

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

DIANDRA MASURANA JAHN

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE MÁQUINAS DE AQUECIMENTO E SEUS
EFEITOS NO AMBIENTE TÉRMICO E NO DESEMPENHO DE FRANGOS DE
CORTE**

DOIS VIZINHOS

2022

DIANDRA MASURANA JAHN

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE MÁQUINAS DE AQUECIMENTO E SEUS
EFEITOS NO AMBIENTE TÉRMICO E NO DESEMPENHO DE FRANGOS DE
CORTE**

**Energy efficiency of heating machines and its effects on the thermal
environment and broiler performance**

Dissertação apresentada como requisito para
obtenção do Título de Mestre em Zootecnia da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Orientador: Angélica Signor Mendes.

Coorientador: Cléverson de Souza.

DOIS VIZINHOS

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



**Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Dois Vizinhos**



DIANDRA MASURANA JAHN

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE MÁQUINAS DE AQUECIMENTO E SEUS EFEITOS NO AMBIENTE
TÉRMICO E NO DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestra Em Zootecnia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Área de concentração: Produção Animal.

Data de aprovação: 30 de Novembro de 2021

Prof.a Angelica Signor Mendes, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Edgar De Souza Vismara, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Rodrigo Garofallo Garcia, Doutorado - Universidade Federal da Grande Dourados (Ufgd)

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 30/11/2021.

Dedico a minha família, em especial ao meu esposo Carlos, que sempre esteve ao meu lado e foi minha força e alicerce para alcançar esse título.

Também ao meu filho Luis Antonio, que mesmo muito pequeno, sem saber da sua importância em minha vida, foi minha determinação em mais essa etapa.

Obrigada, vocês foram essenciais para o alcance deste objetivo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e a Nossa Senhora Aparecida, pela saúde e por terem abençoado essa caminhada. Foram anos desafiadores e com testes diários de determinação e persistência.

Agradeço ao meu esposo, por todo apoio, incentivo, carinho e amor dedicado a mim nesta caminhada, você foi fundamental para que eu conseguisse alcançar esse objetivo. Obrigada pelas horas de conversa que acalmavam e por secar minhas lágrimas que muitas vezes rolavam na face, sem saber o que eu fazer. Te amo.

Agradeço a pessoa mais importante da minha vida e que deu ainda mais sentido a ela, depois que nasceu, meu filho, Luis Antonio. Obrigada pelas manhãs e tardes de sonecas, que me permitiam escrever essa dissertação. A mamãe te ama além da vida.

Agradeço a minha família, por terem acreditado na minha capacidade de alcançar esse título.

Agradeço em especial a minha orientadora, Angélica Signor Mendes, por toda dedicação, orientação, repasse de seu conhecimento, horas de conversa que me fizeram crescer muito como profissional, aos puxões de orelha que sempre vinham no momento certo. Obrigada por sempre estar ao meu lado e me mostrar o caminho a ser seguido.

Agradeço ao meu Coorientador, Cléverson de Souza, pelo constante repasse de seu conhecimento para o desenvolvimento desta dissertação. Muito obrigada.

Agradeço a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, pela oportunidade de cursar o mestrado, muito bem reconhecido e de excelência que muito acrescentou em meu crescimento e desenvolvimento profissional e pessoal. Muito obrigada.

Agradeço a todos que de uma forma ou de outra estiveram envolvidos para o desenvolvimento desta dissertação, vocês foram fundamentais.

Muito obrigada.

“A persistência é o menor caminho do êxito”.
(Charles Chaplin)

RESUMO

A elevada demanda por produtos de origem animal, fez com que a cadeia necessitasse aprimorar a produção e compreender os fatores que a afetam. Na produção de frangos de corte a evolução é constante, por tanto a utilização de metodologias estatísticas nos permite avaliar o comportamento desses fatores. O estudo teve como objetivo avaliar quatro distintas máquinas de aquecimento, buscando a ligação entre as variáveis de condições climáticas e de desempenho zootécnico com o consumo de pellet e de energia elétrica. O trabalho foi realizado utilizando um banco de dados de produção de frangos de corte tipo *griller*, criados até 28 dias de vida, de uma empresa integradora avícola, localizada no Sudoeste do Paraná contendo informações de agosto de 2019 a julho de 2020. Este banco de dados foi composto por 12 lotes de aves de sexagem mista, alojados com um dia de vida, com aproximadamente 120.000 aves cada um. As aves foram submetidas a quatro tratamentos, ou seja, quatro distintas máquinas de aquecimento (máquina A, máquina B, máquina C e máquina D) e as condições fornecidas as aves foram iguais para todos os aviários. As variáveis analisadas que compuseram o banco de dados foram: temperatura e umidade relativa do ambiente interno e externo, concentração de gás carbônico interno, conversão alimentar, ganho de peso e consumo de energia elétrica e de pellet. Para a análise estatística dos dados foi utilizada a análise de variância, teste Tukey e Análise de Componentes Principais, empregando o *Software R*. A análise de componentes principais possibilitou melhor interpretação dos dados, proporcionando um estudo com o mínimo de perda de informação, mesmo com grande quantidade de dados, sendo capaz de eliminar variáveis com pouca importância para a análise e reduzir a redundância dos dados, diminuindo a dimensionalidade. Assim, podemos concluir que a máquina D apresentou melhor eficiência, e com a análise de componentes principais selecionou-se 4 componentes, os quais explicavam aproximadamente 80% da variabilidade dos dados, sendo que as variáveis climáticas foram que mais interferiram no desempenho das máquinas de aquecer.





Palavras-chave: avicultura, bem-estar animal, conforto térmico, aquecimento.

ABSTRACT

The high demand for products of animal origin made the chain need to improve production and understand the factors that affect it. In broiler production, evolution is constant, so the use of statistical methodologies allows us to assess the behavior of these factors. The study aimed to evaluate four different heating machines, seeking to link the variables of climatic conditions and zootechnical performance with the consumption of pellets and electricity. The work was carried out using a griller broiler production database, from a poultry integrator, located in the Southwest of Paraná, containing information from August 2019 to July 2020. This database was composed of 12 batches of mixed birds, housed one day old, where each flock contained approximately 120,000 birds. The birds were subjected to four treatments, that is, four different heating machines (machine A, machine B, machine C and machine D) and the conditions provided to the birds were the same for all aviaries. The variables analyzed that made up the database were: temperature and relative humidity of the internal and external environment, concentration of internal carbon dioxide, feed conversion, weight gain and consumption of electricity and pellets. For the statistical analysis of the data, analysis of variance, Tukey test and Principal Component Analysis were used, using the R Software. Principal component analysis allows for better data interpretation, providing a study with minimal loss of information, even with large amount of data, being able to eliminate variables with little importance for the analysis and reduce data redundancy, reducing dimensionality. Thus, we can conclude that machine D presented better efficiency, and with the analysis of main components, 4 components were selected, which explained approximately 80% of the data variability, and the climatic variables interfered the most in the performance of the heating machines.

Keywords: poultry farming, animal welfare, thermal comfort, heating.

LISTA DE FIGURAS

Fotografia 1 - Localização dos  exaustores,  caixas de água,  silos para armazenamento de ração e  placas evaporativas dos aviários.....	34
Fotografia 2 - Número dos aviários e disposição das máquinas de aquecer nos aviários.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Médias das variáveis URM(%): umidade relativa mínima interna dada em porcentagem; URM(%): umidade relativa máxima interna dada em porcentagem; Tm(°C): temperatura mínima interna dada em graus Celsius; TM(°C): temperatura máxima interna dada em graus Celsius; CO2m(ppm): dióxido de carbono mínimo interno dado em partes por milhão; CO2M(ppm): dióxido de carbono máximo interno dado em partes por milhão; GP(Kg): ganho de peso dado em quilogramas; CA(Kg/Kg): conversão alimentar dada em quilogramas de ração consumida por quilograma de ganho de peso; CPMQ1(Kg): consumo de pellet da máquina de aquecer um dado em quilogramas; CPMQ2(Kg): consumo de pellet da máquina de aquecer dois dado em quilogramas; CE(kWh): consumo de energia dado em quilowatts-hora; URE(%): umidade relativa externa dada me porcentagem; TE(°C): temperatura externa dada em graus Celsius para as distintas máquinas de aquecimento.....	39
Tabela 2 - Autovetores das variáveis para cada componente principal, os quais indicam a importância de cada variável dentro do componente principal.....	43
Tabela 3 - Autovalores de cada componente principal, indicando a representatividade de cada componente rpincipal na variabilidade total dos dados.....	45
Tabela 4 - Cargas fatoriais para cada componente principal, indicando a influência de variavel estudada, para cada fator.....	45

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Gráfico Scree plot, que indica a influência de cada componente principal dentro da variabilidade total dos dados.....	43
Gráfico 2 - Relação do fator 1 (F1) com fator 2 (F2).....	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

°C	Graus celsius
ACP	Análise de Componente Principal
ACPs	Análise de Componentes Principais
ANOVA	Análise de variância
AUTOVALOR CPX	Autovalor do componente principal x
AUTOVETOR VRX CPX	Autovetor de cada variavel x do componente principal x
AV 1	Aviário 1
AV 1 MAQ A 1 e 2	Aviário um com duas máquinas de aquecer A, 1 e 2
AV 2	Aviário 2
AV 2 MAQ B 1 e 2	Aviário dois com duas máquinas de aquecer B, 1 e 2
AV 3	Aviário 3
AV 3 MAQ C 1 e 2	Aviário três com duas máquinas de aquecer C, 1 e 2
AV 4	Aviário 4
AV 4 MAQD 1 e 2	Aviário quatro com duas máquinas de aquecer D, 1 e 2
CA	Conversão alimentar
CE	Consumo de energia em watts
CO ₂	Dióxido de carbono
CO ₂ M	Dióxido de carbono em partes por milhão máxima interna
CO ₂ m	Dióxido de carbono em partes por milhão mínima interna
CP	Componente principal
CP1	Componente principal 1
CP2	Componente principal 2
CP3	Componente principal 3
CP4	Componente principal 4
CPMQ1	Consumo de pellet da máquina 1
CPMQ2	Consumo de pellet da máquina 2
CPs	Componentes principais
CV%	Coeficiente de variação em porcentagem
F AP95	Fêmea AP95
F COOB	Fêmea COOB
F Ross TM4	Fêmea Ross TM4

F TM4 Fêmea TM4
F Fator
F1 Fator 1
F2 Fator 2
F3 Fator 3
F Fator 4
FX Fator x
Kg Quilograma de ração
Kg Quilograma de ganho
GMD Ganho de peso médio diário
GP Ganho de peso em quilo gramas
GPD Ganho de peso diário
Kg Quilogramas
kWh Quilowatt-hora
M TM4 Macho TM4
Ppm Partes por milhão
PV Proporção da Variância
T Tratamento
T°C Temperatura em graus Celsius
TE Temperatura externa
TM Temperatura em graus Celsius máxima interna
Tm Temperatura em graus Celsius mínima interna
UR Umidade relativa
URE Umidade relativa externa
URM Umidade relativa máxima interna
URm Umidade relativa mínima interna
UTFPR- DV Universidade tecnológica Federal do Paraná – Campus Dois Vizinhos
V P Valor de P
V X Variável x

LISTA DE SIMBOLOS



Exaustores



Caixas de água



Silos para armazenamento de ração



Placas evaporativas



Porcentagem

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1	Cenário da avicultura atual	18
2.2	Ambiência e bem-estar dos frangos de corte	19
2.2.1	Alimento e Água.....	20
2.2.2	Instalações e sistemas de climatização.....	21
2.2.3	Temperatura e umidade.....	23
2.2.4	Qualidade do ar.....	25
2.2.5	Qualidade da cama.....	26
2.3	Termorregulação dos frangos de corte	27
2.4	Pellet como uma fonte de energia sustentável	27
2.5	Ferramentas estatísticas na zootecnia	30
2.5.1	Análise de Componentes Principais (ACPs)	31
3	MATERIAL E MÉTODOS	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1	Médias e ANOVA.....	38
4.2	Análise de Componentes Principais (ACP)	42
5	CONCLUSÃO	49
	Referências	50

1. INTRODUÇÃO

A produção de frangos de corte é uma das principais atividades desenvolvidas no setor agrícola e isso implica no consumo significativo de insumos de produção, tais como energia, grãos e mão de obra. Em 2021, os custos para produção da carne de frango continuam subindo, em comparação com o ano anterior, chegando a 6,89% de acréscimo em apenas um mês (EMBRAPA, 2021).

