

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese/dissertação será disponibilizado somente a partir de 17/12/2023

At the author's request, the full text of this thesis / dissertation will not be available online until December 17, 2023

JOUBERT ALVES DE CARVALHO NETO

SISTEMA DE ILUMINAÇÃO DE GRANJAS CONTROLADAS POR LÓGICA *FUZZY*

Botucatu

2021

JOUBERT ALVES DE CARVALHO NETO

SISTEMA DE ILUMINAÇÃO DE GRANJAS CONTROLADAS POR LÓGICA FUZZY

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp *Campus* de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Energia na Agricultura).

Orientador: Prof. Dr. Fernando de Lima Caneppele

Botucatu

2021

C331s Carvalho Neto, Joubert Alves de
Sistema de iluminação de granjas controladas por lógica
fuzzy / Joubert Alves de Carvalho Neto. -- Botucatu, 2022
136 p. : il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista
(Unesp), Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu
Orientador: Fernando de Lima Caneppele

1. Frango de corte. 2. Bem-estar animal. 3. Energia elétrica.
4. Luz. 5. Inferência fuzzy. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da
Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: SISTEMA DE ILUMINAÇÃO DE GRANJAS CONTROLADAS POR LÓGICA FUZZY

AUTOR: JOUBERT ALVES DE CARVALHO NETO

ORIENTADOR: FERNANDO DE LIMA CANEPPELE

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (ENERGIA NA AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. FERNANDO DE LIMA CANEPPELE (Participação Virtual)
Engenharia de Biossistemas / Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos USP



P/

Prof. Dr. LUÍS ROBERTO ALMEIDA GABRIEL FILHO (Participação Virtual)
Departamento de Gestão, Desenvolvimento e Tecnologia / Faculdade de Ciências e Engenharia - FCE - UNESP - Tupã/SP



P/

Prof. Dr. JAIR ANTÔNIO CRUZ SIQUEIRA (Participação Virtual)
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas / Universidade Estadual do Oeste do Paraná



Botucatu, 17 de dezembro de 2021

A todos os professores
e estudantes,
dedico

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Joubert Junior (Beto) e Albertina Kortz (Bel), pelo apoio incondicional.

Ao professor Dr. Fernando de Lima Caneppele, por ter me aceitado para orientação, pelos seus ensinamentos, conselhos e pela paciência.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Energia na Agricultura da Faculdade de Ciências Agronômicas – FCA da Unesp, *campus* de Botucatu, pela oportunidade de realizar o mestrado.

À minha namorada, Gabriela Vilela Freitas, pelo companheirismo e apoio durante as horas mais difíceis.

Aos meus amigos, Jayme de Campos Junior e Dayene Correia Castilho, pelo incentivo, apoio e encorajamento durante as dificuldades.

A todos os professores e funcionários da FCA, em especial à professora Dra. Silvia Regina Lucas de Souza.

E a todos que estiveram presentes de alguma forma durante esta jornada.

“Para mim, é muito melhor compreender o Universo como ele realmente é do que persistir no engano, por mais satisfatório e tranquilizador que possa ser.”

SAGAN, C. **O mundo assombrado pelos demônios:** a ciência vista como uma vela no escuro. Tradução de Rosaura Eichemberg. São Paulo: Companhia das Letras, 2006. P.25.

