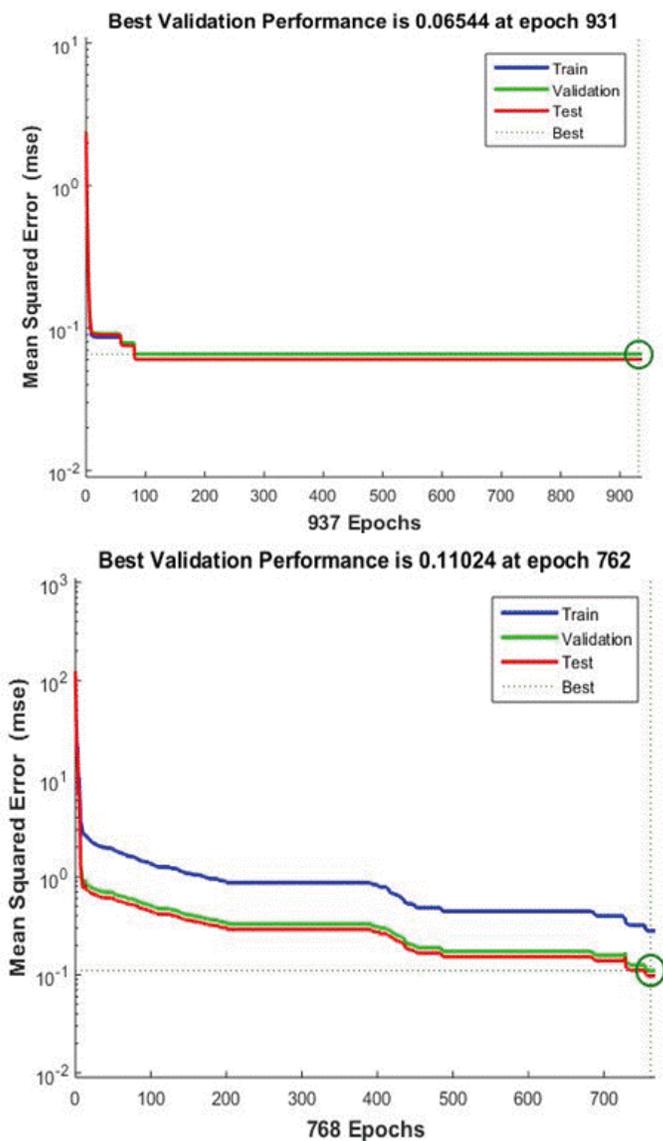


Figura 8. Performance das redes

Fonte: Autoria própria

Nas Figuras 9 e 10 apresentam-se as comparações entre as curvas I x V e P x V geradas pelo modelo computacional e pelas Redes Neurais Artificiais, para as temperaturas de 27.38, 30.80, 34.22 e 38.06 °C e irradiâncias de 700, 715, 729, 745 e 762  $Wm^2$ .

