

## Resíduo úmido de cervejaria - estudo meta-analítico da composição bromatológica

Maicon de Candido Tessaro<sup>1</sup>, Miguelangelo Ziegler Arboitte<sup>2</sup>, Juliana Muliterno Thurow<sup>3</sup>, Liliane Cerdotes<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Graduação em Engenharia Agrônoma pelo Instituto Federal Catarinense Campus Santa Rosa do Sul, Brasil

<sup>2</sup>Doutorado em Zootecnia pela Universidade Federal de Santa Maria, Brasil (2010). Coordenador do Curso de Bacharelado em Zootecnia do Instituto Federal Catarinense Câmpus Santa Rosa do Sul, Brasil (miguelangelo.arboitte@ifc.edu.br)

<sup>3</sup>Doutorado em Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil (2016). Professor do Ensino Básico, Técn. e Tecnológ. do IFC - Campus Santa Rosa do Sul, Brasil

<sup>4</sup>Doutorado em Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pela Universidade Estadual Paulista - Câmpus de Jaboticabal, Brasil (2007). Professora do EBTT do Instituto Federal Catarinense - Campus Santa Rosa do Sul, Brasil

Histórico do Artigo: Submetido em: 24/03/2026 – Revisado em: 20/05/2026 – Aceito em: 23/05/2026

### RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo realizar a meta-análise da composição bromatológica do resíduo úmido cervejeiro, evidenciando tanto seu potencial nutricional, quanto suas limitações. Foi realizada revisão sistemática em 29 artigos de revistas indexadas no Science Direct, PubMed, Periódicos Capes, Scielo e Google acadêmico, aplicando filtros: texto completo, open access e todos os idiomas. A matéria orgânica apresentou baixa variabilidade (95,4 a 97,78%; CV = 0,78%), indicando consistência entre pesquisas. Entretanto, a proteína bruta demonstrou amplitude relevante entre estudos, 18,5% à 32,57%, refletindo diferenças nos processos de produção de cerveja e na eficiência da remoção de extrato durante a mosturação, o que compromete a previsibilidade nutricional do coproduto. As frações fibrosas apresentaram heterogeneidade entre estudos, a FDN variou amplamente, enquanto a FDA mostrou dispersão moderada, CV= 12,8% e 11,7% respectivamente, ambas afetando diretamente a digestibilidade, concentrada entre 68% e 73%. Essa variabilidade também impactou a NDT, sendo reduzida nos estudos com maiores teores de fibras estruturais. O alto teor de fibras reforça sua adequação para ruminantes, porém não recomenda sua substituição total da fração proteica. As inconsistências metodológicas, a escassez de dados de minerais e a ausência de padronização das análises laboratoriais limitaram a robustez estatística da meta-análise. Sua elevada umidade permanece como principal fator limitante, dificultando seu transporte, armazenamento e aumento do risco de deterioração. Apesar do seu potencial zootécnico, seu uso requer cautela e avaliação prévia obrigatória para maior efetividade do seu uso nas formulações de dieta animal.

**Palavras-Chaves:** Bagaço de malte, Alimentação animal, composição química.

### Brewers' spent grain: A meta-analytical study of its proximate composition

### ABSTRACT

The objective of this study was to perform a meta-analysis of the bromatological composition of wet brewery residue, highlighting both its nutritional potential and its limitations. A systematic review was conducted on 29 articles from journals indexed in Science Direct, PubMed, Capes Journals, Scielo, and Google Scholar, applying filters: full text, open access, and all languages. Organic matter showed low variability (95.4 to 97.78%; CV = 0.78%), indicating consistency between studies. However, crude protein showed significant variation between studies, ranging from 18.5% to 32.57%, reflecting differences in beer production processes and the efficiency of extract removal during mashing, which compromises the nutritional predictability of the co-product. The fiber fractions showed heterogeneity between studies, with NDF varying widely, while ADF showed moderate dispersion, CV = 12.8% and 11.7%, respectively, both directly affecting digestibility, which ranged between 68% and 73%. This variability also impacted TDN, which was reduced in studies with higher structural fiber contents. The high fiber content reinforces its suitability for ruminants, but does not recommend its total replacement of the protein fraction. Methodological inconsistencies, scarce mineral data, and the absence of standardization of laboratory analyses limited the statistical robustness of the meta-analysis. Its high moisture content remains the main limiting factor, hindering its transport and storage and increasing the risk of deterioration. Despite its zootechnical potential, its use requires caution and mandatory prior evaluation for greater effectiveness in animal diet formulations.

**Keywords:** Brewer's spent grain, Animal nutrition, Chemical composition.

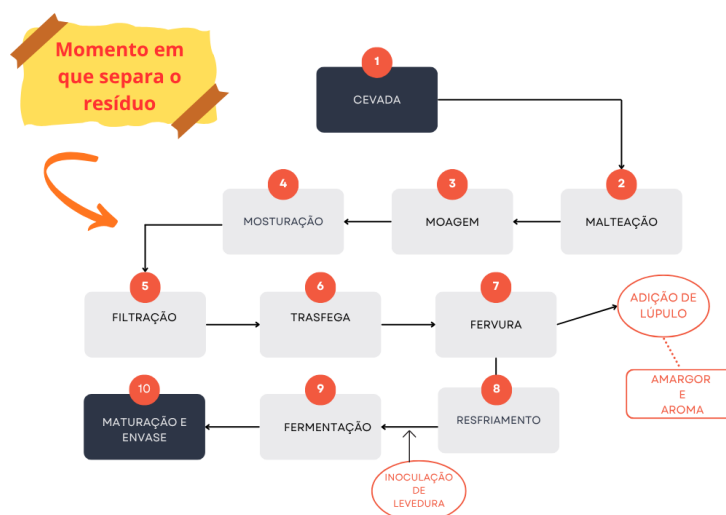
Tessaro, M. de C., Arboitte, M. Z., Thurow, J. M., & Cerdotes, L. Resíduo úmido de cervejaria: Estudo meta-analítico da composição bromatológica. Revista Universitária Brasileira. 2026;4(3):120 – 139.



## 1. Introdução

O resíduo úmido da cervejaria ou bagaço do malte, é o coproduto da produção da cerveja, uma das bebidas alcoólicas mais consumidas no mundo e sua fabricação envolve processos biotecnológicos milenares, divididos em etapas como a maltagem, a brasagem, a fermentação, a maturação, a filtração e o envase<sup>1</sup> (Figura 1). A produção inicia com a maltagem do grão, podendo ser cevada ou trigo, que consiste na germinação e logo após a secagem, para conversão do amido em açúcares fermentáveis<sup>2</sup>. Na brasagem, o malte é moído e misturado à água aquecida a temperatura determinada para que ocorra a extração de açúcares<sup>3</sup> essa mistura é então filtrada, separando o bagaço do malte da parte líquida (mosto), e fervida juntamente com o lúpulo, trazendo amargor, aroma e propriedades conservantes<sup>4</sup>. Após o resfriamento, o mosto é inoculado com leveduras que realizarão a fermentação alcoólica, logo mais, a cerveja é maturada, filtrada e envasada.

**Figura 1** – Fluxograma da produção de cerveja artesanal  
 Figure 1 – Flow diagram of craft beer production



Fonte: O autor (2025)

Source: Author

O resíduo úmido de cervejaria, é oriundo após as etapas de mosturação e esgotamento dos grãos maltados moídos, momento em que já foram retirados os compostos solúveis desejados para a cerveja<sup>5</sup>. Durante o processo, o resíduo úmido atua também como meio filtrante, trata-se do principal resíduo sólido da produção, representando aproximadamente 85% do total de resíduos gerados<sup>5</sup>. Disponível ao longo de todo o ano, geralmente com custos muito baixos, e elevado valor nutricional para a utilização na alimentação animal<sup>6</sup>.

Segundo dados do Observatório FIESC (2022), no estado de Santa Catarina o número de estabelecimentos industriais cervejeiros aumentou sete vezes nos últimos dez anos<sup>7</sup>, conseqüentemente há maior geração de resíduos cervejeiros, também denominado BSG (brewer's spent grain), sendo este, rico em fibras e proteínas que se configura como coproduto industrial de baixo valor agregado, mas com potencial para fins nutricionais quando adequadamente tratado e incorporado em dietas animais.

