

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

ANNA KAROLINE RODRIGUES VIEIRA

**Determinação de fibra em detergente neutro e detergente ácido testadas
simultaneamente em autoclave com diferentes alimentos**

UBERLÂNDIA – MG

2026

ANNA KAROLINE RODRIGUES VIEIRA

**Determinação de fibra em detergente neutro e detergente ácido testadas
simultaneamente em autoclave com diferentes alimentos**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à coordenação do curso de graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial à obtenção do título de Zootecnista.

Orientador: Prof. Dr. Lúcio Vilela Carneiro Girão

UBERLÂNDIA – MG

2026

**Determinação de fibra em detergente neutro e detergente ácido testadas
simultaneamente em autoclave com diferentes alimentos**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
coordenação do curso de graduação em
Zootecnia da Universidade Federal de
Uberlândia, como requisito parcial à obtenção do
título de Zootecnista.

Orientador: Prof. Dr. Lúcio Vilela Carneiro Girão

Aprovado em 06 de agosto de 2026

Prof. Dr. Lúcio Vilela Carneiro Girão (FMVZ/UFU)

Prof.^a Dr.^a Eliane da Silva Morgado (FAMVZ/UFU)

Onacir Jorge da Costa (FMVZ/UFU)

UBERLÂNDIA – MG

2026

AGRADECIMENTOS

A Deus, por guiar toda a minha vida, especialmente desde a aprovação até a finalização desta graduação.

À minha família, pelo sustento, apoio e direcionamento.

Ao meu orientador Prof. Dr. Lúcio Vilela Carneiro Girão, por todo o tempo dedicado à minha jornada acadêmica, compartilhando ensinamentos técnicos e vivências práticas.

À minha querida amiga Amanda Baracho, por ter dividido comigo todo o tempo de graduação, contribuindo para a minha formação pessoal e profissional.

À banca avaliadora, por contribuir para a execução e aprimoramento deste trabalho.

A esta Universidade e todos que de alguma forma contribuíram para que esse trabalho fosse realizado.

Muito obrigada!

RESUMO

A análise do teor de fibra de alimentos é de grande importância para a nutrição animal, especialmente para atendimento das exigências de ruminantes. Diversos métodos alternativos ao método oficial têm sido desenvolvidos com a finalidade de reduzir a mão de obra, o tempo e os custos das análises, entre os quais o uso de saquinhos filtrantes e da autoclave. Objetivou-se com o presente trabalho avaliar os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e de fibra em detergente ácido (FDA) de três alimentos com diferentes teores de fibra — milho grão, silagem de milho e feno de alfafa —, comparando-se a determinação sequencial e a determinação não sequencial das duas análises em autoclave. As variáveis foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado (DIC) e realizadas pela técnica dos saquinhos filtrantes de tecido não tecido (TNT) com gramatura de 100 g/m², a 120 °C por 60 minutos, com sete repetições por alimento. Validados nos pressupostos de normalidade e homogeneidade, os valores obtidos foram submetidos a análise paramétrica, por meio da análise de variância e testados pelo procedimento GLM (General Linear Models) do pacote estatístico SAS (2008), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Verificou-se a ausência de diferença significativa ($P > 0,05$) na determinação de fibra em detergente ácido nas autoclavagens sequencial e não sequencial dos três alimentos analisados. As rodagens de fibra em detergente neutro apresentaram resultados distintos conforme a matriz avaliada, de modo que o feno de alfafa teve teor significativamente superior na determinação não sequencial em relação à sequencial, enquanto no milho grão ocorreu o inverso, com redução do teor na determinação não sequencial, e na silagem de milho a diferença entre os métodos não foi significativa. A determinação de FDA pode ser realizada de forma não sequencial com a FDN na mesma rodagem de autoclave, sem prejuízo aos resultados, para alimentos de diferentes teores de fibra e de amido. Já a determinação não sequencial da fibra em detergente neutro, na condição de temperatura e tempo utilizada neste estudo, não é recomendada de forma geral, efeito que se mostrou mais evidente em alimentos de composição mais extrema quanto ao teor de fibra e de amido.

