



UNIVERSIDADE DE UBERABA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E EXTENSÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA
MESTRADO PROFISSIONAL

ANA FLÁVIA MENDONÇA SANTANA

DETERMINAÇÃO BROMATOLÓGICA DO COPRODUTO BAGAÇO DE MALTE
PARA ALIMENTAÇÃO ANIMAL

UBERABA, MG

2023



ANA FLÁVIA MENDONÇA SANTANA

**DETERMINAÇÃO BROMATOLÓGICA DO COPRODUTO BAGAÇO DE MALTE
PARA ALIMENTAÇÃO ANIMAL**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Química – do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química - Mestrado Profissional da Universidade de Uberaba (PPGEQ-MP/UNIUBE).

Orientador:

Prof. Dr. André Luís Teixeira Fernandes

Coorientadores:

Prof. Dr. José Roberto Delalibera Finzer

Prof.a. Dra. Gislaine Fernandes.

UBERABA, MG

2023

ANA FLÁVIA MENDONÇA SANTANA

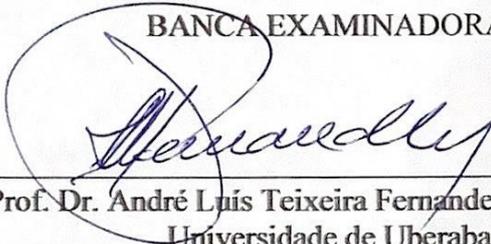
**DETERMINAÇÃO BROMATOLÓGICA DO COPRODUTO BAGAÇO DE MALTE
PARA ALIMENTAÇÃO ANIMAL**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Química do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química - Mestrado Profissional da Universidade de Uberaba (PPGEQ-MP/UNIUBE).

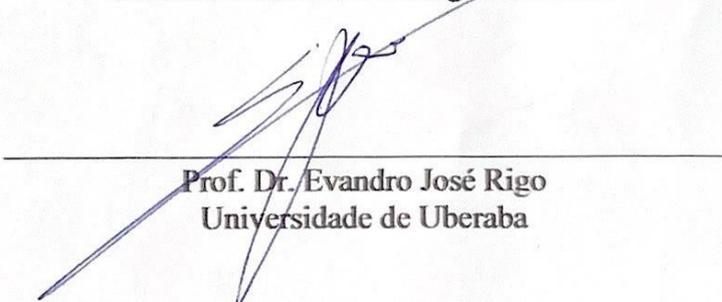
Área de Concentração: Desenvolvimento de Processos Químicos Agroindustriais

Aprovado em: 21/12/2023

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. André Luís Teixeira Fernandes - Orientador
Universidade de Uberaba


Prof(a). Dr(a). Gislaine Fernandes
Instituto Federal do Triângulo Mineiro
Prof. Dr. Evandro José Rigo
Universidade de Uberaba



Dedico o presente trabalho primeiramente a Deus, a mim mesma pelo esforço e dedicação, a minha família, aos meus amigos próximos e aos meus professores que me auxiliaram a realizar esta dissertação.

Seja o piloto de suas histórias e
voe o mais alto que conseguir.

AUTOR DESCONHECIDO

No que diz respeito ao empenho,
ao compromisso, à dedicação,
não existe meio termo.
Ou faz uma coisa bem feita ou não faz.

AYRTON SENNA



AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me iluminar, indicando o caminho certo para a minha jornada, e por me dar forças para trilhá-lo da melhor forma possível, enfrentando, com paciência e sabedoria, todos os obstáculos encontrados durante a minha caminhada.

Às pessoas especiais que sempre deram apoio e incentivaram para que pudesse concluir com mérito mais esta grande etapa de minha vida.

Aos meus pais, Jean, Ruth, que estiveram presentes, em todos os momentos em que precisei de auxílio, e com certeza, estão muito felizes por mais esta importante conquista.

A todos os meus familiares e amigos que direta ou indiretamente enviaram energia positiva.

A Universidade de Uberaba e Cervejaria Petrópolis por incentivar e autorizar a integração Universidade-Indústria, possibilitando a pesquisa e inovação no nosso município.

Ao meu orientador, Prof. Dr. André Teixeira Fernandes e coorientadores Prof. Dr. José Roberto Delalibera Finzer e Prof.a. Dra. Gislaine Fernandes, aos professores: Dra. Ana Cláudia Chesca, Dra. Helena Maria de Almeida Mattos Martins dos Santos Ali, Dr. Geraldo Thedei, que com suas competências me auxiliaram de forma muito profissional e dedicada na elaboração deste trabalho.

Ao Instituto Federal do Triângulo Mineiro – (IFTM), que autorizou e possibilitou a realização de algumas análises para este trabalho.

À LABFERT (laboratório terceirizado/especializado em análises químicas situado na cidade de UBERABA-MG) que realizou análises de micro e macro nutrientes/minerais para complementação deste trabalho.

Ao meu colega Daniel Folador, aluno do Curso de Engenharia Química e colaborador do projeto de Iniciação Científica (IC) e a todos que contribuíram para a realização deste trabalho de pesquisa, os meus sinceros agradecimentos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais - FAPEMIG, à CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo suporte dado ao desenvolvimento dessa dissertação.



RESUMO

O bagaço maltado ou o bagaço de malte como é mais conhecido, é o principal resíduo da indústria cervejeira, sendo então um subproduto gerado do processo de produção da cerveja. Diante dessa situação, diferentes formas de reaproveitar esse material precisam ser avaliadas. O principal objetivo deste estudo foi caracterizar essa biomassa e avaliar o potencial de reaproveitamento como matéria-prima para posteriormente desenvolver produtos de valor agregado (ração animal). Para isso foram realizadas caracterização físico-química e microbiológica do bagaço de malte. O procedimento experimental descrito, consiste em: coleta do resíduo cervejeiro (bagaço de malte), na indústria, etapa de secagem, quarteamento e moagem, obtenção do pó natural, análises granulométricas, análises físico-químicas, tais como: teor de cinzas, nitrogênio total, proteína bruta, extrato etéreo, fibra bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, extrativo não nitrogenado, entre outras, além das análises microbiológicas realizadas pós coleta da amostra, para verificar a existência de Coliformes Fecais, *E. coli*, Bolores e Leveduras. Foram obtidos teores no material residual bagaço de malte (secos em estufa) de 23,17% de proteína bruta, 10,30% de lipídeos totais, 3,78% de cinzas, 41,81% de carboidratos, 17,90% de fibra bruta, e valores de Coliformes Fecais, *E. coli*, Bolores e Leveduras conforme legislação vigente.

Palavras-chave: Bagaço. Cerveja. Malte. Ração. Resíduo.



ABSTRACT

Malted bagasse, or malt pomace as it is better known, is the main residue of the brewing industry, and is therefore a by-product generated from the beer production process. Given this situation, different ways of reusing this material need to be evaluated. The main objective of this study was to characterize this biomass and evaluate the potential for reuse as raw material to later develop value-added products (animal feed). For this purpose, physical-chemical and microbiological characterization of the malt bagasse was carried out. The experimental procedure described consists of: collection of brewing residue (malt bagasse) at the industry, drying, quartering and grinding stages, obtaining natural powder, granulometric analysis, physicochemical analysis, such as: ash content, total nitrogen, crude protein, ether extract, crude fiber, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, non-nitrogen extractive, among others, in addition to microbiological analyzes carried out after sample collection, to check the existence of Fecal Coliforms, *E. coli*, Molds and Yeasts. Levels were obtained in the residual material of malt bagasse of (oven dried) 23,17% of crude protein, 10,30% of total lipids, 3,78% of ash, 41,81% of carbohydrates, 17,90% of crude fiber, and values of Fecal Coliforms, *E. coli*, Molds and Yeasts in accordance with current legislation.

Keywords: Bagasse. Beer. Malt. Residue. Feed.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma representativo do processo de produção da cervejaria Petrópolis, unidade Uberaba-MG.....	4
Figura 2 – Resíduo pó e palha de malte da cervejaria Petrópolis, unidade Uberaba-MG.....	5
Figura 3 – Quantidade de resíduos cervejeiros gerados no 1º semestre de 2023 (t/mês).....	8
Figura 4 – Receita obtida no 1º semestre de 2023 (R\$/mês), oriundos dos resíduos cervejeiros.....	9
Figura 5 – Coleta em silos cilíndricos de amostra do bagaço de malte da cervejaria Petrópolis, unidade Uberaba-MG.....	10
Figura 6 - Amostra do bagaço de malte úmida.....	11
Figura 7 – Amostras separadas para realização de análises microbiológicas (<i>E. coli</i> ; Bolores e Leveduras; Coliformes Fecais).....	11
Figura 8 – Bolores vistos a olho nú em amostra de bagaço de malte úmida (à esquerda) e em amostra de bagaço de malte 70% seca (à direita).....	12
Figura 9 – Estufa Quimis® à 105°C, (B242).....	13
Figura 10 – Estufa Fanem® à 105°C, (520).....	13
Figura 11 – Amostras do bagaço de malte secas na estufa à 105°C.....	13
Figura 12 – Desidratador Pardal® modelo New Hobb.....	14
Figura 13 – Etapa de quarteamento em amostras secas de resíduo bagaço de malte.....	14
Figura 14 – Equipamento de medição de teor umidade da Mettler Toledo® (HE 53). A) Pesagem Inicial; B) Pesagem Final.....	15
Figura 15 – Moinho de facas Marconi® (MA 048).....	15
Figura 16 – Moinho de facas da Marconi® (MA600).....	16
Figura 17 – Pó proveniente bagaço de malte obtido após a moagem.....	16

Figura 18 – Pó proveniente pó e palha de malte obtido após a moagem.....	16
Figura 19 - pHmetro digital à esquerda da Gehaka® (PG2000) e caldo retido do bagaço de malte à direita.....	17
Figura 20 - Forno mufla da Quimes® (D24).....	18
Figura 21 - Balança analítica Gibertini®, (E42S-B).....	18
Figura 22 – Destilador de Nitrogênio Total da Tecnal®, (TE-0363), utilizando Método de Kjeldahl.....	20
Figura 23 – Ponto de virada na análise de teor de proteína bruta, após titulação com solução de HCl 0,02N.....	21
Figura 24 – Extrator Soxhlet Tecnal® (TE-044).....	22
Figura 25 – Lípidos extraídos da amostra de bagaço de malte matéria seca moída.....	23
Figura 26 – Série Peneiras Tyler 05, 08, 09, 14 à direita e matéria seca inteira à esquerda.....	25
Figura 27 - Agitador eletromagnético da Tecnal®, modelo B-AGIT Ber tel.....	25
Figura 28 – Série Peneiras Tyler 14, 24, 35, 60 à direita.....	26
Figura 29 – Série Peneiras Tyler 14, 24, 35, 60 com amostras de pó de malte retidas (MSM), vistas por cima.....	27
Figura 30 – Pellets com concentração 100%, provenientes da amostra residual de bagaço de malte matéria seca moída	30
Figura 31 - Pellets com concentrações variadas.....	31
Figura 32 – Peletizador elétrico, descrição das imagens: A – Equipamento Completo Frente, B – Vista Superior, C – Malhas de Peletização, D – Pá Rotatória, E – Moendas de Compreensão, F – Malha de Peletização encaixada em D e E.....	32



Figura 33 – Medição dos pellets (A = comprimento, B = diâmetro, C = tamanho do paquímetro, 25cm) no paquímetro da Zaas [®] Precision com escala de 25cm.....	32
Figura 34 - Bolors e Leveduras que se desenvolveram em placas de Petri.....	36
Figura 35 - Cinzas obtidas em amostra bagaço de malte matéria seca moída.....	37
Figura 36 - Teores de cinzas encontrados nos lotes de bagaço de malte analisados, realizados em triplicatas.....	38
Figura 37 - Teores de nitrogênio total encontrados nos lotes de bagaço de malte analisados, realizados em triplicatas.....	39
Figura 38 - Teores de proteína bruta encontrados nos lotes de bagaço de malte analisados, realizados em triplicatas.....	39
Figura 39 - Teores de extrato etéreo encontrados nos lotes de bagaço de malte analisados, realizados em triplicatas.....	40
Figura 40 - Representação da distribuição cumulativa undersize versus tamanho das partículas.....	43
Figura 41 – Ração peletizada (PROLEITE 24% AE), do fabricante Scalon & Cerchi LTDA.	45



LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantidade de resíduos cervejeiros gerados no 1º semestre de 2023 (t/mês).....	7
Tabela 2 – Quantidade de bagaço de malte gerado “n” vezes a mais que o pó/palha de malte.....	7
Tabela 3 – Vendas no 1º semestre de 2023 (R\$/mês), oriundos dos resíduos cervejeiros	8
Tabela 4 – Pesagens para determinação de porcentagem de cinzas.....	19
Tabela 5 – Pesagens para determinação de porcentagem de proteína bruta.....	21
Tabela 6 – Pesagens para determinação de porcentagem de extrato etéreo.....	23
Tabela 7 - Amostra matéria seca inteira - LOTES I+II+III de bagaço de malte.....	26
Tabela 8 – Amostra matéria seca moída - LOTE I, II, III de bagaço de malte.....	27
Tabela 9 - Amostra matéria seca moída – LOTE IV de pó/palha de malte.....	28
Tabela 10 – Valores do diâmetro médio da amostra bagaço de malte (MSM), obtidos em cada peneira.....	29
Tabela 11 - Composição química do resíduo de cervejaria úmido (RCU), resíduo de cervejaria seco (RCS) e levedura de cerveja (LC).....	35
Tabela 12 - Coliformes fecais, <i>E. coli</i> e Bolores e Leveduras em amostras de resíduo bagaço de malte.....	36
Tabela 13 – Teores de cinzas encontrados nos lotes de bagaço de malte e pó e palha de malte analisados, realizados em triplicatas.....	37

Tabela 14 – Teores de nitrogênio total encontrados nos lotes de bagaço de malte e pó e palha de malte analisados, realizados em triplicatas.....	38
Tabela 15 – Teores de proteína bruta encontrados nos lotes bagaço de malte e pó e palha de malte analisados, realizados em triplicatas.....	39
Tabela 16 – Teores de extrato etéreo encontrados nos lotes bagaço de malte e pó e palha de malte analisados, realizados em triplicatas.....	40
Tabela 17 – Aplicação de dados estatísticos em cada parâmetro analisado de bagaço de malte.....	42
Tabela 18 – Análise amostra passante e retida de bagaço de malte matéria seca moída, série peneiras Tyler - LOTE I, II, III 10,01g (0,04 g perda).....	42
Tabela 19 – Medidas dos pellets no paquímetro universal.....	44
Tabela 20 - Composição Média dos Alimentos Concentrados, Cevada, resíduo de cervejaria.....	46
Tabela 21 – Informações Nutricionais Resíduo do Bagaço de Malte - Lote V, amostra seca no desidratador Pardal® New Hobby à 60°C.....	54
Tabela 22 – Informações Nutricionais Lote I, II, III – Resíduo do Bagaço de Malte (amostras secas em estufas) e Lote IV - Pó e Palha de Malte.....	55

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

P.A – Para Análise;

BM – Bagaço de Malte;

PPM – Pó/Palha de Malte;

PB – Proteína Bruta;

FDN – Fibra em Detergente Neutro;

FDA - Fibra em Detergente Ácido;

MO – Matéria Orgânica;

MSM – Matéria Seca Moída;

MSI - Matéria Seca Inteira;

EE – Extrato Etéreo;

MS – Matéria Seca;

CZ – Cinzas;

ENN - Extrativo Não Nitrogenado;

FB – Fibra Bruta;

CNF – Carboidratos Não Fibrosos;

PNA hidrossolúveis - Polissacarídeos Não Amiláceos Hidrossolúveis;

Ca – Cálcio;

B – Boro;

Mg – Magnésio;

P – Fósforo;

K – Potássio;

Na – Sódio;

Cl – Cloro;

S – Enxofre;

Co – Cobalto;

Cu - Cobre;

Fe – Ferro;

I – Iodo;

Mn – Manganês;

Se – Selênio;

Zn – Zinco;

Cr – Cromo;

Mo – Molibdênio;

F – Flúor;

Ni – Níquel;

LT – Lote;

n – Número Amostra;

UA – Unidade Animal;

pH – Potencial Hidrogeniônico;

CBAA - Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal;

AOAC - Association of Official Analytical Chemists;

UFC – Unidade Formadora por Colônia;

NMP – Número Mais Provável;

°C – Graus Celsius;

mg - Miligrama;

µm - Micrograma;

g – Gramas;

kg – Quilogramas.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Processo Produtivo/Etapas da Cerveja	3
2.2 Resíduo Pó e Palha de Malte	4
2.3 Definição de Ração Balanceada e suas Características	5
2.4 Definição de Ruminantes Produtivos	5
2.5 Necessidades Nutricionais	6
2.6 Dados Internos da Cervejaria Petrópolis – (Despesas e receitas/mês)	6
3 MATERIAL E MÉTODOS	10
3.1 Coleta de Amostras Resíduo - Bagaço de Malte	10
3.2 Análises Microbiológicas na Matéria Prima – Bagaço de Malte	11
3.3 Secagem de Amostras Resíduo – Bagaço de Malte em Estufas	12
3.4 Secagem de Amostras Resíduo – Bagaço de Malte no Desidratador	13
3.5 Etapa de Quarteamento em Amostras Secas de Resíduo – Bagaço de Malte.....	14
3.6 Quantificação Teor de Umidade	14
3.7 Moagem das Amostras Secas Resíduo	15
3.8 pH do caldo retido no bagaço de malte	16
3.9 Quantificação Teor de Cinzas nas Amostras Secas e Moídas Resíduo – Bagaço e Pó e Palha de Malte.....	17
3.10 Quantificação Teor de Nitrogênio Total e Proteínas nas Amostras Secas e Moídas Resíduo – Bagaço e Pó e Palha de Malte	19
3.11 Quantificação Teor de Gorduras/Lipídeos nas Amostras Secas e Moídas Resíduo – Bagaço e Pó e Palha de Malte	21
3.12 Quantificação do Teor de Carboidratos	23
3.13 Quantificação do Teor de Matéria Seca	24
3.14 Quantificação de Teores Macro e Micro Nutrientes/Minerais - Bagaço e Pó e Palha de Malte.....	24
3.15 Análise Granulométrica, Série Peneiras Tyler em Amostras Secas Inteiras e Moídas do Resíduo – Bagaço Pó e Palha de Malte	25
3.16 Etapa de Peletização nas amostras matéria seca e moída de bagaço de malte e pó e palha de malte	30
3.17 Análise Físicas nos pellets (comprimento, diâmetro)	32

3.18 Análises Estatísticas	33
3.19 Balanço Energético nos Moinhos Utilizados	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1 Microrganismos	36
4.2 Teor de Umidade	37
4.2 Teor de Cinzas (base seca)	37
4.3 Teor de Nitrogênio Total e Proteína Bruta	38
4.4 Teor de Lipídeos Totais ou Extrato Etéreo (base seca)	40
4.5 Teor de Carboidratos	41
4.6 Teor de Matéria Seca	41
4.7 Estatísticas aplicadas nos Teores de NT, PB, EE, CZ, FB, ENN: Média Aritmética, Desvio Padrão e Desvio Absoluto Médio	41
4.8 Análise Granulométrica, Série Peneiras Tyler em Amostras Secas Inteiras e Moídas Resíduo – Bagaço de Malte.....	42
4.9 Análise Físicas dos pellets (comprimento, diâmetro)	43
4.10 Balanço Energético nos Moinhos Utilizados.....	44
4.10 Comparação Técnica e Interpretação dos Resultados.....	44
4.11 Amostra bagaço de malte seca no Desidratador Pardal®	47
5 CONCLUSÕES	48
6 REFERÊNCIAS	49
7. APÊNDICE I	54
8. APÊNDICE II	55

1 INTRODUÇÃO

Define-se cerveja como sendo a bebida oriunda da fermentação alcóolica do mosto cervejeiro proveniente do malte da cevada e água potável, por ação de levedura, adicionado lúpulo. Esta bebida é uma das mais produzidas e consumidas do mundo, com uma imensa variedade de tipos, sabores e aromas (Cordeiro; El-Aouar; Gusmão, 2012).