Estima-se que, a cada 100 Kg de grãos utilizados, sejam gerados entre 125 e 130 Kg de bagaço úmido, com teor de umidade variando de 80 a 85%, que equivale cerca de 14 a 20 Kg de bagaço úmido para cada hectolitro de cerveja fabricado<sup>8</sup>, estimando a produção de 14 bilhões de litros<sup>9</sup>, o resíduo gerado seria no montante de 7 mil toneladas.

O aproveitamento de resíduos da indústria cervejeira na alimentação de ruminantes tem despertado interesse crescente no meio científico e produtivo, pelo seu valor proteico e energético<sup>10</sup>. O elevado teor de umidade presente no bagaço de malte representa limitação significativa a sua utilização, uma vez que eleva os custos de transporte e dificulta o armazenamento adequado do material, motivo pelo qual deve ser incluído na dieta dos animais tão pronto chegue na propriedade, motivo pelo qual a sua composição bromatológica deve ser conhecida, para que o nutricionista possa adequar a dieta dos animais, evitando assim a proliferação de microrganismos indesejáveis, como bactérias, fungos e bolores<sup>11</sup>.

Não há clareza perante a legislação sobre as terminologias resíduo e subproduto, no entanto esses termos trazem a ideia de inferioridade ou até mesmo algo contaminante, devido a isso a comunidade acadêmica nacional e internacional vem empregando o termo coproduto, ressaltando assim seu verdadeiro potencial<sup>12</sup>.

A meta-análise é uma ferramenta de pesquisa que permite identificar lacunas em estudos podendo determinar o rumo dos investimentos da pesquisa<sup>13</sup>. Consistindo em um método estatístico a ser empregado para analisar, sintetizar e integrar resultados de estudos como o objetivo de evitar vieses. A sistematização, por sua vez, consiste na revisão planejada destinada a responder a perguntas específicas, utilizando métodos explícitos e sistemáticos para identificar, selecionar e avaliar criticamente os estudos, bem como coletar e analisar dados<sup>14</sup>.

Diante do expressivo número de estudos publicados sobre a composição bromatológica do resíduo úmido de cervejaria, a meta-análise permite avaliar dados compilados e identificar eventuais desvios na composição, reunindo resultados de diversos experimentos. Essa abordagem fornece médias, desvios padrão, erros padrão e coeficientes de variação para parâmetros como proteína bruta, extrato etéreo, fibras em detergente neutro e ácido, além dos nutrientes digestíveis totais do resíduo de cervejaria, facilitando o cálculo da dieta de forma mais ágil e precisa, com custo e benefícios na pesquisa, melhorando a utilização dos recursos<sup>15</sup>, sendo ambientalmente mais correto pois evita o uso de produtos químicos e poluentes para determinar a composição bromatológicas já realizadas.

## 2. Referencial Teórico

### 2.2 Definição e destinação

Entende-se como definição de cerveja o documento principal sendo o decreto 9.902/2019

O Decreto nº 9.902/2019, Art. 36. define cerveja como bebida resultante da fermentação, a partir da levedura cervejeira, do mosto de cevada malteada ou de extrato de malte, submetido previamente a um processo de cocção adicionado de lúpulo ou extrato de lúpulo, hipótese em que uma parte da cevada malteada ou do extrato de malte poderá ser substituída parcialmente por adjunto cervejeiro<sup>16</sup>.

A indústria resulta em significativa geração de resíduos sólidos, sendo o resíduo úmido cervejeiro (RUC) o principal subproduto. Estima-se que a quantidade de RUC gerada seja 32,02% superior à quantidade de cevada empregada na etapa inicial da fabricação da bebida, evidenciando o setor cervejeiro como grande gerador de coprodutos<sup>17</sup>.

A utilização de resíduos agroindustriais na alimentação de ruminantes, como o RUC, representa alternativa viável para redução de custos com alimentação, especialmente em regiões brasileiras onde sua disponibilidade é elevada, como nas regiões Sul e Sudeste do país<sup>18</sup>.

### 2.3 Composição bromatológica do resíduo de cervejaria

O RUC apresenta composição nutricional com potencial ingrediente na alimentação animal. A composição do resíduo úmido de cervejaria pode ser representada por: 10% de gorduras, 22% de proteínas, 35% de hemicelulose, 20% de celulose, 10% de lignina e 3% de cinzas<sup>19</sup>. Já outros autores caracterizaram a composição química do bagaço de malte, com valores de 15,99% de celulose, 29,92% de hemicelulose, 20,80% de lignina, 21,16% de proteínas, 3,76% de cinzas e 8,33% de extrativos<sup>20</sup>.

Como característica superior os resíduos cervejeiros úmidos e fermentados contêm maior teores de ácido linoleico (C18:2) que o farelo de soja<sup>17</sup>. O ácido linoleico, que é caracterizado por ser insaturado, cujo ponto de fusão é de -5°C, tem importância na alimentação animal, sendo considerado um dos ácidos graxos essenciais, pois a sua deficiência pode causar atrasos no crescimento dos animais<sup>21</sup>, auxiliando no bloqueio da prostaglandina F2 $\alpha$ , hormônio, quando não bloqueado por estímulo do embrião causa morte embrionária, reduzindo as taxas de concepção<sup>22</sup>.

Apesar de seu potencial, o RUC possui alta umidade, frequentemente superior a 70%, o que favorece a rápida deterioração e limita sua armazenagem e transporte. Para contornar esse problema, o RUC pode ser prensado, resultando num produto com 25 a 30% de matéria seca, ou também pode ser secado até 8 a 12% de umidade, resultando assim, no resíduo seco de cervejaria (RSC). Dessa forma os teores de proteína e de nutrientes, excluindo o amido, são concentrados no resíduo, em comparação com o cereal do qual se originou<sup>23</sup>.

### 2.4 Aplicações na alimentação animal

Em bovinos, o RUC tem sido estudado como alternativa viável de suplemento na alimentação, seja por seu alto valor proteico<sup>24</sup>. Substituições de até 35% da silagem de milho por RUC em dietas de terminação de bovinos em confinamento apresentaram resultados promissores, além de potencial na melhora da qualidade da carne, como maior maciez e estabilidade oxidativa, atribuídos aos polifenóis presentes<sup>25</sup>.

Entretanto, deve-se considerar a limitação no uso em dietas de ruminantes. Cerca de metade da fração de fibra em detergente neutro (FDN) presente na parede celular é degradada no rúmen e apenas 33% do FDN pode ser classificado como fibra efetiva. Dessa forma, o RUC não deve ser utilizado como substituto das forragens, embora possa colaborar com a fração fibrosa da dieta dos ruminantes<sup>23</sup>.

Utilizando o resíduo cervejeiro em substituição ao alimento concentrado na alimentação de cordeiros confinados em fase de terminação, recomenda-se que essa substituição não ultrapasse o limite de 31,1%, pois níveis superiores a esse podem interferir negativamente no consumo de matéria seca pelos animais pelo aumento da concentração de FDN na dieta, resultando em menor ganho de peso<sup>17</sup>.

### 2.5 Cuidados e riscos no uso do RUC

Apesar de seus benefícios, o uso do RUC deve ser realizado com cautela, foram avaliados casos de enfermidades que ocorreram em bovinos após a ingestão de resíduos de cervejaria, bagaço de malte e levedo, onde ocorreu intoxicação por etanol contido no levedo cervejeiro, por *Aspergillus clavatus*<sup>26</sup>, devido a contaminação por fungos e bolores provenientes do indevido armazenamento, acidose ruminal causada pelo uso excessivo e mudança drástica na alimentação, e um dos poucos casos de intoxicação botulínica devido a um resíduo contaminado. Dessa forma o uso do resíduo cervejeiro na dieta animal, deve respeitar os cuidados com o armazenamento, a quantidade administrada e o manejo desse produto<sup>27</sup>.

