

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA

KELLY DE SOUZA COELHO

**DETERMINAÇÃO DA MATÉRIA SECA DE ALIMENTOS VOLUMOSOS ÚMIDOS EM
ESTUFA E EM MICRO-ONDAS**

UBERLÂNDIA - MG

2022

KELLY DE SOUZA COELHO

**DETERMINAÇÃO DA MATÉRIA SECA DE ALIMENTOS VOLUMOSOS ÚMIDOS EM
ESTUFA E EM MICRO-ONDAS**

Monografia apresentada à coordenação do curso de graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial a obtenção do título de Zootecnista.

Orientadora: Prof.^a Dra. Eliane da Silva Morgado.

UBERLÂNDIA – MG

2022

KELLY DE SOUZA COELHO

**DETERMINAÇÃO DA MATÉRIA SECA DE ALIMENTOS VOLUMOSOS ÚMIDOS EM
ESTUFA E EM MICRO-ONDAS**

Monografia apresentada à coordenação do curso de graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial a obtenção do título de Zootecnista.

Orientadora: Prof.^a Dra. Eliane da Silva Morgado.

APROVADA EM: 18/08/2022

Prof^a Dra. Eliane da Silva Morgado
(FAMEV/UFU)

Prof^a Dra. Simone Pedro Silva
(FAMEV/UFU)

Jhonatan Gonçalves Silva
(Mestrando do Programa de Pós-Graduação em
Ciência Veterinárias FAMEV/UFU)

UBERLÂNDIA

2022

RESUMO

A matéria seca é o ponto de partida para análise de alimentos, sendo a análise mais comumente realizada em laboratórios de avaliação de alimentos e nutrição. A determinação da matéria seca em uma propriedade rural muitas das vezes não é possível com o uso de estufa e para resolver essa questão, algumas metodologias alternativas foram desenvolvidas como o uso do forno de micro-ondas para secagem de alimentos úmidos. Dessa forma, objetivou-se com este trabalho avaliar a secagem de alimentos volumosos úmidos, por meio da secagem em estufa e comparar com o valor da secagem em forno micro-ondas. As análises de matéria seca foram realizadas no Laboratório de Bromatologia e Nutrição Animal (LABAN), pertencente à Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia (FAMEV/UFU), em Uberlândia, MG. Para comparar os valores de matéria seca obtidos foram realizadas secagens das amostras de capim-marandu e de silagem de milho, em estufa com circulação forçada de ar a temperatura de 60°C por 72 horas, denominada de matéria seca ao ar. As amostras secas foram moídas para a determinação da secagem em estufa a 105°C, denominada de amostra seca em estufa. Com base nesses dois valores foi realizado o cálculo do teor de matéria seca definitiva. Para analisar a matéria seca em forno micro-ondas nas amostras dos alimentos volumosos, foi realizado vários ciclos de secagem em um forno de micro-ondas com potência máxima de 820 W até a amostra obter peso constante em três pesagens consecutivas. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com cinco repetições por tratamento. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, considerando o nível de 5% de probabilidade. Não houve diferença significativa entre os valores obtidos da secagem em estufa ventilada e da secagem das amostras utilizando o micro-ondas, para os dois alimentos avaliados. Porém, quando comparado com a matéria seca definitiva os valores obtidos diferiram significativamente dos obtidos na secagem em estufa e da secagem em forno de micro-ondas, tanto para a silagem de milho, quanto para o capim-marandu. Conclui-se que a matéria seca obtida no forno de micro-ondas equivale a matéria seca em estufa ventilada e não equivale a matéria seca definitiva obtida em laboratório para alimentos volumosos úmidos, que resulta na secagem da amostra em estufa ventilada seguida pela secagem em estufa não ventilada a temperatura de 105°C.

Palavras-chave: amostra seca ao ar, estufa ventilada, micro-ondas, umidade.

ABSTRACT

Dry matter is the starting point for food analysis, being the analysis most commonly performed in food and nutrition evaluation laboratories. The determination of dry matter in a rural property is often not possible with the use of an oven and to solve this issue, some alternative methodologies have been developed, such as the use of a microwave oven for drying wet foods. Thus, the objective of this work was to evaluate the drying of moist bulky foods by means of oven drying and to compare it with the value of drying in a microwave oven. Dry matter analyzes were performed at the Laboratório de Bromatologia e Nutrição Animal (LABAN), belonging to the Faculdade de Medicina Veterinária of Universidade Federal de Uberlândia (FAMEV/UFU), in Uberlândia, MG. To compare the dry matter values obtained, the samples of marandu grass and corn silage were dried in an oven with forced air circulation at a temperature of 60°C for 72 hours, called air dry matter. The dried samples were ground to determine the drying in study at 105° C, called oven dried sample. Based on these two values, the final dry matter content was calculated. To analyze the dry matter in a microwave oven in the bulky food samples, several drying cycles were carried out in a microwave oven with a maximum power of 820 W until the sample obtained constant weight in three consecutive weighings. The experimental design used was completely randomized with five replications per treatment. The means were compared using the Tukey test, considering the 5% probability level. There was no significant difference between the values obtained from drying in a ventilated oven and from drying the samples using the microwave, for the two foods evaluated. However, when compared with the definitive dry matter, the values obtained differed significantly from those obtained in the oven drying and microwave oven drying, both for corn silage and for marandu grass. It is concluded that the dry matter obtained in the microwave oven is equivalent to dry matter in a ventilated oven and is not equivalent to the definitive dry matter obtained in the laboratory for wet bulky foods, which results in the drying of the sample in a ventilated oven followed by drying in a non-ventilated oven at 105°C.

Keywords: air dried sample, ventilated oven, microwave, humidity.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1. <i>A água presente nos alimentos</i>	2
2.2. <i>Métodos de análise dos alimentos</i>	4
2.3. <i>Métodos de determinação da matéria seca</i>	6
2.4. <i>Uso do forno micro-ondas na determinação da matéria seca</i>	8
2.5. <i>Volumosos na alimentação de ruminantes</i>	11
3. METODOLOGIA	13
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
5. CONCLUSÃO	17
REFERÊNCIAS.....	18

1. INTRODUÇÃO

Os alimentos são compostos por duas grandes frações: água e matéria seca. Na matéria seca, estão todos os nutrientes necessários para a manutenção e produção do animal, como proteína, carboidratos, lipídios, minerais e vitaminas (EZEQUIEL e GONÇALVES, 2008).

A matéria seca é o ponto de partida para análise de alimentos, sendo a análise mais comumente realizada em laboratórios de avaliação de alimentos e nutrição (SILVA e QUEIROZ, 2005). Geralmente é determinada por meio da secagem da amostra em estufa, sendo de fundamental importância na alimentação animal, pois a comparação do valor nutritivo dos alimentos, a formulação de ração e o cálculo do consumo de alimentos pelos animais, são expressos com base na matéria seca (RODRIGUES, 2010), isto é como se o alimento contivesse 100% (SILVA e QUEIROZ, 2005).

Por meio da análise da matéria seca é possível determinar o teor de umidade do alimento, sendo esta de grande importância no processo de armazenamento e conservação dos alimentos (SILVA e QUEIROZ, 2005). Os alimentos podem ser classificados em secos e úmidos, os alimentos secos são aqueles que possuem o teor de umidade menor ou igual a 13%, já os alimentos úmidos possuem o teor de umidade acima de 13% (EZEQUIEL e GONÇALVES, 2008).

O procedimento laboratorial para a determinação da matéria seca de um alimento difere quanto a sua natureza, pois alimentos úmidos necessitam passar por dois procedimentos de secagem: um em estufa ventilada, também chamada de pré-secagem e outro em estufa a 105°C, enquanto alimentos secos necessitam apenas de uma secagem em estufa a 105°C (SILVA e QUEIROZ, 2005).

