

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
ÁLISON VINÍCIUS MICHAELSEN

UTILIZAÇÃO DE BIOMASSA NO SETOR DA AVICULTURA

CASCADEL - PR

2020

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
ÁLISON VINÍCIUS MICHAELSEN

UTILIZAÇÃO DE BIOMASSA NO SETOR DA AVICULTURA

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II do Curso de Engenharia Mecânica, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Professor Orientador: Cleberson de Souza Pereira

CASCADEL - PR

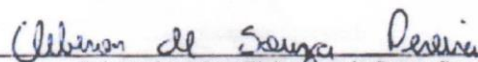
2020

**CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
ÁLISON VINICIUS MICHAELSEN**

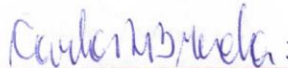
UTILIZAÇÃO DE BIOMASSA NO SETOR DA AVICULTURA

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob orientação do Professor Cleberson de Souza Pereira

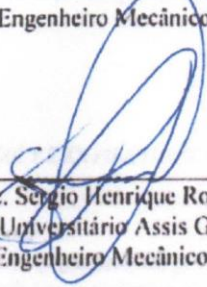
BANCA EXAMINADORA



Orientador Msc. Cleberson de Souza Pereira
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Mecânico



Professor Msc. Carlos Alberto Breda
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Mecânico



Professor Msc. Sergio Henrique Rodrigues Mota
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Mecânico

Cascavel, 26 de novembro de 2020.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por sua força divina em minha vida.

À minha família, por me apoiar nessa caminhada, auxiliando e incentivando sempre, com o intuito de demonstrar que o estudo e o conhecimento são coisas que ninguém pode tirar de ti.

Ao professor Engenheiro Mecânico, Cleberson de Souza Pereira, por me conduzir e orientar durante a construção deste Trabalho de Conclusão de Curso.

Ao professor Engenheiro Mecânico, Sergio Henrique Rodrigues Mota, por me apoiar, debater e incentivar meus estudos.

As amizades construídas durante esse tempo de curso, nos compartilhamentos de conhecimento, nas risadas, nas angústias e principalmente, nas vitórias.

A empresa Incobio, pela comercialização do biocombustível e análise do mesmo para que a pesquisa pudesse ser desenvolvida.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família, pela motivação, carinho e incentivo durante toda a construção deste trabalho.

RESUMO

O intuito desta pesquisa é apresentar a utilização das Biomassas (Pellet e Lenha de Eucalipto) nos fornos de aquecimento dos pintainhos. O pellet se resume em um biocombustível granulado à base de material vegetal moído e após compactado. O trabalho foi realizado na cidade de Céu Azul, Oeste do estado do Paraná, em granjas de produção de frango de corte de uma propriedade particular. O objetivo da pesquisa era saber o consumo de ambas biomassas com relação ao custo, poder energético, sempre tomando o máximo cuidado para que não prejudicasse o bem-estar dos pintainhos. Os dados foram coletados com o auxílio de plataformas digitais, fazendo o uso de planilhas para uma melhor organização e detalhamento dos dados coletados. Este teve início com uma pesquisa bibliográfica em livros e artigos referentes aos temas produção e aquecimento de pintainhos, biocombustíveis, para entender mais sobre o assunto e determinar quais métodos de cálculos seriam utilizados, além de servir de base para auxiliar a determinar qual biocombustível atenderia as necessidades. A coleta dos dados foi obtida através de um acompanhamento de 12 horas, em um período de 14 dias, obtendo também dados e informações da empresa no qual foi adquirido o pellet, porém com relação a lenha não foi possível obter tais dados, sendo levado em consideração dados de artigos científicos e respectivamente podendo realizar os cálculos necessários. Após as análises, obteve-se resultado positivamente na lenha, biocombustível que seria o mais indicado para combustão direta nos fornos, por possuir uma maior energia, item crucial para geração de calor.

Palavras-chave: Avicultura. Aquecimento de Pintainhos. Biomassa.

ABSTRACT

The purpose of this research is to present the use of Biomasses (Pellet and Eucalyptus Firewood) in chickens' heating ovens. The pellet is summarized in a granulated biofuel based on ground vegetable material and after compacted. The work was carried out in the city of Céu Azul, west of the state of Paraná, on poultry production farms of a private property. The intention was to know the consumption of both, cost, energy power, always taking the utmost care so that it does not harm the well-being of the chicks. The data were collected with the aid of digital platforms, using spreadsheets for a better organization and detailing of the collected data. This started with a bibliographic search in books and articles related to the production and heating of chicks, biofuels, in order to understand more about the subject and determine which calculation methods would be used, besides serving as a basis to help determine which biofuel would meet the needs. Data collection was obtained through a 12-hour follow-up over a period of 14 days, also obtaining data and information from the company from which the pellet was purchased, but the firewood was not possible to obtain such data, taking into account data scientific articles and, respectively, being able to perform the necessary calculations. In this way, positively resulting in firewood, biofuel that would be the most suitable for direct combustion in the ovens, as it has greater energy, a crucial item for heat generation.

Keywords: Poultry. Chick heating. Biomass.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Abate de Frangos no Brasil de 2000 a 2019	12
Figura 2: Maiores produtores de carne de Frango no Brasil	13
Figura 3: Comparação de metro estéreo (madeira roliça) e um metro cúbico sólido..	19
Figura 4: Armazenamento de sacas de pellet para utilização em fornos.....	30
Figura 5: Armazenamento de lenha de eucalipto para utilização em fornos.....	30
Figura 6: Transporte de lenha de eucalipto para utilização em forno	31
Figura 7: Lenha em Combustão.....	32
Figura 8: Forno com sistema de aquecimento a Pellet	33
Figura 9: Pellet em combustão	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Análise química elementar do Pellet	18
Tabela 2: Massa específica do Pellet	18
Tabela 3: Poder calorífico do Pellet.....	18
Tabela 4: Fatores de empilhamento de madeira sólida a estéreos e peso	21
Tabela 5: Análise química elementar de lenha de eucalipto.....	24
Tabela 6: Análise imediata de lenha de eucalipto.....	24
Tabela 7: Massa específica a granel de lenha de eucalipto.....	24
Tabela 8: Densidade real da madeira de eucalipto.....	25
Tabela 9: Poder calorífico de lenha em função da umidade	25
Tabela 10: Custo de aquisição dos Biocombustíveis.....	29
Tabela 11: Acompanhamento do consumo de biocombustível	34
Tabela 12: Interpolação Linear para obtenção de 25% de umidade da Tabela 8	35
Tabela 13: Interpolação Linear para obtenção de 25% de umidade da Tabela 9	36
Tabela 14: Consumo, energia produzida e custo da lenha.....	37
Tabela 15: Consumo, energia produzida e custo do pellet	38
Tabela 16: Temperatura máxima e mínima da primeira semana.....	39
Tabela 17: Propriedades da lenha a 25% e 40%	40
Tabela 18: Acompanhamento do consumo em 03/08.....	40
Tabela 19: Tempo, consumo, energia gerada e custo dos biocombustíveis	42
Tabela 20: Peso das aves nas respectivas idades	43

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 OBJETIVOS	9
1.1.1 Objetivo Geral	9
1.1.2 Objetivos Específicos	9
1.2 JUSTIFICATIVA	10
1.3 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	10
1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1 FRANGO DE CORTE	11
2.2 CONFORTO TÉRMICO DE PINTAINHOS	13
2.3 PELLET	14
2.3.1 Propriedades físicas do pellet	17
2.4 LENHA	18
2.4.1 Fator de empilhamento	19
2.4.2 Propriedades físicas da madeira (<i>Eucaliptus</i>)	22
3 METODOLOGIA	26
3.1 TIPOS DE PESQUISA	26
3.2 PROCEDIMENTOS	29
4 RESULTADOS	34
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
5.1 SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46

1 INTRODUÇÃO

A criação de frango de corte vem crescendo constantemente não só no Brasil, mas também em outros países do mundo. O país é líder na exportação de carne de frango desde 2011, e é o terceiro colocado em produção, de acordo com os dados da Embrapa de 2019, com uma produção na casa de 13.690 toneladas, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e China, que produzem 19.941 e 13.750 toneladas. O consumo deste alimento vem aumentando muito por inúmeros fatores, além de ser um alimento saudável o seu custo no mercado comparado a outras carnes é bem inferior (EMBRAPA, 2020).

Um grande aliado para o desenvolvimento do frango de corte é a tecnologia, equipamentos modernos facilitam o trabalho do produtor, que até pouco tempo era realizado manualmente. Juntamente com a tecnologia, o bem-estar animal é um item crucial para um bom desempenho no lote, contudo, o conforto térmico é algo de extrema importância, pois o frango de corte, na sua fase inicial até em torno de dezoito dias de vida, é considerado um animal poiquilotérmico, ou seja, os pintainhos até essa idade não conseguem manter adequadamente a sua temperatura corporal, sendo extremamente sensíveis à variação de temperatura no ambiente em que vivem. Desse modo, manter um ambiente com temperatura e umidade controlada, sem grandes variações é extremamente importante para um bom desenvolvimento nos primeiros dias de vida (OLIVEIRA, 2017)

O autor ressalta ainda que, um bom aquecimento é crucial para o desenvolvimento dos pintainhos, equipamentos de aquecimento de aviários modernos vêm crescendo constantemente no mercado, nos quais diferentes combustíveis estão sendo utilizados nesses equipamentos. Além da lenha, biocombustível utilizado desde o início da criação do frango de corte quando chegou ao país, outros biocombustíveis estão sendo utilizados nos equipamentos como o cavaco de madeira, briquetes e em destaque, o pellet.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Comparar o consumo de pellets com o consumo de lenha de eucalipto no aquecimento de fornos de aviários.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Calcular a quantidade de biomassa consumida em ambos os combustíveis estudados;
- Descrever o processo de aquecimento do forno de aviário com pellet e com lenha;
- Comparar a eficiência energética dos combustíveis.

1.2 JUSTIFICATIVA

Os pellets podem ser utilizados como um substituto direto da lenha em vários setores, como indústrias, residências, olarias, laticínios e principalmente, em fornos para aquecimento de pintainhos (OLIVEIRA, 2017).

Ainda para o autor, das alternativas energéticas de biomassa que podem ser utilizada na avicultura de corte, o pellet é o que mais se destaca, pois vem ganhando um olhar diferente no mercado por diversos motivos, sendo eles: a produção de frango de corte é normalmente encontrada na zona rural, local onde se encontra fácil produção/obtenção de diversas biomassas; não necessita de mão de obra qualificada para sua utilização; é uma fonte de energia renovável, pois sua utilização é sustentável e ecologicamente correta.

Sendo a qualidade do pellet um fator determinante para o bom rendimento no aquecimento, espera-se contribuir com esta pesquisa estabelecendo bases para estudos futuros, oferecendo uma melhoria na criação do frango de corte.