Parte destes custos é ocupada pela energia, onde os gastos para a produção tendem a ser bastante altos, para alcançar níveis produtivos desejados, pois a energia interfere diretamente no fornecimento adequado de bem-estar para os frangos de corte, sendo que, esse custo com energia é totalmente de responsabilidade do produtor. Em um estudo realizado pela Embrapa (2021), os pesquisadores concluíram que para cada quilo de frango vivo produzido no Paraná, em aviários equipados com climatização a pressão positiva, o custo de produção é de R\$ 4,89.

Isso nos mostra quanto o consumo de energia é significativo e eleva os custos de produção. Logo, a busca por métodos que tragam uma redução desses custos se torna interessante, uma vez que esses estudos oferecem alternativas para uma boa produção, buscando suprir tais demandas e proporcionar ao produtor melhores condições de trabalho, conseqüentemente, maior retorno financeiro e ao animal mais bem-estar na produção.

Diante desse cenário, as máquinas de aquecer e as fontes de calor eficientes e mais baratas estão sendo testadas e utilizadas, visando manter ou melhorar a produção com um custo reduzido. Uma alternativa promissora e que vem ganhando espaço na produção é a utilização de máquinas de aquecer, que tenham como fonte de energia o pellet, pois é um material barato. Além disso, soma-se ao fato de não necessitar de mão de obra especializada para fazer o uso no aviário, apresenta-se em menor custo e uma energia renovável, ecologicamente correta.

Algumas vantagens do uso dos pellets são a possibilidade de se conseguir um controle maior da temperatura do aviário, não libera cheiro de fumaça e a manutenção das máquinas é menor, por não necessitar de estruturas de ferro reforçadas como necessitaria uma máquina a lenha (OLIVEIRA, C. M, 2017).

O pellet de madeira se encontra em ascensão também no mercado europeu, podendo em poucos anos, se tornar uma *commodity* em aquecimento residencial, principalmente por ser uma energia renovável. Mas, um desafio que ainda precisa ser superado para que isso aconteça, é a oscilação de preço para a oferta do produto (SCHIPFER *et al.*; 2020).

Quando falamos em pellet torreficado, o seu desempenho tende a ser ainda melhor, quando comparado a materiais de aquecimento convencional, pois, apresenta melhor desempenho no aquecimento, reduz a emissão de gases que causam o efeito estufa e diminui os custos com energias em cerca de 30% (YUN, CLIFT e BI, 2020). Os autores afirmam ainda, que outro ponto positivo do uso do pellet é que está sendo reaproveitado um material que geraria muito resíduo industrial, que poderiam ser queimados a céu aberto e elevar os níveis de gás carbono do ar.

Contudo, para a produção de frangos de corte, é viável a busca por máquinas de aquecimento eficientes, que proporcionem um ambiente adequado, fornecendo bem-estar aos frangos e, ao mesmo tempo, que tenham baixo consumo de energia elétrica.

Quando se estuda ambiência, nota-se um elevado número de fatores que podem influenciar a produção. Quando temos um elevado número de características para compreender, muitas delas podem contribuir pouco para a avaliação, pois, devido a grande quantidade de informação, não se sabe o que pode ser útil e o que pode atrapalhar o estudo. Por meio de metodologias estatísticas multivariadas, como a Análise de Componentes Principais (ACPs), pode-se reduzir aquelas características redundantes e de difícil mensuração, em um conjunto de novas variáveis que explicam melhor a variabilidade das informações. Assim sendo, o estudo dessas variáveis por meio da Análise de Componente Principal (ACP) irá nos permitir compreender a ligação entre elas.

Assim, o objetivo da realização do estudo é avaliar se distintas máquinas de aquecimento em aviários influenciam o conforto térmico e o desempenho produtivo dos frangos de corte.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cenário da avicultura atual

A avicultura é um dos principais meios de produção agrícola, que gera renda e emprego. Isso, a torna responsável por movimentar a economia local, regional e mundial. Este fato pode ser verificado pelos números, tanto os que apresentam a produção do nosso país, quanto aqueles que mostram o consumo e exportação. O montante de dinheiro gerado e envolvido nesta cadeia produtiva é significativo e interfere diretamente nos indicadores sociais do país (EMBRAPA, 2018).

O Brasil, em 2020, foi responsável por 13,845 milhões de toneladas de carne de frango produzidas. Desta produção, 69% foi consumida em mercado interno e os outros 31% foram para a exportação (ABPA, 2020).

Em nível nacional, o Paraná se destaca na produção com aproximadamente 30% da produção total, exportando quase 40% do que produz, seguido de Santa Catarina, que exporta 30,64% da sua produção (ABPA, 2020).

Diante dos números acima, percebe-se que a atividade avícola de produção de frangos de corte, tem um impacto significativo no setor produtivo, por isso, é importante o constante estudo e renovação das técnicas de produção.

Isso ocorre em virtude das exigências dos consumidores em relação ao sistema de produção desses animais, e ainda, por conta da legislação existente que impõe padrões de criação que consideram adequados para essa atividade. Assim, criam-se fundamentos que determinam padrões de qualidade de vida para os frangos de corte (VARGAS *et al*, 2021).

Por isso, a tecnologia está trazendo para o setor alternativas que visam melhorar a produção da atividade. Isso é o caso das sondas, dos inlets, das placas evaporativas, dos sistemas de automação, dos sistemas de aquecimento e resfriamento, enfim, uma série de equipamentos, que juntos, se completam, para alcançar a eficiência produtiva.

A criação de aves que é desenvolvida atualmente, precisa ser eficiente para atender as demandas mundiais de consumo de carne. Isso implica na adesão dessas novas tecnologias que favoreçam e ofereçam condições adequadas para a produção. Além disso, essas automações que podem ser feitas dentro de uma granja, elevam a

capacidade de produção dessas aves, pois são capazes de monitorar os acontecimentos em tempo real para o produtor avaliar como está o desenvolvimento da produção (ASTILL *et al.*, 2020).

Ferdnandes *et al.* (2019), afirmaram que monitorar a temperatura, umidade, concentração de amônia, dióxido de carbono, dentre outros, no interior de um aviário sem o auxílio de tecnologia seria difícil ou, muitas vezes, necessitaria de alguma mão de obra especializada para tal fim, pois são fatores importantes visto que interferem diretamente na saúde animal.

Além disso, a parte estrutural também influencia na saúde e bem-estar dos frangos de corte. Uma vez que os aviários convencionais se apresentam em melhores condições de controle do ambiente, oferecendo características de alojamento mais adequadas, ainda possibilitam um melhor equilíbrio entre custo/benefício. Esses atributos se dão em função da sua eficiência, gerando um retorno econômico maior para o produtor, sem deixar de oferecer as condições adequadas para os animais (LIMA *et al.*, 2020).

Quando falamos em cadeia produtiva dos frangos de corte, ela é longa e exige que todos os setores produtivos tenham relação, para que a expansão da atividade continue, a qualidade seja mantida e novos mercados de comercialização sejam conquistados (EMBRAPA, 2018).

Por esses e outros fatores que o entendimento sobre a criação de frangos de corte, bem como o seu comportamento em relação as inúmeras variáveis que envolvem a atividade, é importante. Desta forma, possibilitará que se compreenda as situações e se utilize as inovações a favor da produção, da ambiência e do bem-estar para os frangos de corte.

2.2 Ambiência e bem-estar dos frangos de corte

Com o passar dos anos, a atividade avícola foi evoluindo e junto dela, muitas inovações em genética, manejo e formas de trabalho na atividade. De outro modo, as exigências da sociedade fizeram com que o bem-estar dos frangos fosse tratado diariamente, como um tema relevante e que gere alternativas de criação, prezando constantemente por práticas que ofereçam tais condições (VARGAS *et al.*, 2021).

A produção de frangos de corte é uma das principais atividades desenvolvidas hoje no agronegócio mundial. Isso se dá devido a intensa procura por essa carne, onde a criação precisa ser eficiente para poder suprir essas exigências. Sem o emprego de tecnologia, fornecimento de condições adequadas e a criação em ambiente controlado, muito provavelmente que essa demanda não seria suprida, uma vez que a criação sem inovações não seria desempenhada com excelência. Assim, temos como a principal característica desses sistemas de criação mais tecnificados e controlados, o crescimento rápido e saudável dos frangos de corte seguindo tais parâmetros (DU *et al.*, 2020).

Segundo Abreu e Abreu (2011), para que possamos conciliar elevada produtividade, oferta contínua da produção e bem-estar animal, precisamos trabalhar e equilibrar alguns fatores que interferem diretamente neste setor produtivo, tais como: condições da ave, condições do ambiente, bem-estar animal e sistemas de produção. Com esses fatores alinhados, a garantia da produção em larga escala e a qualidade do produto é garantida.

Para VARGAS *et al.* (2021), existe alguns parâmetros que podem ser observados e avaliados que garantam a oferta de bem-estar e qualidade de criação dos frangos de corte tais como, consumo de alimento e água, locomoção, mortalidade, GMD, comportamento, incidência de doenças, claudicação, lesões, condições oculares e vocalização.

2.2.1 Alimento e Água

Para que possamos ter constância de produção, não é necessário apenas se preocupar e buscar condições adequadas dentro do galpão de produção. Mesmo sendo um requisito fundamental, a oferta de grãos para a produção de ração também deve ser um fator primordial. Uma vez que a quantidade de grãos produzidas interfere diretamente no preço final da ração e na quantidade disponível no mercado para ser oferecida para esse fim, sabendo que o alimento é fundamental para garantir parte do bem-estar animal (MARTINELLI *et al.*, 2020).

Além da qualidade e disponibilidade de grãos para a produção de ração, outras matérias primas podem ser adicionadas a formulação, para que tenhamos uma maior

eficiência produtiva. Ingredientes como óleos, farelos, extratos podem proporcionar benefícios para o desenvolvimento produtivo dos frangos de corte.

O uso de plasma seco foi testado na alimentação, aplicado por pulverização, nos primeiros dias de vida dos frangos de corte, foi capaz de reduzir mortalidade, lesões e patologias no intestino e seco, e melhorou crescimento e eficiência alimentar, influenciando diretamente no desempenho final do lote (BELOTE *et al.*, 2021).

Ainda, os aditivos, tais como, probióticos, ácidos orgânicos e óleos essenciais, estão se destacando como uma alternativa na formulação de rações, com o intuito de redução do uso de antibióticos. A sua inclusão na ração apresenta capacidade de interferir positivamente no crescimento e nas alterações morfológicas e gastrointestinais (HAMEED, H. M., 2021).

Os derivados da mandioca (*Manihot esculenta crantz*) também se apresentam bons aliados na substituição do milho para a produção de ração para os frangos de corte, necessitando alcançar uma dose certa de cada derivado para se incluir na formulação, quantidade essa que seja economicamente viável e que não interfira de maneira indesejada no desenvolvimento produtivo dos animais (MATTE, SILVA E ZEFERINO, 2021).

Contudo, quando falamos em bom e eficiente desenvolvimento dos frangos de corte, a água é outro fator importante e primordial para o desenvolvimento da atividade, sendo que necessita, indispensavelmente, ser de qualidade e em quantidade.

Para a produção de frangos de corte é usual o tratamento da água, com diferentes produtos, visando alcançar um melhor desempenho do animal e reduzir a incidência de patologias que podem ocorrer com os mesmos.

Jacobs *et al.* (2020), relatam que realizar o saneamento da água com dióxido de cloro e com iodo, pode melhorar o GMD e interfere positivamente no bem-estar, reduzindo o estresse das aves e melhorando o coxim plantar. Porém, o iodo quando utilizado a longo prazo, pode apresentar um menor ganho de peso e diminuição da ingestão de água.