Além do seu sabor e aroma, a cerveja tem um importante papel social, sendo uma bebida associada a encontros, celebrações e momentos de descontração entre amigos e familiares (Silva; Leite; Paula, 2016).

De acordo com Matos (2011), os ingredientes influenciam diretamente sobre a qualidade da cerveja, ou seja, a elaboração de uma boa cerveja depende de insumos de qualidade. Isso se torna primordial para a produção de cervejas especiais.

São quatro as principais matérias-primas e/ou ingredientes utilizados na produção da cerveja, sendo eles: água, cereais, lúpulo e as leveduras. Pode haver de adição de outros adjuntos dependendo do tipo de cerveja a ser produzida. Cereais como cevada, milho, arroz e trigo são utilizados no processo, dentre esses citados, sendo o malte de cevada o principal ingrediente (Sindicerv, 2023).

Um componente essencial na fabricação da cerveja é o malte, responsável pela cor e corpo (densidade) da cerveja, agindo também na constituição do aroma e sabor. Define-se malte como o grão de cevada ou trigo após haver o procedimento de malteação, que consiste do umedecimento do cereal (após colheita) com água e posterior germinação sob condições padronizadas. A cevada é normalmente aplicada porque possui um alto teor de proteínas em quantidades suficientes para fornecer os aminoácidos necessários a levedura. Existe uma vasta lista de classificação dos maltes e estes são divididos em dois grandes grupos, os maltes especiais e os maltes base, o que os diferencia uns dos outros é a sua coloração e a quantidade utilizada na fabricação. Uma informação relevante, é que dependendo do estilo de cerveja a ser processada, é comum a utilização de um ou dois tipos de malte, chamados então de maltes especiais, existem cervejas no mercado onde se utilizaram até sete tipos de maltes especiais diferentes em sua composição (We Consultoria, 2023).

Já bagaço maltado, ou bagaço de malte como é mais conhecido, compreende em ser um subproduto do processo de produção cervejeira no qual a parte sólida é obtida da filtração do mosto antes da fervura (pós etapa de brassagem). Consiste principalmente na casca e polpa de malte remanescentes, mas também dos grãos do adjunto, como arroz, milho e trigo



(Cordeiro; El-Aouar; Gusmão, 2012). Considerando a quantidade de subprodutos gerados, diferentes formas de reaproveitar esse material precisam ser avaliadas.

O bagaço maltado é um alimento rico em fibras e proteínas, sendo considerado um alimento proteico, porém este resíduo possui também alto teor de umidade, o que torna o material propício ao desenvolvimento de microrganismos indesejáveis (bolors). O objetivo da secagem é reduzir a umidade para preservar materiais, armazenamento a longo prazo e reduzir custos de transporte (Batista, 2016).

Conforme aponta a Sindicerv (2023), o mercado cervejeiro do Brasil em números atualmente representa o terceiro maior produtor do mundo com uma produção de 15,4 bilhões de litros/ano, atrás somente, da China (46 bilhões) e dos Estados Unidos (22,1 bilhões) além de representar 2% do PIB do Brasil.

A fábrica do Grupo Petrópolis, situada em Uberaba-MG, é a maior unidade fabril da empresa e a mais moderna cervejaria do grupo, e todos os equipamentos da linha de produção são adquiridos na Alemanha e sob a marca *Krones*. É a oitava unidade do Grupo Petrópolis, que já possui cervejarias nos estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Bahia, Pernambuco e Mato Grosso. A fábrica de Uberaba-MG está localizada na rodovia BR-050 s/n, KM 188, com área construída de 108.000 m² (Grupo Petrópolis, 2023).

Avaliando o grande problema decorrente da geração de resíduos de uma indústria cervejeira, e pensando diretamente na cervejaria Petrópolis, unidade de Uberaba-MG, que hoje seu maior problema, é em relação aos resíduos gerados em todo seu processo produtivo, caracterizar essa biomassa e avaliar o potencial de reaproveitamento é uma alternativa eficaz.

O objetivo deste trabalho é utilizar o resíduo do bagaço de malte da cervejaria Petrópolis, unidade de Uberaba-MG e desenvolver um produto de valor agregado (ração animal para ruminantes e monogástricos), e caracterizar o produto em termos nutricionais. Para isso se faz necessário: o estudo que faz parte da UNIVERSIDADE do AGRO lançada em 2023 pela Universidade de Uberaba (UNIUBE), a qual firmou recentemente, Convênio com o Grupo Petrópolis; agregação de valor ao resíduo industrial; secagem de bagaço de malte em estufa/desidratador para retirada da umidade; realizar análises físico-químicas e microbiológicas para análise de contaminantes, teor de umidade, teor de cinzas, nitrogênio total, proteína bruta, lipídeos totais/extrato etéreo, fibra bruta, carboidratos, micro e macro nutrientes/minerais, entre outras; avaliar a qualidade do produto final, e se haverá a necessidade de enriquecer com outro material/elemento para aumento de nutrientes. Verificar a potencialidade de utilizar outro resíduo da cervejaria “pó e palha de malte”, resíduo bruto da matéria prima, gerado em menor escala.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, serão apresentados alguns conceitos básicos para realização deste trabalho, a contextualização ao processo produtivo da cerveja e suas etapas, a caracterização do resíduo cervejeiro pó/palha de malte, a definição de ração balanceada e suas características, além de ampliar informações sobre alguns animais ruminantes produtivos, além de suas exigências nutricionais.

2.1 Processo Produtivo/Etapas da Cerveja

As matérias-primas utilizadas para a produção da cerveja são basicamente quatro, sendo elas: água, malte, lúpulo e leveduras. Qualquer ingrediente diferente destes adicionado na cerveja, são considerados adjuntos, como por exemplos alguns cereais como trigo e milho, frutas, chocolates, cafés, castanhas, entre outros. Dependerá da formulação a ser utilizada, não existindo restrições, basta usar a criatividade na hora do preparo. As variações no tipo de cada insumo, nas proporções relativas desses ingredientes e nas etapas do processo resultam na enorme diversidade de cervejas disponíveis no mercado (Mult Consultoria, 2023).

Já as etapas para produção desta bebida, exige alguns cuidados e regras pré-estabelecidas. Devem ser seguidas sequencialmente para não afetar o produto final. As etapas do processo produtivo estão representadas pela Figura 1: Maltagem; Moagem; Brassagem; Filtração; Fervura; Clarificação; Resfriamento e Oxigenação; Fermentação; Maturação; Filtração; Estabilização; Envase; Pasteurização (Mult Consultoria, 2023).

O malte é armazenado em silos apropriados para posteriormente seguir para a moagem destes grãos, e a água utilizada é obtida através de poços instaladas na própria fábrica. O malte é moído em tamanho específico para assim haver a liberação do amido presente. Na tina de mistura (etapa de brassagem), a água é adicionada neste malte moído e essa mistura é cozida a temperaturas crescentes/determinadas. Na tina de filtração, ocorre a filtração do líquido/mosto cervejeiro para próxima etapa e o bagaço do malte é eliminado (armazenamento em um silo externo). No cozinhador de mosto, o lúpulo é acrescentado para dar amargor e aroma a bebida. O Whirpool/Rotapool é a etapa de resfriamento do mosto da cerveja, para depois prosseguir para a etapa de fermentação, que consiste em adicionar levedo (leveduras) formando então o álcool e gás carbônico. Na maturação, ocorre uma fermentação secundária, com período variável, no qual é decisivo na definição do corpo da cerveja. Após esta etapa, a bebida passa por uma nova filtração para a eliminação de partículas em suspensão e leveduras restantes, o objetivo desta, é tornar a bebida límpida. A bebida repousa nos tanques a espera

da etapa seguinte, que é o envasamento em latas, garrafas ou outros, a assepsia nesta etapa é crucial, para então seguir para armazenamento e distribuição.

Em todo processo produtivo, há a geração de resíduos, que devem ser tratados, destinados ou transformados. Os resíduos obtidos na produção da cerveja são: pó e palha de malte, bagaço de malte, terra diatomácea ou infusória e o lodo aeróbico.

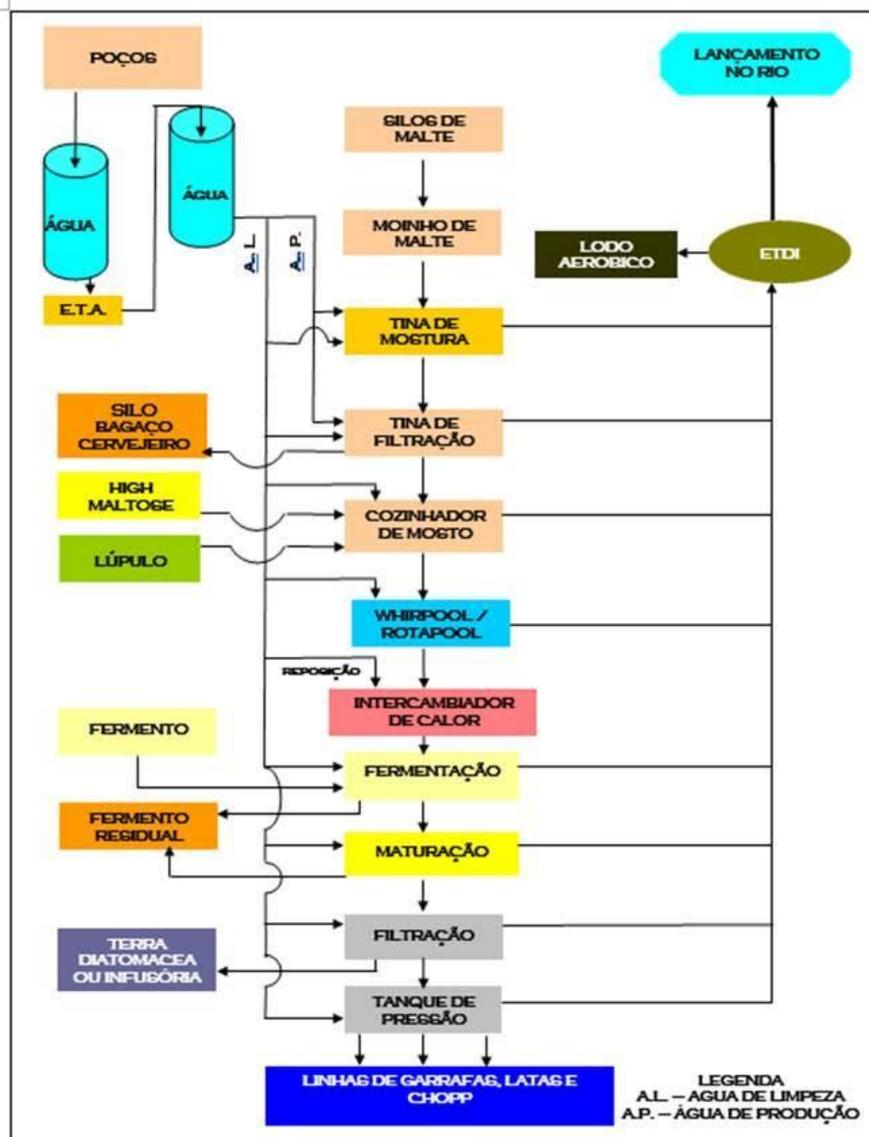


Figura 1 – Fluxograma representativo do processo de produção da cervejaria Petrópolis, unidade Uberaba-MG.
Fonte: Cervejaria Petrópolis (s/d).

- * High Maltose - Xarope desidratado produzido a partir do açúcar de milho;
- * Whirlpool/Rotapool - Etapa de resfriamento do mosto da cerveja.

2.2 Resíduo Pó e Palha de Malte

O pó e palha de malte representado pela Figura 2, assim como o bagaço de malte, consiste em ser mais um subproduto do processo de produção cervejeira, onde este pó e palha é uma

parte sólida que fica retido ao fundo do silo de malte, (a) na Figura 1. Este pó e palha é derivado da matéria prima principal, o malte, onde devido ao transporte, ou mesmo na hora da estocagem ocorre fragmentação do insumo/grão. Portanto, o resíduo é retirado para não influenciar na receita da cerveja a ser produzida. Este material é muito rico em fatores nutricionais, sendo determinado como volumoso e energético, pois no ato de sua retirada acaba-se arrastando grãos de malte (Cervejaria Petrópolis, s/d).



Figura 2 – Resíduo pó e palha de malte da cervejaria Petrópolis, unidade Uberaba-MG.

Fonte: Autores (2023).

2.3 Definição de Ração Balanceada e suas Características

De acordo com Vieira (2021), a ração balanceada é o nome dado ao alimento completo dos animais, cuja composição é calculada para fornecer as quantidades ideais de nutrientes necessários para manter sua saúde e bem estar. Afirma também que uma alimentação animal pode ser processada em graus variados, tais como: farelada, peletizada, extrusada ou autoclavada, e essas variações podem ocorrer de acordo com a necessidade de cada espécie e o custo benefício associado a cada modo de produção da ração.

Existem quatro principais nutrientes a serem considerados na formulação: proteína, carboidrato, fibra e gordura; em geral, as exigências desses nutrientes irão nortear os ingredientes a serem adicionados na formulação da ração. No entanto, dois outros nutrientes importantes a serem considerados são as vitaminas e os minerais, pois são necessários em quantidades menores, em miligramas por quilograma (Vieira, 2021).

2.4 Definição de Ruminantes Produtivos

Bovinos, caprinos, ovinos, bubalinos, são considerados mamíferos, herbívoros e ruminantes. Esta classificação é para animais com capacidade de ruminar, o que inclui regurgitar, mastigar novamente e deglutir os alimentos ingeridos. O rúmen que faz parte do

aparelho digestivo destes animais, é a região onde os alimentos de origem vegetal são amolecidos, a celulose e a hemicelulose (carboidrato presente nos vegetais) são digeridos. Essa digestão só pode ser alcançada por organismos que produzem enzimas que decompõem esse carboidrato. Os microrganismos presentes, atuam na digestão da hemicelulose e celulose, durante essa etapa também são produzidos ácidos, vitaminas e alguns gases como metano e dióxido de carbono (Universo da Saúde Animal, 2021).

2.5 Necessidades Nutricionais

As necessidades nutricionais são definidas como as quantidades diárias de nutrientes que um animal deve consumir para atingir um determinado nível de produção/peso. O primeiro passo para fornecer a nutrição correta para os ruminantes produtivos é entender suas necessidades, pois isso determina a estratégia nutricional a ser empregada. Os ruminantes produtivos possuem exigências gerais diárias de água, energia, proteína, minerais e vitaminas, além de possuir exigências específicas de alguns nutrientes, tais como fibras, que são necessários para o bom funcionamento do trato digestivo. Os requisitos dos bovinos também variam dependendo do tipo, raça, idade, ambientes, condições ambientais, entre outras características do animal (Albertini *et al.*, 2015).

Os ruminantes produtivos requerem diariamente macro e micro minerais, sendo os principais minerais considerados na nutrição animal atualmente incluem B, Ca, Mg, P, K, Na, Cl e S, Co, Cu, Fe, I, Mn, Se e Zn e, de acordo com alguns estudos, Cr, Mo e Ni (Albertini *et al.*, 2015).

2.6 Dados Internos da Cervejaria Petrópolis – (Despesas e receitas/mês)

Os dados apresentados abaixo foram fornecidos diretamente da cervejaria Petrópolis, unidade de Uberaba-MG, por um documento interno. Foi realizado um balanço para o primeiro semestre do ano de 2023, onde obteve-se uma média mensal de 5.334,78 t/mês do resíduo de bagaço de malte e uma média mensal de 288,475 t/mês do resíduo pó/palha de malte, Figura 3. As vendas mensais são respectivamente de R\$ 530.972,47 e R\$ 37.671,85, conforme demonstrado pela Tabela 3 e ilustrado pela Figura 4. Observa-se à relação da quantidade de bagaço de malte gerado n vezes (média de 39 vezes) a mais que o pó/palha de malte, conforme demonstrado na Tabela 2, que é a interpretação da Tabela 1. O resíduo bagaço de malte sofre o descarregamento para os silos o tempo todo, pois a cervejaria não tem paradas, e se produz cerveja todos os dias do ano, e é vendido à R\$ 0,97Kg. O carregamento desse subproduto ocorre de seis a oito cargas diárias, enquanto o resíduo pó e palha uma vez e é vendido à R\$ 0,29Kg.