1.3 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Para o desenvolvimento deste estudo, elencou-se o seguinte questionamento: qual é o consumo e o custo dos biocombustíveis pellet e lenha, no aquecimento dos pintainhos no aviário?

1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

O estudo será realizado na cidade de Céu Azul - Paraná, (Latitude -25.107440, Longitude -53.906965 25° 06' 26.8" S 53° 54' 25.1"W), localizada na região Oeste do estado, em aviários de criação de frango de corte em uma propriedade particular.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 FRANGO DE CORTE

De acordo com Rodrigues et al. (2014), em meados da década de 1950, o desenvolvimento na produção de frango de corte na América do Sul estrutura-se em três grandes fases. A primeira fase iniciou-se no Brasil, entre os anos de 1950 a 1970, a criação de aves nesse período era basicamente uma atividade de subsistência com raros recursos para seu desenvolvimento, apresentando-se como uma atividade agropecuária sem expansão econômica. A segunda fase iniciou-se entre as décadas de 1970 a 1990, a instalação de novas plantas produtivas e o processo de centralização do capital foram os responsáveis pelo início da segunda fase. O período pós 1990 foi o início da terceira fase, com a abertura da economia latino-americana. Essa abertura proporcionou aos setores agroindustriais condições favoráveis, colocando-os na concorrência de nível mundial, obrigando as agroindústrias processadoras a redefinirem suas estratégias empresariais, reorganizando e reestruturando juntamente da base agroindustrial da cadeia de produção de frango.

Corroborando a ideia, Belusso e Hespanhol (2010, p. 26) ressaltam que, a evolução da avicultura industrial brasileira, juntamente com a sua expansão em diversas áreas do país, principalmente no início da década do século XXI, “se relaciona nas dinâmicas dos espaços rurais influenciadas por demandas produtivas e comerciais”. A avicultura vem passando por modificações no processo de produção, decorrentes de grandes inovações tecnológicas que vem aumentando a produtividade e o faturamento das indústrias.

A evolução da carne de frango de corte foi considerável no Brasil no início do século XXI, em um período de 12 anos o crescimento foi em torno de 86,16%. O consumo da carne de frango foi o principal motivo que impulsionou seu crescimento, juntamente com o aumento das exportações. Em 2012, o Brasil produziu em torno de 11.532,8 mil toneladas de carne de frango, aumentando em 126,9% a sua produção nesse período de 12 anos (RODRIGUES et al., 2014).

A Embrapa disponibiliza um mapa de abate de frangos no período de 2000 a 2019 por regiões do país.

ABATE DE FRANGOS NO BRASIL - 2019



*Em mil toneladas e variação entre 2000 e 2019, por regiões

*Fonte: IBGE

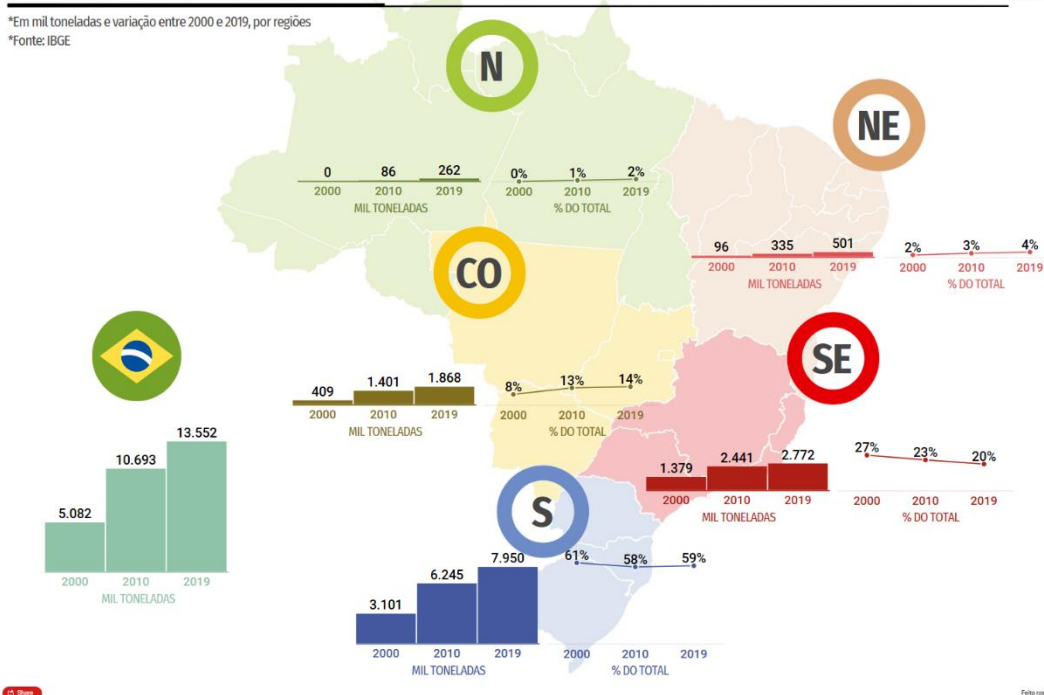


Figura 1: Abate de Frangos no Brasil de 2000 a 2019
(Fonte: IBGE, 2019)

Conforme Zen et al. (2014, p.01), “o Sul é uma das regiões mais tradicionais para a criação de frango de corte do país”, pois concentra uma grande presença de cooperativas, trabalhando com a organização e apoio aos produtores. Por outro lado, apresenta um elevado custo de produção (energia elétrica, mão de obra, terra, equipamentos, manutenção), que vem tornando-se limitado pela descontinuidade das gerações de granjeiros.

Rodrigues et al. (2014) destaca que desde 2003 o estado do Paraná é o maior produtor de frango de corte do Brasil, produzindo em 2012, 3.033,3 toneladas de carne de frango, sendo responsável por 26,3% do total produzido no ano todo. Santa Catarina é o estado que ocupa o segundo lugar, produzindo 2.148,7 mil toneladas, o terceiro maior produtor é o estado de São Paulo com a produção de 1.558,1 mil toneladas, os três maiores produtores, no ano de 2012 foram responsáveis pela produção de 58,50% de frango de corte no país.

Em 2019, o Paraná produziu em torno de 4.352 toneladas de carne de frango, seguido por Santa Catarina com 1.936 toneladas, mas em terceiro lugar, ultrapassando o estado de São Paulo, que ocupava essa posição anteriormente, está o Rio Grande do Sul, com uma produção de 1.661 toneladas de carne de frango. São Paulo ocupa a quarta

posição em produção, totalizando 1.563 toneladas. Um gráfico disponibilizado pela Embrapa demonstra essa produção, bem como a produção de outros estados.

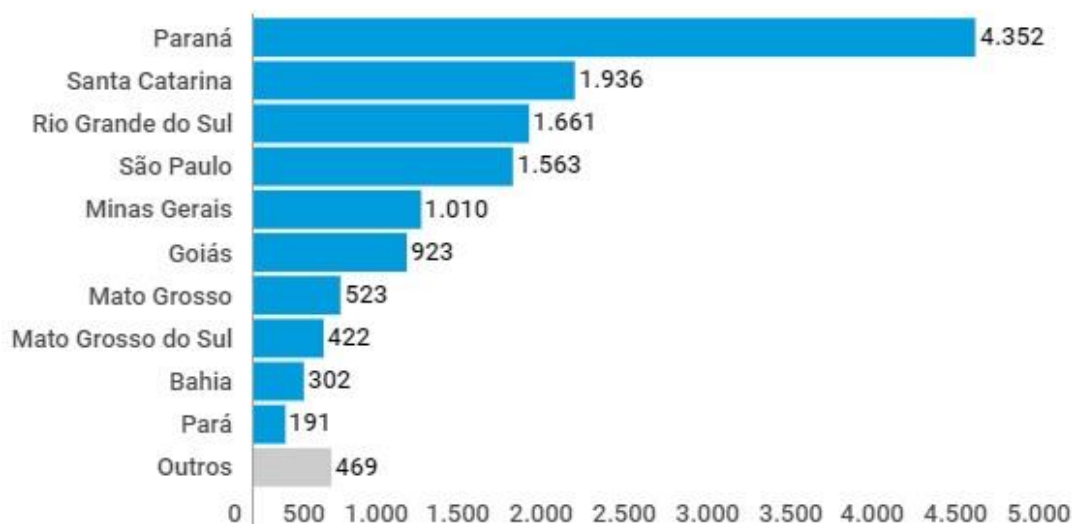


Figura 2: Maiores produtores de carne de Frango no Brasil

(Fonte: Mapa | Agrostat, 2019)

A região Sudeste é onde se concentram as indústrias consumidoras de carne de frango e há uma maior disponibilidade de mão de obra qualificada, destacando o estado de São Paulo, que manteve um significativo crescimento na produção de aves nas últimas três décadas chegando a participar em 2008 com 14% do abate nacional. Já no Centro-Oeste há dificuldades para contratar pessoas com experiência na área, pois a maior concentração de funcionários está nas grandes lavouras, devido as melhores condições de trabalho e remuneração (IBGE, 2013).

2.2 CONFORTO TÉRMICO DE PINTAINHOS

De acordo com o Médico Veterinário Vanderley de Matos (2015, p.09) para obter o sucesso de um bom lote deve-se tomar como fatores primordiais: “manejo, nutrição e principalmente ambiência, as duas primeiras semanas das aves são consideradas as mais críticas, os erros desta fase podem não ser corrigidos e afetará toda a vida do lote”.

Por meio de uma conversa informal com o Médico Veterinário responsável pela propriedade em estudo, Thiago Moreira de Jesus, o mesmo ressaltou que o pintinho exposto às condições de temperaturas abaixo do ideal, acaba não convertendo a ração

consumida em peso, pois utiliza essa energia para tentar se aquecer, e, conseqüentemente, produzindo mais penas ao invés de carne.

Abreu & Abreu (2014) acrescentam que os pintainhos quando nascem não possuem seu sistema termorregular desenvolvido. Portanto, qualquer perda de calor corporal sensível e evaporativa nos primeiros dias de vida das aves, poderá desequilibrar o sistema ácido básico corporal e do sangue, e, por conseguinte, a habilidade do pintinho manter a temperatura do corpo em seu crescimento.

Os frangos de corte se comportam como animais poiquilotérmicos, como mencionado anteriormente, ou seja, a temperatura corporal altera com a do meio ambiente, não conseguindo manter adequadamente a sua temperatura. Desse modo, manter o ambiente da granja controlado, com a temperatura e a umidade do ar relativo sem haver grandes variações é fundamental para um bom desenvolvimento das aves nas primeiras semanas de vida. Para que as aves sejam alojadas em um ambiente, recomenda-se um pré-aquecimento de no mínimo 24 horas antes da sua chegada, atenção que deve ser redobrada no período de inverno, pois a necessidade energética para suprir a diferença de temperatura ideal para os pintainhos e a temperatura externa é bem maior do que nos outros períodos. Se acaso a temperatura se encontrar abaixo das exigências térmicas dos pintainhos, boa parte da energia ingerida na ração será desviada para manutenção do sistema termo regular (que mantém a temperatura estável), o que poderia ser utilizado para o desenvolvimento das aves (MATOS, 2015, p.09).

