

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese/dissertação será disponibilizado somente a partir de 11/05/2023

At the author's request, the full text of this thesis / dissertation will not be available online until May 11, 2023

JAYME DE CAMPOS JUNIOR

**MONITORAMENTO E CONTROLE DA AMÔNIA NO AMBIENTE DE
ALOJAMENTO DE FRANGOS DE CORTE UTILIZANDO O
AEREM NH₃ CONTROLLER**

Botucatu

2021

JAYME DE CAMPOS JUNIOR

**MONITORAMENTO E CONTROLE DA AMÔNIA NO AMBIENTE DE
ALOJAMENTO DE FRANGOS DE CORTE UTILIZANDO O
AEREM NH₃ CONTROLLER**

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

Orientadora: Prof^a. Dra. Silvia Regina
Lucas de Souza

Botucatu

2021

C198m	<p>Campos Jr., Jayme de</p> <p>Monitoramento e controle da amônia no ambiente de alojamento de frangos de corte utilizando o Aerem NH3 Controller / Jayme de Campos Jr.. – Botucatu, 2021 123 p.</p> <p>Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu Orientadora: Sílvia Regina Lucas de Souza</p> <p>1. Frango de corte. 2. Ambiência. 3. Sistemas de controle supervisório. 4. Internet das coisas. I. Título.</p>
-------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

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

Essa ficha não pode ser modificada.


CERTIFICADO DE APROVAÇÃO


TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: MONITORAMENTO E CONTROLE DA AMÔNIA NO AMBIENTE DE ALOJAMENTO DE FRANGOS DE CORTE UTILIZANDO O AEREM NH3 CONTRÓLLER

AUTOR: JAYME DE CAMPOS JUNIOR

ORIENTADORA: SILVIA REGINA LUCAS DE SOUZA

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

Prof.ª Dr.ª SILVIA REGINA LUCAS DE SOUZA (Participação Virtual) 
Engenharia Rural e Socioeconomia / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu

Prof. Dr. OSVALDO CESAR PINHEIRO DE ALMEIDA (Participação Virtual) 
Análise e Desenvolvimento de Sistemas / Faculdade de Tecnologia de Botucatu

Prof.ª Dr.ª SILVIA ANGÉLICA DOMINGUES DE CARVALHO (Participação Virtual) 
Engenharia Rural e Socioeconomia / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu

Botucatu, 11 de novembro de 2021

**A meu pai Jayme de Campos,
minha mãe Setsuko Takenouchi de Campos (Antonieta),
minha esposa Luciana Paula Nunes de Campos,
minha filha Letícia Keiko Nunes de Campos,
dedico**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, pela capacidade de pensar, de entender, de aprender e de realizar as coisas, a Maria, mãe de Deus e Nossa Mãe por tanta intercessão.

Aos meus pais, Jayme e Setsuko (Antonieta), por terem aceitado o desafio de formar uma família, gerar e educar um filho, me propiciando condições não só financeiras, mas todo apoio, aconselhamentos e puxões de orelha me ensinando a não desistir frente aos percalços e obstáculos, que permitiram que eu chegasse até esse momento

À minha esposa Luciana e à minha filha Letícia, pela paciência e compreensão pelo tempo dedicado à imersão em pesquisa, buscas na internet, compras de componentes e por entender de que o sonho não era tão somente individual.

À mais que orientadora, uma amiga, uma irmã, profa. dra. Sílvia, que soube me cobrar produtividade e entender minhas sumidas por conta do meu trabalho como professor

Aos professores drs. Osvaldo Cesar, Kassandra Oliveira e Sílvia Carvalho por participarem das bancas de qualificação e defesa, contribuindo imensamente com muitas sugestões e conselhos

À profa. Beatriz, então diretora e à profa. Rossana, então coordenadora pedagógica (hoje em funções inversas) da Etec na qual eu atuo como professor por me oferecer uma coordenação de área, permitindo tempo fora da sala de aula para que eu pudesse dar continuidade no desenvolvimento do projeto

Ao amigo de profissão, de aulas do mestrado e de viagens até Botucatu, Joubert, pelas infindáveis discussões tecnológicas, compartilhamento de informação e de componentes eletrônicos.

Ao professor José Benedito – Benão, amigo de profissão e de Etec, pelo apoio em seu laboratório para a calibração do sensor e teste do dispositivo

Aos ex-alunos e hoje amigos, Daniel e Rian, que participaram ativamente no desenvolvimento do sistema - hardware e software.

A todos os professores drs. do programa de PG que dedicam seu tempo e esforços para a formação e aperfeiçoamento dos mestrandos, em especial: Maura, Canepelle, Paulo e Ulisses.

Aos amigos e companheiros que fiz durante as aulas da PG

À equipe da Seção de Pós-Graduação pelo sempre atencioso e acolhedor atendimento e por toda a paciência que tiveram.

E aos amigos-irmãos de fora do mundo acadêmico, pelos momentos de música, risos e vivências extra academia.

"Muitas pessoas sonham com o sucesso. Para mim, o sucesso somente pode ser atingido através de repetidos fracassos e da introspecção. De fato, o sucesso representa aquele 1% de seu trabalho que resulta exclusivamente dos 99% que são chamados de fracassos."

Soichiro Honda. <https://blogdaengenharia.com/secoes/columnistas-blog-da-engenharia/6-fracassados-para-voce-se-inspirar/>

RESUMO

Numa análise, ainda que rápida, da cadeia produtiva do frango de corte, percebe-se que a fase de crescimento e engorda assume um papel importantíssimo, pois do seu sucesso depende o abastecimento de um mercado em franco desenvolvimento e destaque no país e no exterior. A ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal projeta um aumento populacional mundial, atingindo 9,2 bilhões de pessoas em 2050, o que resultará no aumento da demanda por proteína de origem animal, sobretudo as mais acessíveis à população, destacando-se dessa maneira a carne de frango. Para atender esse consumo, mais frangos com peso e idade ideais deverão seguir para o abate, quer seja aumentando o número de aves por metro quadrado de alojamento, quer seja pela expansão do número de criadouros. Porém ambas as situações podem causar impactos negativos ao agronegócio. Dentre esses problemas destaca-se a interferência negativa sobre a ambiência e bem estar animal pela maior emissão de gases nocivos, em decorrência do confinamento das aves em instalações fechadas, fator que aumenta o potencial de intoxicação e favorece o aumento de doenças respiratórias e em consequência o prejuízo no processo produtivo das aves, sendo os mais comuns, o monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂) e a amônia (NH₃), apontada como o principal gás que afeta negativamente as aves bem como os tratadores. Indo além de outros trabalhos que também discorreram sobre este tema, mas limitaram-se apenas à mensuração do nível de amônia, este trabalho propõe um sistema automatizado de monitoramento e controle que, através de sensores de gases, seja realizada a leitura da concentração de NH₃ sendo o valor obtido enviado via internet a um celular smartphone com o aplicativo de controle instalado, para que possam ser acionados remotamente os equipamentos usuais da granja, como ventiladores, aspersores e cortinas, que permitam a dissipação do excesso do gás do ambiente. O sistema apresenta a vantagem de utilizar as tecnologias conhecidas e disponíveis gratuitas ou com valores relativamente baixos, como por exemplo Arduino e Internet das Coisas, que viabilizam a implantação pelos pequenos produtores, o que certamente trará condições de competitividade no mercado.