RESUMO

A iluminação em granjas para a produção do frango de corte não somente influencia o comportamento dos frangos, como também seu sistema fisiológico e sua engorda. Além do bem-estar animal, outro fator que deve ser considerado na iluminação de uma granja é o consumo de energia elétrica, cujo impacto pode ser significativo na receita do criador. Entretanto, o processo de controle de iluminação em granjas é pouco explorado se comparado aos processos de ventilação e refrigeração, calefação, abastecimento de água e ração. Por meio desta pesquisa, buscou-se desenvolver um sistema de controle automático de iluminação para granjas e analisar a possibilidade de integrá-lo com luz natural pelo processo de inferência *fuzzy*. Para construí-lo, foi proposta uma modelagem teórica dos materiais necessários à sua construção, assim como suas respectivas simulações computacionais para previsão e análise de seu comportamento. Os materiais foram responsáveis pelas etapas de entrada, processamento e saída de sinais. O sinal de entrada, em porcentagem, trata-se do erro da intensidade de luz em relação ao *setpoint* que incide no interior da granja, e o material responsável por sua coleta foi o módulo GY-302. Após coleta, o sinal foi processado por um sistema de inferência *fuzzy* com o auxílio do *software* MATLAB. Fazendo uso da inferência *fuzzy* avaliou-se ciclicamente o grau de pertinência do sinal de entrada em relação ao valor de *setpoint* para, após o processo de “defuzzificação”, gerar valores de correções em porcentagem, que foram incrementos e decrementos do valor do tempo de disparo para ativar o Triac. Eles foram tratados como sinais de saída e, conseqüentemente, direcionados ao *Dimmer Shield*, que foi responsável pelo controle de intensidade luminosa da lâmpada LED. Uma vez montado o protótipo, foram feitos testes para investigar seu comportamento em diferentes situações. O primeiro teste consistiu em analisar se o protótipo alcançava os valores de *setpoint* da intensidade luminosa sem a interferência de luz externa. As lâmpadas LED foram iniciadas com 0 e 100% de sua potência elétrica, e durante esses testes o protótipo alcançou os valores de *setpoint*. No segundo teste, o protótipo foi exposto à fonte de luz externa ao sistema, gerada por uma lâmpada incandescente para simular a incidência de luz natural. A intensidade da lâmpada incandescente foi controlada por um *dimmer* analógico (manual) e verificada por um luxímetro comercial. Nesses testes, o protótipo foi forçado a iniciar com o valor de *setpoint* e a tensão elétrica nesse instante foi aferida. Em um determinado instante, a luz externa era inserida no sistema

e, em outro, a luz externa era retirada. O protótipo indicou graficamente o aumento da intensidade luminosa quando a luz externa era inserida, corrigindo-a até alcançar novamente o *setpoint*. Durante o tempo em que o *setpoint* foi alcançado, a tensão das lâmpadas LED foi aferida novamente, a qual mostrou uma diminuição de seus valores, ou seja, a diminuição da potência consumida por elas. O protótipo também se mostrou efetivo no controle de mudanças de *setpoint*, assim como no controle das horas necessárias para a escuridão na granja.

Palavras-chave: Frango de corte. Bem-estar animal. Energia elétrica. Luz. Inferência Fuzzy.

ABSTRACT

Lighting on farms for broiler production not only influences the behavior of broilers, but also their physiological system and their fattening. In addition to animal welfare, another factor that must be considered when lighting a farm is the consumption of electricity, which can have a significant impact on the creator's income. However, the lighting control process in farms is little explored compared to the processes of ventilation and cooling, heating, water supply and feed. Through this research, we sought to develop an automatic lighting control system for farms and analyze the possibility of integrating it with natural light through the fuzzy inference process. To build it, a theoretical modeling of the materials needed for its construction was proposed, as well as their respective computer simulations for prediction and analysis of their behavior. The materials were responsible for the input, processing and output stages of signals. The input signal, in percentage, is the error of light intensity in relation to the setpoint that affects the interior of the farm, and the material responsible for its collection was the GY-302 module. After collection, the signal was processed by a fuzzy inference system with the help of MATLAB software. Using fuzzy inference, the degree of relevance of the input signal in relation to the setpoint value was cyclically evaluated to, after the "defuzzification" process, generate correction values in percentage, which were increments and decrements of the value of the shot to activate the Triac. They were treated as output signals and, consequently, directed to the Dimmer Shield, which was responsible for controlling the luminous intensity of the LED lamp. Once the prototype was assembled, tests were carried out to investigate its behavior in different situations. The first test consisted of analyzing whether the prototype reached the light intensity setpoint values without the interference of external light. The LED lamps were started with 0 and 100% of their electrical power, and during these tests the prototype reached the setpoint values. In the second test, the prototype was exposed to a light source external to the system, generated by an incandescent lamp to simulate the incidence of natural light. The intensity of the incandescent lamp was controlled by an analog dimmer (manual) and verified by a commercial lux meter. In these tests, the prototype was forced to start with the setpoint value and the electrical voltage at that moment was measured. At a given moment, the external light was inserted into the system and, at another, the external light was removed. The prototype graphically indicated the increase in light intensity when the external light was inserted,

correcting it until reaching the setpoint again. During the time that the setpoint was reached, the voltage of the LED lamps was measured again, which showed a decrease in its values, that is, a decrease in the power consumed by them. The prototype also proved effective in controlling setpoint changes, as well as controlling the hours required for darkness on the farm.