Segundo Abreu & Abreu (2010), existem basicamente, dois grupos de aquecimento que permitem manter uma temperatura ideal para a zona de conforto dos pintainhos, o aquecimento local e o aquecimento central. O grupo central fundamenta-se no aquecimento relativamente homogêneo de todo o volume dos aviários, enquanto o local baseia-se em aquecer apenas o local onde os pintainhos estão alojados, sendo um dos processos mais eficientes, em termos de economia de energia, ou seja, da biomassa utilizada ou até mesmo a lenha convencional.

2.3 PELLET

A peletização é um método utilizado para obter um produto com uma elevada concentração de energia. De acordo com a Associação Brasileira das Indústrias de Biomassa e Energia Renovável – ABIB (2019) apresenta-se as seguintes vantagens: a conservação da energia contida na matéria-prima original (menor conversão em gases) e

um poder calorífico mais elevado e baixo teor de umidade estabilizado em no máximo 7%; Facilitação no armazenamento (produção e consumo) e uma redução nos custos de transporte.

Ainda, segundo a ABIB (2019) a peletização é um processo industrial utilizado para produzir produtos de alta qualidade sólida. No uso energético, a diminuição da higroscopicidade garante melhor desempenho em geração de energia térmica, pois não há gasto energético para evaporação da água, além da inexpressiva absorção de umidade do ambiente que ela passa a ter, o que permite o armazenamento do combustível por períodos mais longos. A peletização de biomassa possui três vantagens imediatas sobre a biomassa do processo de painéis de madeira não tratada, a primeira é o valor do poder calorífico que aumenta de forma considerável com o processo industrial de peletização, em seguida, biomassa residual do processo de produção de painéis de madeira peletizados na forma de pellets, alta densidade de energia volumétrica (energia por unidade de volume), e por último as propriedades físico-químicas da biomassa peletizada, tais como durabilidade, homogeneidade e comportamento hidrofóbico tendo uma melhora considerável.

A Revista Pellet New Brasil explica que, em síntese, o pellet se resume em um biocombustível granulado à base de material vegetal moído e depois de compactado sob alta pressão provoca a transformação dos componentes lignocelulósicos (possui lignina e celulose) sob efeito do calor que é gerado pela fricção na passagem pelos furos da matriz, o que resulta em um produto adensado de um grande poder calorífico e excelente resistência mecânica. A tecnologia dos equipamentos que utilizam o pellet como combustível está sendo melhorada constantemente, em termos de automação, eficiência e aparência física. Estas melhorias contribuem para o aumento das vendas, reformas e transformações dos fornos de aquecimento de frango de corte, deixando o mercado do pellet aquecido (QUÉNO, 2015).

Ainda segundo o autor, essa biomassa vegetal vem crescendo fortemente a cada ano que passa, numa nova era energética mundial, pois possui grande potencial para suprir as necessidades atuais de energia com menor impacto ambiental e com preços cada vez mais competitivos. No Brasil, essa biomassa surgiu depois de 2001, e sua utilização no mercado interno é restringida, até o momento, a pequenas indústrias e pontos comerciais. Há várias empresas aqui mesmo do Brasil que fabricam máquinas específicas que utilizam o pellet como combustível primário. Estufas de secagem, fornos de padarias e pizzarias, fornos de aquecimento de frango de corte, vem utilizando esse biocombustível

mostrando que aos poucos esse material utilizado como fonte de energia está se incorporando ao processo industrial, comercial e até mesmo, na produção alimentícia. A formação destes mercados consumidores é um bom sinal para o país, mostrando a evolução desse biocombustível.

De acordo com a Associação Brasileira das Indústrias de Pellets - ABIPEL (2015), o país tem hoje 12 plantas industriais e 02 que estão por iniciar suas atividades nos próximos anos. Essas empresas têm capacidade produtiva de aproximadamente, 237.000 t/ano, mas sua produção atual atinge, apenas, 25% dessa capacidade. São pequenas plantas industriais com baixa capacidade produtiva. Além disso, questões tecnológicas como a baixa eficiência dos equipamentos utilizados e o alto custo da produção (potencializados pelo alto custo da matéria-prima e dos transportes), ainda limita a popularização dos pellets no mercado interno.

A ABIPEL (2015), aponta que a localização da maior parte das indústrias que fabricam este combustível renovável está localizada no Centro-sul do país, onde encontram-se grandes áreas de reflorestamento e resíduos que podem ser aproveitados no processo de compactação. Ainda não há subsídios governamentais que estimulem o uso de máquinas que utilizam essa biomassa como combustível, já que o Brasil possui uma matriz energética bastante limpa. Os governos da Suécia e dos Estados Unidos por exemplo, como forma de reduzir a emissão dos gases do efeito estufa, tem subsidiado a compra de equipamento movidos a pellets substituindo aos que utilizam o óleo.

O Instituto Nacional de Eficiência Energética – INEE (2010) ressalta que aqui no Brasil, o governo deveria incentivar um pouco mais o uso do pellet nas máquinas de aquecimento. É o que o instituto pretende fazer, e elaborou um documento intitulado: "Uma política para a Bioenergia". O documento solicita uma regulamentação que sinalize as oportunidades vinculadas ao aumento da eficiência energética dos diversos elementos da cadeia energética da madeira, o que tornará esta fonte progressivamente mais competitiva. Essa demanda impulsionou a indústria do setor no Brasil. Em apenas um ano, de 2016 para 2017, o país aumentou em seis vezes a produção de pellets, passando de 135 mil toneladas para 470 mil toneladas, o principal alvo são as exportações, onde é usado para aquecimento residencial e produção de energia térmica e elétrica (MARONI, 2018).

Um fator que diferencia pellet da lenha convencional é a compra dos mesmos, enquanto o pellet é vendido por quilograma ou até mesmo por tonelada, a lenha é comercializada por metro cúbico, sem haver uma garantia de que aquela metragem

adquirida pelo produtor condiz com a que o vendedor lhe passou. Considera-se um metro cúbico de madeira uma pilha de madeira sólida (necessariamente madeira serrada), com as dimensões de 1,0m de comprimento, 1,0m largura e 1,0m de altura. Já um metro estéreo é uma pilha de madeira roliça de dimensões, 1,0m de comprimento, 1,0m de largura e 1,0m de altura. Para saber a quantidade de madeira sólida que possui um metro estéreo, deve-se levar em consideração alguns fatores como: a conicidade, o diâmetro das toras, a retitude, ou seja, o “entortamento” da madeira, isso ajudará a definir quantos metros cúbicos sólidos de madeira terá em um metro cúbico estéreo. E para calcular o gasto e consumo do mesmo, esse cálculo é primordial, conseguindo então, com maior precisão, a quantidade de metros cúbicos sólidos de madeira utilizados para o aquecimento dos pintainhos (ENVALMA, 2014).

2.3.1 Propriedades físicas do pellet

Os dados do pellet utilizado na pesquisa foram disponibilizados pela empresa em que foi adquirido o biocombustível (Incobio), e a análise foi realizada em Roma, na Itália, pela empresa Eurofins Umwelt Ost GmbH.

Título: Relatório de teste para o pedido 11919435

Nº do relatório de teste: AR-19FR018517-01

Nome do Projeto: Análise de Pellets de Madeira, PB18RA

Data da colheita da amostra: 22/06/2019

Data da recepção da amostra: 08/07/2019

Os resultados do teste referem-se apenas à amostra analisada. A menos que a amostragem tenha sido feita por nosso laboratório ou em nossa subordem, a responsabilidade pela correção da amostragem é isenta de responsabilidade. Este relatório de teste é válido apenas com assinatura e só pode ser posteriormente publicado completamente e inalterado. Extratos ou alterações requerem a autorização do EUROFINS UMWELT em cada caso individual (EUROFINS UMWELT OST GMBH, 2019).

Tabela 1: Análise química elementar do Pellet

COMPONENTE	%MASSA
Carbono	51,0
Oxigênio	42,1
Hidrogênio	6,2
Nitrogênio	0,3
Enxofre	0,017
Cinzas	0,5

(Fonte: Eurofins Umwelt Ost GmbH, 2019)

Tabela 2: Massa específica do Pellet

UMIDADE (% massa)	MASSA ESPECÍFICA APARENTE (kg/m³)
7,5	667

(Fonte: Eurofins Umwelt Ost GmbH, 2019)

Tabela 3: Poder calorífico do Pellet

UMIDADE (% massa)	PODER CALORÍFICO INFERIOR (kcal/kg)
7,5	4.896,34

(Fonte: Eurofins Umwelt Ost GmbH, 2019)

2.4 LENHA

Das espécies florestais plantadas para fins de produção, o eucalipto é um dos cultivos que possui uma maior disponibilidade de orientações técnicas e possui uma grande importância comercial na economia do Brasil. A relevância deste tipo de cultura no país é inquestionável, pois a demanda de contribuição cresce para a geração de emprego e renda no meio urbano e rural (EMBRAPA, 2014).

O volume de uma pilha de madeira, é obtido através do cálculo de suas dimensões, definindo então, o volume estéreo. De acordo com o INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial), é considerado volume estéreo, a dimensão de uma pilha de madeira redonda ou mais conhecida, madeira roliça, na qual, além do volume sólido da madeira, considera-se também os espaços vazios entre as madeiras. Então, o volume estéreo é basicamente a quantidade de madeira roliça em uma pilha com as dimensões de 1m³ (X x Y x Z), cuja as toras variam de dimensões considerando curvatura e forma, o que ocasiona a presença de muitos espaços na pilha que não são ocupados por madeira.

O volume da madeira empilhada pode ser obtido com um cálculo de volume conhecido, no qual multiplica-se base, altura e comprimento, podendo utilizar da seguinte fórmula (SOARES; NETO; SOUZA, 2017):

$$V: x.y.z \quad (1)$$

Onde:

V: volume da pilha, em st;

x= comprimento das toras (largura), em m;

y= comprimento da pilha, em m;

z= altura da pilha, em m;

Caso a pilha apresente alguma variação na altura, ou até mesmo no comprimento, deve-se obter o volume considerando a média destas medidas (SOARES; NETO; SOUZA, 2017).