Além disso, deve-se considerar o perfil mineral do resíduo, pois apresenta baixos níveis de sódio e potássio, o que deve ser considerado ao substituir o farelo de soja, podendo precisar de suplementação desses

minerais na dieta animal<sup>28</sup>. Por outro lado, ele é rico em selênio e aparentemente mais disponível comparado a uma fonte inorgânica, sendo assim, quando suplementado juntamente com vitamina E, pode favorecer o sistema imune de vacas leiteiras, reduzindo assim a incidência de problemas reprodutivos e mastite<sup>28</sup>. Analisou-se a qualidade nutricional do resíduo armazenado em diferentes períodos e condições, e constatou que no período de até 20 dias, não apresentou diferença significativa na qualidade nutritiva<sup>29</sup>.

### 3. Material e Método

Para a execução do estudo meta-analítico, foi realizada revisão sistemática, onde foi encontrado vários trabalhos referentes ao tema, porém a maioria não apresentava as informações necessárias para a meta-análise. Sendo assim, um total de 29 artigos foram selecionados, publicados nos últimos trinta anos, entre 1994 até 2025, em revistas indexadas no Science Direct, PubMed, Periódicos Capes, Scielo e Google acadêmico. As seguintes palavras-chave foram utilizadas nas pesquisas: “Resíduo úmido cervejeiro na alimentação animal”, “Composição química do resíduo úmido de cervejaria”, “Bagaço de malte; “RUC”; “composição bromatológica do RUC”; “Resíduo de cervejaria”; “Brewer’s spent grain (BSG) animal food”; “BSG composition”; “BSG proximate analysis”; “Wet brewery residue composition”; “Brewery waste chemical composition”. Além disso, aplicaram-se os filtros: texto completo, open access e todos os idiomas.

Foram avaliados os percentuais das variáveis bromatológicas de Proteína Bruta (PB), Nutrientes Digestíveis Totais (NDT), Matéria Mineral (MM), Extrato Etéreo (EE), Matéria Seca (MS), Extrativos Não Nitrogenados (ENN), Matéria Orgânica (MO), Fibra Detergente Neutra (FDN), Fibra Detergente Ácida (FDA), Carboidratos Totais (CHOT), Carboidratos Não Fibrosos (CNF), Digestibilidade, Cálcio (Ca), Fósforo (P) e Potássio (K). Algumas variáveis que faltaram em alguns estudos, foram determinados através de equações.

Para determinar a concentração do NDT foi utilizada equação propostas por Capelle *et al*<sup>30</sup> para alimentos em que utiliza a participação da FDA em alimentos concentrados (Equação 1).

$$NDT\% = 74,49 - (0,5635 \times FDA) \quad (1)$$

Onde: NDT: nutrientes digestíveis totais; FDA: fibra detergente ácida

Para determinar a participação de carboidratos totais foi utilizada a fórmula proposta por Sniffen *et al.*<sup>31</sup> (Equação 2).

$$CHOT (\%MS) = 100 - [PB (\%MS) + EE(\%MS) + MM(\%MS)] \quad (2)$$

Onde: CHOT: carboidratos totais, PB: proteína bruta, EE: extrato etéreo, MM: matéria mineral, MS: matéria seca.

Para os carboidratos não fibrosos foi utilizada a fórmula proposta pela NCR<sup>32</sup> (Equação 3).

$$CNF \% = 100\% - (PB\% + FDN\% + EE\% + CZ\%) \quad (3)$$

Onde: CNF: carboidratos não fibrosos, PB: proteína bruta, FDN: fibra detergente neutra, EE: extrato etéreo, CZ: matéria mineral.

Para determinar a digestibilidade foi utilizada fórmula de regressão<sup>31</sup> (Equação 4).

$$DMS = 88,9 - (0,779 \times FDA(\%)) \quad (4)$$

Onde: DMS: digestibilidade da matéria seca, FDA: fibra detergente ácido

Essas informações foram arquivadas em uma base de dados elaborada em planilha Excel® (Quadros 1, 2, 3, e 4), para a realização posteriormente das análises estatísticas de desvio padrão, variância, coeficiente de variação, erro padrão, moda, média e mediana realizadas no software Past 5,3<sup>33</sup>. As variáveis foram separadas e agrupadas com as que precisaram ser calculadas, e posteriormente foram retirados os valores discrepantes.

Quadro 1 - Variáveis observadas e calculadas para proteína bruta (PB), nutrientes digestíveis totais (NDT), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), Digestibilidade, carboidratos totais (CHOT) e carboidratos não fibrosos (CNF), referentes ao resíduo úmido cervejeiro (RUC).

Quadre 1: Observed and calculated variables for crude protein (CP), total digestible nutrients (TDN), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), digestibility, total carbohydrates (TCHO), non-fiber carbohydrates (NFC) regarding the BSG.

AUTOR	PB %	NDT Obs. %	NDT Calc .%	FDN %	FDA %	DIGE ST. %	CHOT Obs. %	CHOT Calc. %	CNF Obs. %	CNF Calc. %
ABID et al, 2022 <sup>34</sup>	28,90	-	62,71	48,20	20,90	72,62	-	-	-	8,90
ALMEIDA et al, 2017 <sup>35</sup>	18,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ARAÚJO et al, 2016 <sup>36</sup>	22,72	-	61,15	63,92	23,67	70,46	-	63,38	-	-
BARCELOS, 2012 <sup>37</sup>	23,40	-	60,51	62,10	24,80	69,58	-	-	-	-
BROCHIER e CARVALHO, 2009 <sup>17</sup>	24,60	-	-	55,00	-	-	-	-	-	-
CABRAL FILHO, 1999 <sup>38</sup>	24,80	-	61,02	59,90	23,90	70,28	-	-	-	-
CHENG et al, 2024 <sup>39</sup>	25,62	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CHIN et al, 2024 <sup>40</sup>	22,70	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COSTA et al, 1994 <sup>41</sup>	30,92	<b>77,64</b>	63,88	48,60	18,83	74,23	-	-	-	6,38
FERRO et al, 2020 <sup>42</sup>	26,03	-	-	50,63			61,42	61,43	10,79	10,80
FRASSON et al, 2016 <sup>43</sup>	24,44	66,12	61,81	55,98	22,51	71,36	60,21	-	-	4,23
GERON et, 2007 <sup>18</sup>	31,69	-	60,50	59,65	24,82	69,56	60,22	60,22	-	0,57
GILAVERTE et al, 2011 <sup>44</sup>	26,10	-	-	62,10	-	-	-	-	-	-
MAROCCO et al, 2020 <sup>45</sup>	21,30	-	59,89	64,00	25,90	68,72	-	-	-	-
MENDONÇA,	29,92	-	-	58,00	-	-	-	-	-	-

2012 <sup>46</sup>										
NEGASH, 2021 <sup>47</sup>	29,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RANT et al, 2018 <sup>48</sup>	25,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SANTANA, 2023 <sup>11</sup>	26,25	13,86	71,77	<b>8,82</b>	<b>4,83</b>	<b>85,14</b>	-	-	-	-
SILVA et al, 2010 <sup>49</sup>	20,30	-	<b>4,10</b>	58,00	-	-	-	65,70	-	7,70
SILVA et al, 2014 <sup>50</sup>	29,27	-	58,01	47,76	29,24	66,12	-	-	-	14,57
SOUZA et al, 2015 <sup>51</sup>	23,5	-	-	65,65	-	-	-	-	-	-
SOUZA, 2013 <sup>52</sup>	23,14	-	61,70	61,12	22,70	71,22	66,15	66,19		5,07
WEST e MARTIN, 1994 <sup>53</sup>	29,60	-	61,70	65,50	22,70	71,22	-	-	-	-

Fonte: O autor (2025)

Source: Author

Os quadros 1 e 2, mostram resultados bromatológicos analisados em estudos com apenas uma amostra correspondente a cada trabalho do RUC.

Quadro 2 - Variáveis observadas e calculadas para matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), matéria seca (M.S), extrativos não nitrogenados (ENN), matéria orgânica (MO), cálcio (Ca), fósforo (P), potássio (K) no resíduo úmido cervejeiro (RUC).

Quadre 2: Observed and calculated variables for Ash (MM), Ether Extract (EE), Dry Matter (DM), Nitrogen-Free Extract (NFE), Organic Matter (OM), Calcium (Ca), Phosphorus (P), and Potassium (K) in BSG.