Keywords: Broiler chicken. Animal welfare. Electricity. Light. Fuzzy inference.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	– Valor bruto da produção brasileira em 2018 (US\$ 164,23 bilhões)....	25
Figura 2	– Espectro eletromagnético da luz	30
Figura 3	– Definição de lúmen	31
Figura 4	– Dados técnicos da lâmpada LED	32
Figura 5	– Dados técnicos da lâmpada fluorescente	33
Figura 6	– Tipologias de aberturas analisadas em relação ao ambiente	34
Figura 7	– Percepção de cores entre humanos e aves.....	35
Figura 8	– Granja <i>Dark House</i>	36
Figura 9	– Granja <i>Blue House</i>	36
Figura 10	– Granja <i>Yellow House</i>	37
Figura 11	– Conjunto booleano (com limite rígido).....	42
Figura 12	– Gráfico do conjunto booleano	42
Figura 13	– Conjunto nebuloso (com graus de pertinência).....	43
Figura 14	– Funções de pertinência para a variável temperatura	44
Figura 15	– Estrutura geral de um controlador lógico <i>fuzzy</i>	45
Figura 16	– Representação das variáveis linguísticas do Processo A	45
Figura 17	– Representação das variáveis linguísticas do Processo B	46
Figura 18	– Representação das variáveis linguísticas do Processo C	46
Figura 19	– Representação gráfica das regras ativas e defuzzificação	47
Figura 20	– Arduino Uno e BlackBoard UNO R3	48
Figura 21	– Visualização do Arduino IDE.....	49
Figura 22	– Características de um Triac	50
Figura 23	– Curva característica e símbolo do Triac.....	51
Figura 24	– Circuito de controle de fase com Triac.....	51
Figura 25	– Controle de fase com Triac	52
Figura 26	– Interfaces de comunicação e alimentação do Arduino Uno	53
Figura 27	– Interfaces de comunicação e alimentação do Arduino Mega2560	54
Figura 28	– Dimmer Shield.....	55

Figura 29 – Multímetro Digital Thompson 880.....	56
Figura 30 – Lâmpada LED dimerizável.....	56
Figura 31 – Lâmpada halógena.....	57
Figura 32 – Dimmer analógico QD34	57
Figura 33 – Módulo GY-302	58
Figura 34 – Luxímetro digital ITR-3000	58
Figura 35 – Função “ <i>Fuzzy Logic Designer</i> ”, do MATLAB.....	59
Figura 36 – Exemplo “ <i>Blink</i> ” da Arduino IDE	60
Figura 37 – Proteus 8 <i>Demonstration</i>	60
Figura 38 – Monitor Serial do Arduino IDE	61
Figura 39 – Estrutura do teste do sensor GY-302	62
Figura 40 – Dimmer Shield acoplado no Arduino	63
Figura 41 – Materiais para o teste do GY-302.....	63
Figura 42 – Diagrama das etapas de um sistema <i>Fuzzy</i>	64
Figura 43 – Função de pertinências da entrada “PE”	65
Figura 44 – Função de pertinências da Saída “CE”	65
Figura 45 – Defuzzificação do protótipo	66
Figura 46 – Entradas e suas respectivas saídas do sistema <i>fuzzy</i> principal	67
Figura 47 – Função de pertinências da entrada “VA”	68
Figura 48 – Função de pertinências da Saída “TL”	69
Figura 49 – “Defuzzificação” do sistema <i>fuzzy</i> secundário.....	70
Figura 50 – Entradas e suas respectivas saídas do sistema <i>fuzzy</i> secundário	70
Figura 51 – Comunicação serial entre Arduino e MATLAB	71
Figura 52 – Circuito de Controle de fase com Triac	72
Figura 53 – Triac controlado pelo Arduino.....	73
Figura 54 – Triac controlado pelo gerador de pulso	73
Figura 55 – Ferramenta ANALOGUE ANALYSIS.....	74
Figura 56 – Verificação dos valores reais do Triac.....	75
Figura 57 – Arduino responsável pela entrada de sinais	76