2.2.2 Instalações e sistemas de climatização

Conhecer o ambiente onde será desenvolvida a produção de frangos de corte, é primordial para saber como será e qual será o tipo de edificação mais adequado para as condições climáticas da região. O planejamento faz parte das etapas primárias para poder usar, como benefício para a produção, as condições que são oferecidas pelo clima do local (ABREU, V. M. N. E ABREU, P. G., 2011).

Os sistemas de isolamento são parte primordial das instalações e que influência diretamente no desempenho dos frangos e corte. Quando comparamos o sistema de cortinado na cor amarela, com os de cor azul e com Dark House, vemos que ele apresenta maior GPD. Comportamento similar pode-se constatar para a CA, que também foi melhor em aviários de cortina amarela (BOROTTO, D. R. e FREITAS, E. S., 2020).

Mesa *et al.* (2017), realizaram um estudo, onde observaram parâmetros zootécnicos diante de diferentes tipos de piso, comedouros, bebedouros, sistemas de ventilação, cobertura e manejo. Assim, puderam concluir que a ventilação positiva, a cobertura de metal e argila e o piso de terra, com manejo do proprietário, reduziu a mortalidade, mas os parâmetros que melhoraram significativamente a CA, foram o piso de concreto, a ventilação negativa, cortinado azul, iluminação fluorescente e água de qualidade.

Os sistemas de climatização de uma estrutura de produção de frangos de corte, além de fornecer condições de temperatura mais adequadas, ainda influencia diretamente na qualidade do ar de dentro da instalação. Esses sistemas apresentam capacidade de ter controle sobre a concentração de amônia e de dióxido de carbono, ambos os gases são nocivos aos frangos. O tempo de exposição e a concentração dos gases, interferem diretamente na saúde animal. Logo, aumentar o fornecimento de ventilação dentro do aviário é uma técnica adotada, entretanto o custo com energia acaba aumentando, por conta do demasiado uso (CONSTANTINO *et al.*, 2020).

CONSTANTINO *et al.* (2020), concluíram ainda que para conseguir manter os níveis de amônia e CO₂ dentro do adequado, houve um acréscimo de, aproximadamente, R\$ 2.300,00 de custo com energia elétrica ao final do lote, em virtude da necessidade de maior uso do sistema de climatização.

Assim, pode-se perceber a importância de buscar novas fontes de fornecimento de energia, fontes sustentáveis, com capacidade de oferta de calor e combustão adequadas, procurando reduzir os custos com energia, mas, mantendo e até aumentando a produção dos frangos que são criados dentro dos aviários.

Os sistemas de resfriamento também são parte da instalação para frangos de corte, e são capazes de influenciar diretamente o conforto térmico animal, facilitando a homeostase das aves.

Diante disso, Çayli *et al.* (2021) realizaram um estudo com o intuito de avaliar e comparar dois sistemas de resfriamento: um a base de spray de água e o outro em almofadas a base de celulose. Concluíram que o spray de água apresentou maior eficácia, mas algumas vezes o sistema que borrifava água ficou obstruído e causava uma umidade elevada na cama próximo da entrada de água na instalação. Já o outro sistema avaliado, não apresentou uniformidade na umidade das almofadas, conseqüentemente, acarretava a oferta de conforto térmico aos animais e a umidade interna da instalação.

Dentre os sistemas de climatização que precisam ser instalados dentro dos aviários, os sistemas de aquecimento fazem parte e são fundamentais, principalmente, nos primeiros dias de vida dos frangos de corte, ou nas épocas mais frias do ano, dependendo da região em que se está desenvolvendo a atividade.

Esses sistemas que existem atualmente, não são eficientes, nem renováveis e ainda favorecem a ocorrência do efeito estufa, um problema grave que vem crescendo demasiadamente nos últimos anos. Tendo em vista esse conhecimento Manolakos, *et al.* (2019), resolveram elaborar um estudo usando as bombas de calor para a climatização dos aviários, pois elas se mostram eficientes e utilizam energia renovável. Diante disso, concluíram que esse sistema é capaz de manter condições adequadas de conforto térmico aos frangos de corte, pois é preciso, eficiente e capaz de maximizar a produtividade.

Sendo assim, vemos o quanto os equipamentos que compõem a instalação são fundamentais para oferecer os parâmetros desejados de ambiência e bem-estar aos frangos de corte, e utilizando a junção de diferentes tecnologias, que direciona a eficiência produtiva, por meio do controle de variáveis que afetam o resultado final da produção.

2.2.3 Temperatura e umidade

A produção de frangos de corte é desempenhada em grande escala em várias partes do mundo, devido as demandas que existem desta carne. Porém, é uma criação que exige o consumo de muita matéria prima para ser realizada, pois, apresenta particularidades importantes em relação a temperatura da região onde ocorre a produção. Isso tem influência direta no desempenho do lote, tendo uma utilização de energia significativa para manter as condições favoráveis (TENORIO *et al.*, 2020).

A associação de T°C (Temperatura em graus Celsius), UR (umidade relativa) e velocidade do vento é o que determina a sensação térmica das aves e, conseqüentemente, o que determina a troca de calor das mesmas, tendo em vista que são fatores que variam de acordo com a idade dos frangos de corte alojados (PAULINO *et al.*, 2019).

Caso a ave tenha dificuldade em realizar a troca de calor com o ambiente pelas vias aéreas, sua frequência respiratória aumenta, a ave deita, abre as asas, diminui o consumo de água e ração e o seu desempenho pode ser comprometido, tendo uma pior CA (OLIVEIRA *et al.*, 2006).

O estresse térmico que os frangos de corte podem sofrer, caso o ambiente não esteja controlado, influencia diretamente o resultado final do lote, pois diminui a produção e conseqüentemente a lucratividade do sistema produtivo (BLOCH *et al.*, 2020).

BLOCH *et al.* (2020), citam ainda, que existem sistemas de sondas e sensores que são capazes de monitorar as condições de temperatura em torno das aves, mas não a temperatura corporal dos mesmos. Diante disso, desenvolveram e validaram uma câmera infravermelha, calibrada em tempo real e com baixo custo, que alcançou uma precisão satisfatória, com uma discrepância de apenas 0,27°C (Graus Celsius).

Estudos como esse são importantes, pois medem variáveis que determinam a eficiência produtiva dos frangos de corte, disponibilizando respostas precisas e rápidas, o que permite ao produtor ter agilidade na correção do problema.

Contudo, a T°C e UR são os fatores ambientais que mais tem influência na criação de frangos de corte, interferindo diretamente na homeotermia dos animais, a

qual é uma função primordial, tendo em vista a regulação térmica pela troca de calor com o meio (OLIVEIRA, *et al.*, 2006).

Assim, quando temos tais fatores climáticos controlados no interior do aviário, temos respostas positivas no desenvolvimento das aves (PAULINO *et al.*, 2019).

2.2.4 Qualidade do ar

A qualidade do ar é outro fator primordial para a oferta de ambiência para os frangos de corte. Ele precisa ser renovado constantemente dentro do aviário, para que não tenhamos concentrações elevadas de gases nocivos, que possam prejudicar o desenvolvimento das aves.

A sua renovação depende dos sistemas de climatização que são instalados na estrutura, tecnologias de entrada e saída que ar, que permitem essa renovação e mantem a qualidade do mesmo.

Em casos que a circulação de ar não está em pleno funcionamento, ou é utilizado algum sistema ineficiente em relação ao desempenho de sua função, podemos ter uma má ventilação da cama, os níveis de amônia podem subir para valores prejudiciais e, assim, reduzir significativamente a qualidade do ar do interior do aviário (COULOMBE, F.; ROUSSE, D. R.; PARADIS, P. L., 2020).

Além disso, a qualidade do ar está relacionada com uma das principais doenças que ocorrem na produção de frangos de corte, a *Salmonella spp.* Pal *et al.* (2021), afirmam que ter a presença de *Salmonella spp.* no ar, indica que todas as aves que estão sendo criadas dentro daquele aviário estão correndo o risco de contrair a bactéria, uma vez que a transmissão ocorre pelo ar e a infecção pelas vias aéreas da ave, podendo assim, colonizar nos frangos de corte.

Assim, podemos observar como a qualidade do ar que circula dentro da instalação interfere na criação dos frangos de corte. Essa qualidade ainda pode ser influenciada pelo tipo de material que é utilizado como cama no aviário para o desenvolvimento da atividade.

A cama de aviário pode ser feita de diferentes matérias primas, dentre elas palha, raspas de madeira e casca de semente de girassol. Em função disso, foi avaliado a qualidade do ar, em função do número de bactérias no ar e a concentração de gases nocivos dentro da instalação, e concluiu-se que, no início do lote, quando

ambos os tipos de cama estão secos, não se teve interferência na qualidade do ar, porém, conforme se tem o desenvolvimento do lote, já no final do ciclo de produção, a cama de casca de semente de girassol, apresentou-se como melhor alternativa, visando manter a qualidade do ar (POPESCU *et al.*, 2019).

Além da qualidade do ar dentro da instalação, o ar que está circulando em torno do aviário também é importante ser de qualidade. SHEN *et al.* (2022), realizaram um estudo com as partículas geradas da criação de gado de corte e comprovaram que, quando essas partículas adentram os aviários, causam lesões pulmonares nos frangos de corte, pois interferem no metabolismo que é responsável por desempenhar mecanismos essenciais nesses animais, e alteram a microbiota benéfica que atua dentro da instalação.

Por isso a necessidade de se utilizara ventilação mínima, oferecer o oxigênio necessário para os frangos de corte, sem interferir na temperatura e na sensação térmica, mas, acima de tudo, mantendo a qualidade do ar (CARVALHO, *et al.*, 2011).

2.2.5 Qualidade da cama

A qualidade da cama dos aviários é outro fator que pode interferir diretamente na produção de frangos de corte. Quando mal manejada, pode desencadear enfermidades aos frangos que ali estão sendo criados ou ainda afetar outras variáveis envolvidas na atividade e atingir indiretamente a produção.

Quando a cama se encontra com uma umidade elevada, a atividade microbiana sobre as excretas se intensifica, e devido a esse processo, a produção de amônia aumenta muitas vezes podendo chegar a níveis indesejados (valor máximo aceitável 20 ppm), o que acaba causando lesões nos olhos e no sistema respiratório das aves (CARVALHO, *et al.*, 2011).

Além disso, a umidade da cama interfere na ocorrência de queimadura de jarrete, assim, mantendo a umidade da cama dentro de níveis aceitáveis, ela pode ocorrer de maneira esporádica (ZANU, *et al.*, 2021).

Existem ainda as lesões de pata. Uma das mais importantes, que tem maior ocorrência nos frangos de corte, é a pododermatite, usada como parâmetro de avaliação de carcaça e pode comprometer o abate da ave, podendo ser influenciada pela idade da cama que está sendo utilizada no aviário. Aquela cama com 4 ou 5 lotes,

reduz a ocorrência dessa enfermidade, enquanto que a cama nova, de primeiro lote, agrava a mesma, devido a abrasividade da maravalha nova (GARAFFA e AGI, 2016).

Para melhorar essas características da cama, visando evitar problemas tanto em qualidade de ar, quanto em enfermidades nos frangos de corte, é que podem ser utilizados aditivos, que melhoram a qualidade e as condições gerais de cama, pois limitam a formação da amônia, auxiliam na absorção da água, evitando altos índices de umidade (LINHOSS *et al.*, 2019).

2.3 Termorregulação dos frangos de corte

A ave é homeotérmica, ou seja, apresenta capacidade de manter a temperatura corporal no grau adequado. Para que essa regulação aconteça é preciso que as condições do ambiente estejam adequadas e controladas. Entende-se como um ambiente adequado, aquele que permite a troca de calor do animal para o ambiente, isso equivale a um gasto de 80% de energia consumida pelo animal e apenas 20% deste consumo, o animal destina para a produção (ABREU, V. M. N. E ABREU, P. G.,2011).

Para isso, existem duas formas que o animal pode utilizar para liberar o calor para o ambiente. O calor sensível é um deles, onde ele ocorre por conta de realização de uma atividade, pode ser a alimentação, por exemplo, e esse calor pode ser perdido pela radiação, condução ou convecção (ABREU, V. M. N. E ABREU, P. G.,2011).