A pré-secagem em laboratório de análise de alimentos, normalmente é feita em estufa de circulação forçada de ar a temperatura variável entre 55 a 65°C segundo Medeiros e Marino (2015) e entre 55 e 60°C segundo Silva e Queiroz (2005) e Detmann et al. (2012). Segundo Silva e Queiroz (2005) e Detmann et al. (2012), a faixa de temperatura entre 55 e 60°C evita perdas de compostos voláteis e alterações químicas nos nutrientes do alimento, como danos a proteína, tendo efeito mínimo na composição química (SILVA e QUEIROZ, 2005), permitindo que sejam feitas análises dos componentes do alimento posteriormente (DETMANN, et al. 2012). Além disso, a pré-secagem é de fundamental importância para o processamento da amostra antes da realização das análises laboratoriais, que é redução do tamanho da partícula por meio da moagem do alimento em moinho, uma vez que, a moagem de amostras úmidas pode causar perda de nutrientes e interferência nas análises por conta da

diluição dos reagentes pela água contida no alimento (DETMANN, et al. 2012; MEDEIROS e MARINO, 2015).

A metodologia da pré-secagem em estufa com circulação forçada de ar descreve que as amostras devem ser secas até atingirem peso constante que pode variar de 24 a 72 horas dependendo do alimento (DETMANN, et al. 2012), no entanto, na prática laboratorial as amostras são secas em geral por 72 horas.

Alimentos úmidos, como forragens verdes, silagens e alguns resíduos agroindustriais, podem conter diferentes quantidades de água dependendo da época do ano e do tipo de processamento (VAN CLEEF, 2008), e assim podem necessitar de diferentes tempos de secagem em estufa ventilada.

A determinação da matéria seca em uma propriedade rural muitas das vezes não é possível com o uso de estufa, e em algumas situações há a necessidade de se obter o valor da matéria seca de um alimento para tomadas de decisão na propriedade, como por exemplo no momento ideal para o corte da forrageira para ensilagem e fenação, no manejo de pasto e ajuste no fornecimento da ração. Para resolver essa questão, algumas metodologias alternativas foram desenvolvidas para a determinação da matéria seca, como o uso do forno de micro-ondas para secagem de alimentos úmidos (BUENO et al., 2017).

Segundo Van Cleef et al. (2010), a escolha da metodologia a ser adotada para a análise do teor de matéria seca de um alimento depende de vários fatores dentre os quais podem ser citados a disponibilidade de equipamentos específicos, recursos financeiros, treinamento, capacitação da mão-de-obra e disponibilidade de tempo.

Dessa forma, o objetivo com o presente trabalho foi avaliar a secagem de alimentos volumosos úmidos em estufa e em forno micro-ondas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A água presente nos alimentos

A água se encontra disponível de várias formas e é um dos compostos mais comuns existentes na natureza. Todos os organismos necessitam de água para sobreviver, sendo sua disponibilidade um dos fatores mais essenciais para moldar os ecossistemas (SOUSA et al., 2014). A água pode estar presente nos alimentos sob duas formas: água livre e água ligada (PARK e ANTONIO, 2006).

A água livre é a água que está simplesmente adsorvida no material, é a mais abundante. Atua como meio de dispersão e nutrientes para o crescimento de microrganismos ou reações químico-enzimáticas. É eliminada com facilidade. (PARK e ANTONIO, 2006; CUNHA, 2016). Já a água ligada é a água que faz parte da estrutura do material, pois está combinada quimicamente com as moléculas constituintes do alimento, não podendo ser removida, utilizada para alguma reação (GARCIA, 2004), ou como solvente, e dependendo da natureza da amostra não é possível ser eliminada (PARK e ANTONIO, 2006; CUNHA, 2016).

A quantidade de água livre que não está envolvida com as moléculas constituintes do alimento, está à disposição para as reações físicas, químicas e biológicas (WELTI e VERGARA, 1997). Uma forma de medir a quantidade de água livre de um alimento é pela determinação da atividade de água (aw), uma medida qualitativa que permite observar a disponibilidade de água livre sua importância está relacionada a conservação do alimento pois quanto maior a atividade de água maior as chances de deterioração (SCOTT, 1957). Segundo Gomes e Oliveira (2013), a atividade de água pode ser definida como a razão entre a pressão de água do alimento e a pressão de vapor de água pura em determinada temperatura, e é medida em equipamento específico.

A determinação da quantidade total de água contida em um alimento é medida através da análise do teor de umidade, uma mensuração quantitativa, que avalia o percentual em peso, do total de água presente no alimento, tanto a livre quanto ligada (SCOTT, 1957; CUNHA, 2016). É uma das medidas mais usada e importante na análise de alimentos (AMORIM, CARLOS e THEBAS, 2016), com o objetivo de verificar padrões de identidade e qualidade em alimentos, além de ajudar em várias etapas do processamento do alimento (FURTADO e FERRAZ, 2007).

A determinação da umidade do alimento é a primeira análise realizada no laboratório de análise de alimentos. Existem vários métodos para determinar a umidade que utilizam diferentes equipamentos. Os mais realizados são os métodos indiretos que consistem no uso de estufa, balança de infravermelho e forno de micro-ondas, onde a amostra é seca, e parte do princípio que toda a perda de peso da amostra é devida a perda de água por evaporação. O método mais simples e utilizado para secagem da amostra é o uso da estufa (GOMES e OLIVEIRA, 2013).

2.2. Métodos de análise dos alimentos.

O método de Weende, conhecido como Sistema de Análise Proximal, foi criado por Henneberg em 1860, na Estação Experimental de Weende, Alemanha, que consiste em fracionar o alimento em: matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB), extrato não nitrogenado (ENN) e matéria mineral (MM) (Figura 1) (ALVES et al., 2008). Porém, apresentou insatisfatório ao longo do tempo por não reconhecer as diversas frações dos carboidratos, como características de solubilidade, degradação distintas e não promover o fracionamento da fibra (SILVA e QUEIROZ, 2009).

Figura 1 – Sistema de Weende proposto por Henneberg, em 1864.



Fonte: Maciel (2021).

O teor de umidade e matéria seca é o primeiro passo da análise bromatológica de qualquer alimento. Ademais, é de grande importância para a preservação dos alimentos que está condicionada com o teor de umidade do material. Além disso, para se comparar a composição química entre alimentos, é necessário levar em consideração os respectivos teores de matéria seca (SILVA e QUEIROZ, 2009), pois é nessa fração que estão contidos os carboidratos, proteínas, minerais, lipídios e vitaminas dos alimentos (MAGNO et al., 2016).

A matéria seca (MS) é a fração do alimento restante após a remoção de toda a água. Em sua determinação não é empregado reagentes e soluções, é feita apenas pela extração da água pelo calor. Amostras com grande percentual de água necessitam de pré-secagem,

referente a MS inicial de amostra seca em estufa com circulação forçada de ar. A secagem definitiva diz respeito à remoção da umidade restante após a pré-secagem, e ocorre em estufa a 105°C (AOAC, 1990).

Na MS, está contida a matéria orgânica (MO) e a matéria mineral (MM), sendo os grupos de nutrientes mais importantes para o desenvolvimento dos animais. Na MO, está presente os compostos que contém carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio (ALVES, 2008), incluindo os carboidratos, extrato etéreo e proteína bruta. Na matéria mineral estão presentes os macro e microminerais, determinada pelo aquecimento da amostra seca em forno mufla, a uma temperatura de 600°C, por 4 horas. Através da diferença entre o valor da MS e da MM, estima-se o valor da MO (CAMPOS, NUSSIO e NUSSIO, 2004).

Os lipídeos pertencem a um grupo de substâncias extraídas por solventes orgânicos e comumente chamados de extrato etéreo, além de serem reserva energética, os lipídeos desempenham outras funções, como por exemplo, estrutural e hormonal (BETERCHINI, 2006). O extrato etéreo (EE) são as substâncias extraídas pelo éter, como os triglicerídeos, ácidos graxos livres, colesterol, lecitina, clorofila, álcoois voláteis, resinas e pigmentos. O éter usado no processo é aquecido até se tornar volátil e ao condensar, circula sobre a amostra em análise, arrastando toda a fração gordurosa e demais substâncias solúveis em éter, que é recuperado em outro recipiente, enquanto a gordura extraída é calculada por diferença de pesagem (SILVA e QUEIROZ, 2009).