Figura 58 – Arduino responsável pela saída de sinais	77
Gráfico 1 – Comportamento do protótipo.....	77
Figura 59 – Configuração do circuito de simulação do fotoperíodo	78
Gráfico 2 – Média móvel com 20 amostras	80
Gráfico 3 – Comparação de sinal original com sinal filtrado por 20 amostras	81
Gráfico 4 – Comportamento do filtro com sinal original oscilante	81
Gráfico 5 – Gráfico de média móvel com 40 amostras	82
Gráfico 6 – Comparação de sinal original com sinal filtrado por 40 amostras	82
Gráfico 7 – Comportamento do filtro com sinal original oscilante	83
Gráfico 8 – GY-302 x Luxímetro	85
Figura 61 – Sistema <i>fuzzy</i> secundário simulado no FLD	87
Gráfico 9 – Sistema <i>fuzzy</i> secundário simulado no "Editor"	88
Gráfico 10 – Valores saídas e gráficos referente ao valor de entrada 281	89
Gráfico 11 – Valores saídas e gráficos referente ao valor de entrada 431	90
Gráfico 12 – Valores saídas e gráficos referente ao valor de entrada 900	90
Gráfico 13 – Disparo do Triac a 0°	91
Gráfico 14 – Disparo do Triac a 30°	92
Gráfico 15 – Disparo do Triac a 60°	92
Gráfico 16 – Disparo do Triac a 90°	92
Gráfico 17 – Disparo do Triac a 120°	93
Gráfico 18 – Disparo do Triac a 150°	93
Gráfico 19 – Rampa de 0 até 10 lux	97
Gráfico 20 – Rampa de 0 até 33 lux	97
Gráfico 21 – Ampliação da entrada lux.....	98
Gráfico 22 – Rampa de 58 lux até 10 lux.....	98
Gráfico 23 – Ampliação da entrada lux.....	99
Gráfico 24 – Rampa de 58 lux até 33 lux.....	99
Gráfico 25 – Ampliação da Entrada lux da Gráfico 24	100
Gráfico 26 – <i>Setpoint</i> 10 lux com lâmpada externa em 1,67 lux.....	101

Gráfico 27 – <i>Setpoint</i> 10 lux com lâmpada externa em 5,31 lux	102
Gráfico 28 – <i>Setpoint</i> 10 lux com lâmpada externa em 10,43 lux	103
Gráfico 29 – <i>Setpoint</i> 33 lux com lâmpada externa em 1,22 lux	104
Gráfico 30 – <i>Setpoint</i> 33 lux com lâmpada externa em 5,53 lux	105
Gráfico 31 – <i>Setpoint</i> 33 lux com lâmpada externa em 10,33 lux	106
Figura 62 – Configuração para simulação de controle de tempo	107
Figura 63 – Dia 1: transição das 22:59h para as 23:00h	108
Figura 64 – Dia 1: transição das 23:59h para as 00:00h	108
Figura 65 – Dia 0: peso de 130 gramas atingido	109
Figura 66 – Dia 7: transições das 19:59h para as 20:00h	109
Figura 67 – Dia 7: transições das 5:59h para as 6:00h	110

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Programa de luz padrão: opção 1	38
Tabela 2 – Programa de luz padrão: opção 2	39
Tabela 3 – Programa de luz padrão: opção 3	39
Tabela 4 – Programa de luz padrão: opção 4	40
Tabela 5 – Valores do GY-302 x Luxímetro	84
Tabela 6 – Correção do GY-302	86
Tabela 7 – Entradas e suas respectivas saídas no FLD e no Editor	89
Tabela 8 – Ângulos e seus respectivos tempos para o disparo do Triac	91
Tabela 9 – Tensões e potências dos ângulos	94
Tabela 10 – Valores teóricos e valores do Dimmer Shield em 123,49 volts.....	95
Tabela 11 – Valores teóricos e valores do Dimmer Shield em 210 volts	95

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	23
1.1	Objetivos	24
1.1.1	Objetivos específicos.....	24
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	25
2.1	Avicultura.....	25
2.2	Eficiência energética.....	27
2.3	Luminotécnica	29
2.3.1	Grandezas luminotécnicas	30
2.3.1.1	Luz	30
2.3.1.2	Fluxo luminoso	30
2.3.1.3	Iluminância: lux (lx)	31
2.3.1.4	Eficiência luminosa	31
2.3.2	Luz natural em luminotécnica	33
2.4	Luz e aves	34
2.5	Lógica <i>fuzzy</i> ou lógica nebulosa.....	40
2.5.1	Sistema de inferência <i>fuzzy</i>.....	45
2.6	ARDUINO	48
2.7	Triac.....	49
2.8	Média móvel	52
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	53
3.1	Material	53
3.2	Métodos.....	61
3.2.1	Implementação da média móvel.....	61
3.2.2	Teste de módulo GY-302.....	62
3.2.3	Desenvolvimento do sistema <i>fuzzy</i>	64
3.2.3.1	Testes de compatibilidade de programação e comunicação com o Arduino	67
3.2.3.2	Montagem da simulação <i>fuzzy</i> de teste.....	71
3.2.4	Simulação Triac	71
3.2.5	Testes com o Dimmer Shield.....	75
3.2.6	Montagem do protótipo final	75