Palavras-chave: análise bromatológica, autoclave, FDA, FDN, saquinhos filtrantes.

ABSTRACT

Analysis of fiber content in feeds is of great importance for animal nutrition, especially for meeting the requirements of ruminants. Several alternative methods to the official method have been developed with the aim of reducing labor, time, and analysis costs, including the use of filter bags and the autoclave. The objective of this study was to evaluate the neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) contents of three feeds with different fiber contents — corn grain, corn silage, and alfalfa hay — comparing sequential determination with simultaneous determination of both analyses in an autoclave. The variables were arranged in a completely randomized design (CRD), and the procedure was carried out using non-woven fabric (NWF) filter bag technique, with a fabric weight of 100 g/m², at 120 °C for 60 minutes, with seven replicates per feed. Once the assumptions of normality and homogeneity were validated, the values obtained were subjected to parametric analysis by means of analysis of variance and tested using the GLM (General Linear Models) procedure of the SAS statistical package (2008); means were compared by Tukey's test ($P < 0.05$). No significant difference ($P > 0.05$) was found in the determination of acid detergent fiber between separate and combined autoclaving of the three feeds analyzed. The neutral detergent fiber runs showed different results depending on the matrix evaluated, such that alfalfa hay had a significantly higher content in the combined determination compared to the separate determination, whereas the opposite occurred for corn grain, with a reduction in content in the combined determination, and for corn silage the difference between methods was not significant. ADF determination can be performed jointly with NDF in the same autoclave run without impairing results, for feeds with different fiber and starch contents. However, joint determination of neutral detergent fiber, under the temperature and time conditions used in this study, is not recommended in general, an effect that proved more evident in feeds with more extreme fiber and starch composition.

Keywords: bromatological analysis, autoclave, ADF, NDF, filter bags.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. REFERENCIAL TEÓRICO	9
2.1. Componentes da parede celular dos vegetais.....	9
2.2. Fibra na nutrição animal	10
2.3. Métodos de determinação de fibra nos alimentos	11
2.3.1. Método de Van Soest.....	11
2.3.2. Alterações nos métodos originais	13
3. METODOLOGIA	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
5. CONCLUSÃO	22
REFERÊNCIAS	23

1. INTRODUÇÃO

A avaliação da composição dos alimentos é uma etapa rotineira e indispensável nos laboratórios de nutrição animal, pois subsidia a formulação de dietas e o uso eficiente dos ingredientes (CANESIN; FIORENTINI; BERCHIELLI, 2012). Entre as análises realizadas, a determinação da fibra ocupa posição de destaque na avaliação de alimentos para ruminantes, ainda que seu resultado dependa diretamente do método empregado (MERTENS, 1992).

O sistema de detergentes de Van Soest é o mais aceito para essa finalidade, porém o método oficial é operacionalmente limitado, pois emprega digestor de fibras com refluxo e permite poucas provas por vez, com elevado dispêndio de tempo e mão de obra (BERCHIELLI et al., 2001). Essa restrição prática é o que tem motivado a busca por adaptações capazes de agilizar a rotina laboratorial (LOURENÇO et al., 2017; FARIAS et al., 2015).

Nesse contexto, a autoclave tem se firmado como alternativa de baixo custo e maior capacidade analítica por operação, sobretudo quando associada a saquinhos filtrantes de tecido não tecido (LOURENÇO, 2010; CASALI et al., 2009). Apesar de promissora, sua execução ainda carece de consenso quanto ao tempo, à temperatura e à pressão ideais, e a acurácia das estimativas pode variar conforme o tipo de alimento analisado (BAUMGARTEN et al., 2016; SANTINO, 2023).