Palavras-chave: poluentes aéreos; internet das coisas; Arduino; agricultura inteligente; zootecnia de precisão.

ABSTRACT

In an analysis, albeit a quick one, of the broiler production chain, it is clear that the growth and fattening phase plays a very important role, as the supply of a market in rapid development and prominence in the country and abroad depends on its success. The ABPA - Brazilian Association of Animal Protein projects a worldwide population increase, reaching 9.2 billion people in 2050, which will result in an increase in the demand for animal protein, especially those more accessible to the population, thus highlighting the chicken meat. To meet this consumption, more chickens with ideal weight and age should go to slaughter, either by increasing the number of birds per square meter of housing, or by expanding the number of breeding sites. However, both situations can have negative impacts on agribusiness. Among these problems, the negative interference on the environment and animal welfare stands out due to the greater emission of harmful gases, as a result of the confinement of birds in closed facilities, a factor that increases the potential for intoxication and favors the increase of respiratory diseases and as a result the damage to the poultry production process, the most common being carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO₂) and ammonia (NH₃), identified as the main gas that negatively affects birds as well as keepers. Going beyond other works that also addressed this topic, but were limited only to measuring the ammonia level, this work proposes an automated monitoring and control system that, through gas sensors, reads the concentration of NH₃ the value obtained being sent via the internet to a smartphone cell phone with the control application installed, so that the farm's usual equipment, such as fans, sprinklers and curtains, can be remotely activated, allowing the dissipation of excess gas from the environment. The system has the advantage of using known technologies available for free or at relatively low prices, such as Arduino and Internet of Things, which enable small producers to implement them, which will certainly bring competitive conditions to the market.

Keywords: air pollutants; internet of things; Arduino; smart agriculture; precision animal science.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fatores estruturantes	29
Figura 2 – Destino da produção brasileira de carne de frango em 2020	31
Figura 3 – Produção brasileira de carne de frango (milhões ton).....	32
Figura 4 – Exportações Brasileiras de carne de frango – série histórica.....	32
Figura 5 – Exportação em 2020 – comparativos	33
Figura 6 – Exportações brasileiras de carne de frango por produto em 2020	33
Figura 7 – Consumo per capita de carne de frango (kg/hab)	34
Figura 8 – Sistema Integrado de Produção	35
Figura 9 – Estágios da degradação aeróbica do ácido úrico em amônia	43
Figura 10 – Efeito do ambiente sobre o bem-estar animal.....	54
Figura 11 – Ciclo de monitoramento e controle.....	55
Figura 12 – Arduino Nano	60
Figura 13 – ESP8266 ESP-01	62
Figura 14 – Identificando o ESP8266 ESP-01.....	62
Figura 15 – O ciclo do gerenciamento de dados e eventos baseados na nuvem	65
Figura 16 – Gráfico representativo do sinal analógico	66
Figura 17 – Gráfico representativo do sinal digital	67
Figura 18 – Gráfico representativo dos sinais analógico x digital.....	68
Figura 19 – MQ-135 – Sensor de Gás Amônia e outros Gases tóxicos	70
Figura 20 – MQ135 – vista interna	70
Figura 21 – Estrutura e configuração do MQ-135	71
Figura 22 – Composição interna do sensor MQ-135.....	72
Figura 23 – Circuito do sensor	72
Figura 24 – Esquema interno do sensor de gás série MQ	73
Figura 25 – Curva característica de sensibilidade.....	74
Figura 26 – Relação do MQ-135 com temperatura e umidade.....	75
Figura 27 – Face inferior do sensor MQ-135.....	75
Figura 28 – Circuito simplificado do sensor.....	76
Figura 29 – Resistor equivalente (RS + RL).....	77
Figura 30 – Equação da reta.....	79
Figura 31 – Calibração do sensor MQ-135: equação linear	81
Figura 32 – Calibração do sensor MQ-135: equação logarítmica	81

Figura 33 – DHT1 – Sensor de umidade e temperatura	83
Figura 34 – Esquemático do funcionamento do relé.....	84
Figura 35 – Diagrama funcional de um multiplexador digital	85
Figura 36 – Representação do registro de deslocamento	87
Figura 37 – Representação do esquema de comunicação no I2C	87
Figura 38 – Fluxograma do funcionamento do AEREM NH ₃ CONTROLLER.....	89
Figura 39 – Circuito elétrico do projeto simulado no software Proteus	90
Figura 40 – Layout da placa de controle.....	91
Figura 41 – Simulação da placa de controle no software Proteus	92
Figura 42 – Placa de controle.....	93
Figura 43 – Placa de controle com Arduíno.....	93
Figura 44 – Módulo de relés	94
Figura 45 – Placa de controle com módulo de relés.....	95
Figura 46 – Módulo multiplexador.....	96
Figura 47 – Módulo Sd Card com Mini Logger Data Clock.....	97
Figura 48 – Exemplo do uso da IDE Arduíno – ESP_BT.....	98
Figura 49 – Exemplo do uso da IDE Arduíno – ESP8266.....	99
Figura 50 – Tela inicial do aplicativo	100
Figura 51 – Tela de acionamento manual.....	101
Figura 52 – Hidróxido de amônio P.A. rótulo	102
Figura 53 – Hidróxido de amônio P.A. rótulo	103
Figura 54 – Teste do sensor MQ-135	103
Figura 55 – Anteprojeto	104
Figura 56 – ESP32	104
Figura 57 – Leds em destaque	105
Figura 58 – Acionamento via APP.....	105
Figura 59 – Desacionamento via APP	106
Figura 60 – Caixa "case"	106
Figura 61 – Impressão da caixa em 3D	107
Figura 62 – Dispositivo aberto: destaque para o ESP 8266 – ESP 01	108
Figura 63 – Detalhe do ESP 8266 - ESP 01	108
Figura 64 – Teste do protótipo.....	109
Figura 65 – Teste de conexão	109
Figura 66 – Melhoria na tela inicial do APP	111

Figura 67 – Melhoria na tela de acionamento do APP112

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Projeções carne de frango	31
Tabela 2 – Limites de referência para a qualidade do ar em instalações para frangos de corte.....	47
Tabela 3 – Efeitos e características de diferentes concentrações de amônia nos sistemas de produção animal	48
Tabela 4 – Limites de tolerância.....	50
Tabela 5 – Partes do sensor MQ-135	71

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABPA	Associação Brasileira de Proteína Animal
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
PIB	Produto Interno Bruto
SMD	Surface Mounting Device (Componente Para Montagem em Superfície)
SMT	Surface Mounting Technology (Tecnologia de Montagem em Superfície)
PCI	Placa de Circuito Impresso
WiFi	Wireless Fidelity
HiFi	High Fidelity
RAM	Random Access Memory (Memória de Acesso Aleatório)
USB	Universal Serial Bus (Porta Serial Universal)
PTC	Positive Temperature Coefficient (Coeficiente Positivo de Temperatura)
NTC	Negative Temperature Coefficient (Coeficiente Negativo de Temperatura)
FAWC	Farm Animal Welfare Council
OSHW	Open Source Hardware
OSHWA	Open Source Hardware Association
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
FAT	File Allocation Table (Tabela de Alocação de Arquivos)