A análise da proteína bruta (PB) é feita de forma indireta por meio da determinação do teor do nitrogênio total da amostra. Considera-se que as proteínas dos alimentos vegetais possuem em torno de 16% de nitrogênio (N), dessa forma multiplica-se o teor de nitrogênio total pelo fator 6,25 ($100 \div 16 = 6,25$), convertendo assim em proteína bruta (FORTES, 2011). O método de Kjeldahl é o método-padrão utilizado para determinação da proteína bruta dos alimentos, e foi desenvolvido em 1883 por Johan Kjeldahl. Realizado em três fases, a primeira consiste na digestão da amostra em ácido sulfúrico na presença de catalisador, resultando na conversão do nitrogênio em sulfato de amônia. A segunda fase é a destilação da amônia em uma solução receptora, e a terceira fase é a quantificação da amônia por titulação por volumetria com uma solução padrão. Este método determina o valor do nitrogênio contido na matéria orgânica, incluindo o nitrogênio proteico e outros compostos nitrogenados não-proteicos, como aminas, amidas, lecitinas, nitrilas e aminoácidos (SILVA e QUEIROZ, 2009).

O termo fibra bruta (FB) pode ser definido como a parte dos carboidratos resistentes ao tratamento sucessivo com ácido e base diluídos, representando a parte da fração fibrosa dos

alimentos, onde a digestão ácida é feita com ácido sulfúrico diluído e a digestão alcalina, com hidróxido de sódio diluído, reproduzindo o que usualmente ocorre no estômago e intestino dos animais. Nesta fase ocorre à remoção de proteínas, açúcares e amido, deixando como resíduos: celulose, parte da hemicelulose e parte da lignina não dissolvida pelas digestões, além de minerais não dissolvidos. Para correção das cinzas, o resíduo obtido após as digestões ácida e básica é incinerado em forno mufla. Através da diferença de peso antes e depois da queima na mufla é calculado a fibra bruta (SILVA e QUEIROZ, 2009). Por promover a dissolução de parte da lignina e parte da hemicelulose a análise da fibra bruta não estima com precisão o teor de fibra dos alimentos, sendo esta a limitação deste método (BIANCHINI et al., 2007).

A fração dos extrativos não nitrogenados (ENN) deveria corresponder ao dos carboidratos solúveis, mais facilmente digestíveis dos alimentos (PEIXOTO e MAIER, 1993), e é determinado pela fórmula: $ENN = 100 - (\%MS + \%PB + \%FB + \%EE + MM)$. No entanto, a estimativa do ENN, incorpora todas os erros cometidos nas outras análises, principalmente o erro da análise da fibra bruta, que solubiliza parte dos constituintes da parede celular dos vegetais como a hemicelulose e a lignina (SILVA e QUEIROZ, 2009).

Para resolver a limitação da FB do método de Weende, um novo método de análise foi proposto por Van Soest, com o objetivo de melhorar o fracionamento dos diversos componentes da fração fibrosa do alimento. Van Soest e Wine (1967) desenvolveram um detergente neutro específico capaz de separar o conteúdo celular dos constituintes da parede celular dos vegetais, obtendo um resíduo composto celulose, hemicelulose e lignina, denominado de fibra em detergente neutro (FDN). Também foi desenvolvido um detergente ácido específico capaz de solubilizar o conteúdo celular, os minerais solúveis e também a hemicelulose, isolando um resíduo, composto basicamente pela celulose e a lignina, chamado de fibra em detergente ácido (FDA).

2.3. Métodos de determinação da matéria seca.

A determinação de matéria seca é um procedimento rotineiro em laboratórios de nutrição sendo considerado o ponto de partida para a avaliação químico-bromatológica dos alimentos (SILVA e QUEIROZ, 2005).

A quantidade de água presente nos alimentos pode diferir quanto a diversos fatores como ao tipo de alimento, a época do ano, o processamento do alimento, entre outros. Alimentos úmidos podem conter uma grande proporção de água, o que faz com que os nutrientes do alimento sejam diluídos (VAN CLEEF et al., 2010). Dessa forma, os teores dos

nutrientes são expressos com base na matéria seca, sendo assim, possível fazer comparações entre diferentes alimentos e entre um mesmo alimento em diferentes regiões do país e épocas do ano (BECKER et al., 2008; SILVA e QUEIROZ, 2009).

A mensuração do teor de matéria seca em programas de alimentação é fundamental para garantir que a quantidade adequada de nutrientes através da dieta está sendo oferecida aos animais, se realizada de forma sistemática, o conhecimento do teor de MS é mais uma ferramenta de auxílio ao nutricionista e produtor (NENNICH e CHASE, 2007). Ademais, quantificar o teor de MS sem o procedimento de checagem correta, pode levar a graves erros, como por exemplo, em relação aos custos dos alimentos, a correta inclusão nas dietas e seu valor nutricional, o que impacta negativamente no desempenho técnico e econômico, além de que, há risco de problemas metabólicos nos animais na formulação das dietas ao incluir valores errados do teor de MS (FALCHI FILHO e FERREIRA, 2018).

Para a determinação da MS dos alimentos úmidos (umidade acima de 13%), é necessário realizar a pré-secagem, ou primeira matéria seca, do mesmo, onde é possível retirar cerca de 85 a 90% da água presente no alimento, para que a amostra tenha condições de ser moída e armazenada por um período maior, sem que seja colonizada por microrganismos (EZEQUIEL e GONÇALVES, 2008; VAN CLEEF et al., 2010). A determinação da pré-secagem é feita em estufa de circulação forçada de ar na temperatura entre 55 a 60°C por 48 a 72 horas segundo Silva e Queiroz (2005) e Detmann (2012) ou entre 55 a 65°C segundo Medeiros e Marino (2015). O material seco após passar por esse processo é denominado de amostra seca ao ar (ASA) (SILVA e QUEIROZ, 2005).

Para retirar a água residual restante da amostra, é necessário fazer a secagem definitiva, a qual é realizada em estufa a 105°C entre 12 a 16 horas, chamada de amostra seca em estufa (ASE) (VAN CLEEF et al., 2010). Para determinar a MS total da amostra, multiplica o teor de ASA pelo teor de ASE, e divide o resultado por 100 (RIBEIRO, 2019).

Existem outros métodos para a determinação da matéria seca, como a liofilização, realizada através da remoção de vapor d'água, de maneira direta sobre amostras congeladas e secagem continuada sob vácuo. Apesar do método ser de grande precisão, quando comparado com outros métodos, é de alto custo devido a necessidade do liofilizador, além de envolver alto gasto de energia. A sua vantagem consiste em não perder compostos que são voláteis na temperatura de 65 até 105°C, durante o processo de secagem na estufa (VAN CLEEF et al., 2010).

Outro método para mensuração da MS realizada através do NIRS – Near Infrared Proximal, consiste na exposição de uma pequena quantidade de amostra a uma varredura

eletromagnética sobre um espectro, dentro da faixa de comprimento de onda de 1100 a 2500 nm (próximo ao infravermelho). A energia nesta faixa espectral é direcionada para a amostra e a energia refletida (R) é medida pelo instrumento. A reflexão difusa contém informações que identifica ligações químicas dentro da amostra (CORSON et al., 1999). Sua vantagem é a obtenção dos teores de nutrientes dos alimentos em menor tempo e de agentes poluentes, quando comparado com às análises de bancada, porém é de alto custo e necessita que esteja calibrado, relacionando os espectros às análises químicas bromatológicas, realizada via úmida (CORSON et al., 1999; RIBEIRO, 2019).

Existem outros métodos mais práticos e de fácil aplicabilidade para determinação da matéria seca dos alimentos em propriedades rurais, como o uso do equipamentos que promovem a secagem da amostra por ar quente como o Koster Tester, que é um aparelho elétrico que sopra ar aquecido através de uma tela onde o alimento é colocado, sendo de rápida determinação (25 a 50 minutos), porém pode ocorrer alguma perda de amostra, o que aumenta a probabilidade de erros na quantificação da matéria seca (NENNICH e CHASE, 2007; GAY et al., 2009).