Os protocolos consolidados para a análise da fibra em autoclave conduzem a determinação da FDN e da FDA como etapas distintas, de forma sequencial sobre a mesma amostra (DESCHAMPS, 1999; DETMANN et al., 2012; 2021). Essa condução mantém duas operações para um único conjunto de amostras, o que demanda tempo e manipulação adicionais. No entanto, são escassos os trabalhos que avaliam a determinação não sequencial da FDN e da FDA em um mesmo ciclo de autoclave, adaptação cuja confiabilidade necessita ser verificada em alimentos com teores contrastantes de fibra.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar os teores de fibra em detergente neutro e de fibra em detergente ácido de três alimentos com diferentes teores de fibra, sendo eles milho grão, silagem de milho e feno de alfafa, comparando a determinação sequencial e a determinação não sequencial das duas análises em autoclave.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Componentes da parede celular dos vegetais

A parede celular representa a camada mais externa das células vegetais e exerce funções de sustentação e proteção, sendo constituída majoritariamente pelos polissacarídeos celulose, hemicelulose e pectina, aos quais se associa a lignina, um composto de natureza fenólica (COSTA, 2019; FARINAS, 2011). Essa estrutura divide-se em parede celular primária, formada durante o crescimento da célula e dotada de flexibilidade que permite sua expansão, e parede celular secundária, depositada após o término do crescimento e responsável pela estabilização mecânica do vegetal (FARINAS, 2011). Além dos polissacarídeos e da lignina, a parede celular pode conter proteínas, compostos fenólicos e sais minerais em menores quantidades, cuja proporção varia conforme a espécie e o estágio de desenvolvimento da planta (FARINAS, 2011).

A celulose constitui o principal componente da parede celular e o polissacarídeo mais abundante na natureza, sendo formada por unidades de glicose organizadas em longas cadeias lineares que lhe conferem rigidez e elevada resistência à hidrólise (GIGER-REVERDIN, 1995; VAN SOEST, 1994). Esse polissacarídeo representa de 20 a 40% da matéria seca da parede celular, proporção que se eleva à medida que a planta avança em seu desenvolvimento (FARINAS, 2011; VAN SOEST, 1994). Por apresentar essa estrutura estável, a celulose é fermentada de maneira lenta e apenas parcial pelos micro-organismos do trato digestivo, característica que influencia diretamente o aproveitamento da forragem pelos animais ruminantes (VAN SOEST, 1994).

A hemicelulose corresponde a um grupo heterogêneo de polissacarídeos que se associam à celulose na parede celular e apresentam menor grau de polimerização, o que as torna mais sensíveis à hidrólise do que a própria celulose (CARVALHO *et al.*, 2010; VAN SOEST, 1994). Estima-se que esse constituinte represente cerca de 15 a 25% do peso seco da parede celular dos vegetais, sendo solúvel em soluções ácidas, mas insolúvel em água (FARINAS, 2011; VAN SOEST, 1994).

A pectina é um polissacarídeo formado em sua maior parte por ácido galacturônico, encontrado na parede celular primária e na lamela média, onde atua como agente cimentante que confere firmeza, coesão e resistência mecânica aos tecidos vegetais (PAIVA; LIMA; PAIXÃO, 2009). Esse componente representa aproximadamente 30% do peso seco da parede celular e,

diferentemente da celulose e da hemicelulose, é rapidamente fermentado pelos micro-organismos que habitam o trato digestivo dos animais (FARINAS, 2011; VAN SOEST, 1994).

A lignina é o principal componente não glicídico da parede celular e caracteriza-se como um polímero fenólico de estrutura amorfa e tridimensional, cujas ligações não são passíveis de hidrólise pelos animais (SANTOS, 2008; VAN SOEST, 1994). Sua presença confere rigidez, impermeabilidade e resistência aos tecidos e atua como barreira física à degradação dos demais constituintes da parede celular, razão pela qual é considerada indigestível e limita o aproveitamento da fibra (VAN SOEST, 1994). O teor de lignina varia conforme a maturação do vegetal, podendo ser inferior a 5% em plantas jovens e atingir até 15% do peso seco da parede celular nas plantas mais maduras (CARVALHO *et al.*, 2010).