Ainda segundo Abreu, V. M. N. E Abreu, P. G. (2011) há o calor latente que é perdido pela evaporação, mais precisamente pela pele ou pelas vias respiratórias, o que é muito importante principalmente para os animais desprovidos ou com poucas glândulas sudoríparas.

Mas, toda essa troca de calor que a ave precisa realizar, depende de todos os fatores relacionados ao ambiente, estrutura e sistemas de isolamento, alimentação, água, aquecimento.

2.4 Pellet como uma fonte de energia sustentável

Com o passar do tempo o custo com energia foi ficando cada vez maior, a busca por essa produção constante e acelerada fez com que isso acontecesse. Este

fato acabou desencadeando a necessidade de investir em possibilidades de fontes energéticas diferentes para o aquecimento dos frangos de corte. Assim, a busca por alternativas que saem do convencional precisa ser avaliada para verificar seus efeitos dentro da produção (SMITH *et al.*, 2016).

Das fontes de energia disponíveis para serem usadas na avicultura, o pellet se mostra promissor. O crescimento pela procura de pellet como fonte energética, vai além da busca por aquecimento, visa melhorar as questões ambientais, reduzindo a emissão de gases nocivos na atmosfera. Porém, ainda se encontram algumas dificuldades na idealização e concretização de seu uso em massa, uma vez que não se consegue ter fornecimento constante da mesma matéria prima. Os maquinários para fabricação do pellet são específicos para cada tipo de matéria prima, a quantidade de água em algumas matérias primas dificulta a fabricação e, quando comparado com outra fonte de energia, o pellet apresenta baixa capacidade energética, dependendo da matéria prima que é empregada na sua fabricação (PRADHAN, P.; MAHAJANI, S. M.; ARORA, A., 2018).

A utilização do pellet é vista como uma alternativa sustentável, uma vez que para sua produção, é necessária uma fonte de matéria prima constante e significativa, para que seu fornecimento ao mercado consumidor também seja continua. Muitas vezes o valor pago pela matéria prima também é bastante alto, e isso pode ser um ponto preocupante, que precisa ser melhor pensado antes que a substituição das fontes energéticas, seja feita por completo. Mesmo diante disso, não há dúvidas em relação a sua sustentabilidade e proveito ao meio ambiente (WANG *et al.*, 2017).

Com o passar dos anos, a utilização do pellet como fonte de energia para geração de calor tem ganhado espaço no setor produtivo, é uma das principais opções. Apresenta-se com baixo custo para conservação e a combustão gerada por ele é bastante elevada, o que o torna um material atrativo para tal fim, mas, para isso, o acompanhamento no processo produtivo e posteriormente, na armazenagem, é necessário, visando manter e garantir determinadas qualidades (MANCINI *et al.*, 2020).

Ishii *et al.* (2016), mencionaram que o custo de produção de pellets pode ser mais elevado por conta da quantidade inferior de indústrias produtoras deste material, logística de transporte e armazenagem e ainda, em virtude da dependência de oferta

da matéria prima para sua produção, ocasionando certo descontentamento para seu uso.

Diante disso, é necessário observar alguns fatores que podem interferir no custo do pellet. Primeiramente é preciso avaliar as possíveis demandas desse material depois de industrializado e, em seguida, é importante identificar qual o tipo de matéria prima será usada para a produção. Estimar o custo depois de processado e por fim otimizar ao máximo a produção, assim, será possível aliar sustentabilidade ao baixo custo de produção do material (BOUKHERROUB, T.; LEBEL, L.; LEMIEUX, S., 2017).

Para que um pellet seja considerado de qualidade e com uma capacidade de gerar calor satisfatória, é necessário que o seu processo de fabricação seja adequado. A intensidade da temperatura fornecida a ele no momento da peletização diz muito sobre a sua vida útil após o processamento. Quanto mais o pellet for submetido ao calor, for torrado, mais longa será sua vida útil, com capacidade de absorver de 15 a 25% menos umidade do ambiente do local armazenado, do que um pellet que não passou por torrefação (YANG *et al.*, 2019).

A granulometria e o teor de água da matéria prima para produção do pellet, interferem diretamente na qualidade do pellet e sua capacidade de gerar e manter o calor. A quantidade de fibras presentes na matéria prima deve ser maior, podendo garantir uma conduta melhorada em relação a combustão, sendo capaz de gerar uma combustão maior, além de melhorar a qualidade do pellet (LABBE *et al.*, 2020).

Ainda assim, o pellet se torna uma fonte energética interessante, pois os pontos positivos que a ele são atribuídos o torna atraente, perante o momento que vivemos, onde a sustentabilidade aliada a outros fatores de sobrevivência, são vistos como meios de se ter uma vida melhor e mais saudável.

A utilização do pellet como fonte de energia oferece vantagens, desde a sua fabricação para a cadeia produtiva na qual ela está inserida, até as condições climáticas da região, pois, a emissão de gases nocivos, poluentes que se dispersariam no espaço é muito menor, quando comparada com a mineração, por exemplo. Isso torna o sistema de produção mais atrativo, uma vez que o cenário de aquecimento global está preocupante (JIANG *et al.*, 2020).

Essa fonte de energia pode ser utilizada em qualquer área da produção, pois além de vantagem específicas para cada tipo de finalidade, na avicultura ele não é

diferente, apresenta-se com chances promissoras de ser uma fonte adequada e confiável para utilizar nas máquinas de aquecer das instalações.

A conciliação de produzir bem e ainda utilizar energia renovável é interessante, uma vez que a avicultura é uma atividade com grande significância dentro da cadeia produtiva. Poder usar energia renovável, reduz a emissão de gases poluentes e ainda ocorre o aproveitamento de materiais que anteriormente não seriam utilizados (SILVA *et al.*, 2017).

Além das particularidades que os pellets apresentam, como a capacidade de gerar boas fontes de calor e ter uma combustão desejada, existem algumas maneiras de torná-lo mais eficiente com maior durabilidade, incluindo aditivos no momento da fabricação dos mesmos. RAJPUT, JADHAV e THORAT (2020), afirmaram que o uso de aditivos melhora o valor calórico e a resistência do pellet, usaram ainda um produto para proporcionar mais liga ao pellet, o álcool polivinílico recuperado, que forneceu ainda mais resistência ao pellet, porém acabou reduzindo o valor calórico, por conta das suas propriedades aquosas.

Prezar pelo uso de materiais ecologicamente corretos como fonte de energia para as máquinas de aquecer, é também um quesito atrativo. Diante disso, a busca de informações que forneçam suporte para uma boa produção deve ser buscada constantemente. Contudo, é imprescindível a associação de manejo, tecnologia, informação e bem-estar animal, para poder desempenhar a avicultura de maneira produtiva e satisfatória.

2.5 Ferramentas estatísticas na zootecnia

Os estudos realizados em torno da produção avícola são importantes, mas incompletos se não se utilizar bons *softwares* estatísticos para que se analise os dados de forma confiável. As ferramentas que estão disponíveis para uso auxiliam na coleta, organização e análise dos dados, com o intuito de redução de possíveis erros experimentais, nos dando assim, resultados específicos de cálculos e análises, para que se possa gerar gráficos e tabelas (SILVA, LIMA e COSTA, 2017).

Atualmente têm-se usado na área das ciências agrárias os modelos de regressão, onde se tem comparações e provações com modelos estatísticos

desenvolvidos pelo pesquisador durante o estudo que realizou (NYALALA, *et al.*, 2021).

Um dos *softwares* mais utilizados atualmente é o R, pois ele possibilita diversas análises. Todas as suas análises se dão através de comando, sendo possível a importação de tabelas, já prontas, diretamente do Excel, e ainda, gera gráficos e tabelas bastante completos sobre o estudo.

Dentre tantas análises que é possível desenvolver dentro desse programa, a Análise de Componentes Principais, mas conhecida como PCA, é uma delas. Uma análise bem completa e que traz resultados íntegros e verídicos.

2.5.1 Análise de Componentes Principais (ACPs)

A análise multivariada são métodos estatísticos que analisam simultaneamente múltiplas medidas em cada indivíduo ou objeto sobre investigação. Dentre os métodos multivariados, está a análise de componente principal (ACP), um método estatístico linear descrito por Pearson (1901), que consiste em transformar um conjunto de variáveis originais em outro conjunto de variáveis de mesma dimensão denominadas de componentes principais.

A ACP transforma linearmente um conjunto original de variáveis, inicialmente correlacionadas entre si, num conjunto substancialmente menor de variáveis não correlacionadas que contém a maior parte da informação do conjunto original. A ACP é a técnica mais conhecida e está associada à ideia de redução de massa de dados, com menor perda possível da informação. Redistribui a variação observada nos eixos originais de forma a se obter um conjunto de eixos ortogonais não correlacionados (HONGYU, 2016).

Iqbal *et al* (2017) utilizaram a ACP para avaliação de medidas corporais de três linhagens de frangos de corte. Leite *et al.* (2009) também utilizaram essa análise para avaliar características de desempenho e de carcaça de codornas de corte. Barbosa *et al.* (2005) utilizaram a análise para seleção de variáveis de desempenho de suínos. Já Yamaki *et al.* (2009), avaliaram características de produção de matrizes de corte. Esses estudos têm em comum a grande quantidade de variáveis analisadas, em consonância com o objetivo da análise, a redução de variáveis sem perda de informações. A ACP também bastante difundida na área de melhoramento genético,

como o estudo de Rosa *et al.* (2016) que avaliaram os valores genéticos para peso corporal e de órgãos de aves de corte.

A ACP tem como principais vantagens: retirar a multicolinearidade das variáveis, pois permite transformar um conjunto de variáveis originais intercorrelacionadas em um novo conjunto de variáveis não correlacionadas (componentes principais). Além disso, reduz muitas variáveis a eixos que representam algumas variáveis, sendo estes eixos perpendiculares (ortogonais) explicando a variação dos dados de forma decrescente e independente (HONGYU, 2016).

Esta técnica pode ser utilizada para geração de índices e agrupamento de indivíduos, agrupando-os segundo a variação de suas características em uma população. Na ACP o primeiro componente principal possui a máxima variância, tendo o segundo a segunda maior variância e, assim, sucessivamente, de forma que o máximo de informação, em termos de variação total, esteja contido nos primeiros componentes. Segundo BAKER *et al.* (1988), a análise dos componentes principais pode revelar relações não identificadas previamente, contribuindo para melhor interpretação dos dados.

Contudo, vemos que é uma análise bem completa e que atende aos mais diferentes tipos de estudos, sendo um diferencial, muitas vezes, para complementariedade de estudos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado utilizando o banco de dados de uma empresa integradora avícola, coletado na região Sudoeste do Paraná com classificação climática Köppen-Geiger Cfa (Clima subtropical úmido) (ALVARES *et al.*, 2013).

Nessa região localizam-se diversos aviários de frangos de corte tipo *griller*, que são frangos menores, com peso vivo em torno de 1,400 kg e são destinados à exportação, sendo produzidos em 28 dias, que foi o período de estudo e coleta de dados de cada lote para realizar o estudo. Essas aves são destinadas ao abate em abatedouro privado localizado no município de Dois Vizinhos, no estado do Paraná, Brasil.

O banco de dados foi composto por dados coletados entre os meses de agosto de 2019 a julho de 2020, em uma propriedade integrada à empresa, contendo as seguintes informações:

- Umidade relativa mínima (URm): aferida diariamente por meio de sondas localizadas dentro do aviário, dada em %.

- Umidade relativa máxima: (URM): aferida diariamente por meio de sondas localizadas dentro do aviário, dada em %.

- Temperatura mínima (Tm): aferida diariamente por meio de sondas localizadas dentro do aviário, dada em °C.

- Temperatura máxima (TM): aferida diariamente por meio de sondas localizadas dentro do aviário, dada em °C.

- Dióxido de carbono mínimo (CO_{2m}): aferida diariamente por meio de sondas localizadas dentro do aviário, dada em partes por milhão (ppm).