Tabela 1 – Quantidade de resíduos cervejeiros gerados no 1º semestre de 2023 (t/mês).

Mês	Resíduo de Bagaço de Malte (t/mês)	Resíduo de Pó e Palha de Malte (t/mês)
Jan./23	6.765,28	200,55
Fev./23	5.695,30	116,80
Mar./23	5.832,41	85,50
Abr./23	3.263,49	84,88
Mai./23	5.688,85	1125,75
Jun./23	4.763,33	117,37
Σ(total)	32.008,66	1730,85
μ(média)	5.334,78	288,475

Fonte: Cervejaria Petrópolis (2023).

Tabela 2 – Quantidade de bagaço de malte gerado ‘n’ vezes a mais que o pó/palha de malte.

Mês	Proporção do resíduo de (BM) gerado a mais que o resíduo de (PPM)
Jan./23	33,73
Fev./23	48,76
Mar./23	68,22
Abr./23	38,45
Mai./23	5,05
Jun./23	40,58
Σ(total)	234,79
μ(média)	39,13

Fonte: Cervejaria Petrópolis (2023).

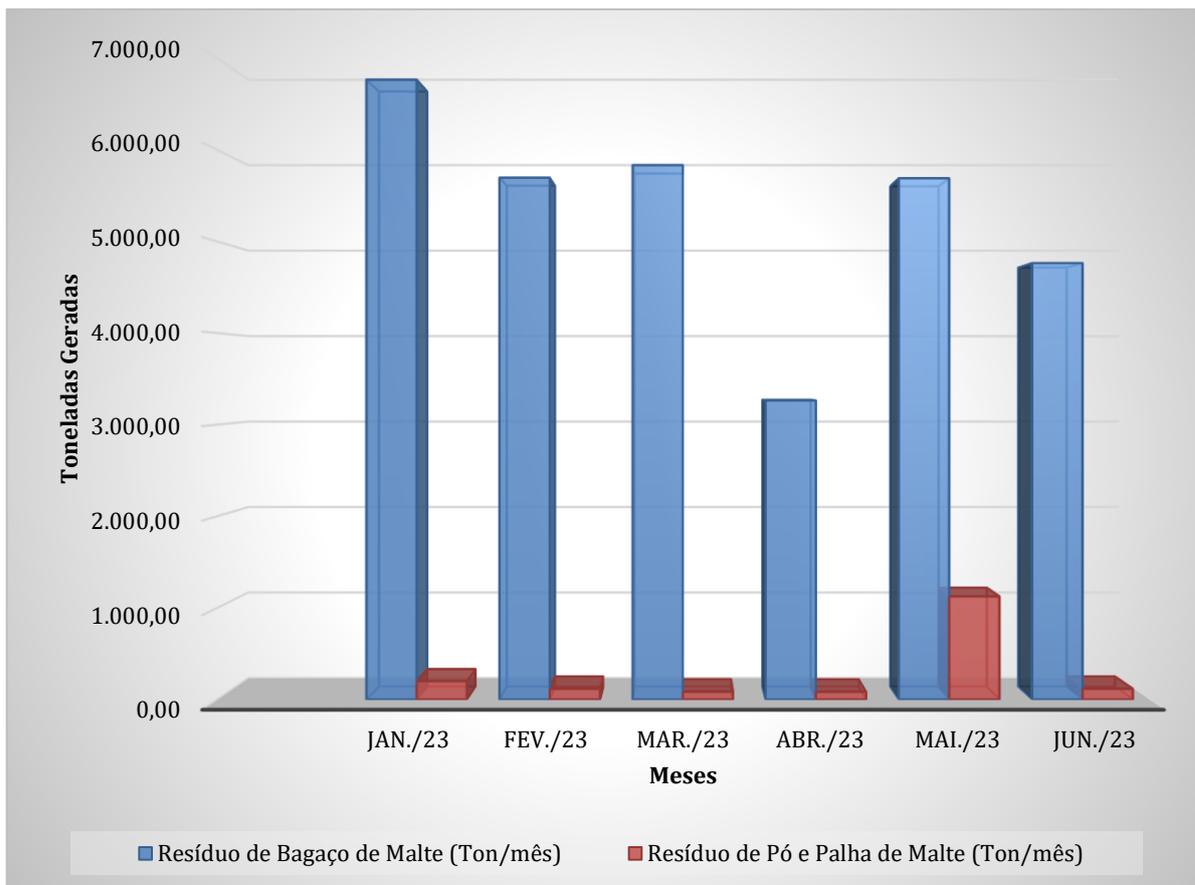


Figura 3 – Quantidade de resíduos cervejeiros gerados no 1º semestre de 2023 (t/mês).

Fonte: Autores (2023).

Tabela 3 – Vendas no 1º semestre de 2023 (R\$/mês), oriundos dos resíduos cervejeiros.

Mês	Resíduo de Bagaço de Malte (R\$/mês)	Resíduo de Pó e Palha de Malte (R\$/mês)
Jan./23	R\$ 656.232,16	R\$ 54.148,50
Fev./23	R\$ 552.444,30	R\$ 31.536,00
Mar./23	R\$ 578.160,02	R\$ 24.369,80
Abr./23	R\$ 332.875,98	R\$ 24.615,20
Mai./23	R\$ 580.262,70	R\$ 57.324,30
Jun./23	R\$ 485.859,66	R\$ 34.037,30
Σ(total)	R\$ 3.185.834,82	R\$ 226.0031,10
μ(média)	R\$ 530.972,47	R\$ 37.671,85

Fonte: Cervejaria Petrópolis (2023).

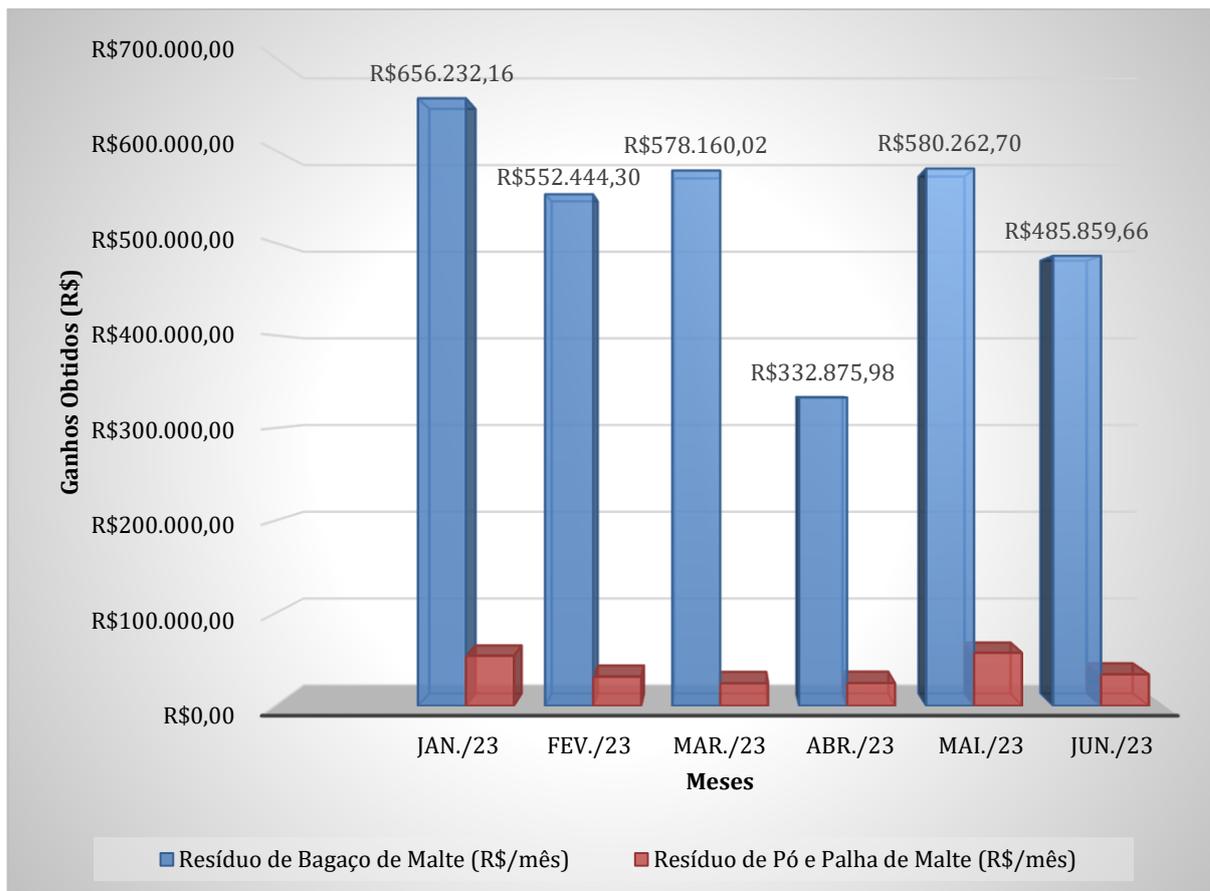


Figura 4 – Receita obtida no 1º semestre de 2023 (R\$/mês), oriundos dos resíduos cervejeiros.

Fonte: Autores (2023).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Neste capítulo, estão descritas as metodologias desde a coleta das amostras dos resíduos cervejeiros estudados, aos parâmetros físico-químicos e microbiológicos quantificados, tais como: teores de umidade, cinzas, nitrogênio total, proteína bruta, lipídeos totais, fibra bruta, carboidratos e macro e micro nutrientes/minerais.

3.1 Coleta de Amostras Resíduo - Bagaço de Malte

A coleta das amostras de bagaço de malte foi realizada na cidade de Uberaba-MG, nos meses junho, julho e novembro de 2023, na cervejaria Petrópolis.

As amostras foram coletadas de dornas do Silo 1, Figura 5, malte do tipo Pilsen, que se produz a cerveja estilo Pilsen, sem uso de outros adjuntos.



Figura 5 – Coleta em silos cilíndricos de amostra do bagaço de malte da cervejaria Petrópolis, unidade Uberaba-MG.

Fonte: Autores (2023).

A Figura 6, consiste em imagem de amostra de bagaço de malte úmida, armazenada em balde com tampa, higienizado. Após a coleta realizada na cervejaria, as amostras foram armazenadas em geladeira a uma temperatura de 10°C do laboratório de Operações Unitárias, Bloco E, UNIUBE, Campus Aeroporto, para as próximas etapas de análises.



Figura 6 - Amostra do bagaço de malte úmida.
Fonte: Autores (2023).

3.2 Análises Microbiológicas na Matéria-Prima (BM)

Para a avaliação da qualidade higiênico sanitária das amostras do resíduo de bagaço de malte úmido, foram coletadas/separadas três amostras de resíduo de bagaço de malte úmido, sendo de lotes distintos Figura 7, (1M6A23, 2M7A23, 3M7A23), para verificar a existência de Coliformes Fecais, *E. coli*, Bolores e Leveduras. As amostras foram conduzidas ao Laboratório de Microbiologia de Alimentos da Universidade de Uberaba-MG em sacos coletores apropriados e as análises microbiológicas foram realizadas segundo propostas de Vanderzant e Splittstoesser (1999) citados por Silva, Junqueira e Silveira (2007).



Figura 7 – Amostras separadas para realização de análises microbiológicas (*E. coli*; Bolores e Leveduras; Coliformes Fecais).
Fonte: Autores (2023).

A Figura 8 é a representação de microrganismos desenvolvidos em amostras de bagaço de malte úmido e não totalmente seca. A umidade é um parâmetro que se deve levar em consideração para a inibição do crescimento dos indesejáveis (bolor/fungos). Em torno de 72 horas após a coleta, a amostra que permaneceu no recipiente fechado, com umidade de 70% e a uma temperatura ambiente (25°C), iniciou-se o desenvolvimento de bolores, afetando então a qualidade da amostra.



Figura 8 – Bolores vistos a olho nú em amostra de bagaço de malte úmida (à esquerda) e em amostra de bagaço de malte 70% seca (à direita).

Fonte: Autores (2023).

3.3 Secagem de Amostras Resíduo – Bagaço de Malte em Estufas

As amostras dos lotes I, II, e III foram secas em estufa Quimis[®], modelo B242 Figura 9 e estufa Fanem[®], modelo 520 Figura 10, à uma temperatura de 105°C por um período de três horas, a fim de se retirar o máximo de umidade da mesma, para melhor conservação e armazenamento do bagaço.

Para realização das análises físico-químicas foram analisados três lotes distintos de bagaço de malte (1M6A23, 2M7A23, 3M7A23), porém todos com a mesma característica, proveniente do malte estilo Pilsen. A intenção, foi avaliar os resultados obtidos e selecionar o melhor caracterizado.

Os equipamentos utilizados para a realização deste projeto encontram-se disponíveis no laboratório de Operações Unitárias, Bloco E, UNIUBE Campus Aeroporto e no laboratório de Bromatologia, Quadra H, Bloco 3, IFTM Campus Uberaba.

A Figura 11, representa amostras de bagaço de malte inteiras após o processo de secagem nas estufas à uma temperatura de 105°C.



Figura 9 – Estufa Quimis® à 105°C, (B242).
Fonte: Autores (2023).



Figura 10 – Estufa Fanem® à 105°C, (520).
Fonte: Autores (2023).



Figura 11 – Amostras do bagaço de malte secas nas estufas à 105°C.
Fonte: Autores (2023).

3.4 Secagem de Amostras Resíduo - Bagaço de Malte no Desidratador

As amostras de bagaço de malte referente ao lote V (5M11A23) foram secas no desidratador Pardal® modelo New Hobby, Figura 12, a uma temperatura de 60°C por um período de nove horas, para posterior caracterização bromatológica. O intuito deste, foi comparar com as amostras de bagaço de malte dos lotes I, II e III secas em estufas a uma temperatura de 105°C por um período de três horas. Avaliar se houve perda de nutrientes na etapa de secagem em estufa.



Figura 12 – Desidratador Pardal® modelo New Hobby.

Fonte: Autores (2023).

3.5 Etapa de Quarteamento em Amostras Secas de Resíduo – Bagaço de Malte

Quarteamento, é a etapa de dividir uma amostra em quatro partes iguais, representando a amostra total Figura 13. A metade continuará a ser analisada, enquanto a outra parte será armazenada como amostra de reserva/contraprova para caracterização/análise futura Sitanaka (2022). Esse sistema permite que diversas análises sejam realizadas com maior eficiência e homogeneização. Pode ser realizada manualmente, iniciando com a geração de uma pilha cônica.



Figura 13 – Etapa de quarteamento em amostras secas de resíduo bagaço de malte.

Fonte: Sitanaka (2022). Adaptada por Autores (2023).

3.6 Quantificação Teor de Umidade

Foi utilizado o equipamento de medição de teor umidade da Mettler Toledo®, modelo H353, Figura 14, para determinar a porcentagem de umidade retida em uma amostra de

aproximadamente 0,5 g de bagaço de malte, ajustou-se o tempo para medição em 10 min (massa constante) e a uma temperatura de 103°C.

Tem como finalidade de se determinar a porcentagem de umidade retida em uma amostra conforme indica AOAC (1990) e Lutz (2008), Equação 1. Quantificado em amostras de resíduo de bagaço de malte (MSI e MSM) e em resíduo de pó/palha de malte.

$$TU(\%) = \frac{[(m_1 - m_2)] \times 100}{m_1} \quad (1)$$

Em que: TU = teor de umidade, %; m_1 = massa da cápsula + amostra integral, g; m_2 = massa da cápsula + amostra seca, g;



Figura 14 – Equipamento de medição de teor umidade da Mettler Toledo® (HE 53). A) Pesagem Inicial; B) Pesagem Final.

Fonte: Autores (2023).

3.7 Moagem das Amostras Secas Resíduos

Foi realizada a moagem em um moinho de facas da Marconi® modelo MA 048, Figura 15, com potência de 700 watts, e um moinho de facas da Marconi® modelo MA 600, Figura 16, com potência de 370 watts, obtendo-se assim, um pó, proveniente do resíduo bagaço de malte já seco, Figura 17 e pó e palha de malte, Figura 18.



Figura 15 – Moinho de facas Marconi® (MA 048).

Fonte: Autores (2023).



Figura 16 – Moinho de facas da Marconi® (MA 600).

Fonte: Autores (2023).



Figura 17 – Pó proveniente bagaço de malte obtido após a moagem.

Fonte: Autores (2023).



Figura 18 – Pó proveniente pó e palha de malte obtido após a moagem.

Fonte: Autores (2023).

3.8 – pH do caldo retido no bagaço de malte

Foi realizada a quantificação do potencial hidrogeniônico (pH) no caldo retido no resíduo bagaço de malte através do pHmetro digital da Gehaka® modelo PG2000, Figura 19, a uma temperatura de 25°C.