2.2. Fibra na nutrição animal

O conhecimento da composição dos alimentos é essencial para a nutrição animal, pois orienta a formulação de dietas e otimiza a eficiência de utilização dos ingredientes pelos animais de produção (CANESIN; FIORENTINI; BERCHIELLI, 2012). Entre os componentes avaliados, a fibra corresponde à fração menos digestível dos alimentos, que não é hidrolisada pelas enzimas digestivas dos animais e somente é fermentada por micro-organismos, sendo formada por substâncias presentes na parede celular dos vegetais (WEISS, 1993). Segundo Mertens (1992), a fibra pode ser definida como um agregado de compostos cuja composição química depende de sua fonte e do método analítico empregado, o que confere a esse nutriente uma definição estreitamente vinculada à metodologia utilizada para sua quantificação.

Quimicamente, a fibra é composta principalmente por celulose, hemicelulose e lignina, constituintes da parede celular dos vegetais, aos quais se associam proteínas e outros compostos em menor proporção (BIANCHINI *et al.*, 2007; MACEDO JÚNIOR *et al.*, 2007). Por ser o principal nutriente das forragens, que representam a maior parte da alimentação dos herbívoros, a fibra constitui importante fonte de energia para esses animais (CASTRO JÚNIOR; CAMARGO; BUDINO, 2013). De modo geral, esse nutriente auxilia no trânsito da digesta, previne distúrbios gastrintestinais e contribui para a saúde do trato digestivo, além de gerar parte da energia por meio da fermentação microbiana, em intensidade que varia conforme as condições fisiológicas e a espécie animal (MEURER; HAYASHI; BOSCOLO, 2003).

Nos ruminantes, a fibra assume importância central, pois esses animais aproveitam a energia dos alimentos fibrosos com maior eficiência que os demais herbívoros, graças à fermentação

realizada pelos micro-organismos do rúmen (BERCHIELLI; PIRES; OLIVEIRA, 2011). O alimento volumoso é a principal fonte de fibra para essa categoria e, ao ser fermentado, origina ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), que podem atender entre 60% e 80% das exigências energéticas desses animais (ALVES *et al.*, 2016).

Além do aporte energético, a fibra também é indispensável para manter o equilíbrio da função ruminal (MACEDO JÚNIOR *et al.*, 2007). De acordo com Genro e Orqis (2008), sua quantidade e qualidade impõem limites ao consumo, pois teores elevados de fibra provocam o enchimento ruminal e induzem saciedade antes que as demandas energéticas sejam atendidas, com reflexos negativos sobre o desempenho — limitação relacionada, sobretudo, à lignina, fração praticamente indigestível pelos micro-organismos do rúmen.

Nos animais não ruminantes, o aproveitamento da fibra depende das especificidades do sistema digestivo de cada espécie, o que resulta em efeitos fisiológicos distintos conforme o grupo considerado. Em não ruminantes herbívoros, que realizam a fermentação no intestino grosso, a fibra é indispensável, pois auxilia no trânsito da digesta, mantém o equilíbrio da microbiota intestinal e a integridade da mucosa, além de suprir parte das necessidades energéticas por meio da produção de ácidos graxos de cadeia curta (MORGADO; GALZERANO, 2009).

Já nos não ruminantes não herbívoros, como aves e suínos, a fibra foi por muito tempo considerada indesejável, em razão do efeito diluidor sobre a densidade energética das rações, no entanto estudos mais recentes têm demonstrado benefícios quando ela é incluída em quantidades adequadas, sobretudo por sua ação prebiótica, que favorece o equilíbrio da flora intestinal e melhora o desempenho dos animais (GOULART *et al.*, 2016).