4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	80
4.1	Filtro de média móvel	80
4.2	Comportamento do MÓDULO GY-302 em comparação com o luxímetro.....	83
4.3	Simulação <i>fuzzy</i> de teste.....	87
4.4	Comparação dos resultados teóricos do Triac com o gerador de pulsos	91
4.5	Comportamento real do Triac	94
4.6	Comportamento do protótipo	95
4.7	Comportamento do protótipo em relação ao controle de tempo.....	106
5	CONCLUSÕES.....	111
	REFERÊNCIAS	113
	APÊNDICE A	119
	APÊNDICE B	131
	APÊNDICE C	135

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é atualmente o maior exportador de proteína animal do mundo. Em 2018, somente com a exportação de frango, o país arrecadou um valor bruto de 14,452 bilhões de dólares. O principal importador de frango do Brasil é a China, que até fevereiro de 2019 comprou 41,7 mil toneladas desse produto, seguido pela Arábia Saudita, que no mesmo período adquiriu cerca de 38,3 mil toneladas (EMBRAPA, 2019; REUTERS, 2019). No entanto, inicialmente a produção de carne de frango no país não era executada de forma exclusiva por se concentrar no sistema familiar, ou seja, era desenvolvida por famílias que concomitantemente à carne de frango produziam leite, carne bovina e suína. Outra característica desse período é o perfil de subsistência da produção, pois somente os frangos excedentes eram vendidos (ZEN *et al.*, 2014).

Esse perfil começou a mudar na década de 1960, com a implantação do formato de integração, resultado de uma parceria entre frigoríficos e produtores. Apesar de possibilitar o aumento da produção, é importante destacar que esse formato não colocou os produtores em uma posição financeira confortável, pois os frigoríficos ganharam um enorme poder sobre eles (CAMPOS, 2016). Contudo, isso trouxe grandes avanços tecnológicos como ventilação, abastecimento de água e ração, isolamento da construção (ZEN *et al.*, 2014; PECHE, 2017). Mesmo assim, ainda há itens que não tiveram seus possíveis potenciais explorados, e um exemplo é a iluminação (PECHE, 2017).

Oferecer uma iluminação adequada em uma granja é muito importante, pois possibilita o bem-estar do frango, além de melhorar índices de produção como crescimento e engorda (PECHE, 2017; COBB-VANTRESS, 2018). Ainda, para melhorar índices econômicos referentes à eficiência energética, é recomendado por Castro e Rancura (2018) que projetos de luminotécnica integrem luz natural e artificial.

Com o objetivo de fazer essa integração entre luz natural e artificial em uma granja, neste trabalho é proposto um sistema de iluminação controlado por lógica *fuzzy*. Esse sistema será composto de um Arduino, sensores de luz e periféricos conectados ao Arduino para o controle das lâmpadas.