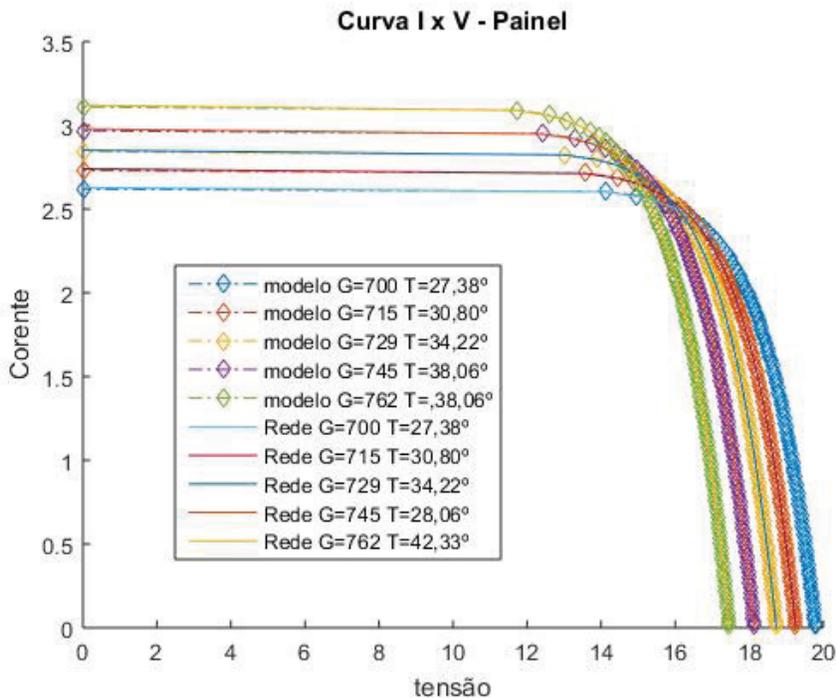


Figura 9. Curvas – Modelos e Redes Neurais

Fonte: Autoria própria

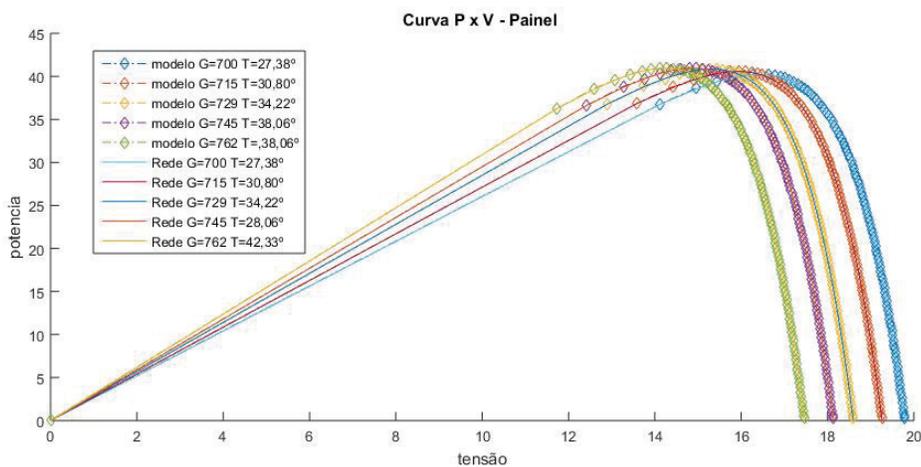


Figura 10. Curvas P x V – Modelos e Redes Neurais

Fonte: Autoria própria

Observa-se, dos gráficos apresentados nas Figuras 9 e 10, que existem grandes similaridades, para várias temperaturas e irradiações, entre as curvas características geradas pelo modelo computacional e pelas redes neurais. Portanto, a proximidade entre valores preditos e obtidos do modelo computacional demonstram a boa capacidade de generalização das redes neurais implementadas neste trabalho.

## 4 | CONCLUSÕES

Um módulo fotovoltaico não é uma fonte linear de potência, depende da temperatura e do nível de radiação. A radiação solar e a temperatura ambiente determinam o ponto de operação para o módulo, sendo assim, há necessidade de conhecer o comportamento de operação do painel.

Neste contexto, implementou-se, no software MATLAB, um modelo de um gerador fotovoltaico para simular o comportamento de um painel policristalino da marca solarex. Observou-se, no processo de validação do modelo, uma boa aproximação entre os resultados obtidos de campo com os resultados gerados pelo modelo computacional.

Na sequência, com as variáveis obtidas do modelo do gerador, construíram-se dois modelos baseados em Redes Neurais Artificiais. Encontrou-se para estes dois modelos, nas etapas de treinamento, validação e teste, uma boa correlação entre valores preditos e observados.

Observou-se, também, que as curvas características construídas por meio destes modelos de redes neurais apresentam uma boa similaridade com as curvas geradas pelo modelo do gerador fotovoltaico.

De modo geral, pode-se concluir com este estudo, que os resultados, obtidos pelas redes neurais artificiais implementadas neste trabalho, apresentaram um bom desempenho na construção de curvas características de um painel fotovoltaico.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, J. C.; COSTA, P. Mudança climática, protocolo de Kyoto e Mercado de créditos de carbono: desafios à governança ambiental global. **Organ. Soc. [online]**, v. 15, 2008.

BASTIANI, M.; SANTOS, J. A. A.; SCHMIDT, C. A. P.; SEPULVEDA, G. P. L. Application of data mining algorithms in the management of the broiler production. **Revista Geintec**, v. 8, 2018.

BELARBI, M.; BELARBI, E.; HADDOUCHE, K. A new algorithm of a photovoltaic solar panel. **Journal of electrical Engineering & Computer Sciences**, v. 24, 2013.

CANKURT, S.; SUBASI, A. Comparasion of linear regression and neural network models forecasting tourist arrivals to turkey. **Eurasian Journal of Science & Engineering**, 2015.

CAMARGO, F. Desafios e oportunidades para a energia solar fotovoltaica no Brasil: recomendações para políticas públicas. São Paulo: Supernova Design, 2015

FOSTER, R; GHASSEMI, M.; COTA, A. **Solar energy: renewable energy and the environment**. New York: CRC Press, 2009.

GASPARIN, F. P. Desenvolvimento de um traçador de curvas características de módulos fotovoltaicos. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

HAYKIN, S. **Redes-Neurais, Princípios-e-prática**. New York: Bookman;2001

MICHELS, R. N. Avaliação de um Sistema de bombeamento de água alimentado por painéis fotovoltaicos. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2007.

PETRY, P. M.; RAMOS, K. N.; COSTA, H. K. M. A expansão da energia solar fotovoltaica no Brasil e o desenvolvimento local: uma proposição de abordagem. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, 2020.

PINHEIRO, T. C.; SANTOS, J. A. A.; PASA, L. A. Gestão da produção de frangos de corte por meio de redes neurais artificiais. **Revista Holos**, v. 2, 2020.

SANTOS, J. A. A.; MICHELS, R. N. Influência de fatores ambientais sobre o desempenho de um sistema de bombeamento fotovoltaico: um estudo de caso. **Revista Agrogeoambiental**, v. 3, 2011.

SURICHAQUI, R. C.; FROTA, M. N.; TICONA, E. M. Impacto do sombreamento parcial na conversão fotovoltaica: experimentos e simulação. In: Congresso Brasileiro de Metrologia, Anais... Bento Gonçalves, RS, 2015.

VICHI, F. M. Energia, meio ambiente e economia: o Brasil no contexto mundial. **Química Nova**, v. 32, 2009.

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

COLEÇÃO

# DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

## ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO 4

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