2.3. Métodos de determinação de fibra nos alimentos

2.3.1. Método de Van Soest

Diante das limitações apresentadas pela análise da fibra bruta, que solubiliza parte da hemicelulose e da lignina e gera estimativas pouco precisas do teor de fibra, Van Soest (1963) e Van Soest e Wine (1967) desenvolveram um conjunto de técnicas conhecido como sistema de detergentes, com a finalidade de separar o conteúdo celular dos constituintes da parede celular dos vegetais. Esse sistema foi proposto inicialmente para a análise de forrageiras e possibilitou o

fracionamento dos componentes fibrosos, o que conferiu maior precisão à estimativa do valor nutritivo dos alimentos quando comparado ao método de Weende (BERCHIELLI *et al.*, 2001).

Primeiramente, Van Soest (1963) propôs uma análise baseada em um detergente ácido capaz de solubilizar o conteúdo celular, os minerais solúveis e a hemicelulose, isolando um resíduo composto basicamente por celulose e lignina, denominado fibra em detergente ácido (FDA). A partir desse resíduo, observa-se a possibilidade de determinar sequencialmente outros componentes, como a lignina, a celulose e o nitrogênio indigestível, e, por essas características, a FDA passou a ser empregada com frequência em substituição à fibra bruta, em razão da maior facilidade do processo e da não dissolução da lignina (VAN SOEST, 1994).

Posteriormente, em razão da solubilização da hemicelulose na análise da FDA, Van Soest e Wine (1967) desenvolveram um método mais preciso para estimar o teor de fibra total dos alimentos, por meio de um detergente neutro capaz de separar o conteúdo celular dos constituintes da parede, isolando um resíduo formado por celulose, hemicelulose e lignina, denominado fibra em detergente neutro (FDN). Por recuperar de forma mais completa os componentes da parede celular, a FDN consolidou-se como a melhor estimativa desse conteúdo dos alimentos e tornou-se o método mais aceito pelos nutricionistas de ruminantes para a determinação da fibra (FERNANDES *et al.*, 2017).

A análise da FDN foi desenvolvida inicialmente para forragens, contudo, ao ser aplicada a alimentos ricos em amido, passou a apresentar resultados menos precisos, uma vez que o amido e outras impurezas, como cinzas e proteínas insolúveis em detergente neutro, interferiram no resultado final e ocasionaram a superestimação do valor da FDN, o que tornou necessárias algumas adequações ao método original para melhor avaliar esse tipo de amostra (VAN SOEST *et al.*, 1991).

Apesar de consagrado nos principais laboratórios de nutrição animal, o sistema de detergentes apresenta limitações práticas relacionadas, sobretudo, ao excesso de trabalho exigido nas etapas de refluxo e de filtração de cada amostra, o que restringe a eficiência no uso dos recursos humanos, financeiros e de infraestrutura dos laboratórios (BERCHIELLI *et al.*, 2001). Tais limitações operacionais, somadas à necessidade de adaptações do método original para diferentes tipos de alimento, motivaram o desenvolvimento de procedimentos alternativos.

2.3.2. Alterações nos métodos originais

O método oficial de determinação da fibra em detergente neutro (FDN) e da fibra em detergente ácido (FDA) utiliza um digestor de fibras com refluxo, cadinho filtrante e sistema a vácuo, e permite a realização de apenas seis provas por vez, o que limita o rendimento das análises e aumenta a mão de obra empregada. Em razão dessas limitações, o método original passou por modificações ao longo do tempo, tanto na composição dos reagentes quanto na substituição de equipamentos e materiais, com o objetivo de tornar as análises mais rápidas e práticas e de reduzir mão de obra e custos (LOURENÇO *et al.*, 2017; FARIAS *et al.*, 2015). Essas adaptações deram origem aos chamados métodos alternativos, que buscam manter a qualidade das estimativas ao mesmo tempo em que ampliam a quantidade de amostras analisadas por vez.