LISTA DE SÍMBOLOS

NH ₃	Amônia
%	Porcentagem
RL	Resistor de carga (base)
R _o	Resistência do sensor
R _s	Resistência do sensor
PPM	Partes Por Milhão
Pd	Paládio
Rh	Ródio

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	29
2	REVISÃO DE LITERATURA	37
2.1	Ambiência e bem-estar animal	37
2.2	Abrigo animal	39
2.3	Ambiência na avicultura de corte	40
2.4	Ambiência aérea.....	40
2.5	Amônia.....	42
2.6	Amônia: importância da síntese	44
2.7	Amônia no aviário	45
2.8	Cama de frango	45
2.9	Reutilização da cama.....	46
2.10	Concentração de amônia	46
2.11	Condições de insalubridade	49
2.12	Ventilação	50
2.13	Ventilação natural ou espontânea	51
2.14	Ventilação dinâmica.....	52
2.15	Ventilação térmica	52
2.16	Ventilação artificial, mecânica ou forçada	52
2.17	Sistema de pressão negativa ou exaustão	53
2.18	Sistema de pressão positiva ou pressurização.....	53
2.19	Zootecnia de precisão	53
2.20	Avicultura de precisão.....	55
2.21	Instalação do dispositivo no galpão	55
2.22	Norma Brasileira NBR 5410.....	56

2.23	Instalações de baixa tensão	56
2.24	Referências normativas	56
3	MATERIAIS E MÉTODOS	57
3.1	Arduino.....	57
3.2	IDE do Arduino	60
3.3	ESP8266	60
3.4	Internet das Coisas (IOT – Internet Of Things)	62
3.5	Computação em nuvem (Cloud computing)	64
3.6	Agricultura Inteligente (Smart Farming).....	64
3.7	Big Data.....	65
3.8	Sensor	66
3.9	Sensores analógicos.....	66
3.10	Sensores digitais.....	67
3.11	Transdutor.....	68
3.12	Sensor analisador de gases	68
3.13	Sensor MQ-135	69
3.14	Ajuste da sensibilidade: calibração.....	75
3.15	Sensor de temperatura – Termistores	81
3.16	Sensor de temperatura NTC	82
3.17	Sensor DHT11	82
3.18	Relés.....	83
3.19	Multiplexador	84
3.20	Sistema operacional Android	85
3.21	Data Logger.....	85
3.22	Módulo Sd Card com Mini Logger Data Clock.....	85
3.23	Protocolos de comunicação SPI e I2C.....	86

3.24	Protocolo SPI (Serial Peripheral Interface)	86
3.25	Protocolo I2C (Inter-Integrated Circuit).....	87
3.26	Delimitação dos campos de pesquisa	87
3.27	Atuação do AEREM NH ₃ CONTROLLER	88
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	90
4.1	Simulação do circuito elétrico	90
4.2	Placa de controle	90
4.3	Módulo de relés.....	94
4.4	Módulo multiplexador	95
4.5	Módulo SD Card com Mini Logger Data Clock	96
4.6	Programação IDE Arduíno.....	97
4.7	Aplicativo celular	99
4.8	Tela inicial do aplicativo	100
4.9	Tela de acionamento manual	101
4.10	Testes.....	102
5	CONCLUSÕES	110
	REFERÊNCIAS	113
	ANEXO A – Technical Data MQ-135 gas sensor	120
	ANEXO B – Certificado de Registro de Patente	123

1 INTRODUÇÃO

A produção brasileira de frango de corte pode ser considerada como um grande complexo agroindustrial, colocando o Brasil como destaque no comércio exterior, isso graças aos avanços da genética, da nutrição e do manejo.

Historicamente, o agronegócio, setor da economia brasileira, do qual a avicultura de corte é um dos pilares, acumulou avanços significativos desde a segunda metade do século 20, conferindo ao país poder de competição frente às potências mundiais. A agropecuária teve um papel fundamental nesse desenvolvimento, pois o aumento significativo de produtividade levou à diminuição da insegurança alimentar, que pode ser definida em breves palavras como uma situação em que o acesso e a disponibilidade de alimentos não existam ou não sejam suficientes para a população (ABPA, 2021).

Entender a existência, reconhecer a importância e avançar na evolução dos chamados fatores estruturantes – recursos naturais, tecnologia e conhecimento, empreendedorismo rural e coordenação das cadeias de valor, e ainda saber conjugá-los, permitiu que o Brasil, um país que na década de 1960 dependia da importação de alimentos, evoluísse e se tornasse, atualmente em um dos principais produtores e exportadores de produtores agropecuários do mundo (ABPA, 2021).

Figura 1 – Fatores estruturantes



Fonte: ABPA (2021)

De acordo com a análise do mercado de carne realizada em 2020 pela FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), a produção mundial de carne em 2020 foi próximo a 133,3 milhões de toneladas de carne de frango, volume este que representa um aumento de 1,3% em relação à produção em 2019, apesar da ocorrência da pandemia de Covid-19 e registros de casos de influenza aviária na