- Dióxido de carbono máxima (CO_{2M}): aferida diariamente por meio de sondas localizadas dentro do aviário, dada em ppm.

- Ganho de peso (GP): realizado semanalmente, dado em Kg.

- Conversão alimentar (CA): obtida ao final do lote, dada em g/Kg.

- Consumo de energia (CE): obtido ao final do lote dado em kWh.

- Umidade relativa externa (URE): aferida diariamente pela estação meteorológica da UTFPR-DV, dada em %.

- Temperatura externa (TE): aferida diariamente pela estação meteorológica da UTFPR-DV, dada em %.

-Consumo de pellet da máquina 1 (CPMQ1): medido diariamente durante o uso da máquina de aquecer, dado em Kg.

- Consumo de pellet da máquina 2 (CPMQ2): medido diariamente durante o uso da máquina de aquecer, dado em Kg.

Adicionaram-se ao banco de dados informações como temperatura ambiente e umidade relativa do ar externas aos aviários, captadas da estação meteorológica da UTFPR- DV, por ser a estação mais próxima do local dos aviários avaliados.

O banco de dados utilizado neste estudo foi coletado em uma propriedade com quatro aviários para produção de frangos de corte, exatamente iguais, tanto em questões de instalações como de equipamentos.

Os aviários são equipados com cortinas automáticas, placas evaporativas, *inlets*, comedouros e bebedouros automáticos, exaustores e divisórias a cada 25 metros, com intervalo sanitário de 12 a 15 dias (Fotografia 1).

Fotografia 1: Localização dos  exaustores,  caixas de água,  silos para armazenamento de ração e  placas evaporativas dos aviários



Fonte: Google Earth (2021)

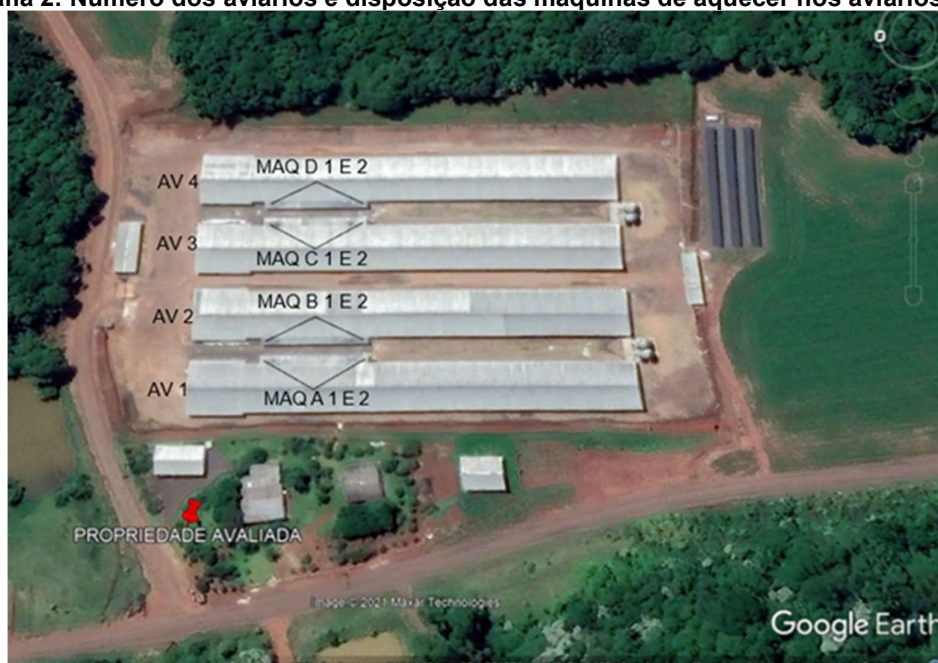
O programa de luz utilizado nos aviários foi de acordo com tabela padronizada pela empresa integradora. Cada aviário possui dois silos para armazenamento e distribuição da ração para os frangos (Fotografia 2), sendo assim, o produtor possui oito silos em sua propriedade, os quais são abastecidos com a ração produzida na empresa integradora.

A água que os frangos de corte recebem é oriunda de um poço artesiano, de propriedade do produtor, onde os aviários são completamente abastecidos pela mesma água, fornecida aos frangos de forma automática, via *nipple*.

As aves utilizadas no experimento foram de sexagem mista, das linhagens Macho TM4 (M TM4), Fêmea TM4 (F TM4), Fêmea COOB (F COOB), Fêmea AP95 (F AP95), Fêmea Roos TM4 (F Ross TM4), que veem direto da integradora e chegaram para alojamento nos aviários com um dia de vida.

Cada aviário é equipado com duas máquinas de aquecer por aviário, conforme a figura 3. O aviário 1 com duas máquinas de aquecer A, 1 e 2 (AV 1 MAQ A 1 e 2), o aviário 2 com duas máquinas de aquecer B, 1 e 2 (AV 2 MAQ B 1 e 2), o aviário 3 com duas máquinas de aquecer C, 1 e 2 (AV 3 MAQ C 1 e 2) e o aviário 4 com duas máquinas de aquecer D, 1 e 2 (AV 4 MAQD 1 e 2). A descrição das máquinas pode ser visualizada no quadro 1.

Fotografia 2: Número dos aviários e disposição das máquinas de aquecer nos aviários



Fonte: Google Earth (2021)

Quadro 1 - Descrição das máquinas de aquecer/tratamentos

Máquina A	<p>Dimensões do aquecedor de 2,55 m largura com silo x 1,85 m altura x 2,50 m comprimento (com porta fechada)</p> <p>Capacidade do silo/pellets: 400kg</p> <p>1 Foguista 1/3 CV</p> <p>1 Motoredutor 1/15 CV</p> <p>1 Motor de 3 CV ou 4 CV</p> <p>As dimensões mínimas para o abrigo do aquecedor deveram ser de 6,0 m de comprimento, 3,0 m de largura e 2,5 m de altura</p> <p>Tamanho mínimo da porta de 2,20 m de altura e 1,80 m de largura.</p>
Máquina B	<p>Opções de silos: 1 M³ e de 2M³ de capacidade volumétrica.</p> <p>Moéga sob o solo com rosca alimentadora</p> <p>Motor Turbina 1 de 5cv foguista motor de 1/4 vibrador motor de 1/2 redutor Elicóide 1,5cv</p> <p>Dimensões mínimas para o abrigo do aquecedor de 10,0m, comp. x 4,0m Larg. x 2,8m alt. O Tamanho da porta deve ser de 2,20 alt. x 1,80 larg. Metros</p> <p>1 motor de 3CV</p> <p>1 foguista de 1/2CV e 1 de 1/4cv</p> <p>Dimensão CxLxA 5,00x1,40x1,98m</p>
Máquina C	<p>Dimensão do Aquecedor - Comprimento x Altura x Largura 1,70 x 2,0 x 1,43 metros</p> <p>Motor elétrico de 3cv de alto rendimento</p> <p>Vazão efetiva de 18.000 m³/h</p> <p>Dimensão do abastecedor - Comprimento x Altura x Largura 1,25 x 1,84 x 1,25 metros</p> <p>Motor elétrico de 1,5cv e autonomia de 24h</p> <p>Capacidade do Silo de 1,6 a 3 m³</p>
Máquina D	<p>Dimensão do Aquecedor - Comprimento x Altura x Largura 3,70 x 2,20 x 1,25 metros</p> <p>Motores 2 de 4cv (1 de 1/3cv - foguista / 1 de 0,75cv - pellets)</p>

	Grelhas Tubulares Refrigeradas, Sem manutenção. Peso do equipamento 1.480 kg Capacidade do Silo / Autonomia do Pellets 200kg / 8 horas Fornalha – tamanho da Lenha 1,20 metros Porta de Abastecimento Em Ferro Fundido - 0,44 metros Diâmetro Dimensões do abrigo 6m de comprimento (2,40m de altura e 3,50m de largura)
--	---

Fonte: Autora 2021.

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e ao teste de Tukey para a comparação de médias. Ainda, os dados foram submetidos à Análise de Componentes Principais (ACPs), por ser uma análise descritiva, possibilitando um melhor entendimento sobre as variáveis envolvidas no estudo. Com a ACP obtêm-se os componentes principais (CPs), que são formados pelos autovetores das variáveis, sendo que esse autovetor pode variar de +1,0 a - 1,0 e quanto mais próximo desses valores, mais significativa é a variável para o componente principal (CP). Para isso utilizou-se o *software* estatístico R.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste trabalho os resultados e discussão serão apresentados de maneira conjunta, através da ANOVA, teste de médias e pela ACPs.

4.1 Médias e ANOVA

Na tabela 1 pode-se observar as análises das eficiências das máquinas de aquecer para ganho de peso, conversão alimentar dos frangos de corte e consumo de energia elétrica e de pellet. Bem como, a análise das variáveis climáticas envolvidas no estudo, tais como umidade relativa mínima e máxima interna, umidade relativa externa, temperatura mínima e máxima interna, temperatura externa, dióxido de carbono mínimo e máximo.

De acordo com a tabela 1, a MAQA apresentou a menor eficiência no controle da URM, sem diferir significativamente da MAQD, apresentando ainda, comportamento similar para a variável CE, em que a MAQA diferiu significativamente apenas da MAQC, que apresentou o menor CE. Contudo, foi a máquina que apresentou bom controle de CO₂M dentro das instalações estudadas. Em relação a CA, apresentou resultados intermediários sem diferença estatística com a MAQB, MAQC e MAQD.

Quando falamos de CA, precisamos ter em mente que é um fator de grande influência na produção de frangos de corte, pois a CA nos mostra resultado, seja ele positivo ou negativo, tendo em vista que o mesmo é a relação do consumo de ração com o GP do frango de corte. A CA influencia significativamente na rentabilidade da produção avícola, podendo ser afetada pelo metabolismo da ave, quantidade de ração consumida pelo animal e conseqüentemente pelo seu desempenho (HURNIK *et al.*, 1977).

Esses parâmetros sofrem interferência direta da ambiência, que é proporcionada também pelos sistemas de aquecimento, assim, os frangos de corte têm seu crescimento e desenvolvimento favorecido pela oferta adequada de condições ambientais dentro do aviário.

Tabela 1 - Médias das variáveis URm(%): umidade relativa mínima interna dada em porcentagem; URM(%): umidade relativa máxima interna dada em porcentagem; Tm(°C): temperatura mínima interna dada em graus Celsius; TM(°C): temperatura máxima interna dada em graus Celsius; CO2m(ppm): dióxido de carbono mínimo interno dado em partes por milhão; CO2M(ppm): dióxido de carbono máximo interno dado em partes por milhão; GP(Kg): ganho de peso dado em quilogramas; CA(Kg/Kg): conversão alimentar dada em quilogramas de ração consumida por quilograma de ganho de peso; CPMQ1(Kg): consumo de pellet da máquina de aquecer um dado em quilogramas; CPMQ2(Kg): consumo de pellet da máquina de aquecer dois dado em quilogramas; CE(kWh): consumo de energia dado em quilowatts-hora; URE(%): umidade relativa externa dada em porcentagem; TE(°C): temperatura externa dada em graus Celsius para as distintas máquinas de aquecimento

T	URm(%)	URM(%)	Tm(°C)	TM(°C)	CO2m(ppm)	CO2M(ppm)	GP(Kg)	CA(KgR/KgG)	CPMQ1(Kg)	CPMQ2(Kg)	CE(kWh)	URE(%)	TE(°C)
MAQA	57.2	90.8 a	26.7	32.3	563.0	1734.4b	0.685	1502.3ab	410.4	392.8	2870.7 a	70.3	21.8
MAQB	54.2	83.7 bc	26.3	32.5	615.4	1911.5ab	0.670	1493.6ab	532.0	418.9	3144.3 a	70.6	21.4
MAQC	62.1	79.8 c	26.6	31.9	613.7	1882.6ab	0.677	1536.7a	428.4	373.2	2276.0 b	70.3	21.8
MAQD	58.1	88.6 ab	26.6	32.3	618.7	2125.2a	0.682	1478.7b	368.4	350.0	2880.2 a	70.3	21.8
V P	0.22	0.001	0.93	0.89	0.620	0.0524	0.999	0.013	0.36	0.835	0.0005	0.99	0.91
CV%	30.07	14.5	11.24	11.07	40.02	36.8	69.93	6.00	98.7	93.2	35.96	14.94	14.67

* Médias das colunas seguidas de letras diferentes divergem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05)

* T: tratamento; MAQA: máquina de aquecer A; MAQB: máquina de aquecer B; MAQC: máquina de aquecer C; MAQD: máquina de aquecer D; V P: valor de P; CV(%): coeficiente de variação dado em porcentagem

Fonte: A autora (2021)

Cordeiro *et al.* (2010), realizaram um estudo com diferentes sistemas de aquecimento e puderam observar que na primeira semana de vida dos pintinhos, o consumo de ração foi o mesmo para os diferentes sistemas de aquecimento avaliados, porém a CA foi diferente. Isso nos mostra que os sistemas de aquecimento interferem diretamente no desempenho dos frangos de corte, pois, se o consumo de ração foi o mesmo, mas a CA melhor em um tratamento, este, ofereceu melhores condições para os frangos.