Uma das principais alterações foi o método Ankom *Filter Bag Technique*, que substitui o digestor de fibras com refluxo por um sistema fechado e os cadinhos filtrantes por saquinhos filtrantes, de modo a permitir a análise de muitas amostras por vez e eliminar etapas como a lavagem e a filtração individual (BERCHIELLI *et al.*, 2001). No entanto, o alto custo do equipamento e dos saquinhos, motivou a busca por tecidos alternativos para a confecção dos saquinhos filtrantes, e o tecido não tecido (TNT) com gramatura de 100 g/m² mostrou-se semelhante ao saquinho original, gerando estimativas acuradas na análise de fibra (CASALI *et al.*, 2009; VALENTE *et al.*, 2011).

Outro método alternativo amplamente estudado é a utilização da autoclave em substituição ao digestor de fibras com refluxo, descrito na literatura por diversos autores, como Pell e Schofield (1993), Deschamps (1999), Senger e colaboradores (2008) e Farias e colaboradores (2015). Segundo Lourenço (2010), a determinação da fibra com o uso da autoclave pode ser conduzida tanto com cadinhos filtrantes e sistema a vácuo, quanto com saquinhos filtrantes e tem por finalidade reduzir os custos e aumentar o número de amostras analisadas. Dessa forma, observa-se que a autoclave se apresenta como uma alternativa acessível, capaz de aproveitar os materiais já empregados nas demais técnicas.

A principal vantagem desse método está na redução do tempo de análise, decorrente, sobretudo, da eliminação da etapa de filtração e da realização da lavagem das amostras de forma coletiva (LOURENÇO, 2010). De acordo com Baumgarten e colaboradores (2016), trata-se de uma técnica promissora pela facilidade, rapidez e baixo custo, ainda que persistam dúvidas quanto ao tempo, à temperatura e à pressão mais adequados para a execução da análise.

Nesse sentido, a definição do tempo, temperatura e pressão de execução mostra-se determinante para a acurácia do método, e diferentes combinações foram avaliadas na literatura para a análise da FDN e da FDA. Senger e colaboradores (2008) testaram as temperaturas de 110°C e 120°C nos tempos de 40 e 60 minutos e verificaram que a condição de 110°C por 40 minutos gerou resultados mais próximos aos do método oficial, enquanto Farias e colaboradores (2015) e Deschamps (1999) empregaram a temperatura de 120°C por 40 minutos. Detmann e colaboradores (2012; 2021) por sua vez, recomendaram a temperatura de 105°C por 60 minutos. A combinação da temperatura de 120°C, descrita por Deschamps (1999), com o tempo de 60 minutos, recomendado por Detmann e colaboradores (2012), foi avaliada por Santino (2023) constatando que essa condição gera resultados que variam conforme o tipo de alimento, com valores confiáveis para alimentos volumosos e tendência à subestimação da fibra em alimentos concentrados.

2.4. Alimentos com diferentes teores de fibra

Na nutrição animal, os alimentos são classificados em concentrados, aqueles de baixo teor de fibra e ricos em carboidratos não estruturais, e em volumosos, nos quais predomina a parede celular vegetal, fração estimada pela fibra em detergente neutro e pela fibra em detergente ácido (MACHADO; GERALDO, 2011). A fibra é aproveitada pela fermentação microbiana nos ruminantes e em não ruminantes dotados de ceco e cólon funcionais, como equinos e coelhos, ao passo que apresenta uso limitado em monogástricos como aves e suínos (MACHADO; GERALDO, 2011).

Segundo Machado e Geraldo (2011), o milho grão é um dos principais alimentos energéticos da nutrição animal, em razão do elevado teor de amido concentrado no endosperma e da reduzida proporção de parede celular, o que lhe confere baixo teor de fibra. Esse ingrediente representa a principal fonte de energia para não ruminantes, correspondendo a cerca de 60% das rações de suínos e aves, e é igualmente utilizado como concentrado energético na alimentação de ruminantes (MACHADO; GERALDO, 2011).