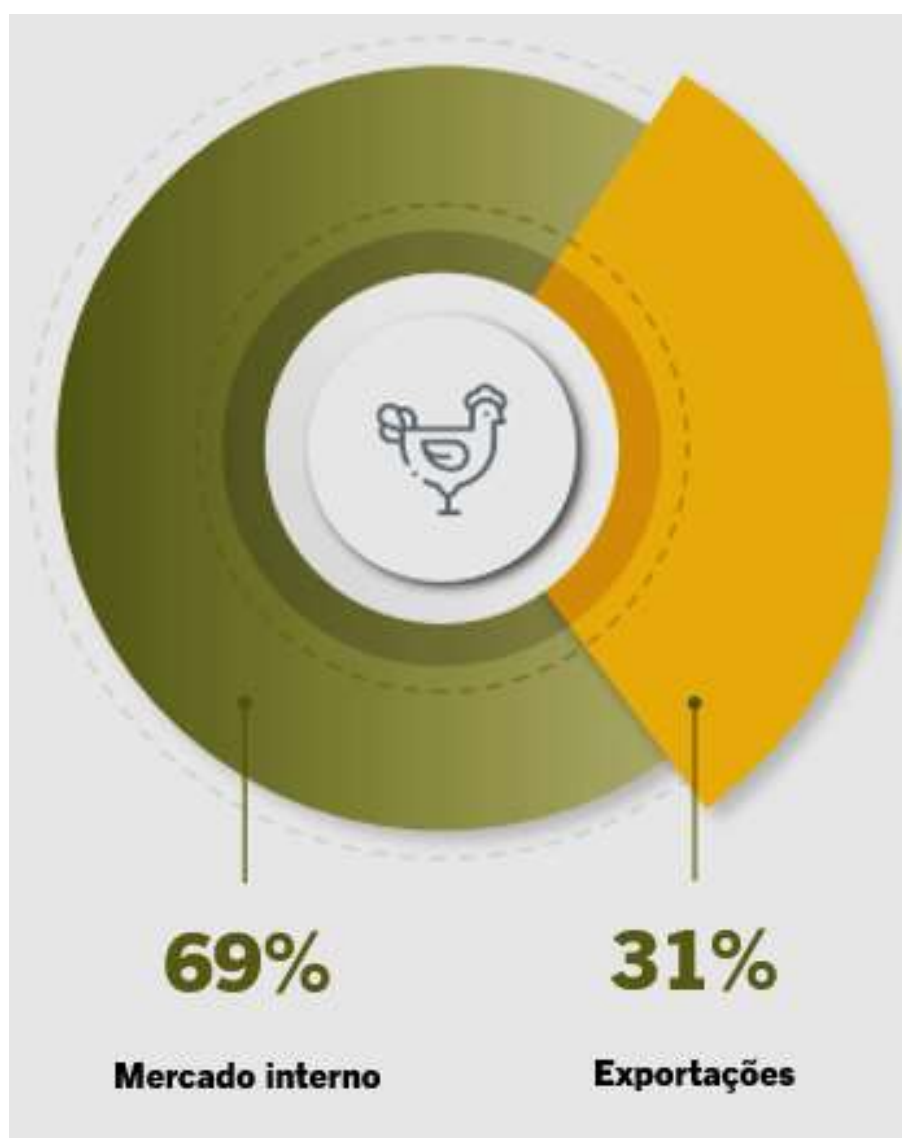
Europa e na Ásia. A acessibilidade relativa à carne de frango e o ciclo de produção mais curto foram dois fatores importantes para que a produção de carne de frango apresentasse esse resultado, superando a produção de carne bovina, que sofreu redução de cerca de 1,5%, ficando em 71,4 milhões de toneladas, e também a produção de carne suína, que recuou pelo segundo ano consecutivo, tendo produzido menos de 110 milhões de toneladas.

A participação do Brasil nesse resultado global deu-se pelo incremento de 1,6% na produção, atingindo estimados 14,3 milhões de toneladas de carne de frango produzidas, mesmo sob um cenário com alguns entraves, como o aumento nos custos dos insumos básicos e as interrupções de mercado, tanto internas quanto externas.

Esse aumento na produção deve-se às importações asiáticas e do Oriente Médio e ao auxílio financeiro do governo federal às famílias devido a pandemia, o que sustentou o poder de compra do consumidor interno (“AviSite,” 2021). Na edição 2021 de seu relatório anual, a Associação Brasileira de Proteína Animal mostra que a produção brasileira de carne de frango em 2019 foi de 13,245 milhões de toneladas e em 2020 foi de 13,850 milhões de toneladas sendo que 69% desse total foi destinado ao mercado interno e 31% a exportações que resultaram numa receita próxima dos 7 bilhões de dólares (ABPA, 2021). Conforme essas projeções realizadas pela ABPA, em 2021 a produção brasileira de carne de frango poderá alcançar 14,350 milhões de toneladas, número 3,5% superior ao registrado em 2020 e para 2022, o volume projetado apresenta um incremento de 4% em relação à 2021, podendo chegar a 14,900 milhões de toneladas.

As exportações de carne de frango apontam para embarques totais na ordem de 4,580 milhões de toneladas, número 8% superior ao alcançado em 2020 que foi de 4,231 milhões de toneladas. Para 2022, as exportações poderão atingir a 4,750 milhões de toneladas, superando em 5% as projeções de exportação para 2021. Ainda de acordo com a ABPA, o consumo de carne de frango no Brasil em 2019 foi próximo a 43 kg/habitante/ano; em 2020 o consumo ultrapassou os 45 kg/habitante/ano e projeta-se para 2021 que o consumo per capita chegue a 46 kg e em 2022, aos 48 kg (ABPA, 2021).

Figura 2 – Destino da produção brasileira de carne de frango em 2020



Fonte: ABPA (2021)

Tabela 1 – Projeções carne de frango

	2020	2021	2022	var. 21/20 (%)	var. 22/21 (%)
Produção (milhões ton)	13,845	14,300 – 14,350	14,700 – 14,900	até 3,5	até 4,0
Exportação (milhões ton)	4,231	4,530 – 4,580	4,650 – 4,750	até 8,0	até 5,0
Disponibilidade (milhões ton)	9,614	9,720 – 9,820	9,950 – 10,250	até 2,0	até 5,5
Per capita (kg)	45,27	até 46	até 48	até 2,0	até 4,0

Fonte: <http://abpa-br.org/abpa-projeta-desempenho-positivo-para-avicultura-e-suinocultura-em-2021-e-2022/>

Figura 3 – Produção brasileira de carne de frango (milhões ton)



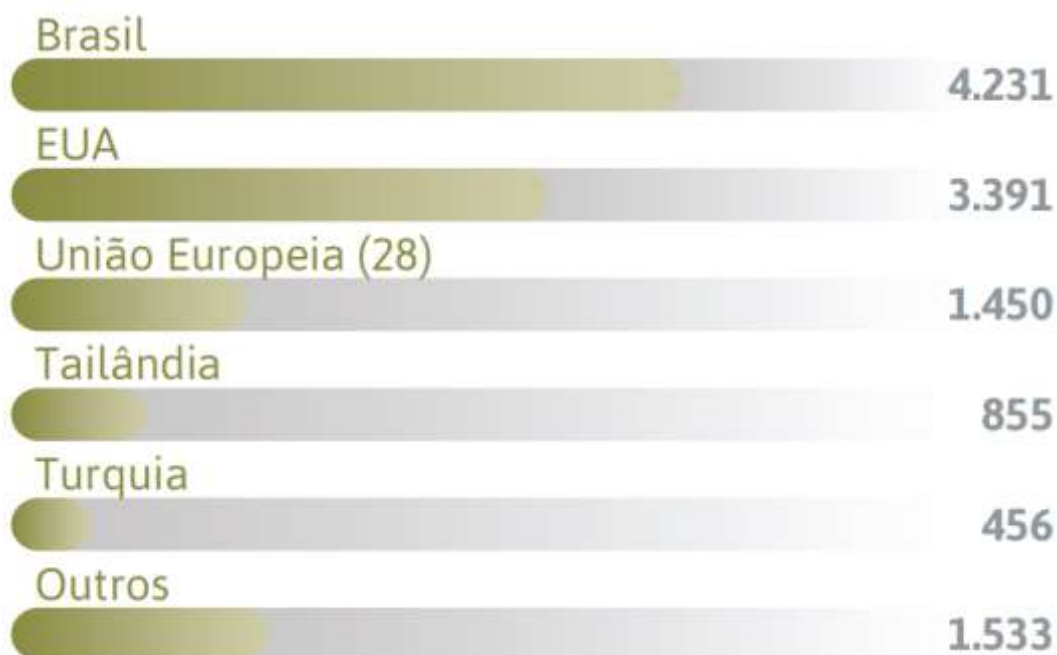
Fonte: ABPA (2021)