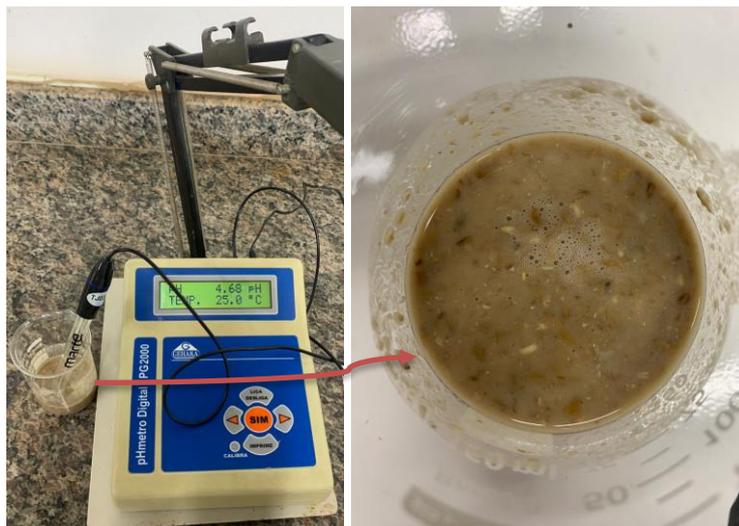


Figura 19 – pHmetro digital à esquerda da Gehaka® (PG2000) e caldo retido do bagaço de malte à direita.
Fonte: Autores (2023).

3.9 Quantificação Teor de Cinzas nas Amostras MSM Resíduo – Bagaço e Pó e Palha de Malte

O material utilizado para realização desta análise estava seco e moído, apresentando um teor de umidade entre 2,00% à 4,50%.

O resíduo mineral fixo (cinzas) foi determinado pela calcinação da amostra em forno mufla da Quimes®, modelo D24, Figura 20, regulado à 550°C, até a obtenção de cinzas claras, por um período máximo de 6 horas.

Colocou-se os cadinhos de porcelana em triplicata na estufa a 105°C por aproximadamente 30 minutos. Retirou-se os cadinhos da estufa com o auxílio de uma pinça metálica e colocou-se no dessecador, por 30 minutos. Retirou-se os cadinhos do dessecador com a pinça metálica e colocou-se diretamente na balança anotando-se o peso do cadinho vazio. Pesou-se de 2-5 g da amostra no cadinho seco e anotou-se seu peso mais amostra seca e moída. Levou-se os cadinhos mais amostra para pré-queima. Colocou-se os cadinhos na mufla à uma temperatura de 550°C, para a queima de toda a matéria orgânica, mínimo de 6 horas (isto é visualizado pela coloração da amostra, branco-acinzentada). Retirou-se os cadinhos e colocou-se no dessecador por 30 minutos. Pesou-se o cadinho mais cinza e anotou-se a massa. Calculou-se o teor de cinzas baseando-se na diferença entre peso do cadinho mais amostra seca e moída e o peso do cadinho mais cinzas (AOAC, 1990; Instituto Adolfo Lutz, 2008).

O material inicial e o obtido, foi pesado em uma balança analítica Gibertini®, modelo E42S-B, com resolução 10⁻⁴g, Figura 21.

A determinação do teor de cinzas (minerais) ou resíduo mineral fixo da amostra, Equação 2 se dá na eliminação da MO e inorgânica volátil a temperatura de 550°C a 600°C (AOAC, 1990; Instituto Adolfo Lutz, 2008).

$$TC(\%) = \frac{(m_2 - m_1) \times 100}{Ma} \quad (2)$$

Em que: TC = teor de cinzas, %; m_2 = massa do cadinho com amostra calcinada, g; m_1 = massa do cadinho tarado, g; Ma = massa de amostra, g.



Figura 20 - Forno mufla da Quimes® (D24).

Fonte: Autores (2023).



Figura 21 – Balança analítica Gibertini®, (E42S-B).

Fonte: Autores (2023).

A Tabela 4 é a representação das massas obtidas nas pesagens em triplicatas das matérias primas utilizadas, sendo então, lote I, II e III bagaço de malte e lote IV pó/palha de malte, para determinação de porcentagem de cinzas.

Tabela 4 – Pesagens para determinação de porcentagem de (CZ).

ANÁLISE DE CINZAS (%)				
	n° amostra	Massa Cadinho (g)	Massa Amostra Inicial (g)	Massa Amostra Final + Cadinho (g)
LOTE I BM	1	39,1393	2,5002	39,2397
	2	40,5226	2,5042	40,6222
	3	39,1401	2,5013	39,2417
LOTE II BM	1	44,0130	2,5050	44,1080
	2	44,0138	2,5208	44,1096
	3	49,5017	2,5005	49,5976
LOTE III BM	1	21,7010	2,5140	21,7900
	2	26,2178	2,5402	26,3101
	3	21,7120	2,5100	21,7998
LOTE IV PPM	1	49,5120	2,5050	49,5870
	2	39,1388	2,5025	39,2152
	3	22,1563	2,5003	22,2333

Fonte: Autores (2023).

*BM – bagaço de malte;

*PPM – pó e palha de malte.

3.10 Quantificação Teor de Nitrogênio Total e Proteínas Bruta nas Amostras Secas e Moídas Resíduo – Bagaço e Pó e Palha de Malte

Foi utilizado o equipamento destilador de nitrogênio da Tecnal[®], modelo TE-0363, Figura 22, para determinar a porcentagem de nitrogênio total e a partir deste, caracterizar a porcentagem total de proteína em cada amostra.

Para a primeira etapa, pesou-se em triplicata 100 mg de amostra seca e moída e adicionou-se no tubo de digestão. Adicionou-se no tubo de digestão 600 mg de K₂SO₄ (Sulfato de potássio), 300 mg de CuSO₄ (Sulfato de cobre). Acrescentou-se na mistura 5 mL de H₂SO₄ (ácido sulfúrico 98%). Transferiu-se para o bloco digestor, onde o mesmo foi programado para sua temperatura ser elevada à 400°C, aumentando-se então a temperatura gradativamente de 100°C em 100°C a cada meia hora ou até a amostra se tornar incolor, isto leva aproximadamente 3 horas (AOAC, 1990; Instituto Adolfo Lutz, 2008).

Já na segunda etapa, foi acoplado o tubo com a amostra digerida ao aparelho de destilação de nitrogênio (Kjeldal), Figura 22. Foi adicionado no tubo 10 mL de solução de ácido bórico no Erlenmeyer e encaixado no local apropriado para recebimento do destilado. Adicionou-se 25 ml da solução NaOH (40%) ao reservatório apropriado. Abriu-se a torneira do reservatório lentamente dentro do tubo previamente acoplado. Ligou-se a chave de aquecimento

para obter a ebulição, que conduz a amônia para o Erlenmeyer contendo ácido bórico. Coletou-se cerca de 75 mL de condensado no Erlenmeyer (AOAC, 1990; Instituto Adolfo Lutz, 2008).

Para última etapa, foi realizado a titulação deste coletado (citado na etapa anterior). Preparou-se então uma bureta com solução de HCl (Ácido clorídrico) 0,02 N. Titulou-se com HCl até a viragem de cor (verde para tom lilás) Figura 23, do condensado. Anotou-se o volume gasto na titulação para posteriormente a realização do cálculo de teor de Nitrogênio total da amostra e o teor de proteína bruta contida na amostra analisada (AOAC, 1990; Instituto Adolfo Lutz, 2008).

Seguindo a metodologia descrita pela AOAC (1990), o valor de proteína bruta de acordo com a Equação 4 é obtido pelo método de “Kjeldahl” através da determinação do nitrogênio do alimento, Equação 3 multiplicando-se pelo fator 6,25. Baseia-se na transformação do nitrogênio da amostra em sulfato de amônio, por digestão ácida, e em nitrogênio amoniacal por destilação em meio alcalino.

O método de Kjeldahl consiste em três etapas: Digestão; Neutralização e Destilação; Titulação (AOAC, 1990; Instituto Adolfo Lutz, 2008).

$$NT(\%) = \frac{V_{HCl} \times N_{HCl} \times TAS \times F_{HCl} \times 100}{M_a} \quad (3)$$

Em que: NT = teor de nitrogênio total, %; V_{HCl} = volume gasto de HCl, mL; N_{HCl} = normalidade do HCl, 0,02 M; TAS = teor a.s = 14; F_{HCl} = fator de correção do HCl, 1,147 mol L⁻¹; M_a massa da amostra utilizada, em miligramas (mg).

$$PB(\%) = NT(\%) \times TAS \quad (4)$$

Em que: PB = teor de proteína bruta, %; NT(%) teor de nitrogênio total, (%); TAS = teor a.s = 6,25.



Figura 22 – Destilador de Nitrogênio Total da Tecnal[®], (TE-0363), utilizando Método de Kjeldahl.
Fonte: Autores (2023).

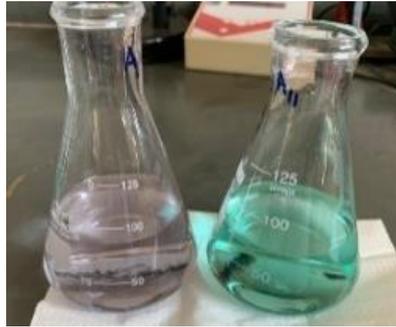


Figura 23 – Ponto de virada na análise de teor de (PB), após titulação com solução de HCl 0,02 N.
Fonte: Autores (2023).

A Tabela 5 é a representação das massas obtidas nas pesagens em triplicatas das matérias primas utilizadas, sendo então, lote I, II e III bagaço de malte e lote IV pó/palha de malte, para determinação de porcentagem de proteína bruta. Utilizou-se o reagente HCl com concentração de 0,02 N como o reagente titulante, com fator de correção de 1,147.

Tabela 5 – Pesagens para determinação de porcentagem de (PB).

FC _{HCl} = 1,147	ANÁLISE DE PROTEÍNA BRUTA (%)		
	n° Amostra	Massa Amostra (g)	N _{HCl} = 0,02 N Volume titulado (mL)
LOTE I - BM	1	0,1019	11,38
	2	0,1188	14,10
	3	0,1043	12,15
LOTE II - BM	1	0,1043	12,05
	2	0,1016	11,90
	3	0,1004	11,55
LOTE III - BM	1	0,1096	12,50
	2	0,1031	12,00
	3	0,1088	12,75
LOTE IV - PPM	1	0,1007	6,55
	2	0,1076	7,00
	3	0,1024	7,05

Fonte: Autores, (2023).

*BM – bagaço de malte;

*PPM – pó e palha de malte.

3.11 Quantificação Teor de Gorduras/Lipídeos/Extrato Etéreo nas Amostras Secas e Moídas Resíduo – Bagaço e Pó e Palha de Malte

Foi utilizado o equipamento determinador de gordura da Tecnal[®], modelo TE-044, Figura 24, na quantificação da porcentagem total de lipídios das amostras. O método é realizado pelo extrator de Soxhlet.

Pesou-se em triplicata 1 g de amostra seca e moída e adicionou-se nos cartuchos de papel filtro confeccionados, anotando-se então sua massa. Colocou-se os reboilers na estufa a

105°C por 30 minutos. Retirou-se os mesmos da estufa com o auxílio de uma pinça e colocou-se em dessecador por um período de 30 minutos. Após, pesou-se os reboilers, anotando-se os pesos. Colocou-se os cartuchos no suporte do equipamento (extrator de Soxhlet), Figura 24, que será encaixado dentro do reboiler. Adicionou-se éter de petróleo até submergir a amostra contida no cartucho. Acoplou-se o reboiler ao bloco aquecedor do aparelho de Soxhlet. Selecionou-se a temperatura desejada 60° C e deixou-se em refluxo por cerca de 3 horas. Fechou-se então a saída do condensado, onde deverá permanecer o reboiler com o éter em ebulição até recuperação total do éter. Levou-se o reboiler mais extrato etéreo para estufa a 105° C até massa constante (no máximo 2 horas). Pesou-se o reboiler mais extrato etéreo, após terem sido resfriados em dessecador por 30 minutos, anotou-se os valores obtidos e calculou-se o teor de extrato etéreo da amostra, baseando-se então na massa do reboiler mais extrato etéreo, massa do reboiler e massa da amostra (AOAC, 1990).

Para a determinação do (EE), foi utilizado o método de “Soxhlet” (gravimétrico) baseado em AOAC (1990) que a quantidade do material é solubilizado pelo solvente. O éter utilizado no processo é aquecido até tornar-se volátil e, ao condensar-se, escoar sobre a amostra em análise, arrastando toda a fração gordurosa e demais substâncias solúveis em éter. Este é recuperado em outro recipiente, enquanto a gordura extraída é calculada por diferença de pesagem, Equação 5. Foi utilizado para esta, o Éter de Petróleo com concentração de 30-60°C P.A.

$$LT(\%) = \frac{(m_2 - m_1) \times 100}{M_a} \quad (5)$$

Em que: LT = teor de lipídeo total, %; m_2 = massa do reboiler com amostra, g; m_1 = massa do reboiler tarado, g; M_a = massa de amostra, g.



Figura 24 – Extrator Soxhlet Tecnal® (TE-044).

Fonte: Autores (2023).

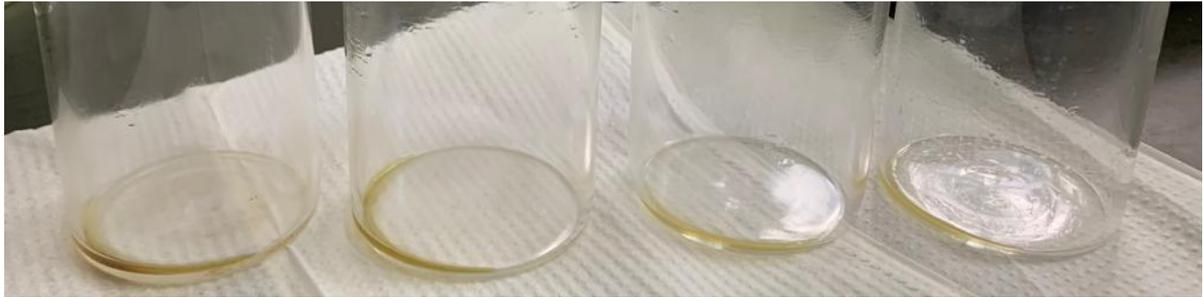


Figura 25 – Lípidios extraídos da amostra de bagaço de malte (MSM).

Fonte: Autores (2023).

A Tabela 6 é a representação das massas obtidas nas pesagens em triplicatas das matérias primas utilizadas, sendo então, lote I, II e III bagaço de malte e lote IV pó/palha de malte, para determinação de porcentagem de lipídios totais/extrato etéreo.

Tabela 6 – Pesagens para determinação de porcentagem de (EE).

ANÁLISE DE LIPÍDIOS TOTAIS (%)				
	n° amostra	Massa Amostra (g)	Massa Reboiler Inicial (g)	Massa Reboiler Final (g) + Massa Amostra (g)
LOTE I - BM	1	1,0264	140,0222	140,1485
	2	1,1313	128,0522	128,1759
	3	1,0065	128,6195	128,7131
LOTE II - BM	1	2,0398	124,9289	125,1296
	2	2,0027	124,4126	124,6007
	3	2,1698	136,8776	137,0823
LOTE III - BM	1	2,0212	133,7599	133,9663
	2	2,0214	136,1594	136,3697
	3	2,0698	142,0520	142,2628
LOTE IV - PPM	1	2,0689	140,0309	140,0840
	2	2,072	125,3733	125,4228
	3	2,02	129,5290	129,5709

Fonte: Autores, (2023).

*BM – bagaço de malte;

*PPM – pó e palha de malte.

3.12 Quantificação do Teor de Carboidratos

O sistema de Weende ou sistema proximal, não tem a determinação específica de carboidratos não estruturais, mas tem uma aproximação que é o (ENN). O (ENN) é a (MS) total subtraída da somatória dos valores determinados de (PB), (EE), (FB) e (CZ). O (ENN) inclui todos os erros destas análises, Equação 6. O maior deles estaria na fração Fibra Bruta, que resulta em uma superestimativa do (ENN), Medeiros e Marino (2015).

A (FB) está sendo substituída praticamente em todos laboratórios de nutrição animal pela (FDN), de Van Soest, determina-se então os (CNF). Faz parte do (CNF) um grupo de compostos denominados polissacarídeos não amiláceos hidrossolúveis (PNA hidrossolúveis).

Eles seriam constituídos pelas frações não recuperadas no resíduo de (FDN) que são solúveis em detergente neutro, mas que seriam resistentes às enzimas digestivas de mamíferos (Medeiros; Marino, 2015).

$$ENN = 100\%MS - (\%PB + \%EE + \%FB + \%CZ) \quad (6)$$

Em que: ENN = Extrativo Não Nitrogenado; MS = Matéria Seca; PB = Teor de Proteína Bruta; EE = Teor de Lipídeos ou Extrato Etéreo; FB = Teor de Fibra Bruta; CZ = Teor de Cinzas.

$$CNF = 100\%MS - (\%PB + \%EE + \%FDN\text{livre de PB} + \%CZ) \quad (7)$$

Em que: CNF = Carboidratos Não Fibrosos; MS = Matéria Seca; PB = Teor de Proteína Bruta; EE = Teor de Lipídeos ou Extrato Etéreo; FDN = Teor de Fibra Em Detergente Neutro Livre de PB; CZ = Teor de Cinzas.

3.13 Quantificação do Teor de Matéria Seca

O teor de (MS) está inversamente relacionado ao seu teor de umidade (Mapa, 2017; Instituto Adolfo Lutz, 2008). Ele é calculado utilizando a diferença do teor de umidade, conforme a Equação 8.

$$\%MS = 100 - \%TU \quad (8)$$

Em que: MS = Matéria Seca; TU = Teor de Umidade da Amostra

3.14 Quantificação de Teores Macro e Micro Nutrientes/Minerais em amostras de bagaço e pó e palha de malte

As análises para quantificação dos micros e macros nutrientes/minerais foi realizada por um laboratório terceirizado, especializado na cidade de Uberaba-MG.

Foram quantificados os nutrientes/minerais: B; Ca; Co; Cu; S; Fe; P; Mg; Mn; Mo; K; Se; Fl; Na; Zn; Fibra Bruta; FDA; FDN.

Os métodos analíticos utilizados para determinação destes citados acima, seguiram todas as recomendações do manual de métodos analíticos oficiais do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA).