AUTOR	MM Obs. %	MM Calc. %	EE %	MS %	ENN %	MO %	Ca %	P %	K %
ABID et al, 2022 <sup>34</sup>	4,10	-	9,90	22,20	-	-	-	-	-
ALMEIDA et al, 2017 <sup>35</sup>	3,23	-	6,40	-	-	-	<b>0,008</b>	0,49	0,16
ARAÚJO et al, 2016 <sup>36</sup>	-	-	4,75	<b>89,55</b>	-	<b>90,85</b>	-	-	-
BARCELOS, 2012 <sup>37</sup>	-	-	-	19,90	-	-	-	-	-
BROCHIER e CARVALHO, 2009 <sup>17</sup>	-	-	-	22,60	-	-	0,33	0,55	-
CABRAL FILHO, 1999 <sup>38</sup>	-	-	8,80	-	-	-	0,24	-	-
CHENG et al, 2024 <sup>39</sup>	5,21	-	7,13	-	-	-	-	-	-
CHIN et al, 2024 <sup>40</sup>	0,05	-	9,00	-	-	-	-	-	-
COSTA et al, 1994 <sup>41</sup>	3,69	-	10,41	<b>15,54</b>	38,63	-	0,32	0,60	-
FERRO et al, 2020 <sup>42</sup>	-	3,24	9,30	<b>91,58</b>	-	96,76	-		-
FRASSON et al, 2016 <sup>43</sup>	8,67	8,67	6,68	27,51	-	<b>91,33</b>	0,23	0,70	-
GERON et, 2007 <sup>18</sup>	-	2,63	5,46	23,45	-	97,37	-	-	-
GILAVERTE et al, 2011 <sup>44</sup>	4,60	4,60	-	20,70	-	95,40	-	-	-

MAROCCO et al, 2020 <sup>45</sup>	5,76	-	-	<b>83,30</b>	-	-	-	-	-
MENDONÇA, 2012 <sup>46</sup>	-	3,84	-	27,50	-	96,16	-	-	-
NEGASH, 2021 <sup>47</sup>	4,50	-	9,10	26,00	-	-	-	-	-
RANT et al, 2018 <sup>48</sup>	3,70	-	5,90	26,10	-	-	-	-	-
SANTANA, 2023 <sup>11</sup>	-	-	<b>1,36</b>	21,00	-	-	0,07	<b>0,12</b>	0,02
SILVA et al, 2010 <sup>49</sup>	-	-	9,90	22,00	-	95,90	-	-	-
SILVA et al, 2014 <sup>50</sup>	-	3,00	5,40	22,08	-	97,00	-	-	-
SOUZA et al, 2015 <sup>51</sup>	-	2,26		23,96	-	97,74	-	-	-
SOUZA, 2013 <sup>52</sup>	4,34	4,30	6,37	18,30	-	95,70	-	-	-
WEST e MARTIN, 1994 <sup>53</sup>	-	-	6,80	-	-	-	<b>0,63</b>	0,76	0,01

Fonte: O autor (2025)

Source: Author

Nos quadros 3 e 4, apresentam estudos com mais de um tratamento, tendo diferentes amostras dentro da mesma pesquisa, mostrando que algumas variáveis já apresentam diferenças visíveis entre si, como os valores de PB no trabalho de Marcus e Fox<sup>53</sup>, FDA e FDN em Terefe<sup>55</sup> (Quadro 3). Os valores em destaque nos quadros, foram identificados como outliers e removidos das análises estatísticas subsequentes.

Quadro 3 - Variáveis observadas e calculadas para proteína bruta (P.B), nutrientes digestíveis totais (NDT), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), digestibilidade da MS. (DIGEST) referentes ao resíduo úmido cervejeiro (RUC).

Quadre 3: Observed and calculated variables for crude protein (CP), total digestible nutrients (TDN), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), digestibility (DIGEST) regarding the BSG.

AUTOR	P.B %	NDT Obs. %	NDT Calc. %	FDN %	FDA %	DIGEST. %
KORMANN, 2019 <sup>29</sup>	21,93	-	-	-	-	-
	22,01	-	-	-	-	-
	22,05	-	-	-	-	-
	22,27	-	-	-	-	-
	21,31	-	-	-	-	-
MARCUS e FOX, 2021 <sup>54</sup>	<b>10,00</b>	-	-	-	-	-
	26,70	-	-	-	-	-
MELO, 2021 <sup>56</sup>	29,00	74,10	60,91	48,90	24,10	70,13
	25,90	66,10	62,77	49,60	20,80	72,69
	32,00	<b>76,00</b>	61,53	50,00	23,00	70,98
	29,20	67,40	62,66	57,50	21,00	72,54
SCHEID e GUERIOS, 2022 <sup>57</sup>	31,80	74,00	62,49	43,80	21,30	72,31
	26,00	69,40	59,56	54,00	26,50	68,26
	27,60	70,60	62,71	44,50	20,90	72,62
	31,70	68,90	59,89	47,80	25,90	68,72

TEREFE, 2022 <sup>55</sup>	32,57	-	62,54	45,47	21,20	72,38
	27,35	-	-	-	-	-
	31,75	-	58,15	51,95	29,00	66,31
	28,60	-	58,71	53,70	28,00	67,09
	27,80	-	62,94	62,91	20,50	72,93
	32,10	-	61,81	43,50	22,50	71,37
	22,48	-	67,67	<b>26,40</b>	<b>12,10</b>	79,47
	26,50	-	60,29	63,00	25,20	69,27
THAI, 2022 <sup>58</sup>	20,69	-	-	-	-	-
	21,66	-	-	-	-	-

Fonte: O autor (2025)

Source: Author

Para garantir a robustez e a validade dos resultados da modelagem, realizou-se análise para identificar e tratar valores atípicos (outliers), destacados em negrito nos quadros 1, 2, 3 e 4 da base de dados, foi utilizado o método do intervalo interquartil. Foram definidos como outliers os valores que se encontravam abaixo do limite inferior (Equação 5) ou acima do limite superior (Equação 6), desta forma, foram retirados simultaneamente da base de dados de cada variável.

$$Q1 - (1,5 \times IQR) \quad (5)$$

Onde: Q1: primeiro quartil, IQR: intervalo interquartil.

$$Q3 + (1,5 \times IQR) \quad (6)$$

Onde: Q3: terceiro quartil, IQR: intervalo interquartil.

Quadro 4 - Variáveis observadas e calculadas para matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), matéria seca (M.S), extrativos não nitrogenados (ENN), matéria orgânica (MO), cálcio (Ca), fósforo (P), potássio (K) no resíduo úmido cervejeiro (RUC).

Quadre 4: Observed and calculated variables for Ash (MM), Ether Extract (EE), Dry Matter (DM), Nitrogen-Free Extract (NFE), Organic Matter (OM), Calcium (Ca), Phosphorus (P), and Potassium (K) in BSG.

AUTOR	MM, Obs. %	MM, Calc. %	EE, %	MS, %	ENN, %	MO, %	Ca, %	P, %	K, %
KORMANN, 2019 <sup>29</sup>	2,88	2,88	-	24,8	-	97,12	-	-	-
	3,11	3,11	-	23,86	-	96,89	-	-	-
	2,22	2,22	-	25,28	-	97,78	-	-	-
	2,89	2,89	-	25,02	-	97,11	-	-	-
	3,11	3,11	-	24,64	-	96,89	-	-	-
MARCUS e FOX, 2021 <sup>54</sup>	1,20	-	3,00	-	-	-	-	-	-
	4,60	-	10,60	-	-	-	-	-	-
MELO, 2021 <sup>56</sup>	-	-	9,50	24,60	41,10	-	0,35	0,69	0,15

	-	-	7,00	24,90	43,50	-	0,30	0,58	0,16
	-	-	9,50	24,50	49,00	-	0,31	0,57	0,09
			7,40	25,60	43,50		0,51	0,80	
SCHEID e GUERIOS, 2022 <sup>57</sup>	-	-	6,90	<b>15,60</b>	41,10	-	-	-	-
	-	-	7,80	<b>9,20</b>	43,50	-	-	-	-
	-	-	5,70	<b>12,30</b>	49,00	-	-	-	-
	-	-	6,60	<b>14,70</b>	43,50	-	-	-	-
TEREFE, 2022 <sup>55</sup>	-	-	-	23,36	-	-	-	-	-
	-	-	-	24,15	-	-	-	-	-
	-	-	-	24,50	-	-	-	-	-
	-	-	-	24,10	-	-	-	-	-
	-	-	-	25,75	-	-	-	-	-
	-	-	-	22,60	-	-	-	-	-
	-	-	-	24,27	-	-	-	-	-
THAI, 2022 <sup>58</sup>	3,64	-	8,43	<b>97,00</b>	-	-	-	-	-
	3,57	-	8,27	<b>98,70</b>	-	-	-	-	-

Fonte: O autor (2025)

Source: Author

Com o auxílio do programa Past<sup>33</sup>, foi possível também identificar os outliers, realizar o teste de normalidade 95%, calcular desvio padrão, variância, coeficiente de variação, erro padrão, moda, média e mediana e construção dos gráficos.