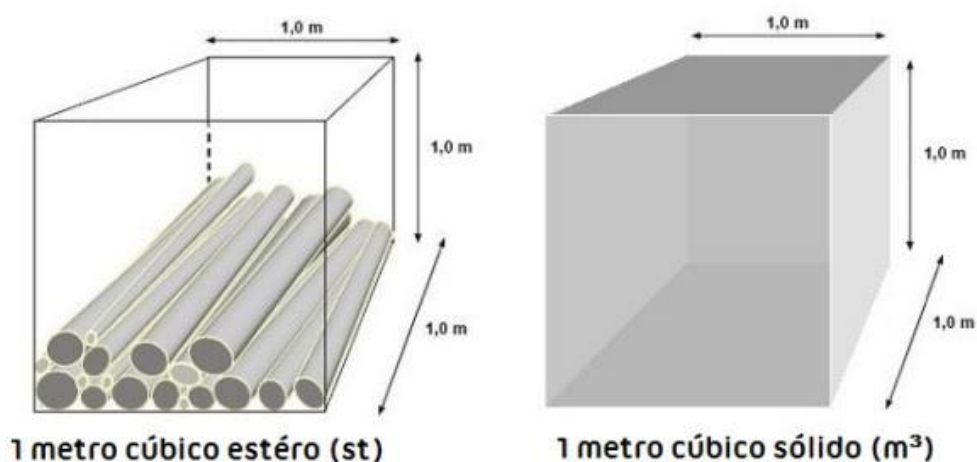


Figura 3: Comparação de metro estéreo (madeira roliça) e um metro cúbico sólido
(Fonte: Envalma, 2014)

2.4.1 Fator de empilhamento

Para realizar a transformação de um metro estéreo em metro cúbico, deve-se considerar um fator de conversão, denominado Fator de Cubicação ou Fator de Empilhamento (Fe). A forma para esse cálculo do Fe é a seguinte (SOARES; NETO; SOUZA, 2017):

$$Fe = \frac{\text{Volume sólido (m}^3\text{)}}{\text{Volume empilhado (st)}} < 1,0 \quad (2)$$

Fe: fator de empilhamento, em m³;

O volume sólido pode ser considerado com ou sem casca, obtido no procedimento de cubagem, fornecendo então, respectivamente, o fator de empilhamento. Multiplicando as dimensões da pilha e obtendo o valor do volume em estéreo, o volume sólido dessa pilha com ou sem casca poderá ser obtido da seguinte forma (SOARES; NETO; SOUZA, 2017):

$$\text{Volume sólido} = \text{volume empilhado} \times Fe; \text{ se } Fe \leq 1,0 \quad (3)$$

Volume sólido: em m³;

Volume empilhado: em m³;

Fe: fator de empilhamento, em m³;

Importante ressaltar que, Fe é um fator médio, adequando-se a espécie e as condições do local.

Fatores de empilhamentos médios são frequentemente utilizados para converter o volume de uma pilha estéreo para metro cúbico. Porém, alguns aspectos interferem no empilhamento da madeira como: o comprimento e o diâmetro da tora, espessura da casca, caso seja utilizado a madeira com casca, o manuseio do empilhamento, ou seja, se foi armazenado mecanicamente ou manualmente, o tempo de permanência no campo em forma de tora, entre muitos outros. Utilizando um único fator constante de conversão de volume estéreo da lenha para volume sólido, com variações de empilhamento, se constitui numa grande preocupação. Por isso, fatores de empilhamento médio devem ser consideradas critérios primordiais, para que proporcione estimativas de um volume real de madeira (SOARES; NETO; SOUZA, 2017).

Para se obter um valor mais rapidamente, existe uma tabela na qual especifica a espécie de madeira, metragem e peso, demonstrado da seguinte maneira:

Tabela 4: Fatores de empilhamento de madeira sólida a estéreos e peso

ESPÉCIE	METRO ESTÉREO (st)	METRO CÚBICO (m ³)	TONELADA VERDE (t)
Pinus com casca	1	0,7	0,542
	1,43	1	0,775
	1,73	1,2	1
Pinus sem casca	1	0,57	0,487
	1,75	1	0,852
	1,83	1,04	1
Eucalipto com casca	1	0,7	0,607
	1,43	1	0,868
	1,65	1,15	1
Eucalipto sem casca	1	0,61	0,557
	1,64	1	0,946
	1,74	1,06	1
Madeira para energia	1	0,5	0,34
	2	1	0,68
	2,94	1,47	1

(Fonte: Envalma, 2014)

Conforme pode ser observado na Tabela 04, na coluna 1, por exemplo, temos o Eucalipto com casca (madeira utilizada na pesquisa) e nas linhas correspondentes estão os metros estéreo: 1 ‘st’ de eucalipto com casca (empilhado) tem 0,7 m³ de madeira sólida (de acordo com esta tabela), e assim por diante. Na terceira coluna é demonstrado o peso do m³ ou do ‘st’. Nesta tabela, os valores de peso propostos para as categorias devem ser tomados da seguinte maneira: na primeira categoria (Eucalipto com casca) 1 metro cúbico de madeira sólida verde está pesando 0,868 toneladas; 1 metro estéreo ‘st’ deve pesar consideravelmente menos, e na linha anterior está o valor de quanto pesa 1 ‘st’: 0,607 toneladas. Este valor st é calculado simplesmente dividindo 0,868 entre o valor que aparece na mesma linha, na primeira coluna. Então: $0,868 / 1,43 = 0,6069$. A operação contrária pode ser feita dividindo o peso de 1 metro estéreo (0,607 ton) pelo volume sólido do metro estéreo na coluna do meio (0,70 m³), que nada mais é do que o Fator de Empilhamento (só na coluna do meio da primeira linha de cada categoria). Então: $0,607 / 0,70 = 0,867$.

Essa tabela nos permite obter um valor de forma mais rápida, porém todos os valores desta tabela têm a limitação, em que podem estar longe ou perto do valor real num

caso pontual, mas não é possível ter certeza do erro que está sendo cometido (ENVALMA, 2014).

2.4.2 Propriedades físicas da madeira (*Eucaliptus*)

Inúmeros trabalhos já foram realizados sobre a madeira de eucalipto na intenção de caracterizar as propriedades desse material. Este tipo de madeira é utilizado como matéria-prima em diversos setores, não somente como energia, mas também na construção civil, celulose, papel, entre muitos outros (SOARES; NETO; SOUZA, 2017).

Ainda para os autores, um dos fatores que mais se destacam nas características da madeira, considerando a qualidade da mesma, são as propriedades físicas e mecânicas. Isto refere-se à combinação das características mecânicas, físicas, anatômicas e químicas da árvore, na qual nos permite uma melhor utilização para um determinado uso. A qualificação da madeira leva em consideração os vários fatores que alteram as características deste material, tal como físico-mecânico (apud GONÇALEZ et al., 2006).

Sendo assim, a qualidade de uma madeira sólida é quase um sinônimo da sua densidade e também diversos outros autores utilizam atualmente essa propriedade para deduzir o comportamento físico-mecânico da madeira qualificando sua utilização. Uma outra característica fundamental também para qualificar a madeira para uma determinada utilização é a sua anisotropia (característica no qual uma substância possui em que certa propriedade física, pode variar de acordo com a direção) (SOARES; NETO; SOUZA, 2017).

2.4.2.1 Caracterização Física

A umidade presente nos combustíveis sólidos é de extrema importância para determinar o poder calorífico inferior (PCI), em que o valor se deduz na quantidade de calor contido em 1 kg de combustível. A lenha de eucalipto, quando armazenada ao ar livre pode conter de 10 a 25% de umidade, entretanto, esse valor se altera na presença de chuva, ou fenômenos semelhantes, podendo chegar a porcentagens além dos 40%. Este fator de umidade, atinge direto no consumo dessa biomassa. O poder calorífico médio da lenha de eucalipto, a 10% é de aproximadamente 4,221 Kcal/Kg (Tabela 9), já a umidade da lenha a 40% gira em torno de 2,619 Kcal/Kg, reduzindo então, cerca de 37,9% do seu poder calorífico (NONNENMACHER et al., 2011).

Alguns ensaios podem ser realizados para obtenção de alguns fatores como umidade, densidade, massa específica aparente, etc. O teor de umidade de uma madeira (em porcentagem), é relacionado entre a massa de água contida na mesma e a massa seca, obtida através da equação 4.

$$U = \frac{M_i - M_s}{M_s} \cdot 100 \quad (4)$$

Onde:

U = umidade, em %;

M_i = massa inicial da madeira, em g;

M_s = massa seca da madeira, em g;

100 = constante.

A densidade básica é a massa específica convencional, no qual é obtida na relação entre massa seca e o volume saturado.

$$P_{bas} = \frac{M_s}{V_{sat}} \quad (5)$$

Onde:

P_{bas} = densidade básica;

M_s = massa da madeira seca, em Kg;

V_{sat} = volume da madeira saturada, em m³.

A massa específica aparente saturada é obtida através do peso saturado, ou seja, em condições de saturação das fibras em água, ou simplificando, a madeira recém cortada, e volume saturado, expresso através da seguinte equação:

$$Me_{aparente\ sat} = \frac{P_{sat}}{V_{sat}} \quad (6)$$

Onde:

Me_{aparente sat} = massa específica aparente saturada, em g/cm³;

Psat = peso saturado, em g;

Vsat = volume saturado, em cm³.

Tabela 5: Análise química elementar de lenha de eucalipto

COMPONENTE	%MASSA
Carbono	49,7
Oxigênio	42,3
Hidrogênio	5,8
Nitrogênio	1,4
Enxofre	0,1
Cinzas	0,8

(Fonte: Combustíveis e Combustão Industrial, 2002)

Tabela 6: Análise imediata de lenha de eucalipto

COMPONENTE	%MASSA
Matéria Volátil	82,2
Carbono Fixo	17,0
Cinzas	0,8

(Fonte: Combustíveis e Combustão Industrial, 2002)

2.4.2.2 Densidade

A massa específica da lenha de eucalipto é obtida em função da sua umidade, no qual pode ser calculada através da equação (4), mas uma tabela pode ser consultada para obtenção desses valores.

Tabela 7: Massa específica a granel de lenha de eucalipto

UMIDADE (% massa)	MASSA ESPECÍFICA APARENTE (kg/m ³)
0	325
15	380
35	500
40	540
45	590
50	650

(Fonte: Combustíveis e Combustão Industrial, 2002)

A massa específica real da lenha, ou seja, a massa específica da lenha sólida, é em função da umidade, da sua idade e até mesmo da espécie da planta, conforme consta na tabela a seguir (Tabela 8). O ponto crítico da umidade é o que se encontra abaixo da madeira ao secar e acima no qual absorve água conservando o mesmo volume.

Tabela 8: Densidade real da madeira de eucalipto

UMIDADE EM BASE ÚMIDA (% massa)	MASSA ESPECÍFICA (kg/m ³)
0	500
10	526
23	555
28 (ponto crítico)	565
30	621
40	725
50	870
60	1087

(Fonte: Combustíveis e Combustão Industrial, 2002)

Pode-se dizer que a densidade da lenha, também é uma característica de extrema importância, por ser um dos índices de qualidade da madeira considerada uma das mais importantes, pois, relaciona-se diretamente com a produção da massa seca, juntamente com as propriedades físico-mecânicas, podendo então, ser facilmente determinadas, além de relevar-se com a qualidade dos produtos (CASTRO et al., 2013).