3.15 Análise Granulométrica, Série Peneiras Tyler em Amostras Secas Inteiras e Moídas Resíduo – Bagaço e Pó e Palha de Malte

A análise granulométrica consiste na determinação da distribuição de tamanhos de uma amostra de partículas (ABNT, 2003). Para isso, foi utilizada a análise usando a série Tyler com as peneiras 05, 08, 09, 14 e o prato coletor para MSI, Figura 26, e uma série de peneiras Tyler com as peneiras 14, 24, 35, 60, 65, 100 e o prato coletor para MSM, Figura 28, para selecionar as partículas da palha inteira e do pó do resíduo do bagaço de malte (ambos secos).

Foi utilizado o agitador eletromagnético da Tecnal[®], modelo B-AGIT Ber tel, Figura 27 para efetuar a separação das partículas nas peneiras. Selecionou-se um tempo de cinco minutos, a uma escada de intensidade de vibração igual à oito.



Figura 26 – Série Peneiras Tyler 05, 08, 09, 14 à direita e (MSI) à esquerda.
Fonte: Autores (2023).



Figura 27 - Agitador eletromagnético da Tecnal[®], modelo B-AGIT Ber tel.
Fonte: Autores (2023).

A Tabela 7 é a representação das massas retidas e passantes na série peneiras Tyler, utilizando o conjunto de 5, 8, 9, 14 mesh mais o fundo para determinação do tamanho das partículas secas e inteiras de bagaço de malte dos lotes I, II, III. Para isso pesou-se 11g de amostra e a peneira de mesh 8 com uma abertura de 2360 μ m obteve-se a maior porção de massa retida.

Já a Tabela 8 é a representação das massas retidas e passantes na série peneiras Tyler, utilizando o conjunto de 14, 24, 35, 60, 65, 100 mesh mais o fundo para determinação do tamanho das partículas secas e moídas de bagaço de malte dos lotes I, II, III. Para este, pesou-se 10g de amostra e a peneira de mesh 60 com uma abertura de 250 μ m obteve-se a maior porção de massa retida.

A Figura 28, representa a pesagem da matéria seca/moída de bagaço de malte a ser transferida para uma série de peneiras Tyler utilizadas com mesh de (14, 24, 35, 60 e fundo), enquanto a Figura 29 é a vista superior de material retido nas peneiras citadas.

Tabela 7 - Amostra (MSI) - LOTES I+II+III de bagaço de malte - 11g – (0,02 g perda).

SISTEMA PENEIRA TYLER (MESH)	an (mm)	an (μ m)	MASSA PENEIRA (g)	MASSA PENEIRA + AMOSTRA (g)	(mi) MASSA RETIDA (g)	Xi (g)	Xi/Di (cm^{-1})
5	4,000	4000	408,47	410,84	2,37	0,2158	0,6786
8	2,360	2360	374,44	379,10	4,66	0,4244	1,9467
9	2,000	2000	412,30	413,50	1,20	0,1093	0,6874
14	1,180	1180	395,18	397,16	1,98	0,1803	-
FUNDO	-	-	322,94	323,71	0,77	-	-
MÉDIA	-	-	-	-	10,98	0,93	3,31

Fonte: Autores, (2023).

*an - abertura da peneira;

*mm – diâmetro em milímetros;

*um – diâmetro em micrometros;

*mi – massa retida;

*xi – fração mássica;

*xi/di – divisão da fração mássica pelo diâmetro médio.



Figura 28 – Série Peneiras Tyler 14, 24, 35, 60 à direita.

Fonte: Autores (2023).



Figura 29 – Série Peneiras Tyler 14, 24, 35, 60 com amostras de pó de malte retidas (MSM), vistas por cima.
Fonte: Autores (2023).

Tabela 8 - Amostra bagaço de malte (MSM) - LOTE I, II, III – 10,01g (0,04 g perda).

SISTEMA PENEIRA TYLER (MESH)	an (mm)	an (μ m)	MASSA PENEIRA (g)	MASSA PENEIRA + AMOSTRA (g)	(mi) MASSA RETIDA (g)	Xi (g)	Xi/Di (cm^{-1})
14	1,180	1180	394,87	394,87	0	0	0
24	0,710	710	402,01	402,04	0,03	0,00301	0,0319
35	0,425	425	364,93	365,60	0,67	0,0672	1,1831
60	0,250	250	366,10	370,56	4,46	0,4112	12,1665
65	0,212	212	372,20	374,97	2,77	0,27783	12,0272
100	0,149	149	186,63	188,10	1,47	0,14744	8,1458
FUNDO	-	-	383,45	384,38	0,93	-	-
MÉDIA	-	-	-	-	9,97	0,90671	33,5545

Fonte: Autores, (2023).

*an - abertura da peneira;

*mm – diâmetro em milímetros;

*um – diâmetro em micrometros;

*mi – massa retida;

*xi – fração mássica;

*xi/di – divisão da fração mássica pelo diâmetro médio.

A Tabela 9 é a representação das massas retidas e passantes na série peneiras Tyler, utilizando o conjunto de 14, 24, 35, 60, 65, 100 mesh mais o fundo para determinação do tamanho das partículas moídas de pó e palha de malte referente ao lote IV. Para este, pesou-se 11,66g de amostra e as peneiras de mesh 35 e 60 com uma abertura de 425µm, 250µm respectivamente, obteve-se as maiores porções de massas retidas.

Tabela 9 - Amostra pó/palha de malte (MSM) – 11,66g – (0,5 g perda).

SISTEMA PENEIRA TYLER (MESH)	an (mm)	an (µm)	MASSA PENEIRA (g)	MASSA PENEIRA + AMOSTRA (g)	(mi)		Xi/Di (cm ⁻¹)
					MASSA RETIDA (g)	Xi (g)	
14	1,180	1180	394,80	394,86	0,06	0,005	0,053
24	0,710	710	402,02	402,73	0,71	0,061	1,075
35	0,425	425	364,94	367,97	3,03	0,261	7,733
60	0,250	250	366,22	370,12	3,90	0,336	14,545
65	0,212	212	372,69	374,80	2,11	0,182	10,083
100	0,149	149	186,65	187,86	1,21	0,104	-
FUNDO	-	-	383,49	384,08	0,59	-	-
MÉDIA	-	-	-	-	11,61	0,949	33,489

Fonte: Autores, (2023).

*an - abertura da peneira;

*mm – diâmetro em milímetros;

*um – diâmetro em micrometros;

*mi – massa retida;

*xi – fração mássica;

*xi/di – divisão da fração mássica pelo diâmetro médio.

Para o cálculo do diâmetro de Sauter nas amostras (MSM) de bagaço de malte, foi empregado algumas etapas, primeiro deve-se encontrar o diâmetro médio, onde realizou-se a média aritmética da primeira peneira com a segunda e assim por diante, conforme indica a Equação 9.

$$DMn = \frac{(n1+n2)}{2} \quad (9)$$

Em que: DMn = Diâmetro Médio; n1 = tamanho da peneira 1; n2 = tamanho da peneira 2;

Tabela 10 – Valores do diâmetro médio da amostra bagaço de malte (MSM), obtidos em cada peneira.

Mesh	Abertura (mm)	Dm (mm)	Dm (cm)
14	1,180	0,945	0,0945
24	0,710	0,568	0,0568
35	0,425	0,338	0,0338
60	0,250	0,231	0,0231
65	0,212	0,181	0,0181
100	0,149	-	-
Fundo	-	-	-

Fonte: Autores (2023).

A massa (m_i), Tabela 6, foi obtida pesando as partículas retidas em cada peneira na balança analítica e através da massa obteve-se a fração mássica (X_i), representada pela Equação 10.

$$X_{in} = \frac{(m_1)}{(m_t)} \quad (10)$$

Em que: X_{in} = Fração Mássica; m_1 = massa retida na peneira 1; m_2 = massa total retida em todas as peneiras;

Somando todas as frações mássicas obteve-se 0,907, indica que está coerente pois a soma das frações mássicas deve ser menor que 1.

A Equação 11, divide-se a fração mássica pelo diâmetro médio em cm, tem-se:

$$\frac{(X_{in})}{(D_{mn})} \quad (11)$$

Em que: X_i = fração mássica; D_m = diâmetro médio.

A partir desses dados é possível calcular o diâmetro médio de Sauter, que caracteriza o tamanho real da partícula, representado pela Equação 12:

$$d_{ps} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i}{D_i} \right)} \quad (12)$$

Em que: d_{ps} = Diâmetro de Sauter; $\Sigma(x_i/D_i)$ = somatório da fração mássica dividida pelo diâmetro médio.

3.16 Etapa de Peletização nas amostras matéria seca moída de bagaço de malte e pó e palha de malte

A peletização envolve a conversão/transformação de farelo em pellets, Figura 30 e é baseada em um processo físico-químico, no qual o vapor é aplicado na massa farelada, submetendo-o a fatores de temperatura, umidade e pressão por um período de tempo especificado. Por essa etapa pode-se facilitar a ingestão dos animais ao consumir o produto final, reduzir o desperdício, reduzir o espaço de armazenamento e os custos de transporte (Capodifoglio, 2023).

Foram testadas diversas formulações, Figura 31, tais como: 100% bagaço de malte, bagaço de malte mais goma xantana, pó e palha de malte 100%, 50% bagaço de malte mais 50% pó e palha de malte, 50% bagaço de malte mais 50% milho moído, o objetivo destas foi a fim de se conhecer características do material a ser trabalhado, e se havia a necessidade de enriquece-lo com outro produto.

Foi utilizado o equipamento peletizador elétrico, Figura 32, projetado e montado com as peças separadamente, modelo não informado pelo fabricante. Equipamento instalado no Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM).



Figura 30 – Pellets com concentração 100%, provenientes da amostra residual de bagaço de malte (MSM).
Fonte: Autores (2023).



Figura 31 – Pellets com concentrações variadas.

Fonte: Autores (2023).

Para a produção dos pellets com concentração de 100% bagaço de malte, Figura 30, foram adicionados 1,5 kg de bagaço de malte seco e moído para 200 mL de água destilada. A adição da água é necessária para o mesmo dar liga para posteriormente ser inserido no peletizador elétrico, que agirá a uma velocidade, pressão e temperatura específica, formando-se então os pellets desejados.

Já para a produção dos pellets contendo o resíduo de bagaço de malte mais a goma xantana, foram adicionados aproximadamente 300 g de bagaço de malte, mais 150 mL de água destilada, mais 50 mL de solução de goma xantana à uma concentração de 0,5g/L. O reagente goma xantana é um dos aditivos alimentícios mais utilizados na fabricação de diversos produtos nas indústrias de alimentos. Atua como espessante, emulsificante e até mesmo estabilizante, melhorando então a textura e consistência no qual foi adicionada. É rica em fibras e é obtida através da fermentação natural de uma bactéria *Xanthomonas campestris* (Vogler, 2020).

Para se produzir pellets utilizando os dois resíduos estudados, a uma concentração 50% bagaço de malte mais 50% pó e palha de malte, foram adicionados na receita 350 g de bagaço de malte, mais 350 g de pó e palha de malte para 300 mL de água destilada.

Passado pelo peletizador elétrico, os pellets foram mantidos em repouso e posteriormente armazenados em frascos limpos e estéreis. Realizando uma análise visual, os que obtiveram melhor aparência e consistência foram os quais adicionados a solução de goma xantana. O ponto ideal da mistura pós adição da água e quando a mesma se solta da mão facilmente.

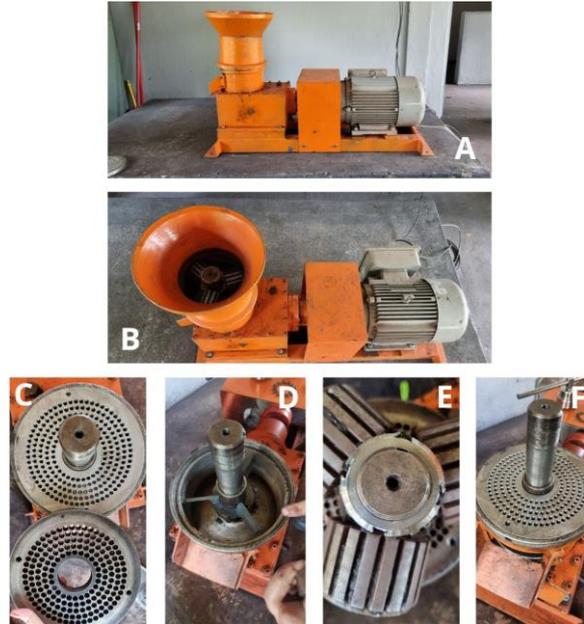


Figura 32 – Peletizador elétrico, descrição das imagens: A – Equipamento Completo Frente, B – Vista Superior, C – Malhas de Peletização, D – Pá Rotatória, E – Moendas de Compressão, F – Malha de Peletização encaixada em D e E.

Fonte: Autores (2023).

3.17 Análise Físicas dos pellets (comprimento, diâmetro)

Inicialmente, os pellets obtidos, passaram pela medição do seu comprimento e diâmetro interno com o auxílio de um paquímetro universal da marca Zaas[®] Precision com escala de 25 cm, Figura 33. Foram selecionados dez pellets para a realização das medidas, onde cada um obteve-se um valor, e calculou-se a média aritmética de todos.

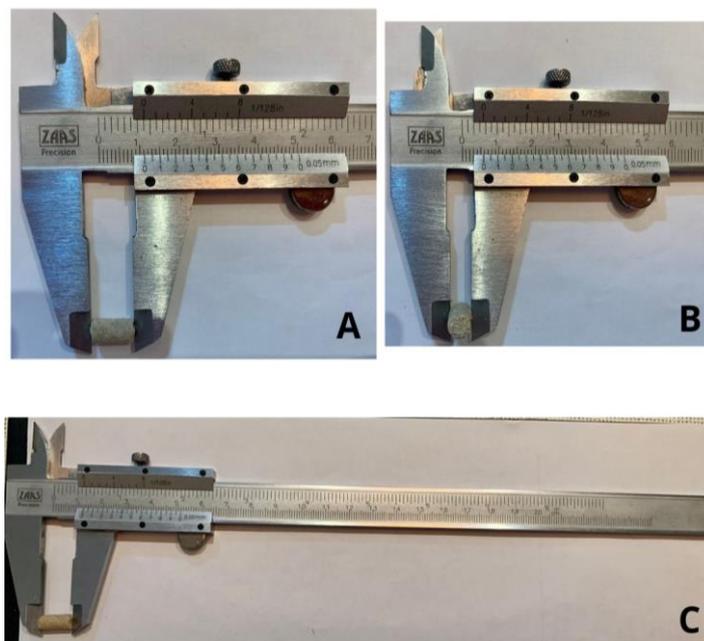


Figura 33 – Medição dos peletes (A = comprimento, B = diâmetro, C = tamanho do paquímetro, 25cm) no paquímetro da Zaas[®] Precision com escala de 25cm.

Fonte: Autores (2023).

3.18 Análises Estatísticas

De acordo com Soares (2022), a análise estatística é importante para interpretar resultados passados e a análise de dados pode prever resultados futuros, através dos quais os dados podem ser avaliados como um todo, em uma visão geral e em amostras individuais específicas. Isto permite uma melhor interpretação destas informações e a busca de decisões relevantes.

O conjunto de dados estatísticos empregados na elaboração deste projeto foram a média aritmética, desvio padrão e desvio médio.

A média aritmética, Equação 13 é a principal medida de tendência central, é calculada dividindo a soma de todos os valores pela quantidade de dados do grupo. Já o desvio padrão, Equação 14 é uma medida de um conjunto de dados em relação à média aritmética, e ele mede o quão próximo ou distante um número está da média dessa lista de dados. Ambas são análises descritivas (Soares, 2022).

$$\bar{X} = \frac{(x_1+x_2+x_3+x_4+x_5+x_6+x_7+x_8+x_9+x_n...)}{n} \quad (13)$$

Em que: \bar{X} = média aritmética; $x_1+x_2+x_3+x_n$ = somatório de um grupo de dados; n = número de dados da população.

$$DP = \sqrt{\frac{\sum|x-\mu|^2}{N}} \quad (14)$$

Em que: DP = desvio padrão de um conjunto de pequenos dados; \sum = somatório; x = valor do conjunto de dados; μ = média do conjunto de dados; N = número de dados da população.

$$DAM = \frac{\sum|x_i-x|}{N} \quad (15)$$

Em que: DAM = desvio médio absoluto de um conjunto de pequenos dados; \sum = somatório; x_i = valor do conjunto de dados; x = média do conjunto de dados; n = número de dados da população.

3.19 Balanço Energético nos Moinhos Utilizados

Após o processo de moagem, o balanço energético da etapa foi minuciosamente avaliado. Este balanço foi feito levando em consideração a capacidade de consumo e o tempo de operação dos moinhos utilizados para o estudo.



O “consumo” de energia determina-se utilizando a seguinte expressão, Equação 16.

$$E = P \times \Delta t \quad (16)$$

Em que: E = Energia elétrica consumida pelo aparelho; P = Potência elétrica do aparelho; Δt = Intervalo de tempo de funcionamento do aparelho.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, estão relatados os resultados e discussão obtidos neste projeto, bem como a determinação dos teores de nutrientes exigidos para a nutrição de animais.

O Apêndice II, constam os resultados obtidos nas análises químicas para as amostras dos resíduos bagaço de malte e pó/palha de malte secos em estufa.

A Tabela 11 representa os resultados obtidos por Velasco *et.al* (2009), a composição química, macros e micros minerais presentes em amostras de resíduos cervejeiros secos e úmidos e levedura de cerveja de uma cervejaria (não informada pelo autor).

Tabela 11 - Composição química do resíduo de cervejaria úmido (RCU), resíduo de cervejaria seco (RCS) e levedura de cerveja (LC).