A silagem de milho é o volumoso conservado mais utilizado na pecuária brasileira, e sua fração fibrosa corresponde aos componentes da parede celular originados sobretudo do colmo e das folhas (DEMINICIS et al., 2009). Em silagens de seis variedades de milho, observaram-se teores médios de 49,9% de FDN e de 27,5% de FDA na matéria seca, valores que situam o

alimento em posição intermediária de fibrosidade (SANTOS et al., 2010). Como o amido proveniente dos grãos dilui a fração fibrosa, quanto maior a participação de grãos na massa ensilada, menores tendem a ser os teores de FDN da silagem (DEMINICIS et al., 2009).

O feno de alfafa origina-se de leguminosa forrageira perene de elevado valor nutritivo, cuja fração fibrosa, compõe a parede celular da planta (FERREIRA et al., 2008). Em feno de alfafa fornecido a equinos, registraram-se teores de 58,69% de FDN e de 36,54% de FDA na matéria seca (ALMEIDA et al., 1999), o que, entre os três alimentos selecionados no presente trabalho, situa o feno de alfafa como o de maior teor de fibra.

3. METODOLOGIA

O experimento foi realizado no Laboratório de Bromatologia e Nutrição Animal (LABAN) pertencente à Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Uberlândia.

Foram avaliados os teores de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) de amostras de três alimentos com diferentes teores de fibra, sendo eles milho grão, silagem de milho e feno de alfafa, por meio da técnica de saquinhos filtrantes de tecido não-tecido (TNT).

As análises de FDN e FDA foram realizadas pelo método da autoclave, por duas técnicas distintas. Em uma rodagem, a determinação de FDA foi sequencial à de FDN, utilizando as mesmas amostras para os dois processos; na outra rodagem, as duas análises foram feitas simultaneamente na autoclave, utilizando-se um béquer para cada conjunto de amostras das diferentes soluções.

As amostras dos três alimentos foram submetidas a pré secagem em estufa ventilada a 55 °C por 72 horas e posteriormente moídas em moinho de facas com peneira de 1mm, para determinação de matéria seca definitiva e realização das análises de FDN e FDA, segundo a metodologia descrita por Detmann *et al.* (2021).

Os saquinhos foram confeccionados com TNT de gramatura 100 g/m², a partir de cortes retangulares medindo 11 cm de comprimento e 6 cm de largura, a fim de garantir a dimensão de 5 cm de comprimento e 5 cm de largura após totalmente selados, correspondendo a área útil de 25 cm². Após os cortes, selagem das laterais e enumeração de todos os saquinhos, eles foram

deixados de molho de um dia para o outro em solução de detergente neutro comercial e água destilada fervente, em seguida foram lavados repetidas vezes com água destilada quente, para a retirada da goma presente no tecido e enxágue completo do detergente. Ao fim desse processo, os saquinhos foram submersos em acetona e, em sequência, distribuídos sem sobreposição, sobre bandejas forradas com papel pardo para evaporação da acetona, depois foram levados para secar em estufa ventilada a 55 °C por 24 horas e, posteriormente para estufa 105° por 2 horas. Em seguida, foram colocados em dessecador para esfriar por 30 minutos e pesados em balança analítica, para registro dos pesos de cada saquinho vazio. Cada um deles recebeu quantidade de amostra que obedece a relação de 20 mg de matéria seca/cm² de superfície (Detmann *et al.*, 2021), sendo finalmente fechados por completo na seladora.

As análises de FDN e FDA foram feitas em três alimentos com sete repetições por alimento. Na rodagem sequencial as amostras utilizadas para a determinação de FDN também foram utilizadas para a determinação de FDA, já na rodagem não sequencial, cada béquer de solução recebeu sete repetições por alimento, totalizando 63 saquinhos filtrantes para todos os processos de análises.