O uso da Air Fryer®, que por meio do ar quente desidrata a amostra, que além de ser prático, possui a possibilidade de cronometragem, regulagem da temperatura em 105°C, é de baixo custo e de fácil aquisição (RIBEIRO, 2019). Falchi Filho e Ferreira (2018), verificaram a eficiência do uso da Air Fryer®, para a determinação da MS, e observaram baixa variação quando comparada com o método da estufa em 105°C e com o equipamento Koster Tester. Outro método prático para determinar a MS, por meio do ar quente, é o uso do Dryer Bag®, que consiste em um dispositivo de tecido utilizado juntamente com um secador de cabelos comercial, o qual se mostrou eficiente por necessitar menor tempo para a sua estimativa, sendo de fácil utilização em propriedades rurais (MACHADO e ANDRADE, 2019).

A matéria seca também pode ser feita por meio do uso do forno de micro-ondas, que é um método simples, rápido e permite a secagem de modo prático na propriedade rural, o que facilita as atividades, como ajustes na quantidade de cada alimento que irá ser colocado na mistura da dieta e também identificar o ponto de ensilagem de alimentos (SOUZA, NOGUEIRA e RASSINI et al., 2002).

2.4. Uso do forno micro-ondas na determinação da matéria seca.

O desenvolvimento de um método rápido e confiável para a determinação do teor de umidade e matéria seca nos alimentos, o qual pode resultar em economia de tempo e energia, comparando aos métodos que usualmente são utilizados para esse propósito, é de grande

importância (SOUZA, NOGUEIRA e RASSINI et al., 2002). Para isso foram desenvolvidas técnicas como o uso do forno de micro-ondas como alternativa para secagem de materiais úmidos, descrita primeiramente em 1950 por vários pesquisadores como uma forma rápida para a determinação da MS em programas de melhoramento de forrageiras (LACERDA, FREITAS e SILVA, 2009; RAMSUMAIR, MLAMBO e LALLO, 2014).

O uso do forno de micro-ondas é, atualmente, empregado por vários autores para determinação da MS de vários alimentos, como volumosos e grãos (SOUZA, NOGUEIRA e RASSINI et al., 2002; SILVA et al., 2011; GODINHO, CARVALHO e FERREIRA, 2014; SARMENTO et al., 2015; MAGNO et al., 2016; BUENO et al., 2017). A técnica sugere ciclos curtos para revirar a amostra até que ela estabilize o peso, e a colocação de um recipiente com água dentro do forno de micro-ondas para evitar que a amostra se queima e evitar danos ao equipamento (OETZEL et al., 1993; UNDERSANDER et al., 1993; PETERS, 2000; SOUZA et al., 2002; VINHOLIS et al., 2008; GAY et al., 2009; LACERDA et al., 2009).

A secagem utilizando forno de micro-ondas é definida como processo que gera calor no interior do material vegetal, que, conseqüentemente, acarreta temperaturas mais elevadas do interior até a superfície do material (BARBOZA et al., 2001). Von Horsten, Hartining e Von Horten (1991), apontam que o uso do micro-ondas reduz o tempo de secagem e a contaminação por bactérias e fungos e resulta em melhor aparência e qualidade do produto, sem influenciar na composição química da amostra. O material vegetal seco em forno de micro-ondas, também apresenta melhor conservação de cor verde e maior durabilidade, quando comparados com a secagem em estufa (CHANG, 1994). Pereira (2007) e Berteli (2005), apontam que o forno de micro-ondas apresenta benefícios como, por exemplo, menor tempo e eficiência do aparelho. Uma vantagem desse método seria também a falta de preocupação com a calibração do forno de micro-ondas caseiro para que haja a correta transposição do método (SOUZA, NOGUEIRA e RASSINI et al., 2002).

As micro-ondas são ondas eletromagnéticas e portadoras de energia. Cobrem a faixa de frequência do espectro eletromagnético que varia de 300 a 300.000 MHz, correspondendo à faixa de comprimentos de onda de 1 cm a 1 m. Os fornos de micro-ondas comerciais fabricados para uso doméstico ou para laboratórios empregam micro-ondas de 2450 MHz (Kingston e Jassie, 1988; Krug et al., 2000). São compostos por: magnetron, que é o dispositivo no qual as micro-ondas são geradas; guia de ondas, que é constituído de metal e tem paredes refletoras para o direcionamento das micro-ondas produzidas no magnetron para o interior da cavidade do forno; e cavidade, que é o espaço interno do forno, onde as amostras

são colocadas para serem irradiadas. As paredes refletoras permitem um maior aproveitamento da energia contida nas micro-ondas e deve ser selada, para evitar vazamentos, que colocariam em risco o operador (SOUZA, NOGUEIRA e RASSINI et al., 2002).

O funcionamento do forno de micro-ondas é quando o magnetron emite ondas eletromagnéticas através de uma antena, sendo as ondas conduzidas pelo guia de ondas até a cavidade contendo a amostra. Para proteger o magnetron, toda radiação não absorvida é refletida pelas paredes da cavidade na direção de um guia de ondas secundário, onde o excesso de energia é dissipado. O aquecimento de um material por radiação de micro-ondas é devido à interação da onda eletromagnética com o dipolo elétrico da molécula. Envolve princípios físico-químicos como, por exemplo, temperatura, capacidade calorífica, ligação química e estrutura molecular (KINGSTON e JASSIE, 1988).

A absorção da radiação das micro-ondas por íons dissolvidos e pelos solventes, como a água, provoca aumento na temperatura em curto espaço de tempo, que se deve a rotação de dipolos e migração iônica. A rotação de dipolos é o efeito que o campo elétrico oscilante das micro-ondas causa às moléculas da amostra, que possuem momento dipolar induzido ou permanente. Quando o campo é aplicado, as moléculas que possuem momento de dipolo elétrico tendem a se alinhar com o campo. Quando o campo que provocou a orientação dos dipolos moleculares é removido, ocorre a relaxação dielétrica, isto é, as moléculas tendem a retornar ao estado anterior, menos alinhado. Esse campo se altera rapidamente, cerca de 5 bilhões de vezes por segundo para a frequência aplicada de 2450 MHz. Essa oscilação provoca considerável fricção intermolecular, resultando na geração de calor. Dessa forma, os alimentos são aquecidos de dentro para fora, deixando frios o forno e o recipiente (SOUZA, NOGUEIRA e RASSINI et al., 2002). Já a migração iônica consiste no movimento eletroforético dos íons de um lugar para outro no interior da amostra causado pelas interações entre as espécies iônicas e o campo magnético oscilante das micro-ondas. O deslocamento dos íons produz fluxo de corrente, cujo movimento sofre resistência causada por outras espécies com fluxo oposto, resultando no aumento da temperatura do meio (KRUG et al., 2000).

Os dois mecanismos permitem o aquecimento das soluções de modo muito mais eficaz e rápido do que nos procedimentos em que a transferência de calor se dá por irradiação ou convecção. Para aproveitar essas características favoráveis ao rápido aquecimento, diversos métodos que empregam radiação de micro-ondas vêm sendo utilizados em laboratórios de análise bromatológica desde a década de 70 (SOUZA, NOGUEIRA e RASSINI et al., 2002), para fazer, por exemplo, a secagem de amostras.

Souza et al. (2002), avaliaram que a secagem de plantas em forno de micro-ondas apresentou baixos coeficientes de variação (menor que 2%) e alta correlação com o método tradicional, usando a estufa a 105°C. Lacerda, Freitas e Silva (2009), apontam que é necessário testar métodos alternativos de secagem de amostras vegetais como, por exemplo, utilizando o forno de micro-ondas, porque além de precisar de um tempo menor para a secagem da amostra (22 minutos sem influenciar nos teores dos nutrientes), permite um preparo rápido da amostra, assim como o resultado da análise. O forno de micro-ondas fornece resultados de MS de forrageiras precisos em um tempo relativamente curto. A concentração da umidade medida é muito mais precisa do que no método dos testadores eletrônicos de umidade (GAY et al., 2009; GARTHE e ZUMMO, 2012).