Para a MAQB, podemos ver na tabela 1, que ela apresentou melhor controle da URM quando comparada com a MAQA, não diferindo significativamente da MAQC e MAQD. Para a emissão de CO₂M e CA esta máquina igualou-se a MAQA, MAQC e MAQ4D. Porém, a MAQB apresentou o maior CE entre a MAQA, MAQC e MAQD, com diferença significativa apenas em relação a MAQC.

Ainda na tabela 1, observa-se que a MAQC foi a máquina que melhor apresentou controle para a URM, sem diferença significativa da MAQB. Para a variável CO₂M não se constatou diferença ($P \geq 0,05$) entre a MAQA, MAQB, MAQC e MAQD. Para a variável CA, a MAQC, foi a que se apresentou o pior resultado, diferindo significativamente apenas da MAQD. Contudo, foi a máquina que apresentou o menor CE, significativamente diferente da MAQA, MAQB e MAQD.

Por fim, pode-se constatar ao analisar a Tabela 1, que a MAQD apresentou a menor CA com diferença estatística ($P \leq 0,05$) quando comparada com MAQA, MAQB, mas principalmente com a MAQC. Somando-se a esse fato, a MAQD apresentou igual CPMQ1 e CPMQ2 e TE com a MAQA, MAQB e MAQC e um CE relativamente baixo ($P \leq 0,05$) dentre a MAQA, MAQB e MAQC. Por outro lado, a MAQD proporcionou um ambiente interno de maior abafamento, constatado por apresentar os maiores índices de CO₂M entre a MAQA, MAQB e MAQC, com diferença estatística ($P \leq 0,05$) com a MAQA que apresentou o menor índice. A alta T_m, T_M, URM e URM, presentes no ambiente aquecido por essa máquina, corroboram essa informação.

Todas essas observações constatam que a MAQD apresenta a melhor combinação dos resultados. Ainda assim, essa análise sugere que estes valores podem ainda ser aprimorados por meio de uma renovação de ar maior na área da pinteira. Com isso, os níveis de CO₂M, URM serão reduzidos, sem afetar o aquecimento que está entre os mais altos valores de temperatura ambiente interna (32,3 °C).

Mas, mesmo a MAQD apresentando níveis de CO₂M mais elevados que a MAQA, MAQB e MAQC, ainda continuou dentro do padronizado por pelo Manual de Manejo da Coob (2009), onde expõe que o nível não pode exceder de 3.000 ppm, caso isso aconteça a taxa de ventilação deve ser aumentada.

Como o período de aquecimento artificial não ocorre durante todo o lote, apenas quando as aves são mais jovens ou existe muito frio externo, se observa que as temperaturas variaram ao longo do período de aquecimento entre 26,3 e 32,5 °C, estando próximo da faixa de conforto preconizada por Cassuce *et al.* (2013), onde afirmam que a temperatura da primeira semana de vida até a terceira semana pode variar de 23,2 a 31,3°C.

A URm apresentando seu menor valor em 54,2%, demonstra a eficiência de aquecimento de ambas as máquinas, pois não foi inferior ao recomendado por Czarick e Fairchild (2012), onde relatam que a faixa de umidade relativa adequada é entre 50 e 70%.

Contudo, conforme demonstra-se na Tabela 1, não houve diferença estatística ($P \geq 0,05$) para as variáveis URm, Tm, TM, CO₂m, GP, CPMQ1, CPMQ2, URE e TE. Isso denota que ambas as máquinas de aquecimento forneceram similar aquecimento, ou seja, similar temperatura no interior do aviário.

Diante do exposto, nota-se que todas as variáveis analisadas apresentam algum tipo de interferência durante o crescimento e desenvolvimento dos frangos de corte, e podem ser afetadas pelo aquecimento presente nos aviários, o que as diferencia é se, esta interferência, é positiva ou negativa.

O fato de não haver diferença estatística ($P \geq 0,05$) entre as variáveis ambientais externas aos aviários (URE e TE), denota que ambas as instalações estavam em mesmo microclima, ou seja, sobre o efeito das mesmas condições climáticas externas, o que confere confiabilidade a este estudo.

4.2 Análise de Componentes Principais (ACP)

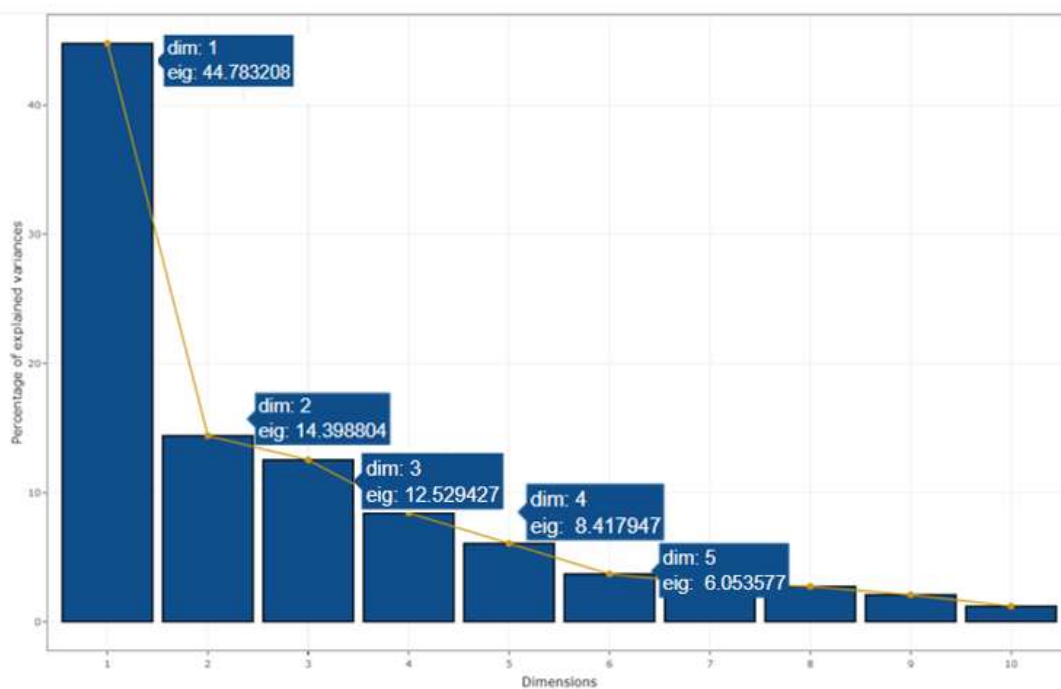
Com o intuito de reduzir a dimensionalidade dos dados, optou-se pela ACP, buscando com ela encontrar correlações entre as variáveis estudadas, e com isso estabelecer componentes (agrupando as variáveis originais em fatores), que possam captar o comportamento conjunto das variáveis originais.

O objetivo desta técnica é extrair fatores não correlacionados entre si, advindos de combinações lineares das variáveis originais.

Assim, em complementariedade com a análise anterior, a ACP irá nos mostrar quais as variáveis que mais influenciam no funcionamento de uma máquina de aquecer, podendo excluir variáveis insignificantes, se assim, a análise nos possibilitar.

Para a escolha do número de componentes principais (CPs), foi utilizada a análise de Scree plot, apresentada no Gráfico 1, onde observa-se que com 4 CPs conseguiu-se explicar cerca de 80% da variabilidade dos dados, reduzindo, com isso, a dimensão original. Cabe ressaltar que ao se alcançar o componente principal (CP) 5, já não se tem mais uma variabilidade explicada significativa do total dos dados, justificando a escolha de apenas 4 CPs.

Gráfico 1: Gráfico Scree plot, que indica a influência de cada componente principal dentro da variabilidade total dos dados.



Fonte: A autora (2021)

Pode-se observar através do gráfico 1 acima, que o CP 1 explica 44,78% da variabilidade dos dados, a CP 2 14,44%, assim, juntando o CP 1 e CP 2, explicam-se 59,18% da variabilidade total. Contudo, com os 4 componentes, atinge-se 80,13% de explicação da variabilidade inicial.

Leite *et al.* (2009), avaliaram características de desempenho e carcaça de codornas de corte por meio da ACP, e obtiveram 75% da variação total utilizando os quatro primeiros componentes. Udeh e Ogbu (2011), utilizaram a ACP para avaliar o desempenho de três linhagens de frangos de corte, assim, foram utilizados dois CPs para explicar a variação de 65% para a linhagem Arbor Acre, e três CPs para a variação de 74,76% para Marshal e 70% para Ross.

Com os 4 CPs definidos no início desta análise, determinou-se ainda os autovetores, que são um conjunto de valores que representam a influência da variável original, para cada CP criado, estes autovetores estão envolvidos na obtenção das futuras cargas fatoriais, como pode-se observar na tabela 2.

Tabela 2: Autovetores das variáveis para cada componente principal, os quais indicam a importância de cada variável dentro do componente principal.

	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4
URm	0,22352133	-0.43224145	0.23081951	-0.27647938
URM	0.23422701	-0.23726531	-0.12861731	-0.63006348
T°Cm	0.34862847	-0.08842345	0.14426915	0.22110137
T°Cm	0.29413366	0.01722058	-0.20196761	-0.17049905
CO ₂ m	-0.35394343	0.06616724	0.03188838	-0.13430950
CO ₂ M	-0.27456869	0.30750123	-0.24929257	-0.23995846
GP	0.25070712	0.34735004	0.09700828	-0.05877933
CA	-0.01993341	-0.33861047	-0.41588821	0.56602534
CE	-0.04463916	0.25202302	-0.62696976	-0.14783044
URE	-0.05032872	-0.51387765	-0.41516511	-0.09517869
T°Ce	0.39171896	0.08221703	-0.09685967	0.07758192
CPMQ1	-0.37081532	-0.18411324	0.15869115	-0.04724919
CPMQ2	-0.35739446	-0.21510434	0.15172460	-0.10000178

*CP 1: componente principal um; CP 2: componente principal dois; CP 3: componente principal três; CP 4: componente principal quatro; URm(%): umidade relativa mínima interna dada em porcentagem; URM(%): umidade relativa máxima interna dada em porcentagem; Tm(°C): temperatura mínima interna dada em graus Celsius; TM(°C): temperatura máxima interna dada em graus Celsius; CO₂m(ppm): dióxido de carbono mínimo interno dado em partes por milhão; CO₂M(ppm): dióxido de carbono máximo interno dado em partes por milhão; GP(Kg): ganho de peso dado em quilogramas; CA(KgR/KgG): conversão alimentar dada em quilogramas de ração consumida por quilograma de ganho de peso; CPMQ1(Kg): consumo de pellet da máquina de aquecer um dado em quilogramas; CPMQ2(Kg): consumo de pellet da máquina de aquecer dois dado em quilogramas; CE(kWh): consumo de energia dado em kilowatts-hora; URE(%): umidade relativa externa dada em porcentagem; TE(°C): temperatura externa dada em graus Celsius.