Figura 4 – Exportações Brasileiras de carne de frango – série histórica



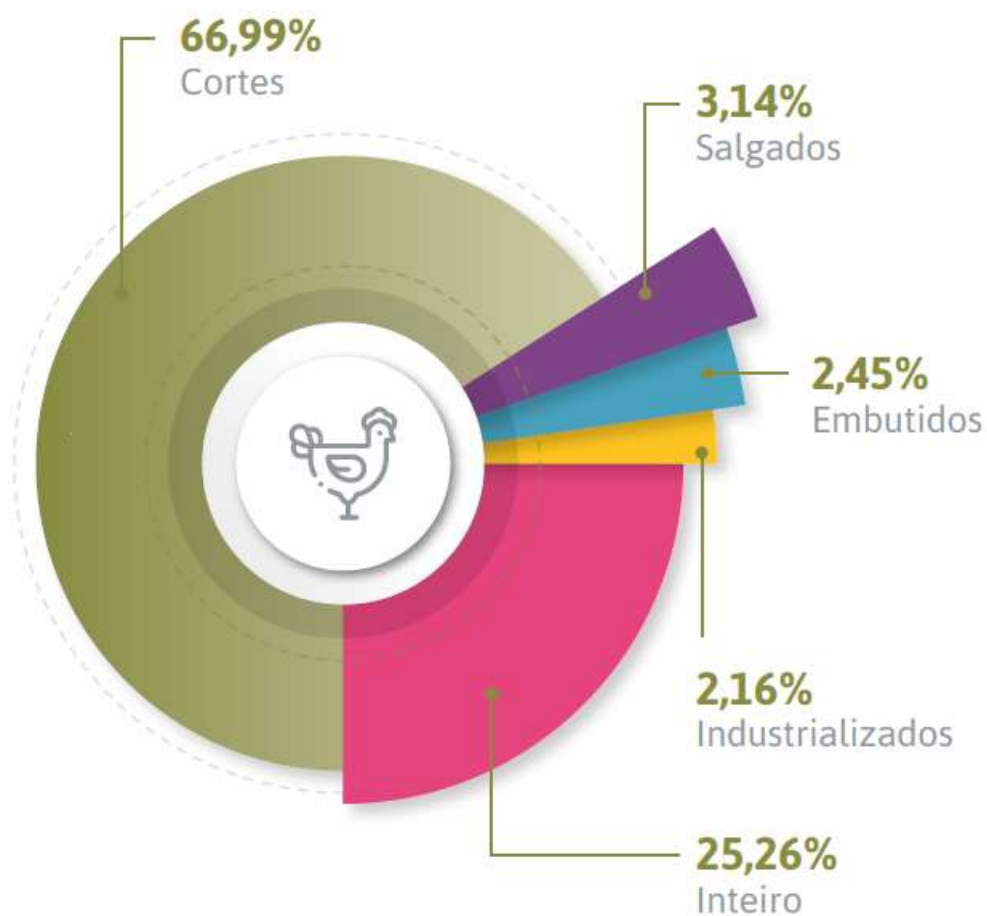
Fonte: ABPA (2021)

Figura 5 – Exportação em 2020 - comparativos

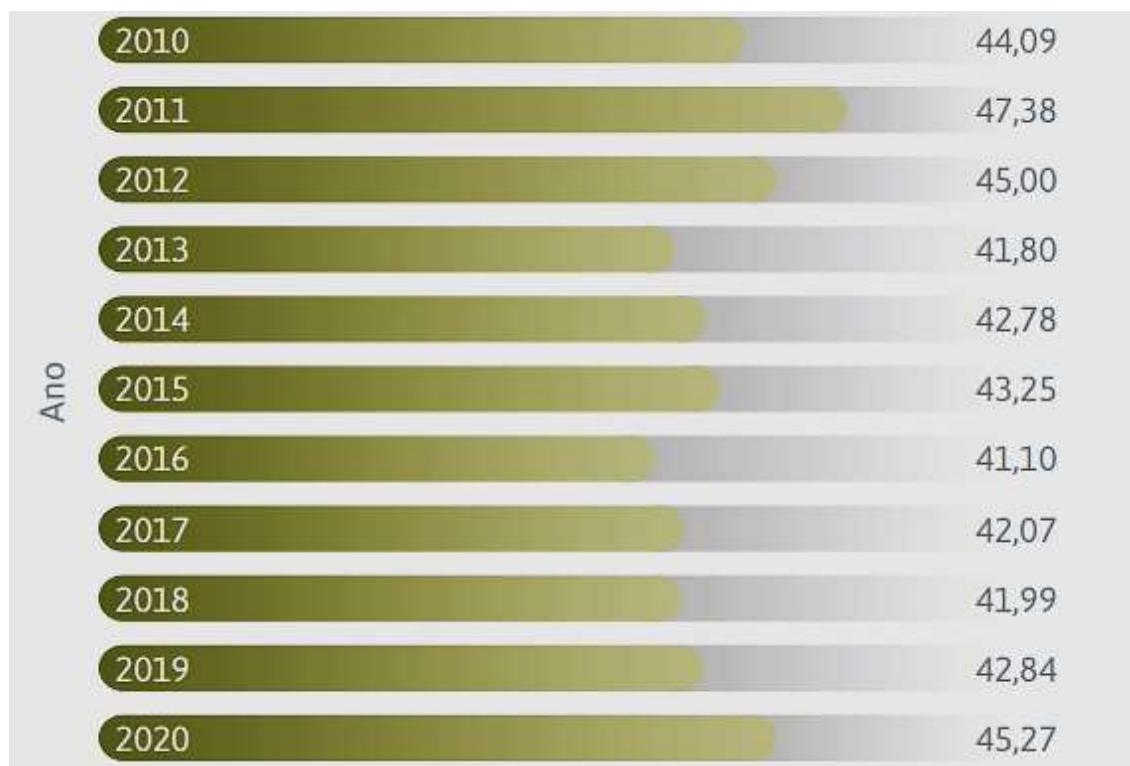


Fonte: ABPA (2021)

Figura 6 – Exportações brasileiras de carne de frango por produto em 2020



Fonte: ABPA (2021)

Figura 7 – Consumo per capita+ de carne de frango (kg/hab)

Fonte: ABPA (2021)

Visando analisar o panorama do setor de proteínas no Brasil com o propósito de delinear o perfil de consumo do brasileiro, a ABPA encomendou uma pesquisa ao Centro de Assessoria e Pesquisa de Mercado – CEAP, que entrevistou 2500 pessoas em todas as regiões do país, englobando todas as classes sociais e diferentes faixas etárias. Entre os resultados da pesquisa pode-se destacar alguns pontos importantes (ABPA, 2021):

1. 98,5% dos lares brasileiros consomem algum tipo de proteína animal de maneira regular (ABPA, 2021);
2. A carne de frango é consumida igualmente em todas as classes sociais (ABPA, 2021);
3. Mais de 50% da população brasileira declara ter conhecimento de que o Brasil é o maior exportador de carne de frango do mundo (ABPA, 2021);
4. 80% da população brasileira consome carne de frango no mínimo de 2 a 3 vezes por semana (ABPA, 2021).