Composição	RCS	RCU	LC
MS (%)	93	21	93,1
PB (%)	26	25,4 - 27,1	46,6
NDT (%)	66	13,86	79
E M (Kcal/Kg)	2330 - 2490	489,3 - 516,6	3070
ED (Kcal/Kg)	2780	2790	3480
EE (%)	6,5	1,365	1,1
FB (%)	14,9	3,13	3,5
FDA (%)	23 - 24	4,83	4
FDN (%)	42 - 46	8,82	54
Cinzas (%)	4,8		7,2
Macromin. (%)			
Cálcio	0,33	0,069	0,15
Fósforo	0,55	0,115	1,47
Enxofre	0,32	0,067	0,47
Sódio	0,23	0,048	0,08
Cloro	0,17	0,036	0,32
Magnésio	0,16	0,034	0,26
Potássio	0,09	0,019	1,81
Micromin. (ppm)			
Cobalto	0,09	0,019	0,54
Cobre	23	4,83	41,3
Ferro	266	55,86	89
Iodo	0,07	0,015	0,38
Manganês	40	8,4	7
Selênio	0,76	0,16	0,98
Zinco	30	6,3	42

Fonte: NRC (1988). Adaptado por Velasco *et.al* (2009).

*MS – Matéria Seca;

*PB – Proteína Bruta;

*NDT – Nutrientes Digestíveis Totais;

*E M - Energia Metabolizável;

*ED – Energia Disgestível;

*EE – Extrato Etéreo;

*FB – Fibra Bruta;

*FDA – Fibra em Detergente Ácido;

*FDN – Fibra em Detergente Neutro.

Comparando os resultados obtidos da caracterização do resíduo de bagaço de malte seco em estufas, da cervejaria Petrópolis, com desta tabela, adaptada pelo autor (Velasco *et.al*, 2009), onde apresenta os resultados em porcentagem de resíduo de cervejaria seco (RCS) de uma cervejaria qualquer, em que porcentagem (MS) = 93%, enquanto o obtido foi de 97%; porcentagem (PB) = 26%, enquanto o obtido foi de 23%; porcentagem (EE) = 6,5%, enquanto o obtido foi de 10%; porcentagem (CZ) = 4,8%, enquanto o obtido foi de 3,8%; porcentagem (FB) = 14,9%, enquanto o obtido foi de 18%.

4.1 – Microrganismos

Na Tabela 12, constam os resultados dos microrganismos desenvolvidos nas amostras do resíduo de bagaço de malte úmido pós coleta nos tanques cilíndricos da cervejaria, referente aos três lotes distintos analisados (1M6A23, 2M7A23, 3M7A23). Onde para os microrganismos *E. Coli* (NMP/g) e Coliformes fecais (NMP/g) encontra-se abaixo do limite máximo recomendado pela legislação vigente. A presença de bolores e leveduras, Figura 34, é normal, por se tratar de um resíduo úmido de cervejaria.

Tabela 12. Coliformes fecais, *E. coli* e Bolores e Leveduras em amostras de resíduo bagaço de malte.

Amostra	Bolores e Leveduras (UFC/g)	Micro-organismos	
		<i>E. coli</i> (NMP/g)	Coliformes fecais (NMP/g)
A (1M6A23)	5,8x10 ⁴	< 3,0 (est.)	< 3,0 (est.)
B (2M7A23)	1,38x10 ⁵	< 3,0 (est.)	< 3,0 (est.)
C (3M7A23)	2,38x10 ⁵	< 3,0 (est.)	< 3,0 (est.)

Fonte: Laboratório de Microbiologia de Alimentos UNIUBE.

*est. – estimado;

*UFC – Unidade Formadora de Colônia;

*NMP – Número Mais Provável.

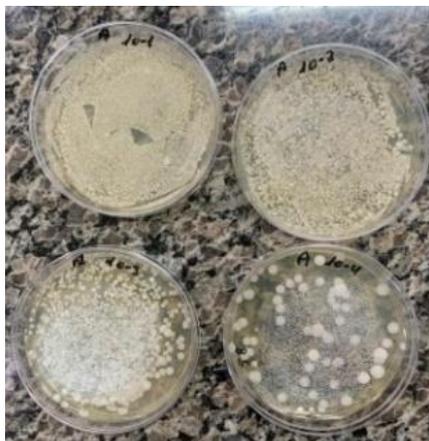


Figura 34 – Bolores e Leveduras que se desenvolveram em placas de Petri.

Fonte: Autores (2023).

4.2 Teor de Umidade

O resíduo cervejeiro bagaço de malte deve-se sair obrigatoriamente da cervejaria com no máximo de 80% de umidade, normalmente este teor é mais baixo, em torno de 70%. Isso deve-se ao fato, da cervejaria não perder mosto neste processo de descarregamento nos silos de armazenamento deste coproduto. É extraído no sistema de filtragem o máximo de mosto/líquido para assim continuar o processo de fabricação da bebida.

Todas as amostras analisadas de bagaço de malte, foram obtidas com uma umidade em torno de 70%, após as etapas de secagem nas estufas e desidratador esta umidade foi reduzida para em torno de 3%.

4.3 Cinzas (base seca)

A determinação do teor de cinzas (minerais) ou resíduo mineral fixo da amostra, Figura 35 se dá na eliminação da MO e inorgânica volátil a temperatura de 550°C a 600°C. Dito isto, a Tabela 13 apresenta os resultados obtidos na caracterização do teor de cinzas para as amostras de bagaço de malte dos três lotes analisados (I, II, III) e o lote IV pó e palha de malte e a Figura 36 melhor ilustra estes resultados realizados em triplicatas. Observa-se a aproximação dos valores, independentemente dos lotes.



Figura 35 – Cinzas obtidas em amostra bagaço de malte (MSM).

Fonte: Autores (2023).

Tabela 13 – Teores de (CZ) encontrados nos lotes de (BM) e (PPM) analisados, realizados em triplicatas.

	% CINZAS			
n° amostras	LT1	LT2	LT3	LT4
n1	4,020	3,790	3,540	2,990
n2	3,980	3,750	3,600	3,050
n3	4,060	3,830	3,490	3,080
MÉDIA	4,020	3,790	3,543	3,040

Fonte: Autores (2023).

* n_n – número de amostras;

* LT_n – número do lote.

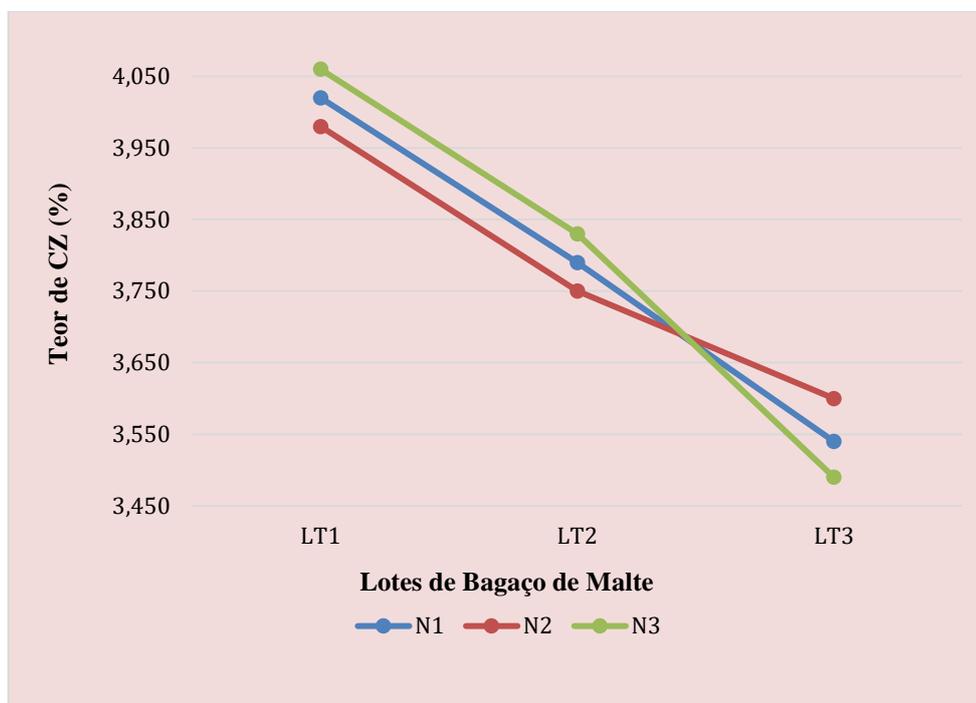


Figura 36 - Teores de (CZ) encontrados nos lotes de (BM) analisados, realizados em triplicatas.

Fonte: Autores (2023).

* N_n – número de amostras;

* LT_n – número do lote.

4.4 Teor de Nitrogênio Total e Proteína Bruta

As Tabelas 14 e 15, demonstram os resultados obtidos em cada lote de bagaço de malte e pó e palha analisados, para a determinação dos teores de nitrogênio total, Figura 37 e proteína bruta, Figura 38. Os resultados obtidos no teor de proteína bruta são semelhantes aos encontrados por Lana (2000) na Tabela 21.

Tabela 14 – Teores de (NT) encontrados nos lotes de (BM) e (PPM) analisados, realizados em triplicatas.

% NITROGÊNIO TOTAL				
n° amostras	LT1	LT2	LT3	LT4
n1	3,580	3,710	3,660	2,080
n2	3,810	3,760	3,740	2,090
n3	3,740	3,690	3,760	2,210
MÉDIA	3,710	3,720	3,720	2,127

Fonte: Autores (2023).

* n_n – número de amostras;

* LT_n – número do lote.

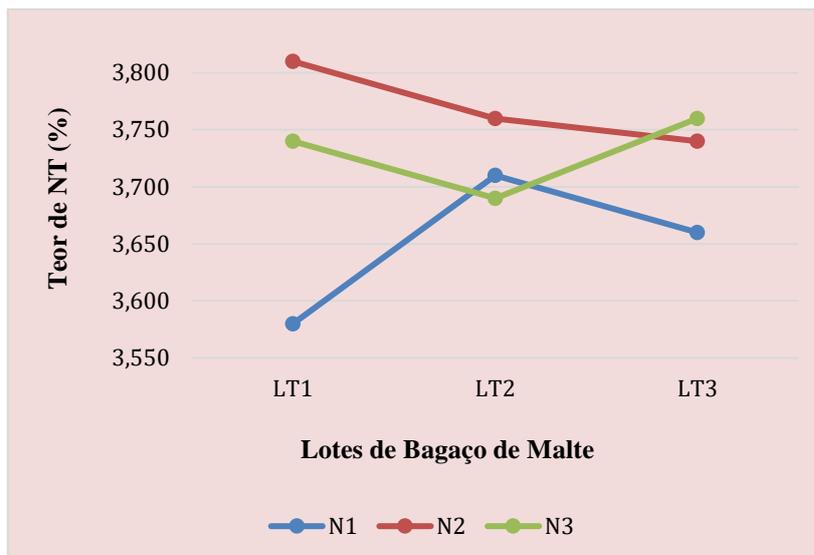


Figura 37 - Teores de (NT) encontrados nos lotes de (BM) analisados, realizados em triplicatas.

Fonte: Autores (2023).

*N_n – número de amostras;

*LT_n – número do lote.

Tabela 15 – Teores de (PB) encontrados nos lotes de (BM) e (PPM) analisados, realizados em triplicatas.

% PROTEÍNA BRUTA				
n° amostras	LT1	LT2	LT3	LT4
n1	22,440	23,190	22,890	13,056
n2	23,820	23,510	23,360	13,058
n3	22,750	23,090	23,520	13,819
MÉDIA	23,003	23,263	23,257	13,311

Fonte: Autores (2023).

*n_n – número de amostras;

*LT_n – número do lote.

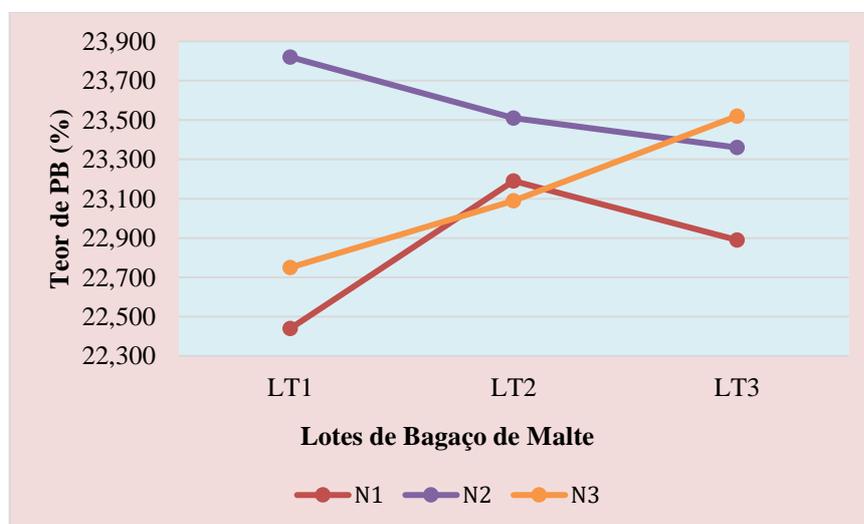


Figura 38 - Teores de (PB) encontrados nos lotes de (BM) analisados, realizados em triplicatas.

Fonte: Autores, (2023).

*N_n – número de amostras;

*LT_n – número do lote.

4.5 Teor de Lipídeos Totais ou Extrato Etéreo (base seca)

A Figura 25 ilustra os lipídeos extraídos das amostras de bagaço de malte secas e moídas. A Tabela 16 representa a porcentagem dos teores de (EE) em cada lote analisado de bagaço de malte (I, II, III) e o lote referente à pó e palha de malte (IV). Os valores encontrados, Figura 39, em todos os lotes de bagaço de malte ultrapassam os valores já determinados por Lana (2000) e Velasco et.al (2009), entre 6,2% a 6,5%.

Tabela 16 – Teores de (EE) encontrados nos lotes de (BM) e (PPM) analisados, realizados em triplicatas.

% EXTRATO ETÉREO/LIPÍDEOS/GORDURAS				
n° amostras	LT1	LT2	LT3	LT4
n1	12,310	9,840	10,210	2,570
n2	10,930	9,390	10,400	2,390
n3	10,000	9,430	10,180	2,070
MÉDIA	11,080	9,553	10,263	2,343

Fonte: Autores (2023).

*n_n – número de amostras;

*LT_n – número do lote.

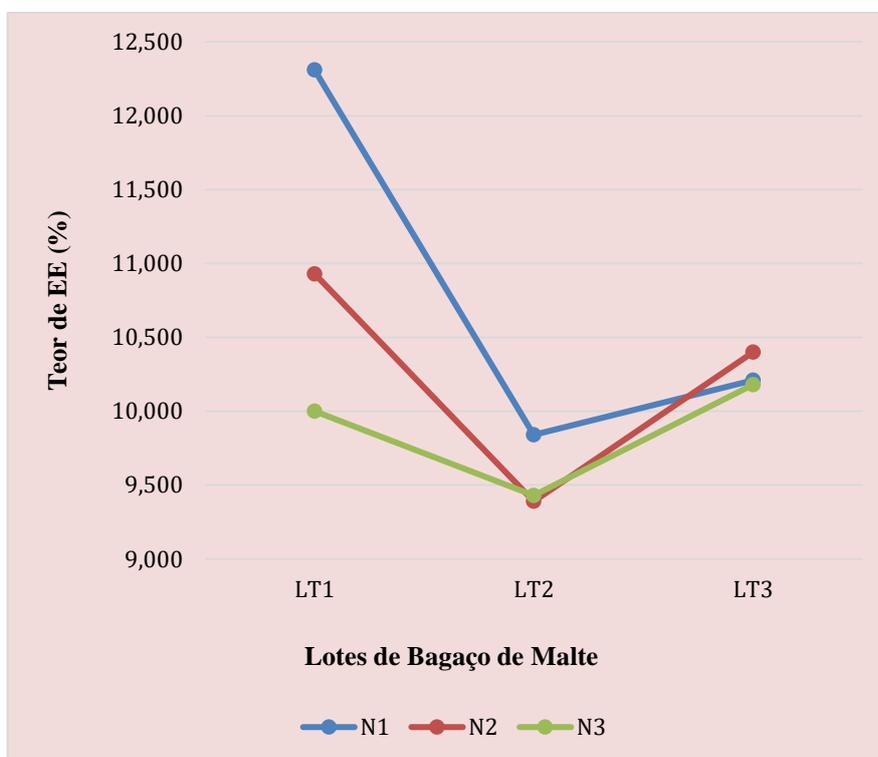


Figura 39 - Teores de (EE) encontrados nos lotes de (BM) analisados, realizados em triplicatas.

Fonte: Autores (2023).

*N_n – número de amostras;

*LT_n – número do lote.

4.6 Teor de Carboidratos

Já que para o cálculo de teor de carboidrato (ENN) presente em uma amostra, considera-se a diferença do teor de matéria seca total mais o somatório dos teores de proteína bruta, fibra bruta, extrato etéreo e cinzas, através de um balanço de massa por componentes. As amostras secas em estufa de bagaço de malte apresentaram um teor de ENN = 41,81% enquanto as amostras de bagaço de malte secas no desidratador apresentaram um teor de ENN = 43,02%. Está compatível pelos resultados obtidos por Velasco *et. al* (2009), onde o mesmo obteve-se de ENN = 40,80%.

4.7 Teor de Matéria Seca

Como o teor de matéria seca é determinado pela diferença do teor de umidade (massa do alimento menos a quantidade de água contida nela), através dela é feito o planejamento alimentar aos ruminantes produtivos, neste caso de estudo, os bovinos.

Os resultados obtidos são de 96,96% de matéria seca nas amostras de bagaço de malte secas em estufa e 96,63% de matéria seca na amostra de bagaço de malte seca no desidratador. Estes demonstram baixos índices de umidade finais.

Já os autores Velasco *et.al* (2009) e Lana (2000) encontraram respectivamente em seus estudos, teores de matéria seca de 93% e 92,80%. Demonstrando a importância de um alimento com um índice de umidade inferior à 10%, para melhor conservação e armazenamento do mesmo.

4.8 Estatísticas aplicadas nos Teores de NT, PB, EE, CZ, FB, ENN: Média Aritmética, Desvio Padrão e Desvio Absoluto Médio

A Tabela 17 é a representação dos dados estatísticos aplicados para cada teor analisado nos três lotes distintos de amostras de bagaço de malte secas em estufa. A média aritmética, desvio médio e desvio padrão são importantes para a interpretação dos resultados e prever situações futuras. Foram aplicados estes dados para os parâmetros de cinzas, nitrogênio total, proteína bruta, fibra bruta, lipídeos e carboidratos.