Oetzel et al. (1993), avaliaram diferentes métodos para determinação de MS em fazendas, estabelecendo como critérios a facilidade de utilização, tempo necessário, repetibilidade e precisão utilizando o forno de micro-ondas, Koster, o método eletrônico e a estufa de ventilação forçada como o método padrão de secagem. Todos os métodos se mostraram altamente repetitivos, mas o método do forno de micro-ondas foi o mais preciso em relação a estufa e pode ser usado para determinação de MS de qualquer ingrediente alimentar. Batista et al. (2018), utilizando a palma-forrageira, mostraram que a determinação por forno de micro-ondas se mostra eficiente e similar à estufa, podendo ser utilizado em determinações de MS. Para Bueno et al. (2017), o forno de micro-ondas pode ser utilizado como substituto da estufa para determinação de matéria seca em alimentos volumosos.

É importante conhecer o teor de matéria seca dos alimentos. Porém, os resultados das análises laboratoriais nem sempre estão disponíveis no tempo demandado pelos produtores e técnicos. Então, o uso de técnicas viáveis de serem executadas em propriedades rurais, como o uso do forno de micro-ondas, pode suprir essa demanda.

2.5. Volumosos na alimentação de ruminantes.

O pasto é considerado a fonte de alimento mais viável economicamente para os animais ruminantes, quando mantidas em condições favoráveis e produtivas (CARVALHO et al., 2016). O manejo das gramíneas perenes precisa conciliar os conflitos entre plantas e os animais permitindo alta eficiência na colheita e na recuperação das plantas após o pastejo, mantendo a competitividade e produtividade em uma área (CARVALHO et al., 2009).

As forrageiras são alimentos que fornecem proteínas, energia, fibras, vitaminas e minerais necessários à alimentação de animais herbívoros. Um conjunto de fatores, tais como espécie, práticas de manejo, maturidade e condições de crescimento e ambientais, interferem

na qualidade da forrageira antes da sua utilização na alimentação dos animais (BUENO et al., 2017).

O Brasil apresenta grande potencial de produção de forrageiras, devido ao seu clima. Porém, a exploração desse potencial não ocorre de forma eficiente, uma vez que, a produção de forragem é desuniforme ao longo do ano, sendo que na seca, há uma queda considerável na produção. E pensando nisso, é necessário um planejamento para conservação de forragem na época das águas para utilização no período de escassez de forragem, garantindo o fornecimento de alimento de qualidade no período crítico de disponibilidade de forragem (GUIMARÃES FILHO, MONTEIRO e DEMINICIS, 2011).

A ensilagem é um tipo de conservação de forragem muito utilizado, que permite conservar o excesso de forragem, desde que seja feita uma boa compactação e boa vedação do silo. Se realizada de maneira adequada, essa prática expelirá o gás presente no silo, impossibilitando a penetração de oxigênio. O processo de preservação da forrageira através da fermentação anaeróbia, sob a ação de microrganismos, visa produzir ácido láctico suficiente para inibir o desenvolvimento de microrganismos que causam a deterioração da silagem (GUIMARÃES FILHO, MONTEIRO e DEMINICIS, 2011).

O material mais utilizado para a ensilagem é o milho, devido a sua composição bromatológica satisfazer as exigências para a confecção de uma silagem de boa qualidade e por proporcionar uma boa fermentação microbiana (NUSSIO, CAMPOS e DIAS, 2001). A qualidade da silagem está diretamente relacionada com as quantidades de MS, proteína bruta e umidade (GUIMARÃES FILHO, MONTEIRO e DEMINICIS, 2011).

Prever a qualidade do alimento baseado na literatura pode não ser tão assertivo quanto a realidade no campo. Sendo assim, a maneira mais correta de determinar o valor do alimento é fazer a amostragem e a análise de sua composição (JOSÉ, 2021). A quantificação da umidade dos alimentos volumosos é um dos procedimentos mais utilizados em pesquisas sobre alimentos volumosos, principalmente em disponibilidade de matéria seca (LACERDA, FREITAS e SILVA, 2009).

A matéria seca é considerada um importante parâmetro para expressar a produção das forrageiras (CRESPO, 2002). Da mesma maneira, pode determinar o valor de umidade das forrageiras, que depende do seu conteúdo de umidade variando conforme a espécie, estágio fenológico e com as estações do ano (AGNUSDEI, COLABELLI e GRECC, 2001). A secagem do material vegetal é importante para estimar o consumo dos animais (PETRUZZI et al., 2005). Uma vez que, é na matéria seca estão todos os nutrientes necessários para a

manutenção e produção do animal, como proteína, carboidratos, lipídios, minerais e vitaminas (EZEQUIEL e GONÇALVES, 2008).

Dessa forma, o objetivo com o presente trabalho foi avaliar a secagem de alimentos volumosos úmidos em estufa e em forno micro-ondas.

3. METODOLOGIA

O experimento foi realizado no Laboratório de Bromatologia e Nutrição Animal (LABAN), pertencente à Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia (FAMEV/UFU), em Uberlândia, MG.

As amostras foram coletadas na Fazenda Experimental da UFU, no Campus Glória, em Uberlândia – MG. Para coleta do capim-marandu e da silagem de milho, foram utilizados os métodos disponíveis no site da ESALQLAB, pertencente ao Departamento de Zootecnia, da ESALQ/USP (ESALQLAB, 2022). Foram realizadas a secagem dos dois alimentos volumosos em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 60°C por 72 horas, denominada amostra seca ao ar (ASA), em estufa não ventilada a temperatura de 105°C, denominada amostra seca em estufa (ASE) e em forno de micro-ondas, com cinco repetições de cada volumosos para cada método.

Para a secagem em estufa ventilada, as amostras foram pesadas em balança semi-analítica com precisão de 0,01g, utilizando-se como tara para o capim um saco de papel e para a silagem uma marmitex de alumínio. O peso da tara foi anotado, e em seguida o peso da amostra úmida, em quantidade de aproximadamente 100 g, depois foram levadas para a estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 60°C, onde permaneceu por 72 horas (DETMANN et al., 2012). Após esse período as amostras foram retiradas da estufa e colocadas na bancada para esfriar, por aproximadamente 40 minutos, e então pesadas e registrado o peso do saco + amostra seca, para a realização do cálculo do percentual da amostra seca ao ar (ASA), conforme a fórmula abaixo.

$$\%ASA = \frac{(\text{peso da amostra seca} + \text{tara}) - \text{peso da tara (g)}}{\text{peso da amostra úmida (g)}} \times 100$$

Onde: % ASA: porcentagem da amostra seca ao ar.

A secagem em estufa não ventilada a temperatura 105°C, foi realizada nas amostras de silagem de capim pré-secos, ou seja, na amostra seca ao ar (ASA), que foram moídas em

moinho de facas com peneira com diâmetro dos furos de 1 mm. As amostras foram pesadas na quantidade de aproximadamente 1 grama, dentro de um cadinho de porcelana, previamente limpo, seco e pesado, e então foram colocadas na estufa a 105°C por um período de 16 horas, conforme o descrito por (DETMANN et al., 2012), o cálculo dessa secagem foi denominado amostra seca em estufa (ASE), que foi calculado segundo a fórmula abaixo.

$$\%ASE = \frac{(\text{peso do cadinho} + \text{amostra seca}) - \text{peso do cadinho (g)}}{\text{peso da amostra (g)}} \times 100$$

Onde: % ASE: porcentagem da amostra seca em estufa.

Com a obtenção das duas secagens em estufa foi realizado o cálculo da matéria seca das amostras, denominada de matéria seca definitiva. Para isso utilizou-se a fórmula abaixo.

$$\%MS = \frac{ASA \times ASE}{100}$$

Onde: %MS: porcentagem da matéria seca definitiva; ASA: amostra seca ao ar; ASE: amostra seca em estufa.