2.4.2.3 Poder Calorífico

O Poder Calorífico nada mais é do que a quantidade de calor que é desprendido pela combustão total do combustível. Se a medição é feita em fase gasosa, é considerado Poder Calorífico Inferior e se for considerado a água do produto em fase líquida, com a combustão em temperatura ambiente, é então chamado de Poder Calorífico Superior. O que diferencia ambos é a entalpia (energia térmica que envolve um processo ou uma reação química) de vaporização da água, a qual se forma através da combustão do hidrogênio na forma de produto e da água que está presente no combustível em forma de umidade (NEIVA; FURTADO; FINZER, 2018).

Tabela 9: Poder calorífico de lenha em função da umidade

UMIDADE (% massa)	PODER CALORÍFICO INFERIOR (kcal/kg)
0	4.756
10	4.221
20	3.687
30	3.153
40	2.619
50	2.085
60	1.551

(Fonte: Combustíveis e Combustão Industrial, 2002)

3 METODOLOGIA

3.1 TIPOS DE PESQUISA

Tomando como ponto de partida o objetivo desta pesquisa, que é a utilização de biomassa na avicultura, foram analisados e selecionados os tipos de pesquisas necessárias para a evolução deste tema. Inicialmente, necessita-se da busca de conhecimento em artigos publicados, sobre as especificações da biomassa (pellet), o seu poder calorífico, porcentagem de cloro, entre outros. Ainda, é de grande relevância, saber sobre a criação do frango de corte, a temperatura diária considerada de conforto para o ambiente onde estão alojados os pintainhos, onde é buscado obter tais dados, juntamente com o veterinário.

Conforme Tumelero (2019), a pesquisa de campo, é considerada um dos métodos mais utilizados no universo acadêmico, caracterizando-se por investigações com coletas de dados em campo. Semelhante à pesquisa bibliográfica, ela se soma há vários procedimentos. A pesquisa de campo aparece como uma investigação mais utilizada e difundida por alunos e pesquisadores em seus trabalhos científicos e acadêmicos. Possui a finalidade de observar os fatos e os fenômenos de maneira como eles ocorrem em sua realidade por meio de coleta de dados.

Após a coleta, os mesmos são analisados e interpretados baseando-se em uma fundamentação sólida. O objetivo é explicar e compreender o problema, para isso, é preciso que o pesquisador selecione as melhores técnicas de coleta de dados, as quais se adequam a natureza do tema. Dependendo dos resultados da análise e coleta de dados, a pesquisa tomará um rumo, ou seja, demonstrará se será qualitativa, quantitativa, ou até mesmo as duas metodologias (TUMELERO, 2019).

A pesquisa de campo não oferece uma previsão específica das técnicas de coleta de dados, pois pode haver variação de acordo com as necessidades surgidas durante a pesquisa, quer dizer, as técnicas usadas serão aplicadas e selecionadas de acordo com a natureza dos dados colhidos.

Em suma, a pesquisa em questão se caracteriza como qualitativa exploratória, pois haverá um acompanhamento minucioso do produtor, demonstrando toda sua opinião perante a pesquisa e aplicação da mesma, incrementando novas ideias e sugestões, devido a sua experiência de produção de frango de corte e o apoio ao estudo.

Com relação à pesquisa quantitativa, D'Angelo (2019) destaca que essa se caracteriza, pois quantifica os dados que respondem um questionamento, ou algum problema de pesquisa. E ainda, devido à forma de coleta de dados, tanto por questionário quanto por análise de resultados. São usadas em situações no qual o autor quer estatisticamente validar uma hipótese, sem a necessidade de entender os motivos por trás da resposta. Esses tipos de dados serão coletados com o auxílio de plataformas digitais como o Microsoft Excel, fazendo o uso de planilhas para uma melhor organização e detalhamento dos dados coletados.

A pesquisa ainda se caracteriza como exploratória, pois inicialmente será buscado um conhecimento amplo e técnico do aquecimento dos pintainhos, obtendo informações através do veterinário da propriedade, para então iniciar a busca pelo material (biomassa). A biomassa é produzida por inúmeras empresas no Brasil, mas como a pesquisa será feita na região Oeste do Paraná, será realizado um orçamento com inúmeras empresas, para obter um melhor preço gerando economia para o produtor. Deve-se considerar a pesquisa com outros produtores que já utilizam essa biomassa, para saber a opinião dos mesmos quanto a sua eficiência no aquecimento, e então, buscar a melhor marca de pellets a ser adquirida.

De cunho transversal é considerado uma pesquisa observacional, os dados coletados são analisados por um período de tempo mais longo. Pode ser em uma população amostral ou também de um subconjunto pré-definido, esse estudo também é conhecido como estudo de prevalência. Considera-se esse estudo também como transversal analítico, pois é utilizado para investigar e associar parâmetros relacionados ou não. Mas, não é completa essa metodologia, pois contém fatores de risco e os resultados podem ser simultâneos (QUESTION PRO, 2020).

A pesquisa foi realizada durante os lotes do produtor, cada lote dura em torno de 60 (sessenta) ou mais dias, considerando a data de chegada dos pintainhos e o intervalo entre lotes, foi realizada durante o inverno do ano de 2020 até o término da pesquisa, ao final do ano, onde as temperaturas estão mais elevadas, onde o consumo de biomassa e lenha é consideravelmente reduzido. O abastecimento das biomassas (pellet e lenha) foi realizado pelo próprio pesquisador com o auxílio do produtor, dessa forma, o mesmo conseguiu uma análise ampla e minuciosa da quantidade consumida.

Dessa forma, a pesquisa iniciou-se com a análise de preços das empresas fabricantes de pellets da região, onde foi obtido um valor médio de R\$650,00 (seiscentos e cinquenta) a tonelada, como a biomassa foi adquirida pelo próprio produtor, foi

consultado pelo mesmo, qual fabricante seria de sua preferência. A lenha, que é o eucalipto, girou em torno de R\$70,00 (setenta) o metro cúbico, adquirida na própria cidade, o valor de ambas biomassas já considera o frete. A obtenção de dados do consumo de pellets e de lenha foi realizada durante o lote, especificamente das 18 horas até às 06 horas, pois em qualquer época do ano, seja em temperaturas amenas, ou em épocas com temperaturas mais elevadas, o aquecimento é necessário nos primeiros dias, independente da temperatura externa do aviário.

Foi realizado ainda outro acompanhamento para avaliar o consumo de ambos biocombustíveis, com procedimentos mais detalhados, sendo acompanhado em um período de pouco mais de meia hora, anotando o procedimento para em seguida, realizar os cálculos para saber o consumo, custo e energia gerada durante esse tempo.

Durante as duas semanas de pesquisa, o dia em que as temperaturas externas são mais elevadas, os fornos de aquecimento, tem um funcionamento reduzido, por isso foi analisado e estipulado este horário para acompanhamento. Como o sistema de aquecimento a pellets é automático, não há necessidade de ser abastecido especificamente às 18 horas para o acompanhamento, o silo de armazenamento pode ser abastecido, mas pode também manter o sistema de abastecimento desligado, sendo ligado no horário de início da pesquisa. Já o sistema de aquecimento a lenha requereu um pouco mais de trabalho, em razão de que para um detalhamento correto, necessita o abastecimento (com a lenha), no horário de início da pesquisa, pois se acaso for abastecido anterior ao horário, a queima da lenha ocorrerá independente se o forno estiver funcionando ou não.

O cálculo de consumo de ambas as biomassas, como já mencionado anteriormente, foi num período de 12 horas por dia, acompanhando quantos quilos de pellets e quantos metros cúbicos de lenha foram consumidos e após, realizada uma somatória, e na sequência, o cálculo para saber qual foi o consumo por hora, sendo a unidade de medida de ambas biomassas, diferente, deve-se adotar uma única unidade para padronizar os cálculos, sendo adotado o kg (quilograma).

O acompanhamento do consumo em um período inferior como mencionado, fora dos 14 dias, foi realizado na data de 03 de agosto de 2020, onde adotou os mesmos procedimentos entre as datas de 16 à 29 de julho de 2020, o que diferencia essa pesquisa, é que a mesma foi realizada em um período de tempo de 34 minutos para a biomassa Pellet e 29 minutos para a Lenha, tempo no qual as biomassas levaram para atingir a temperatura interna desejada do aviário, onde também foi verificado o consumo de pellet e lenha no aquecimento dos aviários.

A Tabela 16 demonstra todos os dados coletados durante esse tempo, quantidade de biomassa consumida, tempo de consumo, temperatura inicial e final de cada equipamento de aquecimento, temperatura externa (ambiente) ao término desta pesquisa. Vale lembrar que a temperatura final interna desta pesquisa foi considerada a de temperatura desejada registrada no controlador do aviário que era de 27,2°C e a temperatura desejada do equipamento era de 100°C.

O armazenamento dos pellets não foi um problema, pois, por mais que seja vendido em toneladas, o mesmo vem ensacado, com pesos de 15 (quinze) ou 20 (vinte) quilos, de fácil manuseio, já a lenha demandou um pouco mais de trabalho, uma vez que seu comércio é em metros cúbicos, o seu armazenamento requereu um espaço um pouco maior, sendo então, estocado no pátio da propriedade, utilizando lona plástica para cobrir a pilha da lenha e impedir a absorção de umidade devido à queda de temperatura no período noturno, e, conseqüentemente uma maior porcentagem de umidade relativa do ar, mesmo que a porcentagem de umidade tenha sido adotada por meio de um artigo (FÍSICA DO AMBIENTE AGRÍCOLA, 2018).

3.2 PROCEDIMENTOS

Inicialmente, buscou-se uma pesquisa de preço, como já mencionado, sendo então adquirido o pellet da empresa Incobio – Indústria e Comércio de Biomassa, com 4 unidades operacionais (Concórdia/SC, General Carneiro/PR, Cascavel/PR e Santa Cecília/SC). Já a madeira (Eucalipto), adquiriu-se em uma madeireira da cidade onde se realizou a pesquisa, no qual foi solicitado ao pesquisador, para que o nome da Empresa não fosse mencionado no estudo, em respeito e compreensão, a empresa não será mencionada.

Tabela 10: Custo de aquisição dos Biocombustíveis

	PELLET	LENHA
Preço	R\$680,00/Ton	R\$65,00/m ³
Frete	Incluso	Incluso
Quantidade	5,3 Ton	45m ³
Total (R\$)	R\$3.604,00	R\$2.925,00

(Fonte: Autor, 2020)



Figura 4: Armazenamento de sacas de pellet para utilização em fornos
(Fonte: Autor, 2020)



Figura 5: Armazenamento de lenha de eucalipto para utilização em fornos.
(Fonte: Autor, 2020)



Figura 6: Transporte de lenha de eucalipto para utilização em forno
(Fonte: Autor, 2020)

O abastecimento do forno, no qual o biocombustível era lenha, precisou ser realizado manualmente, que por sua vez, exigia uma atenção redobrada, para evitar riscos à saúde física, podendo machucar membros, ou até mesmo sofrer queimaduras graves, que podem ocorrer na abertura da porta do equipamento. Depois de abastecido, o forno trabalha conforme regulagens realizadas pelo produtor no controlador do aviário e em seguida, acompanhar a queima do mesmo, cuidando quando se há necessidade de reabastecimento e então, realizar novamente os mesmos procedimentos.