REFERÊNCIAS

- 8 ERROS clássicos que você deve evitar ao construir um galinheiro. **Casa das Cercas**, 2017. Disponível em: <http://blog.casadascercas.com.br/cuidados-ao-construir-um-galinheiro/>. Acesso em: 15 maio 2021.
- ALMEIDA, L. A. D. **Dispositivos semicondutores**: tiristores – controle de potência em CC e CA. 13 ed. São Paulo: Erica, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO/CIE 8995-1**: Iluminação de ambientes de trabalho parte 1 Interior. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- BOYLESTAD, L.; NASHELSKY, L. **Dispositivos eletrônicos e Teoria de Circuitos**. 11 ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013.
- CAMPOS, A. A indústria do frango no Brasil. **Monitor**, São Paulo, n. 2, p. 3-18, jun. 2016.
- CAMPOS, J. Frango paga salário de metade da população em cidade de 6 mil habitantes. **Gazeta do Povo**, Curitiba, 31 ago. 2017. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/agronegocio/frango-paga-salario-de-metade-da-populacao-em-cidade-de-6-mil-habitantes-9z6yx0a5f7cwt8amzhcwanfpp/>. Acesso em: 15 maio 2021.
- CASTRO, A. P. A. S.; RANCURA, R. L. **Conforto ambiental**: acústico e lumínico. Londrina: Educacional S.A., 2018.
- CAVALIN, G.; CERVELIN, S. **Instalações elétricas prediais**. 22 ed. São Paulo: Érica: Saraiva, 2014.
- CERTIFICADO do Inmetro é obrigatório para lâmpadas de LED! **G-Light**, 11 maio 2017. Disponível em: <https://www.glight.com.br/blog/certificado-inmetro-e-obrigatorio-para-lampadas-de-led/>. Acesso em: 10 jan. 2021.
- CHEN, G.; PHAM., T. T. **Introduction to Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, and Fuzzy Control Systems**. Boca Raton: CRC Press, 2001.
- COBB-VANTRESS. **Manual de manejo de frango de corte**. Siloam Springs: Coob North America, 2018. Disponível em: <https://www.cobb-vantress.com/assets/Cobb-Files/df5655a7e9/Broiler-Guide-2019-POR-WEB.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2021.
- COELHO, M. H. *et al.* Application of fuzzy control in embedded sensing systems for beekeeping monitoring. In: LATIN AMERICAN COMPUTING CONFERENCE, 44., São Paulo, 2018. **Anais [...]**. São Paulo: IEEE, 2018.
- CREDER, H. **Instalações elétricas**. 16 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- DALL'AZEN, F.; WEISE, A. D. Barreiras técnicas para as exportações: um estudo de caso do abate halal. **Organização sistêmica**, v. 5, n. 3, p. 56-75, jan./jun. 2014.
- DE LA VEGA, A. S. **Tutorial sobre sistema de média móvel para fundamentos de processamento digital de sinais**. Niterói: UFF/TCE/TET, 2018. Disponível em: http://www.telecom.uff.br/~delavega/public/DSP/tutorial_SMM_dsp.pdf. Acesso em: 16 jan. 2021.
- DIYIOT. **Arduino Uno Tutorial [Pinout]**. Disponível em: <https://diyi0t.com/arduino-uno-tutorial/>. Acesso em: 4 maio 2021a.

DIYIOT. **I2C Tutorial for Arduino, ESP8266 and ESP32**. Disponível em: <https://diyiOt.com/i2c-tutorial-for-arduino-and-esp8266/>. Acesso em: 4 abr. 2021b.

ECOLUMÉ. **Lâmpada Ecologena**. Disponível em: <http://ecolumeweb.com.br/?product=lampada-halogena-a55>. Acesso em: 11 ago. 2021.

EFÁCIL. **Multímetro Thompson**. Disponível em: <https://www.efacil.com.br/loja/produto/multimetro-thompson-digital-503632/>. Acesso em: 20 abr. 2021.

ELETROBRAS. Programa Nacional de Conservação de Energia – Procel. **Relatório de resultados do Procel 2019**: Ano base 2018. Rio de Janeiro, 2019. p. 65. Disponível em: http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2019/Procel_rel_2019_web.pdf. Acesso em: 15 jan. 2022.

EMBRAPA. **Embrapa em números**. Brasília, 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1121938/embrapa-em-numeros>. Acesso em: 16 jan. 2022.

EMBRAPA. **Embrapa suínos e aves**: Central de inteligência de aves e suínos – estatísticas. Brasília, 5 maio 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas/frangos/mundo>. Acesso em: 1 fev. 2021.

ESPINDOLA, C. E. Trajetórias do progresso técnico na cadeia produtiva de carne de frango do Brasil. **Geosul**, Florianópolis, v. 27, p. 88-113, jan. 2012.

EXTENSÃO da Tarifa Rural Noturna traz alento à produção no Paraná. **Boletim informativo – Sistema FAEP**, Curitiba, ano 33, n. 1.460, p. 6-9, dez. 2018. Disponível em: https://www.sistemafaep.org.br/wp-content/uploads/2018/12/BI_1460-Ajustado-18_12.pdf. Acesso em: 16 jan. 2022.

FERON, B. T.; FRICK, G. Implementação de filtragem de média móvel para cálculo de temperatura com alarme na plataforma Arduino Uno. *In*: SEMANA DO CONHECIMENTO, 3., Passo Fundo, 2015. **Anais [...]**. Passo Fundo, 2015. p. 54-67.