Para a determinação de matéria seca utilizando o forno micro-ondas, com potência máxima de 820 W, foi necessário pesar bandeja plástica que foi utilizada como tara e aproximadamente 100g de amostra de cada volumoso avaliado, sendo que o capim foi previamente picado. A bandeja mais amostra foi colocada no forno de micro-ondas junto com um copo de água para evitar que a amostra carbonize. O forno foi ligado na potência máxima por 3 minutos, e então retirado e colocado na bancada para esfriar por um minuto, pesado e registrado o peso. Após isso, foi misturada a amostra com cuidado para não cair algum pedaço da forragem. E então colocado novamente no micro-ondas durante dois minutos na potência máxima, e então retirado e colocado na bancada para esfriar por um minuto, pesado e registrado o peso. Após foi misturada a amostra com cuidado para não cair algum pedaço da forragem. A amostra foi novamente colocada no forno micro-ondas durante um minuto na potência máxima então retirado e colocado na bancada para esfriar por um minuto, pesado e registrado o peso. Após foi misturada a amostra com cuidado para não cair algum pedaço da forragem. A amostra foi novamente colocada no micro-ondas durante 30 segundos na potência máxima então retirado e colocado na bancada para esfriar por um minuto, pesado e registrado o peso. Após foi misturada a amostra com cuidado para não cair algum pedaço da

ferragem. Esse procedimento de 30 segundo foi repetido até que o peso da amostra fosse o mesmo por três pesagens seguidas, conforme o preconizado por Oliveira et al. (2015). O cálculo para a determinação da matéria seca no micro-ondas foi realizado conforme a fórmula abaixo.

$$\%MS = \frac{(\text{peso da amostra seca} + \text{tara}) - \text{peso da tara (g)}}{\text{peso da amostra úmida (g)}} \times 100$$

Onde: % MS: porcentagem da matéria seca.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com dois alimentos volumosos (capim e silagem), três tratamentos (ASA, secagem no micro-ondas e MS definitiva), com cinco repetições por tratamento. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, considerando o nível de 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve diferença significativa entre as médias obtidas dos teores de matéria seca pela secagem em estufa ventilada (ASA) e pela secagem utilizando o micro-ondas (Tabela 1), para as amostras avaliadas. Isso mostra que a utilização do micro-ondas é uma boa alternativa para substituição da secagem em estufa de circulação forçada de ar, do capim-marandu e da silagem de milho. O forno de micro-ondas é um produto barato de fácil aquisição em comparação a estufa de circulação forçada de ar, e a determinação da matéria seca pelo método do micro-ondas é mais prático e rápido, além de ser de fácil utilização por produtores e técnicos em propriedades rurais.

Tabela 1. Valores médios da matéria seca da silagem de milho e do capim-marandu obtidos pela secagem em estufa ventilada, pelo micro-ondas, e pela matéria seca calculada.

Variáveis	Capim-marandu	Silagem de milho
ASA	45,45a	30,43a
Micro-ondas	47,10a	31,86a
Matéria seca definitiva	40,87b	28,11b
CV (%)	10,94	16,16

ASA = amostra seca ao ar.

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Segundo Godinho, Carvalho e Ferreira (2014), as amostras secas no forno de micro-ondas fornecem resultados precisos em um tempo relativamente curto, sendo uma alternativa mais rápida para a obtenção de matéria das forragens e eficiente quando comparada com a secagem em estufa com circulação de ar. Para Souza, Nogueira e Rassini (2002), quando comparado ao método de estufa convencional de secagem, a utilização do micro-ondas apresentou correlação ao nível de 95% de confiança, com baixo coeficiente de variação. A metodologia é uma alternativa ao método convencional de secagem, que demanda de 12 até 72 horas, sendo as principais vantagens são a redução no consumo de energia e no tempo de secagem.

Vários estudos descritos literatura confirmaram que a determinação de matéria seca pode ser substituída pelo forno de micro-ondas como os descritos por Undersander et al. (1993), Valentini, Castro e Almeida (1998), Peters (2000), Souza, Nogueira e Rassini (2002), Schena (2007), Gay et al. (2009), Freitas e Silva (2009), Garthe e Zummo, (2012), e Bueno (2017).

Segundo Ruggiero et al. (2022), a determinação da matéria seca dos capins Mombaça e *Brachiaria brizantha* pelos métodos da estufa e do micro-ondas e não diferem, no entanto, para a silagem de cana-de-açúcar esses métodos produzem resultados diferentes.

Foram descritos na literatura diversas metodologias para secagem de amostras em forno de micro-ondas, que diferem quanto os ciclos e potência utilizada, dessa forma, Magno et al. (2016), compararam diferentes metodologias de secagem de amostras em forno de micro-ondas descrito na literatura por Lacerda et al. (2009), que utilizaram diferentes ciclos, sendo eles 3 ciclos de 5 minutos, 1 ciclo de 3 minutos, 1 ciclo de 2 minutos e 1 ciclo de 1 minuto até ser atingido o peso constante. Por Souza et al. (2002), que realizaram a secagem em micro-ondas com diferentes rampas de aquecimento: 1 ciclo de 3 min com 20% da potência máxima, 1 ciclo de 10 min com a potência máxima, e um ciclo de 5 min com 50% da potência máxima. E, por Medeiros (2015), o qual descreve a técnica de secagem em micro-ondas utilizando a potência máxima por 3 minutos, sendo pesagem e anotação do peso, e repetido esse processo até que o material apresentasse o mesmo peso por duas vezes consecutivas. Os autores compararam os resultados obtidos nessas três metodologias com a secagem em estufa com circulação forçada de ar e verificaram que o método descrito por Souza et al. (2002) não diferiu da secagem em estufa e que os métodos descritos por Lacerda et al. (2009) e por Medeiros (2015) produziram resultados significativamente diferentes do obtido na estufa. Dessa forma, pode-se observar que a metodologia utilizada para a secagem no forno de micro-ondas pode gerar resultados diferentes.

No presente estudo foi utilizado o método descrito por Oliveira (2015), na qual a amostra foi colocada no forno de micro-ondas na potência máxima em um ciclo de 3 minutos, um ciclo de 2 minutos, um ciclo de 1 minuto, e ciclos de 30 segundos até se obter 3 pesagens consecutivas serem repetidas, e foi verificado que esse método não diferiu da secagem em estufa com circulação forçada de ar.

A matéria seca de alimentos úmidos determinada em laboratório de bromatologia e nutrição animal, é realizada por meio de dois procedimentos de secagem, na qual são determinadas a ASA e a ASE afim de obter o valor da matéria seca definitiva. Como pode ser observado na Tabela 1, o valor da matéria seca definitiva difere significativamente dos valores obtidos pela secagem no forno de micro-ondas e da secagem em estufa ventilada. Dessa forma, a matéria seca obtida pelo forno do micro-ondas equivale a ASA e é diferente da matéria seca definitiva obtida em laboratório.

A determinação da matéria seca de alimentos úmidos é de grande importância, pois esta pode ser alterada em um curto espaço de tempo, sendo necessário avaliar com frequência nas propriedades rurais o teor de matéria seca desses alimentos. Dessa forma, a determinação do teor de matéria seca dos alimentos auxilia nas tomadas de decisões da propriedade, como por exemplo no momento ideal para o corte da forrageira para ensilagem, no manejo do pasto e no ajuste do fornecimento da dieta total ao animal (BUENO et al., 2017). Quando comparada com a metodologia da utilização da estufa, Schena et al. (2007), concluiu que a metodologia do micro-ondas apresentou maior eficiência e praticidade, uma vez que demandou menor tempo na determinação da matéria seca. Vinholis et al. (2008), constatou que em propriedades rurais leiteiras foram verificados vários pontos positivos pela utilização da metodologia do forno micro-ondas, como a rapidez no fornecimento de resultados para o sistema de produção e a possibilidade de fazer ajustes na dieta dos animais com esses resultados. Santos et al. (2004), afirmaram que a metodologia do micro-ondas pode ser aplicada para fazer o balanceamento da dieta do animal e para determinar o ponto de ensilagem de forrageiras como o milho.

5. CONCLUSÃO

A matéria seca obtida no forno de micro-ondas equivale a matéria seca em estufa ventilada (ASA), mas não equivale a matéria seca definitiva obtida em laboratório para alimentos volumosos úmidos, que resulta na secagem da amostra em estufa ventilada seguida pela secagem em estufa não ventilada a temperatura de 105°C.