Figura 7: Lenha em Combustão
(Fonte: Autor, 2020)

Já o abastecimento do forno que utilizou pellet como biocombustível, demandou uma maior praticidade, já que o procedimento era somente abastecer o silo onde armazena-se o pellet até completar totalmente. Após o abastecimento, o equipamento obedece aos comandos realizados em seu controlador individual e o controlador geral, onde o sistema de abastecimento é automático, trabalhando da seguinte maneira: Regula-se a temperatura desejada do equipamento, feito isso, um sistema de transporte do silo até o forno é feito através de um helicóide, com um tempo de funcionamento (caso o forno necessite de temperatura) de 05 segundo ligado e 35 segundos desligado, tempo estipulado para que o sistema consiga queimar totalmente o biocombustível, sem haver desperdício.



Figura 8: Forno com sistema de aquecimento a Pellet
(Fonte: Autor, 2020)

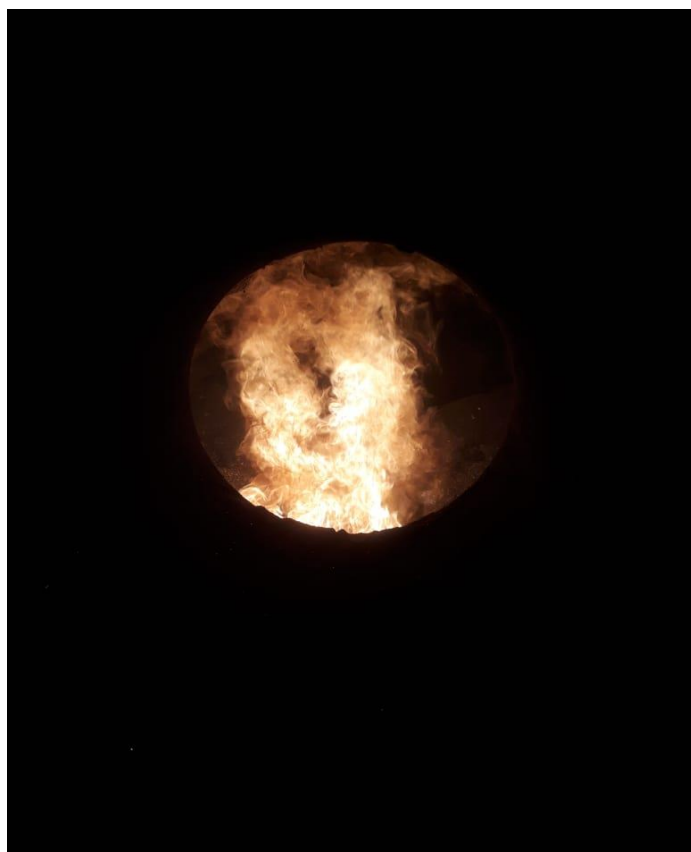


Figura 9: Pellet em combustão
(Fonte: Autor, 2020)

4 RESULTADOS

O acompanhamento realizado no período de 14 (quatorze) dias, entre as datas de 16 de julho de 2020 à 29 de julho de 2020, em 12 horas noturnas, mais precisamente das 18h às 06h, foi procedido a cada 03 horas, partindo do início da pesquisa, correspondendo respectivamente os seguintes horários: 18h, 21h, 00h, 03h e 06h, iniciado já no primeiro dia da chegada dos pintainhos na granja.

Tabela 11: Acompanhamento do consumo de biocombustível

Dias	AV lenha	AV Pellet
1	2,1m ³	3 sacas
2	3,2m ³	7 sacas
3	3m ³	6 sacas
4	2,6m ³	5 sacas
5	2,8m ³	6 sacas
6	2,6m ³	8 sacas
7	3,8m ³	9 sacas
8	3,2m ³	7 sacas
9	2,5m ³	5 sacas
10	3,4m ³	8 sacas
11	3,3m ³	8 sacas
12	0,8m ³	2 sacas
13	2,6m ³	6 sacas
14	2,5m ³	5 sacas
Total	38,4m ³	85 sacas
Total Quilos	21.465,6kg	1700 Kg

(Fonte: Autor, 2020)

Para determinar a quantidade de biomassa consumida, foi utilizado um procedimento de medição com fita métrica para saber o consumo da lenha, verificando diariamente a pilha da lenha antes e depois do período de pesquisa e assim, obter o valor aproximado do consumo, já o pellet, é abastecido em um silo, no qual sua capacidade é em torno de 200kg e então sendo medido o consumo da seguinte maneira:

1º - foi abastecido o silo com 10 sacos de pellet, totalizando os 200kg;

2º - no dia seguinte, completa-se novamente o silo com o pellet e então saber a quantidade aproximada consumida.

Para poder realizar uma comparação de consumo destes dois biocombustíveis, foi padronizado a unidade de medida, pois, o pellet é comercializado em Kg (quilogramas), enquanto a lenha é comercializada em m³ (metros cúbicos), adotando então, a unidade de medida Kg. Assim, alguns cálculos foram realizados para a transformação de unidade, sendo o primeiro deles a Equação 1, cálculo de volume.

$$V: x.y.z$$

$$V: 1,2m \times 1,6m \times 23m$$

$$V: 44,16m^3$$

Ao adotar os procedimentos de medição mencionados anteriormente, foi obtido o resultado de um consumo aproximado de 38,4m³ em um período de 14 dias.

Após a equação de volume concluída, foi dada a sequência dos cálculos, porém, como a lenha foi adquirida de uma madeireira local, não contendo informações do peso úmido (peso da madeira recém cortada), o teor de umidade, que é obtida através da equação 4, em relação a sua densidade e poder calorífico inferior serão exemplificados através das Tabelas 8 e 9. Considerando então, um teor de umidade de 25%, como apresentado através do parágrafo 01 do título “2.4.2.1 Caracterização Física”.

Na Tabela 8, de densidade real da madeira de eucalipto, os valores de umidade não apresentam o valor de 25%, os valores mais próximos são respectivamente 23% e 28%, foi adotado o método de Interpolação Linear.

Interpolação linear é um método de interpolação que se utiliza de uma função linear $p(x)$ (um polinômio de primeiro grau) para representar, por aproximação, uma suposta função $f(x)$ que originalmente representaria as imagens de um intervalo descontínuo (ou degenerado) contido no domínio de $f(x)$ (VIEIRA, 2014).

Tabela 12: Interpolação Linear para obtenção de 25% de umidade da Tabela 8

UMIDADE	MASSA ESPECÍFICA
23%	555kg/m ³
25%	559kg/m ³
28%	565kg/m ³

(Fonte: Autor, 2020)

Portanto, descobriu-se que em um metro cúbico de lenha de eucalipto contém aproximadamente 559 quilogramas, podendo então realizar a conversão de unidades e

assim, preencher a Tabela 11, multiplicando a quantidade de metros cúbicos consumidos ($38,4\text{m}^3$) por 559 quilos contidos em cada metro cúbico.

$$38,4\text{m}^3 \times 559\text{kg}/\text{m}^3 = 21.465,6\text{kg}$$

O mesmo procedimento foi realizado para obtenção do Poder Calorífico Inferior (PCI), adotando os mesmos 25% de teor de umidade obtido através da Tabela 9. Porém, os valores próximos a 25% correspondem respectivamente entre 20% e 30%, sendo adotado também o método de Interpolação Linear.

Tabela 13: Interpolação Linear para obtenção de 25% de umidade da Tabela 9

UMIDADE	PODER CALORÍFICO INFERIOR
20%	3,687kcal/kg
25%	3,420kcal/kg
30%	3,153kcal/kg

(Fonte: Autor, 2020)

Sendo assim, houve uma obtenção de PCI, a 25% de umidade, um valor correspondente de 3,420kcal/kg. Podendo também calcular o Poder Calorífico Inferior total da lenha consumida, com o resultado obtido na Tabela 13.

$$21.465,6\text{kg} \times 3.420\text{kcal}/\text{kg} = 73.412.352\text{kcal}$$

Dividindo esse valor, pela quantidade de metros cúbicos consumidos, obteve-se um resultado de:

$$\frac{73.412.352\text{kcal}}{38,4\text{m}^3} = 1.911.780\text{kcal}/\text{m}^3$$

Ou seja, em 1 metro cubico de lenha de eucalipto, contém aproximadamente 1.911.780 quilocalorias.

O mesmo cálculo foi realizado para obter os dados como peso e poder calorífico conforme Tabelas 11 e 12 da lenha de eucalipto, utilizando-se os dados de consumo diário da Tabela 11, adotando os 25% de 1umidade. Junto com essa tabela, realizou-se o cálculo

do valor da biomassa por quilogramas, conforme Tabela 10, dividindo o custo do metro cúbico, pelo peso presente em um metro cúbico.

$$\frac{R\$65,00}{559kg/m^3} = R\$0,1163$$

Custando então, aproximadamente R\$0,12 por quilo de lenha. Assim, podendo ser calculado o custo diário consumido e construída a tabela a seguir:

Tabela 14: Consumo, energia produzida e custo da lenha

Dias	AV lenha (m³)	Lenha (kg)	PCI (Lenha)(Kcal/kg)	Energia (Lenha)(Kcal)	Custo Lenha
1	2,1	1.173,9	3.420	4.014.738	R\$ 136,50
2	3,2	1.788,8	3.420	6.117.696	R\$ 208,03
3	3,0	1.677	3.420	5.735.340	R\$ 195,03
4	2,6	1.453,4	3.420	4.970.628	R\$ 169,03
5	2,8	1.565,2	3.420	5.352.984	R\$ 182,03
6	2,6	1.453,4	3.420	4.970.628	R\$ 169,03
7	3,8	2.124,2	3.420	4.969.944	R\$ 253,54
8	3,2	1.788,8	3.420	6.117.696	R\$ 208,03
9	2,5	1.397,5	3.420	4.779.450	R\$ 169,03
10	3,4	1.900,6	3.420	6.500.052	R\$ 175,53
11	3,3	1.844,7	3.420	7.455.942	R\$ 253,54
12	0,8	447,2	3.420	1.529.424	R\$ 52,00
13	2,6	1.453,4	3.420	4.970.628	R\$ 169,03
14	2,5	1.397,5	3.420	4.779.450	R\$ 162,53
Total	38,4	21.465,6	3.420	73.412.352	R\$ 2.494,30

(Fonte: Autor, 2020)