Tabela 17 – Aplicação de dados estatísticos em cada parâmetro analisado de bagaço de malte.

ANÁLISES ESTATÍSTICAS EM (BM) - Lotes I, II,II			
PARAMÊTROS	MÉDIA		
	ARITMÉTICA	DESVIO MÉDIO	DESVIO PADRÃO
% CZ	3,784	0,168	0,198
% NT	3,717	0,050	0,063
% PB	23,174	0,340	0,407
% EE	10,299	0,611	0,840
% FB	17,896	0,790	0,845
% ENN	41,805	2,309	2,452

Fonte: Autores (2023).

*BM – Bagaço de Malte;

*CZ – Cinzas;

*NT – Nitrogênio Total;

*PB – Proteína Bruta;

*EE – Extrato Etéreo;

*FB – Fibra Bruta;

*ENN – Extrativo Não Nitrogenado.

4.9 Análise Granulométrica, Série Peneiras Tyler em Amostras Secas Inteiras e Moídas Resíduo – Bagaço de Malte

Observando a Tabela 18, que é a interpretação da Tabela 6, a peneira de mesh igual à 60, com abertura da malha de 0,250mm, ficou retida a maior porção de amostra, 4,46g, (MSM).

Tabela 18 – Análise amostra passante e retida de bagaço de malte (MSM), série peneiras Tyler - LOTE I, II, III 10,01g (0,04 g perda)

MESH	an (mm)	Oversize (%)	Undersize (%)
14	1,180	0	100
24	0,710	0,2997	99,7003
35	0,425	6,6933	93,3067
60	0,250	40,9590	59,0410
65	0,212	27,6723	72,3277
100	0,149	14,6853	85,3147
FUNDO	-	9,2907	-
MÉDIA	-	100	-

Fonte: Autores, (2023).

- *Oversize – Porcentagem de material retida na tela da peneira;
- *Undersize – Porcentagem de material passante na tela da peneira;
- *an(mm) – Abertura peneiras em milímetros.

A Figura 40 é a representação gráfica da distribuição cumulativa undersize nas peneiras versus o tamanho da partícula.

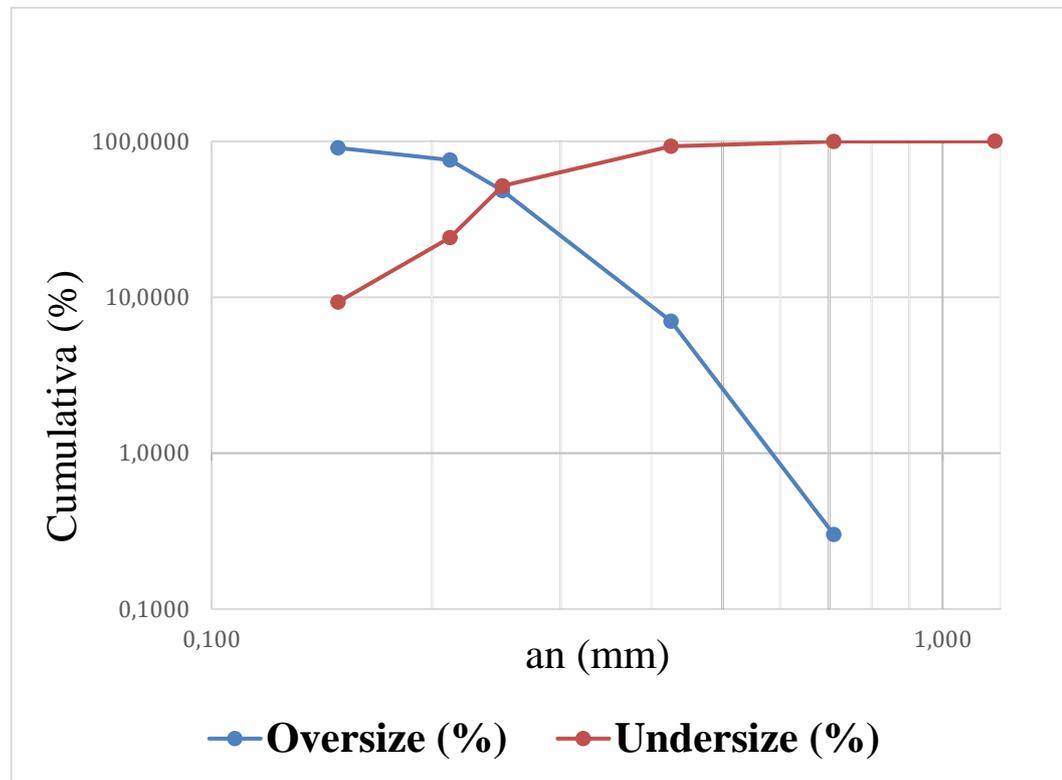


Figura 40 - Representação da distribuição cumulativa undersize versus tamanho das partículas.

Fonte: Autores (2023).

- *Oversize - material retido na tela da peneira;
- *Undersize – material passante na tela da peneira.;
- * an – abertura da peneira;
- *mm – diâmetro em milímetros.

O Diâmetro de Sauter obtido na caracterização do tamanho médio da partícula foi de 0,029802 cm.

4.10 Análise Físicas dos pellets (comprimento, diâmetro)

A Tabela 19 é o conjunto de dados (dez amostras) utilizados para a caracterização do comprimento e diâmetro interno dos pellets produzidos. Obtiveram então uma média de 0,88cm de comprimento e 0,31 cm de diâmetro interno.

Tabela 19 – Medidas dos pellets no paquímetro universal.

n ^o amostra	Comprimento (cm)	Diâmetro (cm)
1	1,00	0,40
2	0,98	0,30
3	0,80	0,30
4	0,70	0,30
5	0,80	0,30
6	0,90	0,30
7	0,99	0,30
8	0,85	0,30
9	0,98	0,30
10	0,80	0,30
MÉDIA	0,88	0,31

Fonte: Autores, (2023).

4.11 Balanço Energético nos Moinhos Utilizados

No processo de moagem o tempo total foi de 60 minutos para cada moinho e a potência do moinho de facas da Marconi[®] modelo MA 600 é de 370 watts, e o moinho de facas da Marconi[®] modelo MA 048 é de 700 watts, acarretando em consumo total desta etapa respectivamente de 0,37kWh e 0,7kWh.

4.12 Comparação Técnica e Interpretação dos Resultados

Foi feita uma observação visual, comparativa, com uma ração já peletizada, cujo nome é a PROLEITE 24% AE, produzido e embalado por Scalon & Cerchi LTDA, Figura 41. A mesma, é para bovinos em lactação, e em sua composição, foi adicionado farelo de soja, milho moído, farelo de algodão, além de outros compostos, como sais minerais e vitaminas. Sua composição se dá em: Umidade máxima de 12%, PB mínimo de 24%, EE mínimo de 2,4%, FB máximo de 8,9%, Ca mínimo de 1%, P mínimo de 5,3%, Na mínimo de 2,5%, entre outros informados em seu rótulo. A quantidade a ser fornecida varia de acordo com a condição corporal do animal e qualidade da forragem sendo em média 1 kg de ração para cada 2,5 kg de leite produzido. O fabricante informa ao manuseador, a condição de conservação do produto, onde, deve-se manter o produto armazenado em local seco, arejado e ao abrigo da luz solar, validade do produto, três meses pós fabricação. Observa-se, pellets de vários comprimentos, porém, com um diâmetro estabelecido (fixo).



Figura 41 – Ração peletizada (PROLEITE 24% AE), do fabricante Scalon & Cerchi LTDA.

Fonte: Autores (2023).

O Apêndice II deste trabalho, onde consta as Informações Nutricionais dos Lotes I, II, III – Resíduos do BM e Lote IV – Resíduo PPM, foi analisado por um zootecnista especialista em alimentação animal, comunicação verbal. No qual, os parâmetros obtidos indicam aplicação para bovinos de corte (UA) e em exigência para manutenção de vacas adultas (UA). Os insumos estudados podem ser utilizados como parte da ração dos animais ruminantes, tomando-se atenção pela diluição dos insumos de bagaço de malte pelos altos níveis de extrato etéreo (lipídios), já a palha e pó de malte pode ser incorporada. Para o uso desses coprodutos na alimentação de monogástricos, necessita-se de análises mais detalhada para aminoácidos e micotoxinas.

De acordo com Lana (2000), os lotes de BM seco ultrapassam o limite de 6,2% de EE, não devem ser diretamente utilizados, enquanto o teor de EE obtido no PPM pode ser administrado aos bovinos, Tabela 20.

Em comparação com o Ministério da Agricultura e do Abastecimento – MAPA (Brasil, 2000), todos os teores dos lotes de BM e PPM analisados, atendem as exigências de PB, para bovinos de corte adulto e em crescimento. Para FB, todos os lotes BM e PPM encontrados, não atingem as exigências estabelecidas, porém os volumosos suprem a fibra para motilidade ruminal. Montardo (1998) explica que maior relação na proporção de FDN (maior consumo) com a FDA (menor digestibilidade) indica bons alimentos para ruminantes.

Em comparação com os dados da literatura, Bertechini, (2006) e Montardo (1998), os níveis de Ca são baixos para atendimento das necessidades ao BM e PPM, necessita incorporar suplementos como exemplo calcário calcítico, mínimo de 0,26% e 18 g respectivamente. O Na

é suprido pela ingestão de sal mineral. Para o P total, todos os lotes de BM e PPM atendem as exigências para os bovinos de corte, mas não atendem a necessidade para vacas leiteiras. Para vacas leiteiras é necessário suplementar Mg, os coprodutos não atendem a exigência nutricional. Os níveis de Mn são baixos em todas as amostras, não atendem as demandas nutricionais. Carboidratos, energeticamente todos os coprodutos são deficitários para atendimento das exigências dos bovinos.

O elemento Se é um mineral classificado como micronutriente, e atua como um agente antioxidante no organismo dos bovinos, em muitos processos biológicos, incluindo: crescimento, produção de leite, imunidade e reprodução. A deficiência de Se na dieta dos ruminantes pode trazer alguns danos, assim como o excesso, que pode causar intoxicação. O método mais comum de suplementação de Se é por meio de misturas minerais, que são consumidas na concentração de 0,1 a 0,2 mg/kg por dia (Sanrc, 1983).

Tabela 20 - Composição Média dos Alimentos Concentrados, Cevada, resíduo de cervejaria.

Alimentos	Proteína (6,25N)			Energia Met.							
	M.S %	Total %	Digerido %	Extrato Etéreo %	Fibra %	Aves Kcal/kg	Ruminantes Kcal/kg	NDT %	Ca %	P %	Mn mg/kg
Caseína	90,00	81,80	79,40	0,50		4.120	3.146	87,00	0,61	0,99	4,00
Centeio	89,00	11,90	9,40	1,60	2,00	2.888	2.603	72,00	0,07	0,34	67,00
Cevada	89,00	9,70	7,30	2,20	6,20	2.330	2.639	73,00	0,06	0,40	16,00
Cevada, resíduo de cervejaria	92,80	23,30	16,80	6,20	15,60			61,90	0,29	0,48	
Cevada, resíduo úmido	27,70	5,70	4,20	1,60	3,60			16,10	0,07	0,12	
Citrus, farelo de polpa	90,00	6,60	3,50	4,60	13,00		2.506	69,00	1,96	0,12	6,00
Coco, farelo	93,00	20,40	17,30	6,60	12,00	1.764	2.723	77,00	0,21	0,61	55,00
Fígado, farinha	93,00	66,50	54,50	15,10	1,00			91,00	0,57	1,25	9,00
Girassol, farelo	94,30	49,50	45,00	4,90	5,00	2.310	2.186	71,00	0,26	1,22	23,00
Girassol, farelo com casca	93,00	41,00		7,60	13,00				0,43	1,04	22,00
Girassol, semente	93,60	16,80	13,90	25,90	29,00			76,00	0,17	0,52	22,00
Gergelim, farelo	93,00	47,90	43,60	5,10	5,00	2.646	2.522	71,00	2,03	1,29	46,00
Leite fresco	12,00	3,10	2,90	3,70			578,00	16,00	0,12	0,10	

Fonte: Lana (2000). Adaptada por Autores (2023).

*M.S – Matéria Seca;

*NDT - Nutrientes Digestíveis Totais;

*Ca – Cálcio;

*P – Fósforo;

*Mn – Manganês;

*% - Porcentagem;

4.13 Amostra bagaço de malte seca no Desidratador Pardal®

As amostras de bagaço de malte, secas no desidratador (referente ao lote V), Tabela 21, Apêndice I, apresentaram resultados das análises (bromatológicas e macro/micro minerais) semelhantes aos encontrados no sistema de secagem pelas estufas. Os principais teores a serem considerados em uma ração balanceada são a porcentagem de PB, ENN, EE, FB. O teor de PB foi de 25%, 10,5% de EE, 14,5% de FB, seguido de 43% de carboidratos.

Neste processo de secagem foi detectado os teores de Fl e Se, 10,3 mg/kg e 3,30 mg/kg respectivamente. O valor de Se e Fl encontram-se dentro do recomendado para a dieta dos ruminantes.

O Fl também é um elemento importante na dieta dos bovinos, porém é tóxico acima de 50 mg/kg de matéria seca, levando à morte (Antonello *et al.*, 2012).

5 CONCLUSÕES

Pode-se considerar que o alto teor de umidade do coproduto (bagaço de malte) limita seu uso, pois aumenta os custos de transporte e cria dificuldades no processo de armazenamento. Por isso deve-se considerar a etapa de secagem deste resíduo, para inibir o crescimento de microrganismos indesejáveis, bactérias, (bolores/fungos) para aumentar seu tempo de armazenagem.

Como a composição química dos resíduos de cerveja varia de um lote para outro, recomenda-se que sejam analisados antes da formulação da dieta.

Foram obtidos teores médios de 23,17% de proteína bruta, 10,30% de lipídeos totais, 3,78% de cinzas, 41,81% de carboidratos, 17,90% de fibra bruta no material residual bagaço de malte secos em estufa.

Os resíduos de cervejaria, tais como o bagaço, pó/palha de malte, apresentam bom valor nutricional e podem ser considerados uma boa fonte alternativa de alimentação para os ruminantes, neste caso, os bovinos. São uma boa fonte de proteína e fósforo.

Uma análise de caracterização das partículas é indispensável, pois o diâmetro influenciará em aspectos físico e químicos, e conseqüentemente na característica final na geração de novos produtos.

Para perspectivas futuras serão aderidas: Balanço energético mais detalhada dos equipamentos mais utilizados no laboratório (moinho, estufa, peletizador); Medição da dureza/teste de compressão nos pellets. Avaliação em um grupo de bovinos, a fim de se determinar a dieta específica e seu desempenho, limitação de consumo. Avaliação financeira do produto final (R\$ por unidade de massa); Projeção para escala industrial; Produção da ração proveniente do bagaço, pó e palha de malte para outros animais (coelhos, hamsters, aves, cães, gatos, peixes, entre outros); Utilização da matéria prima (bagaço, pó e palha de malte) para produção de barras de cereais para complemento nutricional em humanos; destinar/tratar outros resíduos da empresa.

6 REFERÊNCIAS

ABNT NBR 10007:2004. NORMA BRASILEIRA ABNT NBR 10007. **Amostragem de resíduos sólidos**. Sampling of solid waste. Segunda edição 31.05.2004.

ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas., 2003. NBR NM 248: Agregados - **Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro.

ALBERTINI, T. Z; MEDEIROS, S. R; GOMES, R. C; FELTRIN, G. **Exigências nutricionais, ingestão e crescimento de bovinos de corte**. Cartilha EMBRAPA. CAPITULO 08. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/120216/1/Nutricao-Animal-CAPITULO-08.pdf>>. Acesso em: 12 jul. 2023.

ANTONELLO, T. L; FISCHER, P. F; NASCIMENTO, V. F; ROSA, M. L; ROSSATO, C. K. **Intoxicação por flúor em bovinos**. XVII Seminário Interinstitucional de Ensino, Pesquisa e Extensão, XV Mostra de Iniciação Científica, X Mostra de Extensão. 2012. Universidade de Cruz Alta - Unicruz. Disponível em: <<https://home.unicruz.edu.br/seminario/downloads/anais/ccs/intoxicacao%20por%20fluor%20em%20bovinos%20E2%80%93%20revisao%20bibliografica.pdf>>. Acesso em: 08 nov. 2023.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis (Volume 1)**. 15th Ed., 1990. Disponível em: <<https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/aoac.methods.1.1990.pdf>>. Acesso em: 01 mai. 2023.

ARAÚJO, J.M.A. **Química de Alimentos**. Teoria e Prática. Viçosa, MG: Ed UFV. 2021.

BATISTA, E.A. **Estudo do processo de secagem do resíduo de Malte gerado na produção de cerveja**. Disponível em: <<file:///C:/Users/pmu/Downloads/PDF%20-%20Evandro%20Alves%20Batista.pdf>>. Acesso em: 05 mai. 2023.

BERTECHIN, A.G. **Nutrição de Monogástricos**. Ed. UFLA, 301 p., p.179-211. Universidade Federal de Lavras, 2006.

BLIGH, E. G. and DYER, W. J. **A rapid method of total lipid extraction and purification**. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*. 37: 911-917, 1959.

BOBBIO, P.A; BOBBIO, F.O. **Manual de Laboratório de Química de Alimentos**. São Paulo: Varela, 1995.

BRASIL. **Decreto n. 6871, de 04 de junho de 2009**. Regulamenta a Lei n.8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Acesso em: 05 mai. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento-MAPA. Secretaria de Apoio Rural e Cooperativista. **Normas e padrões de nutrição e alimentação animal**: revisão 2017. Brasília, DF, 2017.