Fonte: A autora (2021)

A tabela 2 demonstra os autovetores, que correspondem à CPs sendo o resultado do carregamento das variáveis originais em cada um deles. Tais carregamentos podem ser considerados como uma medida da relativa importância de cada variável em relação à CPs e os respectivos sinais que se positivos ou negativos, indicam relações direta e inversamente proporcionais (BERNARDI *et al.* 2009).

Os autovalores também se envolvem na ACP, eles indicam a contribuição relativa de cada CP para explicar a variabilidade total dos dados analisados, ou seja, tamanho de cada autovalor do CP indica a importância dele na variação dos dados.

Ao juntar esses autovetores com os autovalores (tabela 3), extrai-se a formação dos fatores ou cargas fatoriais, indicando o quanto a variável contribui no fator.

Tabela 3 - Autovalores de cada componente principal, indicando a representatividade de cada componente principal na variabilidade total dos dados.

	Autovalores
CP 1	2.4128
CP 2	1.3682
CP 3	1.2763
CP 4	1.04610

***CP 1: componente principal um; CP 2: componente principal dois; CP 3: componente principal três; CP 4: componente principal quatro.**

Fonte: A autora (2021)

Assim, se multiplicarmos o autovalor do CP com o autovetor de alguma variável do CP, obtemos a carga fatorial do CP, conforme a fórmula abaixo:

F X: Fator x

AUTOVALOR CP X: Autovalor do componente principal x

AUTOVETOR VRX CPX: Autovetor de cada variavel x do componente principal

x

$F X = \text{AUTOVALOR CP X} * \text{AUTOVETOR VR X CP X}$

Ex: $F1 = \text{AUTOVALOR CP1} * \text{AUTOVETOR URm CP1}$

Ou seja:

$F1 \text{ URm} = 2.412 * 0.22352133$

$F1 \text{ URm} = 0.53932214$

Isso pode ser observado na tabela 4, onde coloca-se cada fator para o CP.

Tabela 4 - Cargas fatoriais para cada componente principal, indicando a influência de variável estudada, para cada fator

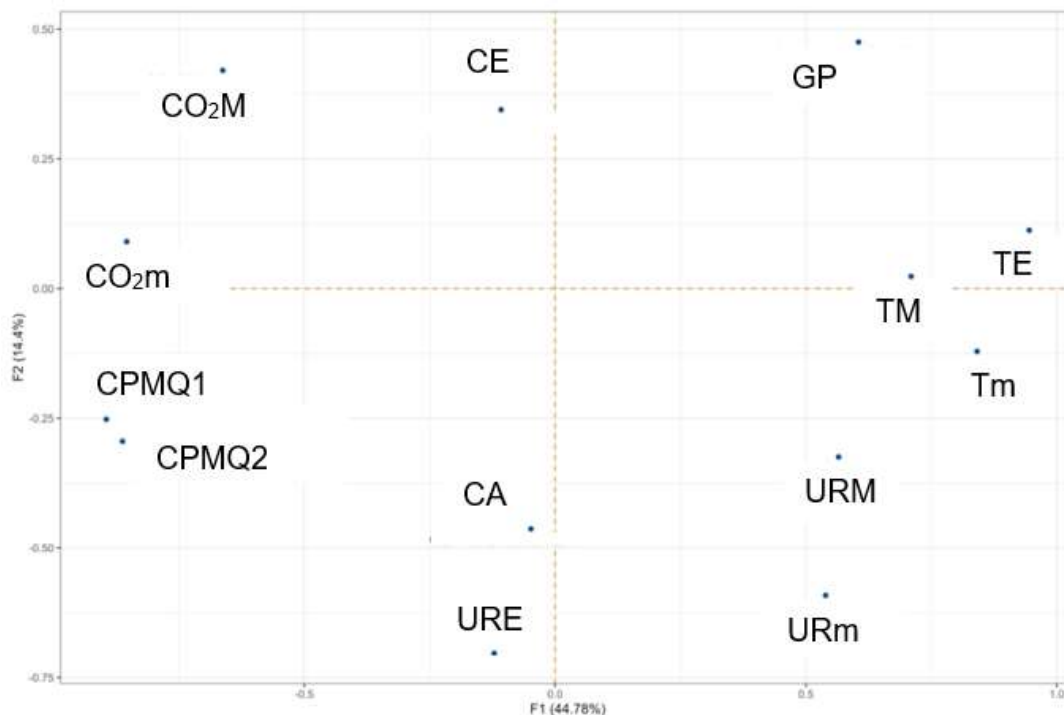
	F 1	F 2	F 3	F 4
URm	0.53932214	-0.59137273	0.29458443	-0.28922613
URM	0.56515328	-0.32461540	-0.16414842	-0.65911179
T°Cm	0.84118618	-0.12097686	0.18412414	0.23129498
T°C M	0.70969870	0.02356040	-0.25776206	-0.17835970
CO ₂ m	-0.85401035	0.09052695	0.04069768	-0.14050168
CO ₂ M	-0.66249146	0.42070893	-0.31816075	-0.25102145
GP	0.60491720	0.47522823	0.12380725	-0.06148927
CA	-0.04809621	-0.46327115	-0.53077919	0.59212125
CE	-0.10770733	0.34480622	-0.80017296	-0.15464598
URE	-0.12143535	-0.70306359	-0.52985632	-0.09956679
T°C E	0.94515682	0.11248554	-0.12361759	0.08115874
CPMQ1	-0.89471959	-0.25189521	0.20253029	-0.04942756
CPMQ2	-0.86233713	-0.29429580	0.19363919	-0.10461224

***F 1: fator um; F 2: fator dois; F 3: fator três; F 4: fator quatro; URm(%): umidade relativa mínima interna dada em porcentagem; URM(%): umidade relativa máxima interna dada em porcentagem; Tm(°C): temperatura mínima interna dada em graus Celsius; TM(°C): temperatura máxima interna dada em graus Celsius; CO₂m(ppm): dióxido de carbono mínimo interno dado em partes por milhão; CO₂M(ppm): dióxido de carbono máximo interno dado em partes por milhão; GP(Kg): ganho de peso dado em quilogramas; CA(Kg/Kg): conversão alimentar dada em quilogramas de ração consumida por quilograma de ganho de peso; CPMQ1(Kg): consumo de pellet da máquina de aquecer um dado em quilogramas; CPMQ2(Kg): consumo de pellet da máquina de aquecer dois dado em quilogramas; CE(kWh): consumo de energia dado em quilowatts-hora; URE(%): umidade relativa externa dada em porcentagem; TE(°C): temperatura externa dada em graus Celsius.**

Fonte: A autora (2021)

Por fim, estruturam-se gráficos de quadrantes, que relacionam fatores e variável para cada fator, bem como, se existe a ocorrência de correlação entre uma variável e outra.

Gráfico 2: Relação do fator 1 (F1) com fator 2 (F2)



Fonte: A autora (2021)

No gráfico 2, tem-se a relação de F1 com F2, onde a variável GP se apresenta significativa para ambos os fatores, sendo inversamente proporcional ao CPMQ1, CPMQ2 e a CA. Isso nos indica que mesmo com um baixo consumo de pellet para o funcionamento da máquina de aquecer e com a CA adequada, o GP ainda foi satisfatório.

Mas o CPMQ1, CPMQ2 e CE, apresentaram-se inversamente proporcionais a TM, Tm, URM, URm e TE, indicando que, mesmo assim, não se constatarem perdas na atividade. Ou seja, quando as variáveis climáticas estão elevadas o CP ou o CE para manter o funcionamento da máquina é baixo, isso se dá em virtude de não haver a necessidade de aquecimento.

Contudo, mesmo o dióxido de carbono (CO_2) sendo um gás prejudicial para a atividade de produção de frangos de corte, não interferiu intensamente, resultando em bom GP.

Ainda, a ocorrência de CO_2m e CO_2M ser próxima a -1,0, bem como da URm, URM, TM e Tm, ser próxima ao 1,0, no F1, indica que, quanto maior for a umidade e

temperatura dentro do aviário, maior será a atividade microbiana na cama, conseqüentemente, maior será a liberação de CO₂, interferindo na qualidade da cama e do ar, conseqüentemente, ocasionando problemas locomotores e respiratórios.

Constata-se ainda correlação significativa entre URM e TM e TE, sendo que essas representam o mesmo fator, mesmo assim, não se observando prejuízos em relação a CA e ao GP.

Porém, observa-se que o CPMQ1 e CPMQ2 se mostrou pouco significativo para o fator 2, sendo inversamente proporcional ao CE, o que nos indica que o CPMQ1 e CPMQ2 mesmo sendo baixo para o fator 2, o CE foi relativamente baixo para ambos os fatores, indicando eficiência da máquina de aquecer movida a pellet.

Essa eficiência pode ser explicada em função da máquina de aquecer conseguir manter um ambiente favorável, de conforto e bem-estar para os frangos de corte. Em contrapartida a isso, evita o acionamento e desligamento repentino da máquina, reduzindo o CE que é utilizada para essa finalidade.

Diante disso, observa-se que as variáveis zootécnicas envolvidas no estudo, tais como a CA e o GP, não apresentaram interferência no funcionamento da máquina, mas são totalmente influenciadas pelas variáveis climáticas que definem o funcionamento da máquina.

5 CONCLUSÃO

Podemos concluir que a MAQD se apresentou com uma maior eficiência no desempenho de sua função, mantendo um bom ambiente de aquecimento dentro do aviário e ainda com um consumo de energia satisfatório.

Por meio da Análise de Componentes Principais com 4 CPs conseguiu-se explicar cerca de 80% da variabilidade dos dados originais e que as máquinas de aquecer movidas a pellet são eficientes. Além disso, as variáveis que mais influenciaram a eficiência do aquecimento são as que envolvem condições climáticas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **ABPA**: relatório anual 2020. São Paulo: ABPA, 2020.

ABREU, V. M. N.; ABREU, P. G. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Concórdia, v. 40, p. 1-14, 2011.

ALVARES, C. A. et al. Modeling monthly mean air temperature for Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 113, p. 407 – 427, 2013. Disponível em: <<https://rdcu.be/cRpT2>>. Acesso em: 20 mar. 2021.

AMARESH; MANJULA, R.; MANJUNATH, V. Analysis of disparity in broiler meat production of Karnataka state using principal component analysis. **International Research Journal of Agricultural Economics and Statistics**, v. 9, n. 1, p. 9-17, 2018.

ASTILL, J. et al. Smart poultry management: Smart sensors, big data, and the internet of things. **Computers and Electronics in Agriculture**, Canadá v. 170, p. 105- 291, mar. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105291>>. Acesso em: 11 jul. 2021.

BAKER, J. F. et al. Multiple regression and principal componentes analysis of puberty and growth in cattle. **Journal of Animal Science**, v.66, n.9, p. 2147 – 2158, 1988. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3170369/>>. Acesso em: 15 fev. 2021.

BARBOSA, L. et al. Seleção de variáveis de desempenho de suínos por meio da análise de componentes principais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 57, n. 6, p. 805-810, 2005. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/abmvz/a/nRHF8XT6qYN7Mc93tbdGskL/?format=pdf&lang=en>>. Acesso em: 20 mar 2021.

BELOTE, B. L. et al. Field evaluation of feeding spray-dried plasma in the starter period on final performance and overall health of broilers, **Poultry Science**, v. 100, ed. 5, mai. 2021.

BERNARDI, J. V. E. et al. Aplicações da análise das componentes principais na ordenação dos parâmetros físico-químicos no alto rio Madeira e afluentes, Amazônia Ocidental. **Geochimica Brasiliensis**, v. 23, n.1, 2009.

BLOCH, V. *et al.* Automatic broiler temperature measuring by thermal camera. **Biosystems Engineering**, v. 199, p. 127-134, nov. 2020.

BOROTTO, D. R. e FREITAS, E. S. Desempenho zootécnico de frangos de corte em diferentes instalações, **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária FAG**, v. 3, n. 1, 2020.

BOUKHERROUB, T.; LEBEL, L.; LEMIEUX, S. An integrated wood pellet supply chain development: Selecting among feedstock sources and a range of operating scales. **Applied Energy**, Canadá, v. 198, p. 385-400, jul. 2017.