Para identificação dos outliers no programa os dados foram transferidos para página inicial e seguido os seguintes comandos: Selecciona os dados; univariate; outlier tests, multiple outliers, (Figura 2).

Figura 1 - Análise de outliers no programa PAST 5.333 da variável proteína bruta (PB).

Figure 2: Outlier analysis in the PAST 5.3<sup>33</sup> software from crude protein (CP) variable.

Single outlier		Multiple outliers		
The 20% most extreme values are shown.				
R>Rcrit (p <0.05) marked in pink.				
Row	Value	R	Rcrit	Outlier
41	10	3,568	3,112	Yes
44	18,5	2,01	3,103	No
33	32,57	1,696	3,094	No
38	32,1	1,642	3,085	No
16	32	1,687	3,076	No
18	31,8	1,708	3,067	No
35	31,75	1,778	3,057	No
21	31,7	1,859	3,047	No
10	31,69	1,968	3,036	No

Fonte: O autor (2025)

Source: Author

Na figura 2 mostra a identificação de um outlier através do programa PAST<sup>33</sup> na variável PB, onde aparece destacado em rosa. Assim esse foi retirado da base de dados para obter resultados mais precisos na meta-análise.

Para realização do teste de normalidade 95%, o qual foi aplicado a todos os dados, utilizou os comandos: Selecionou os dados; plot; XY graph; marcar as opções points e 95% ellipses. Outro teste de normalidade foi utilizado seguindo: seleção dos dados; univariate; normality tests; Shapiro-Wilk W.

Para os cálculos de moda, média, mediana, erro e desvio padrão, variância e coeficiente de variação, aplicou os comandos: selecionar dados; univariate; summary statistics. Para a construção de gráficos aplicou os comandos: selecionar dados; plot; XY graph; marcou a opção “points”.

#### 4. Resultados e Discussão

Foram incluídos 29 artigos, e um montante de 329 observações, 24 delas, representando 7,3 % da amostra original, foram classificadas como outliers e subsequentemente removidas do *dataset* final utilizado para a construção do modelo. A variável M.S, foi a mais representativa, sendo removido um total de 10 dados, devido aos estudos realizarem análises tanto com resíduo úmido, quanto com resíduo seco.

A composição bromatológica do RUC, apresenta grandes variações em determinados aspectos, demonstrados pelo alto coeficiente de variação (CV) nas variáveis CNF (tabela 1), MM (tabela 2), Ca e K (tabelas 3), reconhecidos na literatura, os quais se relacionam diretamente às diferenças encontradas nos processos de produção da cerveja, como a proporção de malte, adjuntos adicionados, lavagem dos grãos e filtração. Podemos ver essas variações nas tabelas abaixo:

Tabela 1- Análises realizadas para proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), extrativos não nitrogenados (ENN), carboidratos totais (CHOT), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), nutrientes digestíveis totais (NDT) e digestibilidade.

Table 1- Analyses were performed for crude protein (CP), ether extract (EE), nitrogen-free extract (NFE), total carbohydrates (TC), neutral detergent fiber (ADF), total digestible nutrients (TDN), and digestibility.

Parâmetros	N	Mín.	Máx.	Média	Mediana	Moda	E.P.	D.P	Var.	C.V.
PB, %	47	18,50	32,57	26,17	26,03	29,60	0,56	3,81	14,54	14,57
EE, %	28	3,00	10,60	7,57	7,26	NA	0,36	1,89	3,56	2,49
ENN, %	9	38,63	49,00	43,65	43,50	43,5	1,15	3,45	11,94	7,92
CHOT, %	11	60,21	66,19	63,12	63,38	60,22	0,75	2,49	6,21	3,95
CNF, %	9	0,57	14,57	7,67	7,70	NA	1,39	4,17	17,41	54,42
FDN, %	31	43,50	65,65	54,93	55,00	NA	1,27	7,05	49,75	12,84
FDA, %	25	18,83	29,24	23,59	23,00	NA	0,55	2,75	7,59	11,67
NDT, %	31	58,01	70,60	62,53	61,80	NA	0,57	3,19	10,15	5,10
Digest %	15	66,12	74,23	70,65	70,46	NA	0,54	2,08	4,31	2,94

Fonte: O autor, 1025

Source: Author

A média de PB do RUC foi de 26,17±3,81%, considerado moderado, isso pode ser justificado devido a diversidade de matérias-primas, e pela eficiência do processo de extração do mosto<sup>59</sup>, o qual durante a brasagem ativa enzimas proteolíticas que quebram as proteínas em moléculas solubilizáveis pela água a temperatura de 45 a 55° C, conseguindo solubilizar de 35 a 40% das proteínas do malte<sup>60</sup>. Essa proteína é denominada “by-pass”, que significa que ela é predominantemente digerida no abomaso e no intestino, ao invés do rúmen, sendo mais bem aproveitada pelo animal.<sup>34</sup>

Este valor médio de proteína eleva o RUC à categoria de concentrado proteico, posicionando-o como um ingrediente superior a muitas forragens e silagens e como substituto parcial para farelos convencionais em dietas animais<sup>23</sup>.

O E.E, com média de  $7,57 \pm 1,89\%$ , confere ao RUC valor significativo de lipídios. Estudos indicam que teores lipídicos podendo chegar até 12%, apresentam boa digestibilidade para monogástricos, desde que encorpados dentro dos limites de inclusão da dieta<sup>27</sup>. Já em ruminantes, por outro lado, requer maior cautela, o excesso de E.E pode comprometer o ambiente ruminal ao interagir diretamente as partículas de fibra e reduzir a atividade dos microrganismos, o que interfere a digestibilidade e produção ácidos graxos.<sup>17</sup>

O bagaço de cervejaria mantém características que permitem seu uso seguro em dietas desde que balanceadas especialmente em bovinos<sup>19</sup>. É fundamental considerar o teor de gordura da dieta, evitando combinação com outros ingredientes ricos em lipídios, por tanto a adição do RUC pode aumentar moderadamente a energia da dieta sem ultrapassar os limites críticos, desde que sua inclusão seja bem planejada.<sup>23</sup> A média de FDN,  $54,93 \pm 7,05\%$  e FDA,  $23,59 \pm 2,75\%$  demonstram que o RUC é um alimento com alta proporção de parede celular.

A alta FDN implica que o RUC é predominantemente recomendado à alimentação de ruminantes, nos quais os microrganismos do rúmen são capazes de digerir eficientemente a celulose e, principalmente, a hemicelulose, liberando energia para o animal.<sup>38</sup> Para monogástricos, o alto teor de FDN é o principal fator limitante, pois restringe a inclusão na dieta devido à redução da digestibilidade e do consumo voluntário.<sup>23</sup>

Os valores de CHOT variam de 60,21% a 66,19%, com média de  $63,12 \pm 2,49\%$ , indicando excelente consistência entre os estudos analisados. A distribuição de dados é praticamente homogênea, sem valores extremos relevantes, essa estabilidade demonstra que a fração de carboidratos do RUC é pouco afetada por variações industriais, reforçando o perfil como ingrediente fibroso.