FILIPEFLOP. **Sensor de Luz BH1750FVI Lux**. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-luz-bh1750fvi-lux/>. Acesso em: 12 fev. 2021.

FOX LUX. **Iluminação**: lâmpada fluorescente compacta – tipo espiral. Disponível em: <https://www.foxlux.com.br/produto/lampada-fluorescente-compacta-tipo-espiral/>. Acesso em: 5 jan. 2021.

FUTEMA, F. Crise já prejudica desempregados; cai em 41% ofertas de emprego. **Folha de S.Paulo**, São Paulo, 31 maio 2001. Editoria Mercado. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/folha/dinheiro/ult91u23065.shtml>. Acesso em: 10 maio 2021.

GALAXYLED. **Produtos**. 2021. Disponível em: http://galaxyled.com.br/produto_detalhe/bulbo-a60-dimerizavel. Acesso em: 15 maio 2021.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (org.). **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/52806/000728684.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 16 jan. 2021.

- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GUEDES, F. A. C.; REIS, R. A.; JOUCOSKI, E. Contribuições da educação ambiental para o desenvolvimento territorial sustentável. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO TERRITORIAL SUSTENTÁVEL, 1., Matinhos, 2015. **Anais** [...]. Matinhos: UFPR, 2015. p. 82-87.
- INSTRUBRAS. **ITR-3000**: luxímetro digital para LED com certificado de calibração. 2021. Disponível em: <https://www.instrubras.com.br/seguranca-do-trabalho/luximetros/luximetro-digital-para-led-com-certificado-de-calibracao>. Acesso em: 22 mar. 2021.
- KASABOV, N. K. **Foundations of Neural Networks, Fuzzy Systems, and Knowledge Engineering**. 2. ed. Massachusetts: MIT Press, 1998.
- LAGO, B. Ameaça de colapso. **Revista Negócios PE**, Recife, 18 jan. 2020. Disponível em: <http://www.revistanegociospe.com.br/materia/Ameaca-de-colapso?search=Encontre+o+conte%C3%BAdo>. Acesso em: 5 jan. 2021.
- LENHARD, J. C. Aviário Modernos é inaugurado em Estrela. **Independente**, Lajeado, 24 out. 2017. Disponível em: <https://independente.com.br/aviario-moderno-e-inaugurado-em-estrela>. Acesso em: 1 fev. 2021.
- LITTELL, J. H.; CORCORAN, J.; PILLAI, V. **Systematic reviews and metaanalysis**. New York: Oxford University Press, 2008.
- LOPES, M. C.; TAQUES, F. H. O desafio da energia sustentável no Brasil. **Revista Cadernos de Economia**, Chapecó, v. 20, n. 36, p. 71-96, 2016.
- MALVINO, A.; BATES, D. **Eletrônica**. 8. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016. v. 1.
- MAMEDE, J. F. **Instalações elétricas industriais**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.
- MAPELLI, Y. R.; LARANJA, A. C.; ALVAREZ, C. E. de. Avaliação de desempenho entre as tipologias de aberturas zenital e lateral no quesito iluminação natural de ambientes internos. **Cadernos PROARQ**, Rio de Janeiro, n. 31, p. 83-99, dez. 2018.
- MARKUS, O. **Circuitos elétricos**: corrente contínua e corrente alternada. 9. ed. São Paulo: Érica, 2011.
- NASCIMENTO, R. S. do; ALVES, G. M. Fontes alternativas e renováveis de energia no Brasil: métodos e benefícios ambientais. **Revista Univap**, São José dos Campos, v. 22, n. 40, edição especial, 2016. Disponível em: <http://revista.univap.br/index.php/revistaunivap/article/view/713/640>. Acesso em: 16 jan. 2022.
- OLIVEIRA, I. O que foi o apagão de 2001? A conta de luz subiu? Pode acontecer de novo? **UOL**, 10 jun. 2021. Seção Economia. Disponível em: <https://economia.uol.com.br/faq/o-que-foi-o-apagao-de-2001-risco-acionamento-energia-eletrica.htm>. Acesso em: 15 jun. 2021.
- OLIVEIRA, R. F. **Inteligência artificial**. Londrina: Educacional S. A., 2018.
- OSAKI, C. M. N. **Luminotécnica**. Londrina: Educacional S. A., 2018.
- PATHAK, H. *et al.* Visible light communication, networking, and sensing: a survey, potential and challenges. **IEEE Communications: Surveys & Tutorials**, v. 17, n. 4, 4th quarter, p. 2.047-2.077, 2015.