Ainda segundo a ABPA, a produção e o consumo de carne de frango no Brasil cresceram desde 1970 e continuam em crescimento conforme mostra a ABPA, e

projeta um aumento populacional mundial, atingindo 9,2 bilhões de pessoas em 2050, o que resultará em consequência no aumento do consumo de carne de frango. Na busca de atender essa demanda crescente do consumo de carne de frango, é necessário obviamente produzir cada vez mais frangos, quer seja aumentando a quantidade de criadouros, quer seja expandindo o tamanho dos lotes – aumento da densidade populacional no ambiente, ou seja, alojando mais aves por metro quadrado. Qualquer que seja a opção, incorrerá no aumento na quantidade de carne produzida, porém também teremos acréscimo nos problemas típicos desse sistema de produção.

Para fazer frente a esse desafio o setor avícola adota um modelo produtivo no qual a empresa integradora – agroindústria, oferece insumos e assistência técnica, vacinas e controle veterinário além das aves que serão criadas pelo produtor integrado que se responsabiliza pelo manejo dos frangos e pelo funcionamento da granja. Essa parceria proporciona o controle dos riscos e melhor qualidade e permite o acesso de milhares de pequenos produtores locais ao agronegócio global (ABPA, 2021).

Figura 8 – Sistema Integrado de Produção



Fonte: ABPA (2021)

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um sistema de monitoramento e controle com vistas a mensurar e controlar os níveis de gás amônia liberados num ambiente de produção de frangos de corte, no período de 15 a 42 dias de vida das aves. Através do uso de sensores de gases o dispositivo monitora a concentração de NH_3 e envia o valor obtido via internet a um celular smartphone, com aplicativo de controle previamente instalado para que, em resposta a ocorrência de um nível de gás amônia acima do limite tolerável, permita que o responsável pela produção possa acionar remotamente os equipamentos usuais da granja, como ventiladores, aspersores e cortinas, permitindo assim a dissipação do excesso do gás do ambiente.

5 CONCLUSÕES

O desenvolvimento de um dispositivo de baixo custo para a medição e controle dos níveis de amônia liberados no ambiente de produção de frangos de corte composto por sensor de gás, microcontrolador módulo de transmissão de dados via internet foi levado a termo.

A ideia inicial era efetuar as leituras, deslocando-se o módulo contendo apenas um sensor para as áreas consideradas críticas ou que se desejasse conhecer a concentração de NH_3 para que então o sistema alertasse o usuário via aplicativo de celular inteligente e esse após a análise, tomasse a decisão e remotamente, diretamente do seu aparelho smartphone acionasse o dispositivo que achasse mais conveniente para promover a dispersão do gás.

Ao longo do desenvolvimento deste trabalho, à medida em que se ia definindo quais componentes fariam parte do projeto, novas perspectivas, ideias e capacidades o foram sendo vislumbradas, como por exemplo, o módulo simples poderá comportar até 32 sensores, permitindo assim o monitoramento de uma área bem maior.

Outra operação que se percebeu possível é a do agora não mais um dispositivo mas sim um sistema, conforme parâmetros previamente definidos e configurados via software, acionar automaticamente os equipamentos da granja, conforme o nível de NH_3 no ambiente sendo possível ainda o acionamento desses equipamentos por setores, atuando de modo mais localizado na dispersão do excesso do gás amônia.

O nome escolhido AEREM NH_3 Controller para o sistema é uma alusão a um ambiente controlado e livre de gases, visto que a palavra AR em latim é AEREM.

Como descrito anteriormente, foram realizados testes com o dispositivo em ambiente de laboratório, porém os testes à campo serão realizados para comprovar a eficiência e eficácia do sistema, tão logo passe essa fase pandêmica pela qual estamos atravessando.

Melhorias e atualizações podem e devem ser realizadas, principalmente os que otimizem o funcionamento do dispositivo e tragam redução de custo e melhor desempenho, como por exemplo a substituição de componentes por mais atuais, de menor consumo de energia, bem como da tecnologia de acesso à rede, para aumentar

o alcance de ação do sistema. Mudanças que tornem o acionamento mais interativo e facilitem o acesso também poderão ser incorporadas, como por exemplo, as telas do aplicativo do celular

Figura 66 – Melhoria na tela inicial do APP



Fonte: Próprio autor (2021)

Figura 67 – Melhoria na tela de acionamento do APP



Fonte: Próprio autor (2021)

REFERÊNCIAS

- ABPA. **ABPA RELATÓRIO ANUAL 2021**. [s.l: s.n.].
- ABREU, P. G. DE; ABREU, V. M. N. Ventilação na avicultura de corte. **Documentos - Embrapa Suínos e Aves**, v. 63, p. 51, 2000a.
- ABREU, P. G. DE; ABREU, V. M. N. Ventilação na avicultura de corte. p. 51, 2000b.
- ADD THERM**. Disponível em: <<https://www.addtherm.com.br/sensores-de-temperatura-ntc-e-ptc/>>. Acesso em: 27 dez. 2020.
- ALCÂNTARA, M. S. THE INCIDENCE OF AIRSACCULITIS IN THE PRODUCTION OF BROILER. 2018.
- ALVES, F. V; PORFIRIO-DA-SILVA, V; KARVATTE JUNIOR, N. Bem-estar animal e ambiência na ILPF. **Embrapa Gado de Corte**, p. 209–223, 2019.
- ANDREATTI FILHO, R. L. Saúde aviária e doenças. In: 1. ed. São Paulo: Roca, 2006. p. 2–8, 112–117.
- AviSite**. Disponível em: <<https://www.avisite.com.br/index.php?page=noticias&id=23634>>.
- BANHAZI, T. M. ; et al. Identification of the risk factors for high airborne particle concentrations in broiler buildings using statistical modeling. **Biosystems Engeneering**, v. 101, p. 100–110, 2008.
- BECKER, B. G. Comportamento de aves e sua aplicação prática. **CONFERÊNCIA APINCO, DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2002**, p. 81–90, 2002.
- BECKER, B. G. Bem-estar animal em avicultura. **VII SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA. Chapecó, SC.**, 2006.
- BRANCO, T. Concentração E Emissão De Amônia Em Aviários De Frango De Corte. p. 119, 2017.
- BROOM, D. M. The scientific assessment of animal welfare. **Applied Animal Behaviour Science, Amsterdam**, v. 20, p. 5–19, 1988.
- BROOM, D. M.; MOLENTO, C. F. M. Bem-Estar Animal: Conceito E Questões Relacionadas - Revisão. **Archives of Veterinary Science**, v. 9, n. 2, p. 1–11, 2004.
- CAETANO DE ALMEIDA, G. et al. **Efeitos Adversos de Altos Níveis de Amônia na Sanidade e Desempenho de Frangos de Corte** **REVISTA ELETRÔNICA BIOCÊNCIAS, BIOTECNOLOGIA E SAÚDE**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://seer.utp.br/index.php/GR1/article/view/1649>>. Acesso em: 27 jan. 2021.
- Cetax**. Disponível em: <<https://www.cetax.com.br/blog/big-data/>>.
- CHAGAS, A. P. **A síntese da amônia: Alguns aspectos históricos** **Quimica NovaSBQ**, , jan. 2007. Disponível em:

- <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422007000100039&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 1 fev. 2021
- COBB. Manual de Manejo de Frangos de Corte. **Manual de Manejo de Frangos de Corte**, p. 70, 2009.
- CORKERY, G. et al. Monitoring Environmental Parameters in Poultry Production Facilities. **Computer Aided Process Engineering**, v. 1, p. 1–10, 2013.
- CREDER, H. **Instalações elétricas**. 16. ed. Rio de Janeiro: [s.n.].
- CURI, T. M. R. C. Avaliação do sistema de ventilação em instalações para frangos de corte através de diferentes modelagens. p. 1–295, 2014.
- CURTIS, S. E. Environmental management in animal agriculture. **AMES: The Iowa State University Press**, p. 409, 1983.
- DA ROCHA, H. P. et al. Bioclimatic and production parameters in different poultry houses in the semiarid region of paraíba state. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 12, p. 1330–1336, 2010.
- DAO, T. H.; ZHANG, H. Rapid composition and source screening of heterogeneous poultry litter by x-ray fluorescence spectrometry. **Annals of Environmental Science**, v. 1, p. 69–79, 2007.
- DAVID, B. et al. Air Quality in Alternative Housing Systems May Have an Impact on Laying Hen Welfare. Part II—Ammonia _ Enhanced Reader. **Animals** , p. 886–896, 5 set. 2015.
- DE MAURO, A.; GRECO, M.; GRIMALDI, M. A formal definition of Big Data based on its essential features. **Library Review**, n. 65, p. 122–135, 2016.
- DE OLIVEIRA, M. C. et al. Dry matter content, pH and volatilized ammonia from poultry litter treated or not with different additives. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 4, p. 951–954, 2003.
- DEWESOFT. **Dewesoft**. Disponível em: <<https://dewesoft.com/br/aquisicao-de-dados/what-is-data-logger#o-que-e-registrador-de-dados>>. Acesso em: 19 jan. 2021.
- DSA Suppliers**. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/esp8266-arduino-tutorial/>>. Acesso em: 19 dez. 2020.
- Duino For Projects**. Disponível em: <<https://duino4projects.com/arduino-nano-tutorial-pinout-schematics/>>. Acesso em: 19 dez. 2020.
- FEU-PORTO. **Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto**. Disponível em: <<https://paginas.fe.up.pt/~hsm/>>.
- FELIX, E. P.; CARDOSO, A. A. Amônia (NH₃) atmosférica: fontes, transformação, sorvedouros e métodos de análise. **Química Nova**, v. 27, n. 1, p. 123–130, 2004.

Flip e Flop. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/esp8266-arduino-tutorial/>>. Acesso em: 19 dez. 2020.

FURTADO, D. A. et al. . Índices de conforto térmico e concentração de gases em galpões avícolas no semiárido paraibano. *Engenharia Agrícola*, v. 30, n. 6, p. 993–1002, 2010.

GAY, S. W.; KNOWLTON, K. F. Ammonia Emissions and Animal Agriculture. *Philosophy of Complex Systems*, v. 442, n. 110, p. 569–601, 2011.

GCFGLOBAL. **Como usar o Android?** Disponível em: <<https://edu.gcfglobal.org/pt/como-usar-o-sistema-android/o-que-e-o-sistema-android/1/>>.

GLOBALGAP. Pontos de controle e critérios de cumprimento: garantia integrada da fazenda – aves. p. 22, 2007.

GROOT KOERKAMP, P. W. G. et al. The effect of ammonia in livestock buildings in Northern Europe. *Journal Agric.Engineering Research*, v. 70, p. 79–95, 1998.

Hardware Livre USP. Disponível em: <<https://hardwarelivreusp.org/tutoriais/>>.

HELLICKSON, M. A.; WALKER, J. N. Ventilation of agricultural structures. *St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers*, v. 70, n. 1, p. 213, 1983.

HERNANDES, R.; CAZETTA, J. O. Método simples e acessível para determinar amônia liberada pela cama aviária. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 30, p. 824–829, 2001.

HERNANDES, R.; CAZETTA, J. O.; DE MORAES, V. M. B. Frações nitrogenadas, glicídicas e amônia liberada pela cama de frangos de corte em diferentes densidades e tempos de confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 31, n. 4, p. 1795–1802, 2002.

HINZ, T.; LINKE, S. A comprehensive experimental study of aerial pollutants in and emissions from livestock buildings. Part 1: Methods. *Journal of Agricultural and Engineering Research*, v. 70, n. 1, p. 111–118, 1 maio 1998.

INOUE, K. R. A. et al. Análise Da Concentração De Amônia Em Galpões De Frango De Corte Submetidos a Diferentes Dietas. *Revista Engenharia Na Agricultura - Reveng*, v. 20, n. 1, p. 19–24, 2012.

JAYCON SYSTEMS. **Jaycon Systems**. Disponível em: <<https://jayconsystems.com/blog/understanding-a-gas-sensor>>. Acesso em: 30 dez. 2021.

JONES, E. K. M.; WATHES, C. M.; WEBSTER, A. J. F. Avoidance of atmospheric ammonia by domestic fowl and the effect of early experience. *Applied Animal Behaviour Science*, v. 90, n. 3, p. 293–308, 2005.

- KASBE, M. S. et al. An Electronic nose with LabVIEW using SnO₂ Based Gas Sensors: Application to test freshness of the fruits. **International Journal of Scientific & Engineering Research**, v. 6, n. 4, p. 1977–1982, 2015.
- KELLEHER, B. P. et al. Advances in poultry litter disposal technology – a review. **Bioresource Technology**, v. 83, p. 27–36, 2002.
- LIMA, K. A. O. DE. Avaliação de sistemas de ventilação mecanizada por pressão positiva e negativa utilizados na avicultura de corte. p. 205, 2011.
- LIMA, N. D. S. et al. **Estimativa de emissão de amônia em aviários no interior do Mato Grosso do Sul**. [s.l.: s.n.]. v. 9
- MATUCHAKI, G. Projeto De Um Sistema De Climatização De Aviário. p. 38, 2011.
- MELLOR, D. J. Updating animalwelfare thinking: Moving beyond the “five freedoms” towards “A lifeworth living.” **Animals**, v. 6, n. 3, 14 mar. 2016.
- MENDES, L. B. et al. O ciclo do nitrogênio na criação de frangos de corte e suas perdas na forma de amônia volátil: uma revisão. **PUBVET**, v. 72, p. 85–89, 2012.
- MENEGALLI, I. et al. Ambiente térmico e concentração de gases em instalações para frangos de corte no período d aquecimento. Rev. Bras. de Engenharia Agrícola e Ambiental. v. 13, n. supl. especial, p. 984–990, 2009.
- Michaelis**. Disponível em: <<https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/ambiência/>>. Acesso em: 6 jan. 2021.
- MINITAB. **Minitab**. Disponível em: <<https://www.minitab.com/en-us/>>. Acesso em: 3 jan. 2022.
- MIRAGLIOTTA, M. Y. Avaliação dos níveis de amônia em dois sistemas de produção de frangos de corte com ventilação e densidade diferenciados. **Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas**, 2000.
- MOURA, D. J. et al. Animal welfare concepts and strategy for poultry production: A review. **Revista Brasileira de Ciencia Avicola**, v. 8, n. 3, p. 137–148, 2006.
- MULTILÓGICA SHOP. Arduino Guia Iniciante. p. 150, 2009.
- NÄÄS, I. D. A. **Princípios do conforto térmico na produção animal**. São Paulo: Ícone Editora, 1989.
- NÄÄS, I. D. A. et al. Estimativa de bem-estar de frango de corte em função da concentração de amônia e grau de luminosidade no galpão de produção. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 3, p. 611–618, 2007.
- NÄÄS, I. D. A. et al. AMBIÊNCIA AÉREA EM ALOJAMENTO DE FRANGOS DE CORTE: POEIRA E GASES. **Eng. Agríc., Jaboticabal**, v. 27, n. 2, p. 326–335, 2007.