No presente estudo, os valores médios de NDT (62,53%), se encontram dentro da literatura, que menciona esse coproduto com digestibilidade intermediária a elevada, especialmente às frações de proteínas e carboidratos não fibrosos. A etapa da brassagem rompe parte das estruturas da cevada malteada, favorecendo o acesso das enzimas digestivas e dos microrganismos do rúmen, o que contribui para o aumento da digestibilidade da M.O do RUC. Isso explica os valores de NDT observados nos diferentes estudos.<sup>27</sup> A digestibilidade, apresentou média de  $70,65 \pm 2,08\%$  e menor variabilidade, o que torna este parâmetro a estimativa mais estável para o RUC na literatura. Sua proporção fibrosa é superior à de outros subprodutos, porque parte da parede celular sofre degradação durante o processo cervejeiro de forma térmica e química.<sup>17</sup>

Tabela 2 - Análises realizadas para matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e matéria orgânica (MO).

Table 2: Analyses performed for dry matter (DM), mineral matter (MM), and organic matter (OM).

Parâmetros	N	Mín.	Máx.	Média	Mediana	Moda	E.P.	D.P	Var.	C.V.
MS, %	31	18,30	27,51	23,85	24,20	NA	0,37	2,07	4,27	8,67
MM, %	31	1,20	5,76	3,50	3,24	3,11	0,17	0,97	0,94	27,75
MO, %	13	95,40	97,78	96,70	96,89	96,89	0,21	0,75	0,56	0,78

Fonte: O autor, 2025

Source: Author

Apesar do alto valor nutricional, a característica de alta umidade do RUC, média de 23,85% de MS, impõe desafios logísticos e de segurança alimentar. O produto é altamente perecível, e sua manipulação e estocagem inadequadas, sobretudo em climas tropicais, elevam o risco de contaminação.

O risco de micotoxinas é uma das principais preocupações, com relatos de intoxicação por *Aspergillus clavatus* em ovinos e bovinos decorrente do consumo de resíduos contaminados<sup>27</sup>. A toxina produzida por este fungo pode induzir quadros de neurotoxicose letal nos animais, exigindo controle rigoroso, manejo e armazenamento adequado.<sup>26</sup>

Alternativas como a fermentação, ensilagem ou processos de secagem do RUC são métodos viáveis de conservação que também podem influenciar positivamente a digestibilidade e as características ruminais do animal.<sup>18</sup>

A MO foi a variável que menos sofreu variações entre os estudos, CV de 0,78%, mostrando que o processo produtivo da cerveja não altera o seu valor, trazendo homogeneidade entre estudos, isso consolida o RUC como um alimento de alto valor nutritivo.

Tabela 3 - Análises realizadas para cálcio (Ca), fósforo (P) e potássio (K).  
Table 3- Analysis performed for calcium (Ca), phosphorus (P), and potassium (K).

Parâmetros	N	Mín.	Máx.	Média	Mediana	Moda	E.P.	D.P	Var.	C.V.
Ca, %	9	0,07	0,51	0,29	0,31	NA	0,04	0,12	0,01	39,53
P, %	9	0,49	0,80	0,64	0,60	NA	0,03	0,10	0,01	16,33
K, %	6	0,01	0,16	0,10	0,12	0,16	0,03	0,07	0,005	70,87

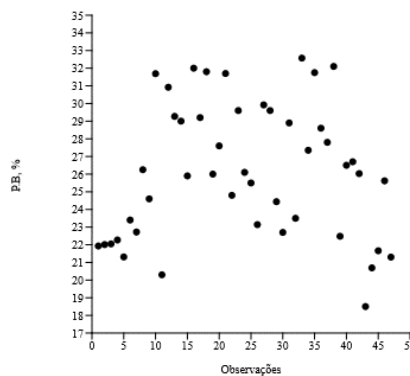
Fonte: O autor, 2025  
Source: Author

Estudos mostram a baixa concentração de Ca, sendo necessário suplementação, principalmente em bovinos leiteiros, mas com uma boa fonte de fósforo e baixos níveis de potássio, o que deve ser analisado e ajustado conforme a dieta e a categoria animal.<sup>11</sup> Em contrapartida, o excesso de potássio pode levar ao acúmulo de oxalatos no rúmen que acabam diminuindo a disponibilidade de cálcio para os animais, podendo trazer alguns transtornos, como a febre do leite<sup>61</sup>. Poucos estudos analisaram micronutrientes no RUC, devido a insuficiência de dados não foram incluídos nesse trabalho.

Conforme a figura 3 que demonstra a dispersão dos dados da PB é observado, que os valores estão distribuídos entre 21 e 33%, indicando uma considerável amplitude entre os estudos. Isso se explica devido as diferenças que ocorrem no processo de produção, como tipo de malte utilizado, proporção de grãos e adjuntos ou mesmo a eficiência na extração de compostos solubilizados, fatores já reportados na literatura como, que destacam a existência de oscilações nos teores de PB devido a heterogeneidade na padronização industrial entre diferentes cervejarias.<sup>27</sup> Dependendo do lote, o RUC pode apresentar desde um perfil mais proteico até um mais fibroso.

Figura 2 - Avaliação da variável proteína bruta (P.B).

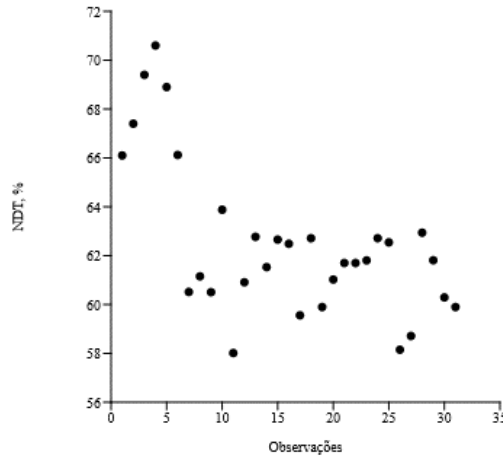
Figure 3: Crude protein (CP) evaluation.



Fonte: O autor, 2025.  
Source: Author

A dispersão referente ao NDT (Figura 4), transmite uma visível heterogeneidade moderada de valores distribuídos entre 58 e 71%. Como já descrito acima, também nos mostra que essa variável é dependente do processo de produção da cerveja. As fibras interferem diretamente os valores de NDT, de modo geral, amostras com FDN e FDA mais altos reduzem o valor da NDT, refletindo uma menor disponibilidade energética, enquanto níveis menores das frações fibrosas favorecem o aumento de NDT, obtendo um maior aproveitamento dos carboidratos fermentáveis pelo rúmen.<sup>38</sup> Essa variação indica que a contribuição energética do RUC pode oscilar entre níveis moderados e elevados.

Figura 3 - Avaliação de nutriente digestíveis totais (NDT).  
 Figure 4: Evaluation of total digestible nutrients (TDN).

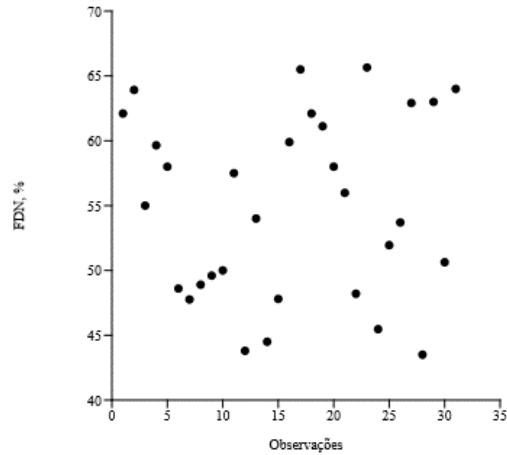


Fonte: O autor, 2025  
 Source: Author

A FDN (Figura 5), demonstra alta variabilidade oscilando entre 45% e 66%, isso se deve principalmente a composição do malte, proporção de cascas ou grau de eficiência na mosturação, representa a fração fibrosa.<sup>25</sup> Valores acima de 60% representam maior proporção de cascas e compostos insolúveis, resultando menor digestibilidade ruminal, já valores mais baixos, próximos de 45%, indicam maior presença de componentes orgânicos digestíveis e menor estrutura lignocelulósica.

Suas variações impactam diretamente na hora de formular a dieta, quanto maior o teor de FDN, menor o consumo e causa redução do potencial energético, além disso, tem forte influência nas oscilações mostradas na NDT.