REFERÊNCIAS

- AGNUSDEI, M. G.; COLABELLI, M. R.; GRECC, R. C. F. Crecimiento estacional de forraje de pasturas y pastizales naturales para el Sudeste Bonaerense. **Boletín Técnico 152**, 2001. 31p.
- ALVES, A. A. et al. Avaliação de alimentos para ruminantes no Nordeste do Brasil. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL**. 2008.
- AMORIM, L. C.; CARLOS, M. C.; THEBAS, A. M. M. Prática medindo o teor de umidade de alimentos. **Revista Univap**, v. 22, n. 40, 2016.
- ANDRIGUETTO, J. M. et al. Nutrição animal: as bases e os fundamentos da nutrição animal. **Os alimentos**, vol. I, São Paulo: Nobel, 1982. 395 p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official Methods of Analysis**. 15th ed. Arlington, Virginia: AOAC, 1990. 2v.
- BARBOZA, A.C.R.N. et al. Aquecimento em forno de microondas/desenvolvimento de alguns conceitos fundamentais. **Química Nova**, v.24, n.6, p.901-904, 2001.
- BATISTA, T. S. et al. **Comparação de metodologias para determinação de matéria seca em diferentes espécies forrageiras**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 28., Goiânia: Adaltech, 2018. p. 1-5.
- BECKER, S. et al. Influência da Pré-secagem em microondas na determinação de proteínas. **XVI Encontro de Química da Região Sul**, 2008.
- BERTECHINI, A. G. **Nutrição de Monogástricos**. Lavras: Editora UFLA, 2006. 301 p.
- BERTELI, M. N. **Estudo Comparativo de Processos de Secagem de Sólidos Granulados com e Sem Assistência de Microondas**. 114p. Dissertação para Título de mestrado. Universidade Estadual de Campinas Faculdade de Engenharia de Alimentos. Campinas, 2005.
- BIANCHINI, W.; RODRIGUES, E.; MENDES, J.A.; ANDRIGHETO, C. Importância da fibra na nutrição de bovinos. **Revista Electrónica de Veterinária**, v.8, p.1-14, 2007.
- BUENO, A. V. I. et al. Método de obtenção de matéria seca e composição química de volumosos. **Ciência Animal Brasileira**, v. 18, 2017.
- CAMPOS, F. P.; NUSSIO, C. M. B.; NUSSIO, L. G. **Métodos de análise de alimentos**. Piracicaba: FEALQ, [2004]. 135 p.
- CARVALHO, G.A. et al. Caracterização do mercado da carne ovina em Sobral, estado do Ceará. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 46, n. 2, 2016.
- CARVALHO, P.C.F. et al. Do bocado ao sítio de pastejo: manejo em 3D para compatibilizar a estrutura do pasto e o processo de pastejo. In: **Simpósio de Forragicultura e Pastagens**. 2009. p. 116-137.

CHANG, H. T. Effect of microwave treatment on the green color conservation and durability of bamboo. **QJ Chin For**, v. 27, n. 4, p. 103-115, 1994.

CORSON, D. C. et al. **NIRS: Forage analysis and livestock feeding**. In: Proceedings of the New Zealand Grassland Association. 1999. p. 127-132.

CRESPO, R. J. **Uso del horno microondas para la obtención del valor de materia seca en especies forrajeras**, 2002. 48 f. Tesis (Ingeniero Agrónomo) – Universidad Nacional del Mar del Plata, Facultad de Ciencias Agrarias, Balcarce, Argentina, 2002.

CUNHA, H. V. F. **A diferença entre Atividade de Água (Aw) e o Teor de Umidade nos alimentos**. 2016. Disponível em: <https://foodsafetybrazil.org/diferenca-entre-atividade-de-agua-aw-e-o-teor-de-umidade-nos-alimentos/>. Acesso em: 22 out. 2021.

DETMANN, E.; COSTA E SILVA, L.F.; ROCHA, G.C.; PALMA, M.N.N.; RODRIGUES, J.P.P. **Métodos para análise de alimentos-INCT-Ciência Animal**, 2ª ed. Visconde do Rio Branco, Minas Gerais: Suprema, 2021, 350p.

DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C. et al. **Métodos para análise de alimentos**. Suprema: Visconde do Rio Branco, 2012. 214p.

ESALQLAB. **Coleta de amostras**. Disponível em: <http://esalqlab.com.br/#dicas>. Acesso em: 16 ago. 2022.

EZEQUIEL, J. M. B.; GONÇALVES, J. S. G. Princípios e conceitos na alimentação animal. In: MUNIZ, E.N.; GOMIDE, C. A. M.; RANGEL, J. H. A.; ALMEIDA, S. A.; SÁ, C. O.; SÁ, J. L. (ed.). **Alternativas alimentares para Ruminantes II**. Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2008. P.17-51.

FALCHI FILHO, D.; FERREIRA, J. D. J. **AIR FRYER: UM MÉTODO ALTERNATIVO E PRÁTICO PARA ESTIMAR A MATÉRIA SECA DE ALIMENTOS VOLUMOSOS UTILIZADOS EM CONFINAMENTOS**. 2018. Disponível em: <https://blog.nutron.com.br/bovinos-de-corte/air-fryer-metodo-alternativo-para-estimar-a-materia-seca-em-confinamentos-bovinos-de-corte/>. Acesso em: 19 out. 2021.

FORTES, B. D. A. **Métodos de avaliação de alimentos para aves**. 2011. 46 f. Seminário apresentado junto à Disciplina Seminários Aplicados (Doutorado) - Curso de Ciência Animal, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011.

FURTADO, M. A. M; FERRAZ, F. O. **Determinação de umidade em alimentos por intermédio de secagem em estufa convencional e radiação infravermelha—estudo comparativo em alimentos com diferentes teores de umidade**. 2007.

GARCIA, D. M. **Análise de atividade de água em alimentos armazenados no interior de granjas de integração avícola**. 2004. 50 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

GARTHE, J. W.; ZUMMO, S. **Determining forage moisture content with a microwave oven**. Penn State/College of Agricultural Sciences - Cooperative Extension. I-106. 2012.

GAY, S. W. et al. **Determining Forage Moisture Concentration**. College of Agriculture and Life Sciences. Virginia Polytechnic Institute and State University, 2009. Publication 442-106.

GODINHO, R. F.; CARVALHO, R. C. R.; FERREIRA, E. A. Determinação de matéria seca em alimentos para uso animal por meio do forno microondas e Koster Tester. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 13, n. 3, p. 293-301, 2014.

GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J. **Forage Fiber Analyses (Apparatus, reagents, procedures, and some applications)**. USDA - ARS Agric. Handbook. Washington: US Govt. Printing Office, 1970. 20 p.

GOMES, C.G.; OLIVEIRA G.F. **Análises físico-químicas de alimentos**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2011. 303p.

GUIMARÃES FILHO, C. C.; MONTEIRO, K. D.; DEMINICIS, B. B. Utilização de silagem de capim para alimentação de ruminantes. **PUBVET**, v. 5, p. Art. 1231-1237, 2011.

HORSTEN, D. VON.; HARTNING, T.; VON HORTEN, D. Processing of medicinal plants using microwaves. **Land Technik**. Dusseldorf, v. 54, n. 4, p. 206-207, nov.1999.

JERACI, J. L.; VAN SOEST, P. J. Improved methods for analysis and biological characterization of fiber. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, v.270, p.245-263, 1990.

JOSÉ, A. B. V. **Importância da análise dos alimentos para a formulação de dietas**. Disponível em: <https://www.scotconsultoria.com.br/noticias/artigos/21552/importancia-da-analise-dos-alimentos-para-a-formulacao-de-dietas.htm>. Acesso em: 15 set. 2021.

KINGSTON, H. M.; JASSIE, L. B. (Ed.) **Introductiron to Microwave Sample Preparation – Theory and Practice**. Washington: ACS Professional Reference Book, 1988. 263p.

KRUG, F. J. (Ed.) **WORKSHOP SOBRE PREPARO DE AMOSTRAS - MÉTODOS DE DECOMPOSIÇÃO DE AMOSTRAS**, 3., 2000, São Carlos, SP. **Anais...** São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2000. 149p.

LACERDA, M. J. R.; FREITAS, K. R.; SILVA, J. W. Determinação da matéria seca de forrageiras pelos métodos de microondas e convencional. **Bioscience Journal**, v. 25, n. 3, 2009.

LANA, R. P. **Nutrição e Alimentação Animal: mitos e realidades**. Viçosa: UFV, 2005. 344p.