CARVALHO, T. M. R., et al. Qualidade da cama e do ar em diferentes condições de alojamento de frangos de corte. **Avicultura- Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 4, p. 351-361, abr. 2011.

ÇAYLI, A. et al. Efficiency of two different types of evaporative cooling systems in broiler houses in Eastern Mediterranean climate conditions. **Thermal Science and Engineering Progress**, v. 22, mai. 2021.

CONSTANTINO, A. et al. The reduction of gas concentrations in broiler houses through ventilation: Assessment of the thermal and electrical energy consumption. **Biosystems Engineering**, Espanha, v. 199, p. 135-148, jan. 2020.

CORDEIRO, M.B. et al. Conforto térmico e desempenho de pintos de corte submetidos a diferentes sistemas de aquecimento no período de inverno. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 1, p. 217- 224, 2010.

COULOMBE, F.; ROUSSE, D. R.; PARADIS, P. L. CFD simulations to improve air distribution inside cold climate broiler houses involving heat exchangers. **Biosystems Engineering**, v. 198, p. 105-118, out. 2020. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1537511020302087>>. Acesso em: 04 mar. 2022.

DU, L. et al. Investigation of a preliminary ventilation energy-recovery system for poultry houses. **Computers and Electronics in Agriculture**, China, v. 175, ago. 2020. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168169920304245>>. Acesso em: 20 nov. 2021.

DUARTE, J. B. **INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (Com Aplicação do SAS® - Statistical Analysis System)**. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 1998. Disponível em: <<https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/396/o/ACP.pdf>>. Acesso em: 04 mar. 2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Anuário 2019 da Avicultura Industrial**. EMBRAPA, n. 11, Brasil, 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Custos de produção de frangos de corte e de suínos acumulam alta de mais de 48% nos últimos 12 meses**. EMBRAPA, 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/60135950/custos-de-producao-de-frangos-de-corte-e-de-suinos-acumulam-alta-de-mais-de-48-nos-ultimos-12-meses>>. Acesso em: 10 abr. 2022.

FERNANDEZ, A. P. et al. Real-time modelling of indoor particulate matter concentration in poultry houses using broiler activity and ventilation rate. **Biosystems Engineering**, Bélgica, v. 187, p. 214-225, nov. 2019. Disponível em: <

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1537511019308189>>. Acesso em: 13 nov. 2021.

GARAFFA, A. F.; GAI, V. F. Influência da idade da cama na ocorrência de pododermatite em frangos de corte. **Cultivando o Saber**, p. 132-139, 2016.

Disponível em:

<https://www.fag.edu.br/upload/revista/cultivando_o_saber/5854607659013.pdf>.

Acesso em: 20 nov. 2021.

HAMEED, H. M. Feed additives in poultry. **Assiut Veterinary Medical Journal**, v. 67, n. 168, p. 87-100, jan 2021.

HONGYU, K.; SANDANIELO, V. L. M.; JUNIOR, G. J. de O. Análise de Componentes Principais: Resumo Teórico, Aplicação e Interpretação. **ES**

Engineering and Science, v. 5, n. 1, p. 83-90, 2016. Disponível em:

<<https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/eng/article/view/3398>>. Acesso

em: 18 jul. 2021.

HURNIK, J. F. *et al.* Production Traits Influencing the Individual Feed Conversion Ratio, **Poultry Science**, n. 56, p. 912-917, 1977.

IQBAL, J. *et al.* Effects of egg weight on the egg quality, chick quality, and broiler performance at the later stages of production (week 60) in broiler breeders. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 26, n. 2, 2017.

ISHII, K. *et al.* Logistics cost analysis of rice straw pellets for feasible production capacity and spatial scale in heat utilization systems: A case study in Nanporo town, Hokkaido. **Biomass and Bioenergy**, Japan, v. 94, p. 155-166, Japão, nov 2016.

JACOBS, L. *et al.* Impact of water sanitation on broiler chicken production and welfare parameters. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 29, ed. 1, p. 258-268, mar 2020.

JIANG, L. *et al.* A life-cycle based co-benefits analysis of biomass pellet production in China, **Renewable Energy**, v. 154, p. 445-452, China, Jul 2020.

LABBE, R. *et al.* Effect of feedstock particle size distribution and feedstock moisture content on pellet production efficiency, pellet quality, transport and combustion emissions. **Fuel**, Chile, v. 263, mar 2020.

LEITE, C. D. S. *et al.* Avaliação de características de desempenho e de carcaça de codornas de corte por meio da análise de componentes principais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.61, n. 2, 2009.

LIMA, K. A. O. *et al.* Applying multi-criteria analysis to select the most appropriate broiler rearing environment. **Information Processing in Agriculture**, p. 1-14, mai 2020.

LINHOSS, J. E. et al. Evaluation of Biochar as a Litter Amendment for Commercial Broiler Production. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 28, p. 1089-1098, dez 2019.

MANCINI, M. et al. Prediction of pellet quality through machine learning techniques and near-infrared spectroscopy. **Computers e Industrial Engineering**, Itália, v. 147, set 2020.

MANOLAKOS, D., et al. System's modeling and calculation of the basic design parameters. **Computers and Eletronics in Agriculture**, v. 163, ago 2019.

Manual de manejo de frangos de corte – COBB, v. 1, p. 1-70, abr. 2009. Disponível em: < <https://wp.ufpel.edu.br/avicultura/files/2012/04/Cobb-Manual-Frango-Corte-BR.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2022.

MARTINELLI, G. et al. Assessing the eco-efficiency of different poultry production systems: an approach using life cycle assessment and economic value added. **Sustainable Production and Consumption**, Brasil, v. 24, p. 181-193, out 2020.

MATOS, D. A. S. e RODRIGUES, E. C. **Análise Fatorial**, Brasília, 2019. E-book. Disponível em:< <https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/4790/1/Livro%20An%C3%A1lise%20Fatorial.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2022.

MATTE, W. D. SILVA, H. M. ZEFERINO, C. P. Subprodutos da mandioca como alimento alternativo para frangos de corte. **Pubvet Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 15, n. 08, p. 11-11, ago. 2021.

MESA, D. et al. Broiler-Housing Conditions Affect the Performance, **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 19, n, 2, p. 263-272, abr. 2017.

NIHASH, Y. et al. Distinct cell proliferation, myogenic differentiation, and gene expression in skeletal muscle myoblasts of layer and broiler chickens. **Scientific Reports**, 2019.

NYALALA, I. et al. On-line weight estimation of broiler carcass and cuts by a computer vision system. **Poultry Science**, v. 100, set. 2021. Disponível em:< <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579121004971#fig0003>>. Acesso em: 20 jan. 2022.

OLIVEIRA, C. M. Pellets como fonte de aquecimento na avicultura, **Avicultura Industrial**, 2017.

OLIVEIRA, R. F. M., et al. Efeitos da temperatura e da umidade relativa sobre o desempenho e o rendimento de cortes nobres de frangos de corte de 1 a 49 dias de idade, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, p. 797-803, 2006.

OMOTAYO, A. O.; OLUGBENGA, O. A.; BELLO, U. M. Economics of smallscale broiler production in abuja, nigeria: applications of stochastic frontier model and principal component analysis, **Russian Journal of Agricultural and Socio-**

Economic Sciences, p. 120-130, jul. 2020. Disponível em: <
https://www.researchgate.net/publication/343292534_ECONOMICS_OF_SMALLSCALE_BROILER_PRODUCTION_IN_ABUJA_NIGERIA_APPLICATIONS_OF_STOCHASTIC_FRONTIER_MODEL_AND_PRINCIPAL_COMPONENT_ANALYSIS>.
Acesso em: 10 jun. 2022.

PAL, A. et al. Investigation of the Potential of Aerosolized *Salmonella* Enteritidis on Colonization and Persistence in Broilers from Day 3 to 21. **Poultry Science**, v. 100, 2021. Disponível em:
<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579121005265>>. Acesso em: 10 jun. 2022.

PAULINO, M. T. F., et al. Criação de frangos de corte e acondicionamento térmico em suas instalações: Revisão. **Pubvet Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 13, n. 2, p. 1-14, fev. 2019.

PEARSON, K. On lines and planes of closest fit to system of point in space. **Philosophical Magazine**, v.2, n.6, p. 559-572, 1901.

POPESCU, S. et al. Air quality in relation with type of bedding in broiler houses. **Journal of Biotechnology**, v. 305, nov. 2019. Disponível em: <
https://www.researchgate.net/publication/336964107_Air_quality_in_relation_with_type_of_bedding_in_broiler_houses>. Acesso em: 15 nov. 2021.

PRADHAN, P.; MAHAJANI, S. M.; ARORA, A. Production and utilization of fuel pellets from biomass: A review. **Fuel Processing Technology**, Índia, v. 181, p. 215-232, dez. 2018.

RAJPUT, S. P.; JADHAV, S. V.; THORAT, B. N. Methods to improve properties of fuel pellets obtained from different biomass sources: Effect of biomass blends and binders. **Fuel Processing Technology**, Índia, v. 199, mar. 2020.

ROSA, J. O. et al. Análise de componentes principais dos valores genéticos para peso corporal e de órgãos de aves de corte. **Ciência & Tecnologia**, v. 8, n.1, 2016. Disponível em: < <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1059048>>.
Acesso em: 15 mar. 2022.

SCHIPFER, F., et al. The European wood pellets for heating market - Price developments, trade and market efficiency. **Energy**, vol. 212, dez. 2020. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544220317448>>.
Acesso em: 20 nov. 2021.

SHEN, D. et al. Inflammation-associated pulmonary microbiome and metabolome changes in broilers exposed to particulate matter in broiler houses. **Journal of Hazardous Materials**, v. 421, jan. 2022. Disponível em: <
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34332479/>>. Acesso em: abr. 2022.

SILVA, F. C.; LIMA, L. R. G.; COSTA, R. S. Estatística experimental aplicada a zootecnia. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO INSTITUTO FEDERAL DO CEARÁ - CAMPUS CRATO, 2017, Crato CE. **Anais do Seminário de Iniciação**

Científica do Instituto Federal do Ceará - Campus Crato, Ceará, 2017. v. 1. p. 197.

SILVA, J. N. et al. **Bioenergia no aquecimento de aviários**. 2017.

SMITH, S. et al. Impact of direct and indirect heating systems in broiler units on environmental conditions and flock performance. **I Journal of Integrative Agriculture**, Irlanda, abr. 2016.

TENORIO, J. I. et al. Impacts of projected climate change scenarios on heating and cooling demand for industrial broiler chicken farming in the Eastern U.S. **Journal of Cleaner Production**, Estados Unidos, v. 255, mai. 2020. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965262030353X>>. Acesso em: fev. 2022.

UDEH, I; OGBU, C. C. Principal component analysis of body measurements in three strains of broiler chicken. **Science World Journal**, v. 6, n. 2, p. 11-14, 2011. Disponível em: <<https://www.ajol.info/index.php/swj/article/view/73851>>. Acesso em: fev. 2022.

VARGAS, L. B. *et al.* Legislações e normas para avaliação do bem-estar na produção avícola. **Caderno de Ciências Agrárias- Agrarian Sciences Journal**, Brasil, v. 13, p. 01-08, abr. 2021.

WANG, C. *et al.* A life-cycle comparison of the energy, environmental and economic impacts of coal versus wood pellets for generating heat in China. **Energy**, v. 120, p. 374-384, China, fev. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.11.085>>. Acesso em: 15 nov. 2021.

YAMAKI, M. *et al.* Estudo de características de produção de matrizes de corte por meio da análise de componentes principais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.61, n.1, 2009.

YANG, Y. *et al.* A fundamental research on synchronized torrefaction and pelleting of biomass. **Renewable Energy**, Estados Unidos, v. 142, p. 668-676, nov. 2019.

YUN, H.; CLIFT, R. BI, X. Environmental and economic assessment of torrefied wood pellets from British Columbia. **Energy Conversion and Management**, vol. 208, mar. 2020.

ZANU, H. K. *et al.* Over-processed meat and bone meal and phytase effects on broilers challenged with subclinical necrotic enteritis: Part 3. Bone mineralization and litter quality. **Animal Nutrition**, v. 7, p. 142-151, mar. 2021.