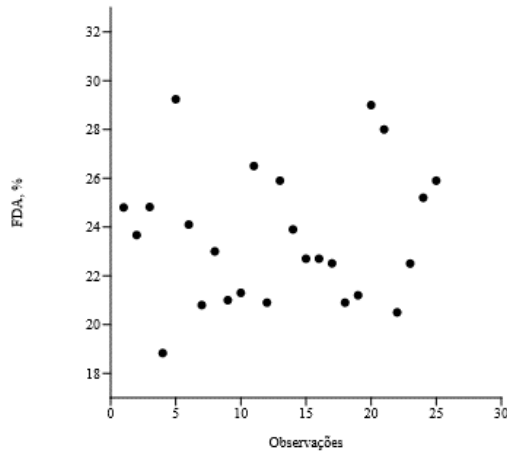
Figura 4 - Avaliação de fibra em detergente neutro (FDN).  
 Figure 5: Evaluation of neutral detergent fiber (NDF).



Fonte: O autor, 2025  
 Source: Author

O gráfico de dispersão da FDA (Figura 6) mostra uma menor variação para FDA, comparado as outras variáveis, seus dados estão concentrados majoritariamente entre 20% a 28%, mostrando uma relativa padronização para essa variável, possivelmente ligadas às concentrações de fibras estruturais, como celulose e lignina. Amostras com valores de FDA mais baixos tendem a apresentar maior digestibilidade.

Figura 5 - Avaliação de fibra em detergente ácido (FDA).  
 Figure 6: Evaluation of acid detergent fiber (ADF).



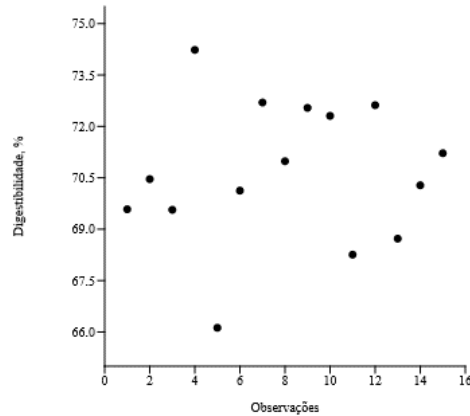
Fonte: O autor, 2025  
 Source: Author

A digestibilidade da MS (Figura 7), demonstra baixa variabilidade, seus valores se concentram majoritariamente entre 68% a 73%, essa faixa está compatível com alimentos caracterizados como subprodutos fibrosos de origem agroindustrial de médio a bom potencial energético para ruminantes.<sup>25</sup>No entanto, digestibilidade próximas a 70% mostram limitações impostas pelos teores de FDN e FDA, reduzindo a taxa de degradação e aumentando o tempo de retenção ruminal.<sup>27</sup> Sendo assim, embora o RUC

apresenta digestibilidade compatível com volumosos de boa qualidade, seu aproveitamento pode ser inferior a outros alimentos energéticos, quando utilizado isoladamente.<sup>23</sup>

Figura 6 - Avaliação da digestibilidade.

Figure 7: Evaluation of digestibility.



Fonte: O autor, 2025

Source: Author

Se observarmos os extremos, inferior (66%) e superior (74%), identificamos uma considerável dispersão, a qual confirma a necessidade de realizar a análise bromatológica do material antes de ser empregado na dieta, para obter melhor resultado.

## 5. Conclusão

O RUC apresenta como uma fonte proteica de relevância nutricional, destacando seu expressivo teor de fibras, o que o torna mais indicado para utilização de ruminantes.

A FDN sofre variação conforme o tipo e a qualidade do malte utilizado, bem como a eficiência do processo de extração de compostos durante a produção cervejeira. Por outro lado, as variáveis extrato etéreo (E.E), Carboidratos totais (CHOT), matéria orgânica (M.O) e Digestibilidade, são independentes desses processos.

Ocorrem escassez de informações consolidadas sobre a composição mineral do RUC, reforçando a necessidade de estudos/pesquisas adicionais, principalmente de micro minerais, para adequar sua contribuição na dieta. Dessa forma recomenda-se que a suplementação mineral seja ajustada conforme a categoria animal e seus níveis nutricionais.

Destaca-se a elevada umidade do RUC como principal fator limitante para seu uso, afetando diretamente sua conservação, transporte e armazenamento, além de aumentar o risco de contaminação microbiológica.

As variações observadas entre diferentes estudos refletem a influência dos processos de produção da cerveja, como tipo de malte, adjuntos adicionados, eficiência no processo de mosturação e os sistemas, artesanais ou produção industrial (comercial). Essas diferenças tornam imprescindível a realização de análises laboratoriais prévias antes de sua inclusão na dieta, a fim de garantir maior precisão nutricional e segurança alimentar.

## 6. Referências

1. Pimenta et al. A história e o processo da produção da cerveja: uma revisão. *Cadernos de Ciência & Tecnologia Agropecuária*. 2020;37(3):26715. doi: 10.35977/0104-1096.cct2020.v37.26715. Available from: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/cct/article/view/26715>. Accessed 2025 Sep 29.
2. Junior AA, Vieira AG, Ferreira TP. Processo de Produção de Cerveja. *Revista Processos Químicos*. 2009;3(6):61–71. doi 10.19142/rpq.v03i06.p61-71.2009. Available from: [http://ojs.rpqsenai.org.br/index.php/rpq\\_n1/article/view/35](http://ojs.rpqsenai.org.br/index.php/rpq_n1/article/view/35). Accessed 2025 Sep 29.
3. Salimbeni JF. Caracterização da água e sua influência sensorial para produção de cerveja artesanal. 2016.
4. Batista ELA. Cerveja Artesanal: Uma Revisão Sobre o Seu Processo de Produção e Seu Potencial Antioxidante. 2021.
5. Braga RA. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Instituto de Química. 2024.
6. Fonseca JAG. Universidade Federal Rural da Amazônia. Curso de Zootecnia 2022.
7. Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina (FIESC). Indústria de cervejas e chopes de Santa Catarina [Internet]. Florianópolis; 2022. Available from: <https://observatorio.fiesc.com.br/>. Accessed 2025 Sep 7.
8. Mathias TRS, Mello PPM, Servulo EFC. Caracterização de resíduos cervejeiros. In *Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química*. Florianópolis: Edgard Blücher; 2015. p. 3805-3812. doi 10.5151/chemeng-cobeq2014-0668-24515-175166.
9. Sindicato Nacional da Indústria da Cerveja (SINDICERV). Relatório de mercado cervejeiro 2022. São Paulo; 2023. Available from: <https://www.sindicerv.com.br>. Accessed 2025 Aug 20.
10. Pestana SS. Sustentabilidade econômica e ambiental dos subprodutos da cerveja [dissertation]. Universidade Aberta; 2022.
11. Santana AFM. Determinação bromatológica do bagaço de malte para alimentação animal [master’s dissertation]. Universidade de Uberaba; 2023.
12. Pereira LGR, Azevedo JAG, Pina DS, Brandão LGN, Araújo GGL, Voltolini TV. Aproveitamento dos coprodutos da agroindústria processadora de suco e polpa de frutas para alimentação de ruminantes. Petrolina (PE): Embrapa Semi-Árido; 2009. 30 p. (Documentos; 220). Available from: [http://www.cpatia.embrapa.br:8080/public\\_eletronica/downloads/SDC220.pdf](http://www.cpatia.embrapa.br:8080/public_eletronica/downloads/SDC220.pdf).
13. Lovatto PA et al. Meta-análise em pesquisas científicas: enfoque em metodologias. *Rev Bras Zootec*. 2007;36(suppl):285–294. doi 10.1590/S1516-35982007001000026.
14. Castro AA. Revisão Sistemática e Meta-análise [Internet]. 2001. Available from: <https://www.usinadepesquisa.com/metodologia/wp-content/uploads/2010/08/meta1.pdf>. Accessed 2025 Sep 23.
15. Barreto LAJ. Meta-análise: definição, aplicações e sinergia com dados espaciais. 2002.
16. Brazil. Decreto n. 9.902, de 24 de julho de 2019. Institui os procedimentos para o registro, a fiscalização e o controle de bebidas alcoólicas. *Diário Oficial da União*: 25 jul 2019. Available from: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2019/decreto/d9902.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/d9902.htm).