NASCIMENTO, S. T. et al. Zootecnia de precisão e os desafios da ambiência na produção animal no Nordeste brasileiro. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 19, n. 2, p. 103–112, 2017.

Olimex. Disponível em: <fonte: <https://www.olimex.com/Products/Components/Sensors/Gas/SNS-MQ135/resources/SNS-MQ135.pdf>>.

OLIVEIRA, C. L. V.; ZANETTI, H. A. P. **Arduino Descomplicado como Elaborar Projetos de Eletrônica**, 2015.

OLIVEIRA, P. A. V. DE; MONTEIRO, A. N. T. R. Emissão de amônia na produção de frangos de corte. **Embrapa Suínos e Aves**, p. 11, 2013.

OLIVEIRA, S. DE. **Internet das coisas com esp8266, arduino e raspberry pi**. [s.l.: s.n.].

ORO, C.; GUIRRO, E. C. B. DO P. Influência da amônia proveniente da cama aviária sobre o bem-estar de frangos de corte. **Veterinária em Foco**, v. 12, n. 1, p. 49–63, 2014.

PANDORFI, H.; ALMEIDA, G. L. P.; GUISELINI, C. Precision animal production: Basic principles and news in the swine production. **Revista Brasileira de Saude e Producao Animal**, v. 13, n. 2, p. 558–568, 2012.

PONCIANO, P. F. et al. Análise do ambiente para frangos por meio da lógica fuzzy: uma revisão. **Archivos de zootecnia**, v. 60, n. 1, 2011.

Portal Vida de Silício. Disponível em: <<https://portal.vidadesilicio.com.br/sensor-de-gas-mq-135/>>.

RITZ, C. W.; FAIRCHILD, B. D.; LACY M.P. Litter quality and broiler performance. **Cooperative Extension Service**, p. 1–4, 2009.

RIVERA, G. T. **Eletrônica para autodidatas, estudantes e técnicos**. 2a. ed. [s.l.: s.n.].

ROBOCORE. **Robocore**. Disponível em: <<https://www.robocore.net/sensor-ambiente/sensor-de-temperatura-dht11>>. Acesso em: 27 dez. 2020.

ROSS. ROSS Manual de Manejo de Frangos de Corte. p. 148, 2018.

SILVA, I. J. O. DA. Contribuições à zootecnia de precisão na produção industrial de aves e suínos no Brasil. p. 140, 2007.

SILVA, I. J. O. DA; MIRANDA, K. O. DA S. Impactos do bem-estar na produção de ovos. **Thesis**, v. 11, n. Vi, p. 89–115, 2009.

SILVA, I. J. O.; NÄÄS, I. A. Zootecnia de Precisão: um novo conceito e um desafio para a ambiência na engenharia agrícola. **Notesalq**, n. 2, p. 6, 1998.

SMIL, V. **Enriching the Earth**. [s.l.] MIT Press, 2000.

SOUSA, F. C. DE et al. Saraz method adjustment for the quantification of ammonia emissions generated in opened or hybrid animal production facilities. **Dyna**, v. 83, n. 195, p. 61–68, 2016a.

SOUSA, F. C. et al. Medidas para minimizar a emissão de amônia na produção de frangos de corte: revisão. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 10, n. 1, p. 51, 21 mar. 2016b.

SOUZA, F. C. DE. POTENCIAL DE GERAÇÃO E EMISSÃO DE AMÔNIA PELA AVICULTURA DE CORTE DO BRASIL. **Photosynthetica**, v. 2, n. 1, p. 1–13, 2018.

SOUZA, F. C. et al. MEDIDAS PARA MINIMIZAR A EMISSÃO DE AMÔNIA NA PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE: REVISÃO. v. 10, n. June, p. 51–61, 2016.

SUNDMAEKER, H. et al. Internet of food and farm 2020. In: **Digitising the Industry Internet of Things Connecting the Physical, Digital and Virtual Worlds**. [s.l: s.n.]. p. 129–151.

SUNYAEV, A. **Internet Computing Principles of Distributed Systems and Emerging Internet-Based Technologies**. [s.l: s.n.].

THOMAZINI, D.; ALBUQUERQUE, P. U. B. **Sensores Industriais - Fundamentos e Aplicações**. [s.l: s.n.].

TINÔCO, I. D. F. F. Critérios Para O Planejamento De Instalações Avícolas. **SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE AMBIÊNCIA E SISTEMAS DE PRODUÇÃO AVÍCOLA**, 1998.

TINÔCO, I. DE F. F. Avicultura industrial: Novos conceitos de materiais, concepções e técnicas construtivas disponíveis para galpões avícolas brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 3, n. 1, p. 1–30, 2001.

TINÔCO, I. F. F. et al. Avaliação do uso de ventilação mínima em galpões avícolas e de sua influência no desempenho de aves de corte no período de inverno. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 1381–1386, 2010.

TOCCI, R. J.; WIDMER, N. S.; MOSS, G. L. **Sistemas digitais: princípios e aplicações**. 11. ed. São Paulo: [s.n.].

TOP GADGET. **Top Gadget**. Disponível em: <<https://www.topgadget.com.br/howto/eletronica/selecionando-entre-protocolos-i2c-e-spi-para-o-seu-projeto.htm>>.

Vida de Silício. Disponível em: <<https://www.vidadesilicio.com.br/mq-135-sensor-de-gas>>. Acesso em: 27 dez. 2020.

VILELA, M. O. et al. Emissão de amônia na produção de frangos de corte. In: **Anais IV SIMEAA**. [s.l: s.n.].

VILELA, M. O. et al. **SISTEMAS DE VENTILAÇÃO NA AVICULTURA BRASILEIRA: ESTADO DA ARTE** *Brazilian Journal of Biosystems Engineering* v. [s.l: s.n.]. Disponível em:

<<http://seer.tupa.unesp.br/index.php/BIOENG/article/view/891>>. Acesso em: 27 jan. 2021.

WATHES, C. et al. Is precision livestock farming an engineer's daydream or nightmare, an animal's friend or foe, and a farmer's panacea or pitfall. **Computers and electronics in agriculture.**, 2008.

WOLFERT, S. et al. Big Data in Smart Farming – A review. **Agricultural Systems**, v. 153, p. 69–80, 2017.