Adotando os mesmos procedimentos da Lenha, foram realizados os cálculos para o pellet, considerando um fator de umidade de 7,5% e respectivamente o valor do poder calorífico conforme tabela de densidade e poder calorífico, primeiramente, sendo realizado o cálculo para saber o valor por quilograma de pellet, dividindo o custo da tonelada pelo peso.

$$\frac{R\$680,00}{1000kg} = R\$0,68$$

Custando então, aproximadamente R\$0,68 por quilo de pellet. Podendo assim, ser calculado o custo diário consumido nesses 14 dias e construída a tabela a seguir:

Tabela 15: Consumo, energia produzida e custo do pellet

Dias	AV Pellet (sc)	Pellet (kg)	PCI (Pellet)(Kcal/kg)	Energia (Pellet)(Kcal)	Custo Pellet
1	3	60	4.896,34	293.780,40	R\$ 40,80
2	7	140	4.896,34	685.487,60	R\$ 95,20
3	6	120	4.896,34	587.560,80	R\$ 81,60
4	5	100	4.896,34	489.634	R\$ 68,00
5	6	120	4.896,34	587.560,80	R\$ 81,60
6	8	160	4.896,34	783.414,40	R\$ 108,80
7	9	180	4.896,34	881.341,20	R\$ 122,40
8	7	140	4.896,34	685.487,60	R\$ 95,20
9	5	100	4.896,34	489.634	R\$ 68,00
10	8	160	4.896,34	783.414,40	R\$ 108,80
11	8	160	4.896,34	783.414,40	R\$ 108,80
12	2	40	4.896,34	195.853,60	R\$ 27,20
13	6	120	4.896,34	587.560,80	R\$ 81,60
14	5	100	4.896,34	489.634	R\$ 68,00
Total	85	1700	4.896,34	8.323.778,00	R\$ 1.156,00

(Fonte: Autor, 2020)

Observando essas duas tabelas podemos notar que há uma diferença considerável de produção de energia, se formos calcular a diferença em porcentagem, da energia produzida pela lenha a 25% de umidade e do pellet a 7,5%, chega-se a um valor de aproximadamente 765,87% a mais que a energia gerada pelo pellet.

Uma vez que o poder calorífico se relaciona com a quantidade de energia que a madeira libera durante sua queima. A quantidade de calor que desprende da lenha é de extrema importância para que a capacidade energética seja conhecida, e para queima direta, é melhor utilizar biocombustíveis com maior poder calorífico, pois, essa propriedade se relaciona com o seu rendimento energético (CASTRO et al., 2013).

Tratando-se de energia liberada, destaca-se a lenha não somente pela sua grande diferença comparada com o pellet, mas também pela sua agilidade no aquecimento, pois, no momento de funcionamento do equipamento, demonstrou-se um aquecimento em menor tempo, se comparado com o pellet.

Se avaliarmos o custo financeiro, destaca-se o pellet, pois para realizar o mesmo trabalho da lenha, demandou um custo consideravelmente baixo, quando comparado com o outro biocombustível, custando em torno de 53,64% a menos que a lenha.

Ambas biomassas atingiram as temperaturas desejadas do dia, porém, devido ao alto índice de energia gerada pela lenha, a mesma conseguiu suprir as condições com pouco mais de antecedência se comparar com o pellet, e consequentemente gerou temperatura além da desejada.

Conforme o item 2.2 que cita sobre o conforto térmico dos pintainhos, mencionando que um bom aquecimento é crucial para um bom desempenho do lote, foi verificada a temperatura máxima e mínima registrada durante as 12 horas (18h as 06h) da pesquisa, sendo registrado apenas as temperaturas do 1º ao 7º dia, mas podendo ter uma real noção do comportamento das biomassas, como pode ser observado na tabela a seguir:

Tabela 16: Temperatura máxima e mínima da primeira semana

Dias	Temperatura máx/mín (°C) (Pellet)	Temperatura máx/mín (°C) (Lenha)
01	31,2 / 25,5	34,1 / 31,1
02	30,9 / 28,7	33 / 29
03	31,3 / 28,6	33 / 29,2
04	29,5 / 26,5	31,7 / 28,6
05	30,4 / 27,2	31,3 / 28,4
06	29,7 / 25,4	31,1 / 27,8
07	31,2 / 24,7	31,1 / 26,5

(Fonte: Autor, 2020)

Mesmo em circunstâncias, nas quais a lenha possua um percentual de umidade maior, a mesma ainda produziria uma quantidade de energia superior a gerada pelo pellet, por exemplo, se a lenha possuísse uma porcentagem de umidade de 40%, se comparar com a quantidade consumida no 1º dia, que foi cerca de 2,1m³, ainda assim produziria maior energia na combustão, podendo criar uma tabela para comparar este fato, utilizando os dados das Tabelas 8, 9 e Tabela 14 comparando com os dados do primeiro dia.

Tabela 17: Propriedades da lenha a 25% e 40%

Consumo (m³)	Umidade (%)	Densidade (kg/m³)	Consumo (kg)	PCI (kcal/kg)	Energia (kcal)	Custo (R\$)
2,1	25	559	1.173,9	3.420	4.014,738	R\$ 136,50
2,1	40	725	1.522,5	2.619	3.987.427,5	R\$ 136,50

(Fonte: Autor, 2020)

Como observado, se compararmos a energia presente na lenha, no primeiro dia a 40% de umidade, com a energia contida no pellet também no primeiro dia, ela gerou em torno de 1.257,2% a mais de energia, a 25% de umidade, ou seja, aproximadamente 1.266,58% a mais de energia, podendo ser realizado o mesmo procedimento considerando teores de umidades maiores.

Tabela 18: Acompanhamento do consumo em 03/08

Temperatura externa final	19°C
Horário início AV 01	18:27h
Horário início AV 02	18:30h
Temperatura Forno AV 01	69°C
Temperatura Forno AV 02	85°C
Temperatura Interna inicial AV 01	22,6°C
Temperatura Interna inicial AV 02	23,2°C
Horário Término AV 01	19:01h
Horário Término AV 02	18:59h
OBS: Combustível Aviário 02: Lenha	
Combustível Aviário 01: Pellet	
Consumo Lenha período: 12 horas	1m³
Consumo Lenha período: 29 minutos	23,5kg
Consumo Pellet período: 12 horas	9 sacas
Consumo Pellets período: 34 minutos	8,83kg

(Fonte: Autor, 2020)

A Tabela 18 demonstra os dados coletados, num acompanhamento de pouco mais de meia hora, usando os mesmos procedimentos no qual se obteve os resultados das Tabelas 14 e 15.

Primeiramente, foi transformada a unidade de medida da lenha, na qual sua medida é m³, calculando e convertendo para kg, obteve-se um valor de 23,5kg, e uma energia gerada de 80.370kcal em 29 minutos, onde esses valores foram obtidos através das Tabelas 12 e 13, considerando um teor de 25% de umidade. Adotando as mesmas medidas da lenha, o pellet consumiu cerca de 8,83 kg, assim gerando uma energia, de acordo com a Tabela 3, cerca de 43.234,68 kcal.

O primeiro passo foi a verificação das temperaturas iniciais do ambiente interno e também a temperatura dos fornos de cada aviário.

Com os equipamentos abastecidos, iniciou-se então, o aquecimento do ambiente interno, anotando o horário pontual de início de cada aviário como se pode observar nas Figuras 8 e 10, respectivamente.

O Aviário 01 (Pellet), levou em torno de 34 minutos para atingir a temperatura desejada (27,2°C), já o Aviário 02 (Lenha) levou cerca de 29 minutos até atingir a mesma temperatura desejada.

Como o consumo nesta data foi registrada em um período de 12h, foi realizado o cálculo para saber o consumo aproximado dos biocombustíveis no período mencionado no primeiro parágrafo do item 3.2.1, correspondente a 34 minutos o aviário 01 (pellet) e 29 minutos o aviário 02 (lenha).

Inicialmente, realizou-se o cálculo de consumo de lenha por minuto, dividindo o peso da lenha consumida, pelo tempo de consumo em minutos:

$$\frac{559kg}{690min} = 0,81kg/min$$

Em seguida, realizou-se o cálculo para saber a quantidade consumida no tempo registrado, no qual é 29 minutos, utilizando o resultado anterior, multiplicando pelo tempo registrado para atingir a temperatura desejada:

$$\frac{0,81kg}{min} \cdot 29 min = 23,5kg$$

Obtendo um valor de aproximadamente de 23,5 kg de lenha consumidos nesses 29 minutos. O mesmo cálculo foi realizado para determinar o consumo de pellet no tempo registrado.

$$\frac{180kg}{693min} = 0,26kg/min$$

Em seguida, realizou-se também o cálculo para saber a quantidade consumida de pellet no tempo registrado, no qual é 34 minutos, utilizando o resultado anterior, multiplicando pelo tempo registrado para atingir a temperatura desejada:

$$\frac{0,26kg}{min} \cdot 34min = 8,83kg$$

Dessa forma, chega-se a um resultado de aproximadamente 8,83kg de pellet consumidos em 34 minutos. Uma tabela pode ser construída utilizando esses valores de consumo, e então, saber a energia gerada e o custo desses biocombustíveis consumidos nos respectivos tempos.

Tabela 19: Tempo, consumo, energia gerada e custo dos biocombustíveis

Biocombustível	Tempo (min)	Consumo (kg)	Energia (Kcal)	Custo (R\$)
Lenha	29	23,5	80.370	R\$ 2,73
Pellet	34	8,83	43.234,70	R\$ 6,00

(Fonte: Autor, 2020)

Essa tabela demonstra claramente a rapidez no aquecimento do ambiente do aviário, por mais que esta não tenha sido uma pesquisa a longo prazo como a realizada nos 14 dias, já pode-se ter uma percepção de como a quantidade de energia produzida por um biocombustível durante sua combustão é muito importante.

Na condição de atendimento de temperatura, demonstrou-se que ambos os biocombustíveis atenderam as temperatura desejadas, porém, a temperatura em que o biocombustível usado foi o pellet, atingiu a temperatura mais devagar, o que pode justificar este fato é novamente a energia gerada por cada biocombustível, por mais que a diferença seja apenas de 5 minutos, a lenha gerou cerca de 85,9% mais energia na combustão.

Como foi relatado, o conforto térmico é algo crucial para um bom desempenho do pintainho, sendo a oscilação de temperatura um ponto a ser de extrema observância e evitando então, que erros como estes possam acabar prejudicando até mesmo no ganho de peso do pintainho. A tabela a seguir demonstra o desempenho (peso) dos mesmos

durante o lote, levando em consideração que ambos aviários pesquisados eram da raça Cobb Slow, lote da Matriz 138P1, com peso médio de chegada a propriedade de 40g/ave. lembrando que o AV 01 (aviário 01) foi utilizado Pellet no aquecimento e o AV 02 (aviário 02) utilizou-se Lenha.