17. Brochier MA, Carvalho S. Aproveitamento de resíduo úmido de cervejaria na alimentação de cordeiros. *Ciênc Agrotec.* 2009;33:1392–1399.
18. Geron LJV, Zeoula LM, Branco AF, et al. Caracterização e digestibilidade do resíduo de cervejaria. *Acta Sci Anim Sci.* 2007;29(3):291–299.
19. Reinold MR. Manual prático da cerveja. São Paulo: ADEN; 1997.
20. Massardi MM, Massini RMM, Silva DJ. Caracterização química do bagaço de malte e avaliação do seu potencial para obtenção de produtos de valor agregado. *J Eng Exact Sci.* 2020;6(1):0083–0091. doi.org/10.18540/jcecvl6iss1pp0083-0091
21. Santos-Zago LF, Botelho AP, Oliveira AC. Os efeitos do ácido linoléico conjugado no metabolismo animal: avanço das pesquisas e perspectivas para o futuro. *Rev Nutr.* 2008 Apr;21(2):195–221. doi 10.1590/S1415-52732008000200008.
22. Nogueira E, Oliveira LOF, Nicacio AC, Gomes RC, Medeiros SR. Nutrição aplicada à reprodução de bovinos de corte. In: Medeiros SR, Gomes RC, Bungenstab DJ, editors. *Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações.* Brasília (DF): Embrapa; 2015. Cap. 10.
23. Meneghetti CC, Domingues JL. Uso de subprodutos agroindustriais na alimentação de bovinos. *Rev Nutritime.* 2008;5(2):512–536.
24. Assis RG. Utilização de resíduo úmido de cervejaria como fonte proteica em dietas para ovinos [doctoral thesis]. Piracicaba (SP): Universidade de São Paulo; 2023. doi 10.11606/T.11.2023.tde-10072023-162508. Available from: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11139/tde-10072023-162508/> .
25. Stefanello FS et al. Bioatividade dos compostos fenólicos do resíduo de cervejaria. *Reget.* 2014;18:1–10.
26. Bezerra Júnior PS et al. Intoxicação experimental por *Aspergillus clavatus*. *Pesq Vet Bras.* 2009;29(3):205–210.
27. Brust LC et al. Enfermidades em bovinos associadas ao consumo de resíduos de cervejaria. *Pesq Vet Bras.* 2015;35(12):956–964.
28. Duarte DVL. Resíduo de cervejaria para vacas leiteiras. *Cooperando.* 2019 Oct 15;598:6. Available from: <https://www.grupoullmann.com.br/blog/residuo-de-cervejaria-para-vacas-leiteiras> .
29. Kormann MC. Qualidade nutricional do resíduo de cervejaria armazenado [thesis]. UNIGUAÇU; 2019.
30. Cappelle ER, Valadares Filho SC, Silva JFC, Cecon PR. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. *Rev Bras Zootec.* 2001;30(6):1837–1856. doi 10.1590/S1516-35982001000700022.
31. Sniffen CJ, O'Connor JD, Van Soest PJ, et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. *J Anim Sci.* 1992;70:3562–77.
32. National Research Council (NRC). Nutrient requirements of beef cattle. 7th rev. ed. Washington (DC): National Academies Press; 2001.
33. Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. PAST statistical software package for paleontology education and dat analysis. *Palaeontol Electron.* 2001;4(1):9 pp.

34. Abid K, Jabri J, Yaich H, et al. Study of the influence of exogenous fibrolytic enzyme additive on chemical composition, fermentation characteristics, and nutritional value of brewer's spent grain. *Food Sci Nutr.* 2022;10(6):1707–1713. doi: 10.1002/fsn3.2743.
35. Almeida AR et al. Bioactive compounds from brewer's spent grain. *Acta Sci Technol.* 2017;39(3):269–277. doi: 10.4025/actascitechnol.v39i3.28435.
36. Araujo IG et al. Avaliação nutricional do resíduo desidratado de cervejaria para coelhos. *Arq Bras Med Vet Zootec.* 2016;68(6):1673–1680.
37. Barcelos B. Utilização do resíduo de cervejaria na produção de silage [master's dissertation]. USP; 2012.
38. Cabral Filho SLS. Avaliação de resíduo de cervejaria em dietas de ruminantes [master's dissertation]. USP; 1999.
39. Cheng J, Zheng L, Zhao J, et al. Effect of microwaved brewer's spent grains on bread quality. *Foods.* 2024;13:461.
40. Chin YL, Keppler JK, Dinani ST, Chen WN, Boom R. Brewer's spent grain protein. *Innov Food Sci.* 2024;94:103666.
41. Costa JMB. Composição química do resíduo úmido de cervejaria. *Bol Ind Anim.* 1994;51(1):21–26.
42. Ferro MM et al. Effect of sample size on kinetic parameters of roughage and concentrated feeds by a semi-automated in vitro gas production system. *Semina Ci Agrar.* 2020;41(1):255–68. doi: 10.5433/1679-0359.2020v41n1p255.
43. Frasson M et al. Comportamento ingestivo e produtivo de cordeiros alimentados com resíduo úmido de cervejaria em substituição a silagem de sorgo. *Arch Zootec.* 2016;65:183–190. doi: 10.21071/az.v65i250.486.
44. Gilaverte S et al. Digestibilidade da dieta, parâmetros ruminais e desempenho de ovinos Santa Inês alimentados com polpa cítrica peletizada e resíduo úmido de cervejaria. *Rev Bras Zootec.* 2011;40:639–647.
45. Marocco DH et al. Uso de subprodutos na silage. *Semina Ci Agrar.* 2020;41(6 Suppl 2):3473–3480.
46. Mendonça LM. Utilização do resíduo úmido na alimentação de cabras [master's dissertation]. UFS; 2012.
47. Negash D. Use of brewery by-products as animal feeds. *J Nutr Food Sci.* 4:027.
48. Rant AR et al. Effect of adding wet brewers grain to lamb diets. *Arch Anim Breed.* 2018;61:245–251.
49. Silva VB et al. Resíduo úmido na alimentação de cabras. *Rev Bras Zootec.* 2010;39:1595–1599.
50. Silva AM et al. Valor nutricional de resíduos agroindustriais. *Commun Sci.* 2014;5(4):370–379.
51. Sousa CL et al. Composição química e degradabilidade ruminal. *Biosci J.* 2015;31(1):171–180.
52. Sousa LC. Valor nutritivo da silagem do resíduo úmido. 2013.
53. West JW, Ely LO, Martin SA. Wet brewers grains for dairy cows. *J Dairy Sci.* 1994;77:196–204.
54. Marcus A, Fox G. Fungal biovalorization of brewer's spent grains. *Preprints.* 2021;2021070603. doi:10.20944/preprints202107.0603.v1.

55. Terefe G. Preservation techniques for brewer's spent grain. CABI Agric Biosci. 2022; doi:10.1186/s43170-022-00120-8.
56. Melo HT. Uso de subprodutos na nutrição animal. 2021.
57. Scheid RP, Guerios EMA. Suplementação proteica de bovinos leiteiros com RUC. Arquivos Bras Med Vet FAG. 2021; 4(1).
58. Thai S et al. Drying methods and health indicators of brewers spent grain. Appl Food Res. 2022;2(1):100052. doi: 10.1016/j.afres.2022.100052.
59. Menezes LM. Efeito do milho e do degraú proteolítico no prepare do mosto [master's dissertation]. UFRJ; 2018.
60. Vieira MC, Alegre P. Upcycling do resíduo cervejeiro.2021.
61. Oliveira AA, Azevedo HC, Dantas TVM. Hipocalcemia ou febre do leite: um problema recorrente em vacas leiteiras [Internet]. 2013 Aug 14 [cited 2025 Sep 29]. Available from: [https://www.agrolink.com.br/colunistas/coluna/hipocalcemia-ou-febre-do-leite--um-problema-recorrente-em-vacas-leiteiras\\_386942.html](https://www.agrolink.com.br/colunistas/coluna/hipocalcemia-ou-febre-do-leite--um-problema-recorrente-em-vacas-leiteiras_386942.html)