MACHADO, W. S.; ANDRADE, S. **Novo método viabiliza determinação da matéria seca a campo**. 2019. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao-de-leite/novo-metodo-viabiliza-determinacao-da-materia-seca-a-campo-214606/>. Acesso em: 15 out. 2021.

MACIEL, R. **Métodos de avaliação dos alimentos**. Disponível em: http://www.dzo.ufla.br/Roberto/metodos_analise_alimentos.pdf. Acesso em: 23 out. 2021.

MAGNO, H. et al. **Comparações de metodologias para pré-secagem de amostras em forno micro-ondas**. Boletim Técnico da Universidade Camilo Castelo Branco, Departamento de Produção Animal, 17. 17p. 2016.

MEDEIROS, J. R. **Determinação da matéria seca (MS) no micro-ondas - Embrapa**. Disponível em: <http://www.cnpqg.embrapa.br/~sergio/msmicro-ondas/>. Acesso em: 09/08/2022.

MEDEIROS, S. R.; MARINO, C. T. **Valor nutricional dos alimentos na nutrição de ruminantes e sua determinação**. In: MEDEIROS, S. R. DE; GOMES, R. DA C.; BUNGENSTAB, D. J. (ED.). Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações. Brasília: Embrapa, p.107-118, 2015.

NENNICH, T.; CHASE, L. Dry matter determination. **Feed Management Education Project, United States Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service**, 2007.

NUSSIO, L. G.; CAMPOS, F. P.; DIAS, F. N. Importância da qualidade da porção vegetativa no valor alimentício da silagem de milho. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS. 1, 2001, Maringá. **Anais...** Maringá. UEM, 2001, p.319.

OETZEL, G. R. et al. A Comparison of On-Farm Methods for Estimating the Dry Matter Content of Feed Ingredients. **Journal Dairy Science**, Champaign, v.76, p.293-299, 1993.

OLIVEIRA, J.S.; MIRANDA, J.E.C.; CARNEIRO, J.C.; OLIVEIRA, P.S.D.; MAGAHÃES, V.M.A. Como medir a matéria seca (MS%) em forragem utilizando forno de micro-ondas. Comunicado Técnico 77. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2015. 6p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/137606/1/COT-77-Teor-mat-seca.pdf>. Acesso em: 20 de maio de 2022.

PARK, K. J.; ANTONIO, G. C. Análises de materiais biológicos. **Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola**, 2006.

PEIXOTO, R. R.; MAIER, J. C. **Nutrição e alimentação animal**. 2.ed. Pelotas: UCPel, 1993. 169 p.

PEREIRA, N. R. **Estudo da aplicação de Micro-ondas na secagem de bananas tratadas osmoticamente**. Universidade Estadual de Campinas – Faculdade de Engenharia de Alimentos Departamento de Engenharia de Alimento, Campinas, 2007.

PETERS, J. On-Farm Moisture Testing of Corn Silage. **Focus on Forage**, Madison, v.2, p.1-3, 2000.

PETRUZZI, H. J. et al. Determinación de materia seca por métodos indirectos: utilización del horno a microondas. **Boletín de Divulgación Técnica** 88, p. 4, 2005.

RAMSUMAIR, A.; MLAMBO, V.; LALLO, C. H. Effect of drying method on the chemical composition of leaves from four tropical tree species. **Trop Agric**, v. 91, n. 179, p. e85, 2014.

RIBEIRO, D. H. **Composição química bromatológica de *Andropogon gayanus* cultivar planaltina predita pelo NIRS e analisada por via úmida**. 2019. 30 f. TCC (Graduação) - Curso de Zootecnia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

RODRIGUES, R. C. **Métodos de análises bromatológicas de alimentos: métodos físicos, químicos e bromatológicos**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010.

RUGGIERO, J. A., FREITAS, K. R.; ROSA, B. Determinação da matéria seca de forrageiras pelo método do microondas. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife, 2002.

SALMAN, A. K. D. et al. Metodologias para avaliação de alimentos para ruminantes domésticos. **Embrapa Rondônia-Documentos (INFOTECA-E)**, 2010.

SANTOS, P. M. et al. **Determinação de teor de matéria seca na fazenda: método utilizando forno de microondas doméstico**. 2004. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao-de-leite/determinacao-de-teor-de-materia-seca-na-fazenda-metodo-utilizando-forno-de-microondas-domestico-21368n.aspx>. Acesso em: 18 ago. 2022.

SARMENTO, H. G. S. et al. Determinação do teor de água em sementes de milho, feijão e pinhão-manso por métodos alternativos. **Energia na Agricultura**, v. 30, n. 3, p. 250-256, 2015.

SCHENA, T. E.; GARBUIO, P. W.; SOUZA, N. M.; DELALIBERA, H. C.; LEITÃO, K.; WEIRICH NETO, P.H. Determinação da matéria seca de plantas de milho (*Zea mays*L.) destinadas à produção de silagem. In: ENCONTRO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA DOS CAMPOS GERAIS, 3., 2007, Ponta Grossa. **Anais: Inovação, Desenvolvimento e Sustentabilidade**. Ponta Grossa: Editora UTFPR. 2007.

SCOTT, W. J. Water relation of food spoilage microorganisms. **Adv. Food Res.** 7: 83- 127, 1957.

SILVA, A. L. P et al. Métodos de secagem de amostras de folhas de capim brachiária, cana-de-açúcar e goiabeira nos teores de macronutrientes. In: **Colloq. agrar.** 2011. p. 35-40.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009. 235 p.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed., Viçosa: UFV, 2002. 235p.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análises de alimentos: Métodos químicos e biológicos**. 3 ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2005. 235p.

SOUSA, M. O. et al. Avaliação da qualidade físico-química e microbiológica da água de bebedouros de uma creche em Teresina –PI. **Revista Interdisciplinar Centro Universitário Uninovafapi**. Piauí, v. 7 n. 1, 2014.

SOUZA, G. B. de; NOGUEIRA, A. R. A.; RASSINI, J. B. **Determinação de matéria seca e umidade em solos e plantas com forno de micro-ondas doméstico**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2002. (Embrapa Pecuária Sudeste, Circular Técnica, 33

SOUZA, G. B. et al. **Método Alternativo para Determinação de Fibra em Detergente Neutro e Detergente Ácido**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 1999. 21p. (Embrapa Pecuária Sudeste, Boletim de Pesquisa, 4).

SOUZA, G. B.; NOGUEIRA, A. R. A.; RASSINI, J. B. Determinação de matéria seca e umidade em solos e plantas com forno de microondas doméstico. **Embrapa Pecuária Sudeste-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2002.

UNDERSANDER, D. et al. **Forage analyses: Procedures**. Omaha, NE.: National Forage Testing Association, 1993.

VALENTINI, S. R.T.; CASTRO, M. F. P. M.; ALMEIDA, F. H. Determinação do teor de umidade de milho utilizando aparelho de microondas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.18,n.2,p.237-240,1998.<http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20611998000200017>

VAN CLEEF, E. H. C. B. et al. Determinação da matéria seca das fezes de ovinos e da carne de peito de frango através do método tradicional e por liofilização. **REDVET - Revista Electrónica de Veterinaria**, v. 11, n. 4, p. 1-10, 2010.

VAN CLEEF, E. H. C. B. **Tortas de nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) e pinhão manso (*Jatropha curcas*): caracterização e utilização como aditivos na ensilagem de capim elefante**. 2008. 77p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

VAN SOEST, P. J.; WINE, R. H. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, v.50, p.50-5, 1967.

VINHOLIS, M. M. B. et al. O Uso do microondas doméstico para determinação de matéria seca e do teor de água em solos e plantas: avaliação econômica, social e ambiental. **Custos e @gronegocio online**, Recife, v.4, p.80-97, 2008.

VON HORSTEN, D.V.; HARTNING, T.; VON HORTEN, D. Processing of medicinal plants using microwaves. **Land Technik**, v. 54, p. 206-207, 1999.

WELTI, J.; VERGARA, F. Atividade de água / Conceito y aplicación em alimentos com alto contenido de humedad. In: AGUILERA, J. M. **Temas en Tecnología de Alimentos**. Santiago – Chile, v.1, p.11-26, 1997.