PECHE, G. A. Pollo de carne: su visión del entorno. **AviNews**, Barcelona, n. 23, p. 7-15, feb. 2017. Disponível em: https://issuu.com/avinews/docs/avinews_feb17. Acesso em: 16 jan. 2022.

PEREIRA, A. A. K. Tutorial utilizando o novo Dimmer Shield pelos botões. **Laboratório de Garagem**, 27 jun. 2016. Disponível em: https://labdegaragem.com/profiles/blogs/tutorial-para-utilizar-o-novo-dimmer-shield?xg_source=activity. Acesso em: 2 mar. 2021.

PÉREZ, A. Conhecendo o cerne do microcontrolador Atmega328p Arduino Uno. (MIC165). **Instituto NCB**, 19 abr. 2018. Disponível em: <https://www.newtoncbraga.com.br/index.php/microcontrolador/138-atmel/14863-conhecendo-o-cerne-do-microcontrolador-atmega328p-arduino-uno-mic165>. Acesso em: 10 jan. 2021.

RASHID, H. **Eletrônica de potência**: dispositivos, circuitos e aplicações. 4. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2014.

REUTERS. Exportação de carne de frango do Brasil cai 9,5% em março, diz ABPA. **G1**, São Paulo, 8 abr. 2019. Edioria Agronegócios. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2019/04/08/exportacao-de-carne-de-frango-do-brasil-cai-95percent-em-marco-diz-abpa.ghtml>. Acesso em: 1 fev. 2021.

ROBOCORE. **Placa BlackBoard UNO R3**. Disponível em: <https://www.robocore.net/placa-robocore/arduino-blackboard> Acesso em: 5 jan. 2021.

ROMANZOTI, N. É assim que os pássaros veem o mundo em comparação aos seres humanos. **Hypescience**, 16 out. 2019. Disponível em: <https://hypescience.com/e-assim-que-os-passaros-veem-o-mundo-em-comparacao-aos-seres-humanos/>. Acesso em: 5 jan. 2021.

SANDY, A. M. *et al.* Eficiência energética: mercado de créditos de carbono. In: SILVEIRA, J. H. P. (org.). **Sustentabilidade e responsabilidade social**. Belo Horizonte: Poisson, 2018. v. 8. p. 42-53.

SCHWEAN-LARDNER, K.; CLASSEN, H. **Programa de luz para frangos de corte**. campinas: aviagen, 2010. 46 p.

SILVA, E. L. da; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3. ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001.

STEVAN JUNIOR, S. L.; SILVA, R. A. **Automação e instrumentação Industrial com Arduino**: teoria e projetos. São Paulo: Érica, 2015.

TANSCHKEIT, R. **Sistemas fuzzy**. Rio de Janeiro: Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2004.

TOLMASQUIM, M. As origens da crise energética brasileira. **Ambiente & sociedade**, Campinas, p. 179-183, jun. 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/asoc/n6-7/20435.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2021.

VERCELLINO, R. A. **Efeito de diferentes sistemas de vedação de aviários no comportamento e bem-estar de frango de corte**. 2012. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

VIANA, A. N. C. *et al.* **Eficiência energética**: fundamentos e aplicações. Campinas: Elektro/Unifei/Excen/Fupai, 2012.

WATANABE, G. E. **O desenvolvimento da avicultura no Brasil e as tendências para os próximos anos**. 2016. 49 f. Trabalho de Conclusão do Curso (Especialização em Gestão do Agronegócio) – Departamento de Economia Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016. Disponível em:
<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/50816/R%20-%20E%20-%20GUSTAVO%20EIJI%20WATANABE.pdf?sequence=1>. Acesso em: 16 jan. 2022.

WHAT is Arduino? **Arduino**, 5 fev. 2020. Disponível em:
<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction?setlang=en>. Acesso em: 10 jan. 2021.

ZEN, S. de *et al.* Evolução da avicultura no Brasil. **Informativo Cepea**, Piracicaba, v. 1, n. 1, out./dez. 2014. Disponível em:
cepea.esalq.usp.br/upload/revista/pdf/0969140001468869743.pdf. Acesso em: 16 jan. 2022.