CAPODIFOGGIO, B.F. **Peletização: benefícios e fatores que interferem na formação dos peletes.** AgroCeresMultimix. Disponível em: <[https://agroceresmultimix.com.br/blog/peletizacao-beneficios-e-fatores-que-interferem-na-formacao-dos-](https://agroceresmultimix.com.br/blog/peletizacao-beneficios-e-fatores-que-interferem-na-formacao-dos-peletes/#:~:text=A%20peletiza%C3%A7%C3%A3o%20consiste%20na%20transforma%C3%A7%C3%A3o,press%C3%A3o%20por%20um%20tempo%20determinado)

peletes/#:~:text=A%20peletiza%C3%A7%C3%A3o%20consiste%20na%20transforma%C3%A7%C3%A3o,press%C3%A3o%20por%20um%20tempo%20determinado>. Acesso em: 15 Jul, 2023.

CERVEJA E MALTE. **Como o malte influencia o sabor da cerveja.** Disponível em: <<https://cervejaemalte.com.br/>>. Acesso em: 02 abr. 2023.

CERVEJARIA AMBEV. **Os principais ingredientes da cerveja.** Disponível em: <<https://www.ambev.com.br/blog/categoria/cerveja/os-principais-ingredientes-da-cerveja/>>. Acesso em: 01 abr. 2023.

CHRIS, Wright (2007). **The Beer Journal.** Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=9mO9WUFJYv8C&pg=PA56&redir_esc=y#v=onepage&q&f. Acesso em: 02 abr. 2023.

CIABOTTI, S.; CAMPAGNOL, P. **Metodologias para disciplina análise de alimentos do curso superior de tecnologia em alimentos.** Instituto Federal do Triângulo Mineiro – IFTM.

CORDEIRO, L.G; EL-AOUAR, A.Â; GUSMÃO, R.P. **Caracterização do bagaço de Malte oriundo de cervejarias.** Disponível em: <<file:///C:/Users/pmu/Downloads/DialnetCaracterizacaoDoBagacoDeMalteOriundoDeCervejarias-7419858.pdf>>. Acesso em: 05 mai. 2023.

CT MINERAL. Centro de Tecnologia Mineral Prof. José Yvan Pereira Leite. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Rio Grande do Norte. **Preparação de Amostras.** Disponível em: <http://ctmineral.ifrn.edu.br/prep_amostras.php>. Acesso em: 15 jul. 2023.

CUNHA, M.F. **Metodologias para disciplina ciência de alimentos III do curso superior de Nutrição.** Universidade de Uberaba – UNIUBE. Julho, 2007.

EMBRAPA. **Principais deficiências minerais em bovinos de corte.** Disponível em: <<https://old.cnpgc.embrapa.br/publicacoes/doc/doc112/034icose.html>>. Acesso em: 10 nov. 2023

FERNANDES, B.S.; SOUZA, T.F.; JUNIOR, C.C.M.F. **Balanco de Energia no Processo de Secagem e Moagem de Fibras de Cocos.** Conem 2008, V Congresso Nacional de Engenharia Mecânica. Salvador-BA.

FERRARI, V. **Mercado De Cervejas No Brasil.** Pontifícia Universidade Católica Do Rio Grande Do Sul. Face: Faculdade De Administração, Contabilidade E Economia, Porto Alegre 2008. Disponível em: <<http://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/2545/1/000402795-Texto+Completo-0.pdf>> Acesso em: 01 abr. 2023.

FERRANDO, J. K. **Valor nutritivo do bagaço de cevada como aditivo em silagem de milho.** Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Ciências Agrárias. Curso de Zootecnia, Florianópolis 2015. Disponível em > https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/156645/Josiane_2015_1.pdf?sequence=1 < Acessado dia 10 de junho de 2023.

FERREIRA, R.H.; VASCONCELOS, M.C.R.L.; JUDICE, V.M.M.; NEVES, J.T.R. **Inovação na fabricação de cervejas especiais na região de Belo Horizonte**. Perspectivas em Ciência da Informação, n. 16, p. 171-191, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pci/v16n4/v16n4a11>>. Acesso em: 01 abr. 2023.

GONÇALVES, L.C; BORGES, I; FERREIRA, P.D.S. **Alimentos para Gado de Leite**. FEPMVZ-Editora Belo Horizonte, 2009. CAPÍTULO 9. 139-148p.

GRUPO PETRÓPOLIS. Disponível em: <<https://www.grupopetropolis.com.br/grupo-petropolis-anuncia-primeiro-envase-da-quinta-linha-de-latas-da-fabrica-de-uberaba/>> Acesso em: 01 abr. 2023.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. (2008). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos** (Vol. IV). (O. Zenebon, N. Sadocco, & P. Tiglea, Eds.) São Paulo, Brasil: Instituto Adolfo Lutz. Disponível em: <http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/analisedealimentosial_2008.pdf>. Acesso em: 01 mai. 2023.

JANZEL, G.T; TEIXEIRA, M.A.S; LIMA, A.H.A; MONTÃO, D.P; ROSS, T.B; CORREA, G.R; CERQUEIRA, V.D; JÚNIOR, P.S.B. **Intoxicação por etanol em bovinos alimentados com bagaço de malte acrescido de levedura de cerveja**. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pvb/a/S65FzhP7n5QRvgVdDPjrGYf/?lang=pt>>. Acesso em: 10 Jun. 2023.

LABFERT ANALISES. Disponível em: <<https://www.labfert.agr.br/>>. Acesso em: 15 Jul, 2023.

LANA, R.P. **Sistema Viçosa de Formulação de Rações** - 5ª Edição, Ed. UFV, Universidade Federal de Viçosa, 2000.

MACEDO, G.A. **Bioquímica Experimental de Alimentos**. São Paulo: Varela, 2005.

MALTA, P.C.C; CURY, J.C. **Reaproveitamento do Bagaço de Malte proveniente da produção de cerveja artesanal para produção de composto orgânico**. Publicado no I Congresso Nacional On-line de Conservação e Educação Ambiental. Disponível em: <https://editoraime.com.br/revistas/index.php/rema/article/view/1774>. Acesso em: 12 Jun. 2023.

MASSARDI. M.M; MASSINI. R.M.M; SILVA. D.J; **Caracterização química do bagaço de malte e avaliação do seu potencial para obtenção de produtos de valor agregado**.

MATOS, R.A.G. **Produção de cervejas artesanais, avaliação de aceitação e preferência, e panorama do mercado**. UFSC, 2011. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/25472>>. Acesso em: 05 abr. 2023.

MEDEIROS, S. R; MARINO, C. T. **Carboidratos na nutrição de gado de corte**. Cap. IV. Nutrição de bovinos de corte, fundamentos e aplicações. Portal Embrapa. Brasília, 2015. Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/120040/1/Nutricao-Animal-livro-em-baixa.pdf>>. Acesso em: 20 ago.2023.

MONTARDO, O.V. **Alimentos e alimentação do rebanho leiteiro**. Guaíba: Agropecuária, 1998.

MULT CONSULTORIA. **Etapas da produção de cerveja**. Disponível em: <<https://consultoriainmult.com.br/blog/etapas-da-producao-de-cerveja/>>. Acesso em: 15 Jul, 2023.

SANTOS, S. P. **Os primórdios da cerveja no Brasil**. Ateliê Editorial. 1 ed, Cotia, 2003.

SANRC. SUBCOMMITTEE ON SELENIUM COMMITTEE ON ANIMAL NUTRITION BOARD ON AGRICULTURE NATIONAL RESEARCH COUNCIL **Effects of Excess Selenium**. Selenium in Nutrition, National Academy Press, Washington, p. 109-110, 1983.

SCOLARO, F. D. M.; SALMAN, A. K. D.; CRUZ, P. G. da; ALVEZ, G. T. **Meta-análise das características físico-química do Bagaço de Malte e seu potencial para alimentação animal**. 2019. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1116243/meta-analise-das-caracteristicas-fisico-quimica-do-bagaco-de-malte-e-seu-potencial-para-alimentacao-animal>>. Acesso em: 10 Jun. 2023.

SILVA, H.A; LEITE, M.A; PAULA, A.R.V. **Cerveja e sociedade**. Contextos da Alimentação – Revista de Comportamento, Cultura e Sociedade Vol. 4 no 2 – março de 2016. Disponível em:<http://www3.sp.senac.br/hotsites/blogs/revistacontextos/wpcontent/uploads/2016/03/73_CA_artigo_revisado.pdf>. Acesso em: 05 mai. 2023.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, C. A.; SILVEIRA, N. F. A. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. Livraria Varela, São Paulo. 3ª ed , 2007. 245p.

SILVA, P.H.A.; FARIA, F.C. **Avaliação da intensidade de amargor e do seu princípio ativo em cervejas de diferentes características e marcas comerciais**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, n. 28, p. 902-906, 2008. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/cta/v28n4/a21v28n4.pdf>>. Acesso em: 01 abr. 2023.

SINDICERV. Sindicato Nacional da Indústria da Cerveja. **Como é feita a cerveja**. Disponível em: <<https://www.sindicerv.com.br/como-e-feita-a-cerveja/>>. Acesso em: 01 mai. 2023.

SITANAKA, N, Y. **Importância do programa amostral para análises de micotoxinas**. Disponível em: <<https://www.portaldogronegocio.com.br/gestao-rural/analise-de-mercado/artigos/importancia-do-programa-amostral-para-analises-de-micotoxinas>>. Acesso em: 10 out. 2023.

SOARES, A. **Entenda o que é a Análise Estatística e saiba como aplicá-la em seus projetos**. Disponível em: <<https://www.voitto.com.br/blog/artigo/analise-estatistica>>. Acesso em: 01 ago. 2023.

TOMBINI, C. GODOY, J.S.S; MELLO, J.M.M; JUNIOR, F.R.S.M; LAJÚS, C.R; COSTELLA, M.F; DALCANTON, F. **Análise da gestão do resíduo bagaço de malte em cervejarias da região oeste e extremo oeste do estado de Santa Catarina**. Disponível em: <<https://conjecturas.org/index.php/edicoes/article/view/1089>>. Acesso em: 09 abr. 2023.

UNIVERSO DA SAÚDE ANIMAL. **Animais ruminantes têm sistema digestivo diferente! Entenda como ele funciona**. Blog, 2021. Disponível em: <

<https://www.universodasaudeanimal.com.br/pecuaria/animais-ruminantes-tem-sistema-digestivo-diferente-entenda-como-ele-funciona/#:~:text=Bovinos%20caprinos%20ovinos%20b%C3%BAfalos,e%20degluti%C3%A7%C3%A3o%20dos%20alimentos%20ingeridos>>. Acesso em: 08 agosto, 2023.

VANDERZANT, C.; SPLITTSTOESSER, D. F. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 3ed. Washington: American Public Health Association, 1999.

VELASCO, F.O; GONÇALVES, L.C; TEIXEIRA, A.M; FARIA, W.G; MAGALHÃES, F.A. **Resíduo cervejeiro para gado leiteiro**. Alimentos para Gado de Leite. CAPÍTULO 9. p.139-151, 2009.

VIEIRA, T. **Ração como fonte de nutrição e saúde animal**. Artigo publicado em CELTA BRASIL, 26.08.2021. Disponível em: < <https://www.celtabrasil.com.br/2021/08/26/racao-como-fonte-de-nutricao-e-saude-animal/>>. Acesso em: 16 Jul, 2023.

VOGLER. Blog Brasil. Ingredientes para indústrias de alimentos, bebidas e pet-food. **Como usar a goma xantana em alimentos**. Disponível em: <https://vogler.com.br/como-usar-a-goma-xantana-em-alimentos/#:~:text=A%20goma%20xantana%20%C3%A9%20muito,com%20baixo%20teor%20de%20gordura>. Acesso em: 22 dez. 2023.

WE CONSULTORIA. **Como fazer cerveja - Matéria prima**. Disponível em: <<https://www.comofazercerveja.com.br/materia-prima-cerveja>>. Acesso em: 10 abr. 2023.

7. APÊNDICE I – TABELA DE DADOS

Tabela 21 – Informações Nutricionais Lote V - Resíduo do Bagaço de Malte (amostra seca no desidratador Pardal® New Hobby à 60°C).

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL DA AMOSTRA DO BAGAÇO DE MALTE SECA NO DESIDRATADOR PARDAL®		
PARÂMETROS	RESULTADOS (BM) - LOTE V 5M11A23	MÉTODO DE ANÁLISE
Umidade Inicial	71,96%	Analizador de Umidade Mettler Toledo HE53
Matéria Seca Inicial	28,04%	Diferença do Teor de Umidade
Umidade Final	3,37%	Analizador de Umidade Mettler Toledo HE53
Matéria Seca Final	96,63%	Diferença do Teor de Umidade
pH mosto cervejeiro	4,68	pHmetro Digital Gehaka PG2000
Cinzas	3,47%	AOAC (1990)
Extrato Etéreo/Lipídeos	10,48%	AOAC (1990)
Nitrogênio Total	1,56%	AOAC (1990)
Proteína Bruta	25,22%	AOAC (1990)
Fibra Bruta	144,36g/kg	CBAA Método I, 18
FDA	220,98g/kg	CBAA Método I, 19
FDN	618,09g/kg	CBAA Método I, 20
Cálcio	10,02g/kg	CBAA Método I, 40
Ferro	196,75mg/kg	CBAA Método I, 40
Potássio	0,20g/kg	CBAA Método I, 40
Sódio	0,24g/kg	CBAA Método I, 40
Fósforo Total	4,15g/kg	CBAA Método I, 23
Cobre	2,55mg/kg	CBAA Método I, 40
Boro	10,60mg/kg	CBAA Método I, 41
Cobalto	69,85mg/kg	CBAA Método I, 40
Enxofre	5,95 g/kg	CBAA Método I, 10
Magnésio	1,81g/kg	CBAA Método I, 40
Manganês	56,75mg/kg	CBAA Método I, 40
Molibdênio	0,90mg/kg	CBAA Método I, 40
Zinco	104,75mg/kg	CBAA Método I, 40
Flúor	10,37mg/kg	CBAA Método I, 21
Selênio	3,30mg/kg	CBAA Método I, 49
ENN	43,02%	Balanço de Massa por Componentes

Fonte: Autores (2023).

8. APÊNDICE II - TABELA DE DADOS

Tabela 22 – Informações Nutricionais Lotes I, II, III – Resíduo do Bagaço de Malte (amostras secas em estufa) e Lote IV - Pó e Palha de Malte.

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL EM AMOSTRAS DO BAGAÇO DE MALTE/PÓ E PALHA DE MALTE					
PARÂMETROS	RESULTADOS				MÉTODO DE ANÁLISE
	BM LOTE I - 1M6A23	BM LOTE II - 2M7A23	BM LOTE III - 3M7A23	PPM LOTE IV - 4M7A23	
Umidade Inicial	71,77%	66,79%	68,74%	2,39%	Analisador de Umidade Mettler Toledo HE53
Matéria Seca Inicial	28,23%	33,21%	31,26%	97,61%	Diferença do Teor de Umidade
Umidade Final	4,47%	2,56%	2,09%	2,39%	Analisador de Umidade Mettler Toledo HE53
Matéria Seca Final	95,53%	97,44%	97,91%	97,61%	Diferença do Teor de Umidade
Cinzas	4,02%	3,79%	3,54%	3,00%	AOAC (1990)
Gorduras/Lipídeos	11,08%	9,55%	10,26%	2,34%	AOAC (1990)
Nitrogênio Total	3,71%	3,72%	3,72%	2,13%	AOAC (1990)
Proteína Bruta	23,00%	23,26%	23,25%	13,31%	AOAC (1990)
Fibra Bruta	190,81 g/kg	174,35 g/kg	171,71 g/kg	90,23 g/kg	CBAA Método I, 18
FDA	324,9 g/kg	312,06 g/kg	310,29 g/kg	132,45 g/kg	CBAA Método I, 19
FDN	722,95 g/kg	689,39 g/kg	687,41 g/kg	359,61 g/kg	CBAA Método I, 20
Cálcio	1,79 g/kg	1,70 g/kg	1,78 g/kg	1,16 g/kg	CBAA Método I, 40
Ferro	196,15 mg/kg	194,90 mg/kg	192,40 mg/kg	133,35 mg/kg	CBAA Método I, 40
Potássio	0,23 g/kg	0,32 g/kg	0,19 g/kg	1,05 g/kg	CBAA Método I, 40
Sódio	0,60 g/kg	0,45 g/kg	0,52 g/kg	0,68 g/kg	CBAA Método I, 40
Fósforo Total	3,93 g/kg	3,81 g/kg	3,87 g/kg	3,25 g/kg	CBAA Método I, 23
Cobre	8,95 mg/kg	7,35 mg/kg	10,15 mg/kg	11,40 mg/kg	CBAA Método I, 40
Boro	29,15 mg/kg	9,35 mg/kg	18,50 mg/kg	29,40 mg/kg	CBAA Método I, 41
Cobalto	15,15 mg/kg	14,85 mg/kg	15,75 mg/kg	9,30 mg/kg	CBAA Método I, 40
Enxofre	5,68 g/kg	5,01 g/kg	5,05 g/kg	5,20 g/kg	CBAA Método I, 10
Magnésio	1,71 g/kg	1,78 g/kg	1,81 g/kg	1,43 g/kg	CBAA Método I, 40
Manganês	52,70 mg/kg	52,40 mg/kg	54,65 mg/kg	38,80 mg/kg	CBAA Método I, 40
Molibdênio	4,25 mg/kg	2,05 mg/kg	8,10 mg/kg	1,15 mg/kg	CBAA Método I, 40
Zinco	128,10 mg/kg	117,30 mg/kg	112,75 mg/kg	89,15 mg/kg	CBAA Método I, 40
Flúor	não detectado	não detectado	não detectado	não detectado	CBAA Método I, 21
Selênio	não detectado	não detectado	não detectado	não detectado	CBAA Método I, 49
ENN	38,35%	43,40%	43,69%	69,94%	Balanco de Massa por Componentes

Fonte: Autores (2023).