Tabela 20: Peso das aves nas respectivas idades

Idade	Peso AV 01 Real (kg)	Peso AV 02 Real (kg)	Peso Previsto (kg)
04	0,102	0,103	-
07	0,185	0,183	0,180
14	0,485	0,505	0,464
21	0,910	0,952	0,942
28	1,460	1,480	1,527
35	2,197	2,180	2,183
42	3,000	3,050	2,948

(Fonte: Autor, 2020)

Nota-se uma diferença no ganho de peso semanal das aves, comparando o aquecimento com os respectivos biocombustíveis. Onde demonstra-se a importância de um bom aquecimento, sem haver oscilação de temperatura, reflete em um ganho de peso um pouco superior, pois a ave não gasta os nutrientes da ração para se aquecer, e sim, para seu desenvolvimento, ou seja, no ganho de peso.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo consiste em um trabalho de conclusão de curso, do curso de Engenharia Mecânica, do Centro Universitário Assis Gurgacz. Teve como tema de pesquisa, a utilização de biomassa no setor da avicultura, sob a orientação do Professor Cleberson de Souza Pereira.

O trabalho teve como objetivo analisar o consumo, eficiência energética dos biocombustíveis Lenha de Eucalipto e Pellet, sendo acompanhado e respeitando as temperaturas desejadas nos respectivos dias dos pintainhos, considerando o conforto térmico o item primordial da pesquisa.

A partir das análises realizadas, pode-se avaliar que a eficiência energética da lenha de eucalipto, comparada com o pellet, a lenha produziu em torno de 765,87% mais energia durante os 14 dias e cerca de 85,9% durante a pesquisa realizada dia 03 de agosto, sendo um biocombustível essencial para queima direta, por possui maior eficiência energética. Mesmo que o seu custo tenha sido quase 116% maior que o pellet, a energia produzida sofreria alterações considerando outras porcentagens de umidade, mas ainda assim, possuiria uma porcentagem consideravelmente superior à do pellet.

Neste sentido, mesmo que o manejo da lenha demande um pouco mais de cuidado, ainda se tornaria mais vantajoso, sendo que o pellet, para atingir essa quantidade de energia gerada pela lenha, considerando o custo financeiro, o produtor gastaria em torno de R\$10.009,50, elevando muito o seu custo para produzir o frango de corte, sendo que o mesmo já é considerado alto.

Portanto, conclui-se ainda que outro fator notável é o ganho de peso das aves se compararmos as biomassas utilizadas, pode-se avaliar o desempenho das mesmas nos devidos aquecimentos, confirmando que este é um dos fatores mais importantes no sucesso do lote.

5.1 SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS

Os conhecimentos obtidos através do desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso podem ser ampliados consideravelmente. Para essa ampliação podem ser consideradas as seguintes recomendações para trabalhos futuros:

- (i) Procurar acompanhar o corte do biocombustível, para obter dados de peso, tempo de secagem e respectivamente calcular a porcentagem real de umidade presente;
- (ii) Caso valores do item anterior não sejam conhecidos, adotar porcentagens maiores de umidade e então realizar os respectivos cálculos;
- (iii) Levar em consideração o manejo realizado pelo produtor/pesquisador;
- (iv) Procurar biocombustíveis alternativos como lenha de pinus, e pellet oriundo de outras espécies;
- (v) Realizar a pesquisa em épocas com temperaturas diferenciadas, como o verão com temperaturas elevadas e baixa umidade e no inverno, com temperaturas baixas e altas porcentagens de umidade.
- (vi) Realizar um abastecimento híbrido, ou seja, Pellet e Lenha juntos no forno e acompanhar o aquecimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, Valéria M. N.; ABREU, Paulo G. de. Os desafios da ambiência sobre os sistemas de aves no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Concórdia, Santa Catarina, v.40, p.1-14. 2011. Disponível em: <
<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/901939/1/osdesafiosdaambienciasobreosistemas.pdf>> Acesso em: 15 abr. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE PELLETS – ABIPEL. Disponível em: <http://www.abipel.com.br/>. Acesso em: abr. 2020.

BELUSSO, D; HESPAHOL, A. N. A evolução da avicultura industrial brasileira e seus efeitos territoriais. **Revista Percorso – NEMO**. Maringá, v. 2, n. 1, p. 25-51, 2010.

CASTRO, A.F.N.M. et al. Potencial energético da madeira de eucalipto. **Revista da Madeira**. Edição nº 137, outubro de 2013. Disponível em: <
http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1727&subject=E%20mais&title=Potencial%20energ%20E9tico%20da%20madeira%20de%20eucalipto> Acesso em: 26 set. 2020.

DICIONÁRIO INFORMAL. **Interpolação Linear**. 2013. Disponível em: <
<https://www.dicionarioinformal.com.br/interpola%C3%A7%C3%A3o%20linear/>> Acesso em: 23 out. 2020.

EMBRAPA SUINOS E AVES. **Maiores produtores e exportadores**. 2020. Disponível em : < <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas/frangos/brasil> > Acesso em 14 out. 2020.

EMBRAPA. **Abates de Frango no Brasil**. Disponível em: <
<https://www.embrapa.br/documents/1355242/0/CIAS+-+2019+-+Abate+de+Frangos+BR.png>> Acesso em: 14 out. 2020.

ENVALMA. **Como calcular os metros cúbicos de madeira sólida numa pilha de madeira**. 2014. Disponível em: <
https://moodle.ufsc.br/pluginfile.php/1935269/mod_resource/content/1/Convers%C3%A3o%20unidades%20madeira.pdf> Acesso em: 05 abr. 2020.

FÍSICA DO AMBIENTE AGRÍCOLA. **Umidade relativa do Ar**. 2018. Disponível em: <<https://edisciplinas.usp.br/course/view.php?id=60687> > Acesso em: 14 set. 2020.

GARCIA, D.P. Quando surgiu os pellets? In: Blog Pellets de Madeira. Disponível em: <http://pelletsdemadeira.blogspot.com.br/2008/07/quando-surgiu-ospellets.html>. Acesso em: 20 mar. 2020.

IB CALDOGNO. **Uso de pellets para o aquecimento de aviários**. 2018. Disponível em, <<http://www.ibcaldogno.com.br/uso-de-pellets-para-o-aquecimento-de-aviarios/>> Acesso em: 01 abr. 2020.

- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2013. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: abr. 2020.
- MARONI, J. R. Refugo e bagaço brasileiros aquecem o inverno dos europeus. **Jornal Gazeta do Povo**. 05 de setembro de 2018. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/agronegocio/agricultura/outras-culturas/refugo-e-bagaco-brasileiros-aquecem-o-inverno-dos-europeus-0h1tv8w3585c75p5azrg2yur8/>> Acesso em: 18 abr. 2020.
- MATOS, V. Na produção de frango são necessários alguns cuidados especiais. **Revista Coopavel**. Cascavel-PR, nº411, p. 09-10, dezembro de 2015. Disponível em: http://www.coopavel.com.br/wp-content/uploads/2016/02/Revista_Coopavel_Ed401V2_Site.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2020.
- METTZER. **Pesquisa exploratória: conceito, características e aplicação em 4 passos**. 2019. Disponível em: <https://blog.mettzer.com/pesquisa-exploratoria/>> Acesso em: 20 mai. 2020.
- MOREIRA, T. Pellets de biomassa e aquecedores automatizados facilitam a avicultura. **Jornal de Beltrão**. 05 de agosto de 2017. Disponível em: <https://www.jornaldebetrão.com.br/noticia/262881/pellets-de-biomassa-e-aquecedores-automatizados-facilitam-a-avicultura>> Acesso em: 25 mar. 2020.
- NEIVA, P. S. NEIVA; FURTADO, D. B.; FINZER, J. R. **Capacidade térmica e poder calorífico de biomassa eucalipto**. II Encontro de Desenvolvimento de Processos Agroindustriais –Uniube, 2018. Disponível em: <https://repositorio.uniube.br/bitstream/123456789/922/1/CAPACIDADE%20T%C3%89RMICA%20E%20PODER%20CALORIFICO%20DE%20BIOMASSA%20EUCALIPTO.pdf> >. Acesso em: 27 out. 2020.
- NONNENMACHER, H, et al. **Análise da influência do teor de umidade no poder calorífico em combustível sólido para geração de vapor d'água**. Salão de Ensino e de Extensão – Inovação na Aprendizagem, UNISC, 2011. Disponível em: https://online.unisc.br/acadnet/anais/index.php/salao_ensino_extensao/article/view/5182 > Acesso em: 22 out. 2020.
- OLIVEIRA, C. M. **Pellets como fonte de aquecimento na avicultura**. 2017. Disponível em: <https://data.gessulli.com.br/file/2017/09/28/H161633-F00000-A125.pdf> > Acesso em: 14 out. 2020.
- OPINION BOX. **Pesquisa quantitativa e pesquisa qualitativa: qual a diferença?** 2019. Disponível em: <https://blog.opinionbox.com/pesquisa-quantitativa-e-pesquisa-qualitativa-qual-a-diferenca/>> Acesso em: 20 mai. 2020.
- QUÉNO, L. R. M. Produção de pellets de madeira no Brasil: estratégia, custo e risco do investimento. 2015. 152 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

QUESTION PRO. **O que é um estudo transversal?** Disponível em: <<https://www.questionpro.com/blog/pt-br/estudo-transversal-2/>> Acesso em: 20 mai. 2020.

REVISTA PELLETS NEWS BRASIL. **Tecnologia de Peletização**. 2019.

REZENDE, A.V. **Análise dos métodos de estimação do volume sólido da madeira e do comportamento do fator de empilhamento para *Eucalyptus grandis***. Viçosa: MG. UFV, 1988. 131 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

RODRIGUES, W. O.P; GARCIA, R. G.; NAAS, I. A.; DA ROSA, C. O.; CALDARELLI, C. E. Evolução da avicultura de corte no Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.18; p. 1666-1684, 2014. Disponível em: <<http://conhecer.org.br/enciclop/2014a/AGRARIAS/EVOLUCAO.pdf>> Acesso em: 02 abr. 2020.

SISTEMA DE PRODUÇÃO EMBRAPA. **Cultivo do Eucalipto**. EMBRAPA, 2014. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducao16_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&p_r_p_76293187_sistemaProducaoId=7811&p_r_p_996514994_topicoId=8509> Acesso em: 28 out. 2020.

VIEIRA, T. **Interpolação**. Instituto de Matemática, 2014. Disponível em: <<https://ic.ufal.br/professor/thales/icg/Aula1.2.pdf>>. Acesso em: 26 out. 2020.

ZEN, S.; IGUMA, M. D.; ORTELAN, C. B.; SANTOS, V. H. S.; FELLI, C. B. Evolução da Avicultura no Brasil. **Informativo Cepea**. São Paulo, Quarto Trimestre de 2014. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/revista/pdf/0969140001468869743.pdf>>. Acesso em: 02 abr. 2020.