Os sete saquinhos contendo as amostras de cada alimento foram acondicionados em um saco maior de tecido tule, contendo um contrapeso em seu interior para evitar a flutuação das amostras no béquer (Deschamps, 1999). Esse conjunto foi acondicionado em um béquer de plástico com capacidade de dois litros, adicionando-se quantidade de solução de detergente neutro suficiente para cobrir todos os saquinhos e 0,5 ml de alfa-amilase termoestável por grama de amostra, conforme indicado por Detmann *et al.* (2021) e Sousa (2024). Na sequência, o béquer foi tampado com papel alumínio fazendo a primeira camada de fechamento do recipiente adaptado de Senger *et al.* (2008). Além disso também foi adicionado papel pardo e plástico todos presos com uma liga elásticas para garantir que o conteúdo de cada béquer não tivesse o risco de extravasar (Imagem 1). Em seguida todo o conjunto foi acondicionado em autoclave por 60 minutos a 120 °C, com pressão de aproximadamente 0,32 Kgf/cm². Passado o tempo de rodagem e saída da pressão, as amostras foram retiradas da autoclave e os saquinhos lavados com água destilada quente, por várias vezes até se observar que não havia presença de cor ou resíduos na água, em seguida foram lavados com acetona durante 5 minutos, colocados para secar sobre papel pardo, sem sobreposição, e sequencialmente levados para estufa ventilada a 55 °C por 24 horas e para estufa não ventilada a 105 °C por 2 horas. Em seguida, foram colocados por 30 minutos para esfriar em dessecador e então foram feitas as pesagens em balança analítica para registro dos pesos de cada saquinho mais resíduo insolúvel em detergente neutro, para realização dos

cálculos de FDN. Após essa pesagem, os mesmos vinte e um saquinhos passaram pelo processo anterior de acondicionamento em tecido de tule com contrapeso, foram colocados em bquer com capacidade de dois litros e adicionou-se quantidade de solução de detergente ácido suficiente para manter a relação de 50 ml de detergente por 0,5 g de amostra (Detmann *et al.*, 2012), selando a abertura do recipiente novamente com papel alumínio, papel pardo e plástico (Imagem 2). Essa análise seguiu os mesmos padrões de tempo, pressão e temperatura na autoclave, bem como os processos de lavagem, secagem em estufa e pesagem dos saquinhos, para obtenção dos pesos de saquinho mais resíduo insolúvel em detergente ácido, finalizando a obtenção dos dados para cálculos de FDA em rodagem sequencial.

Imagem 1: Vedação de abertura de bquer para análise de FDN



Fonte: Arquivo pessoal

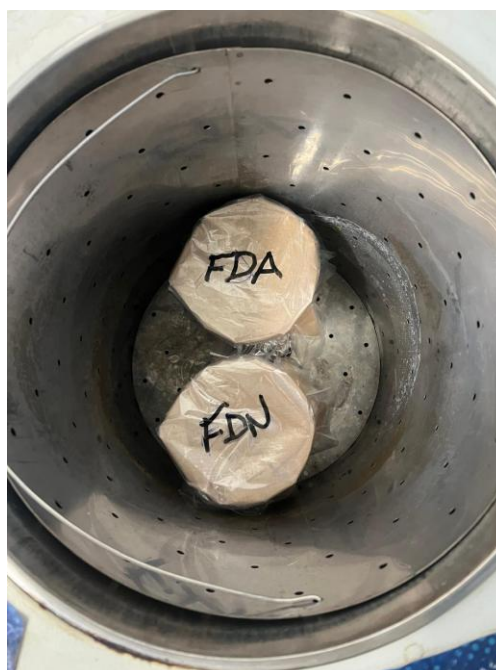
Imagem 2: Vedação de abertura de béquer para análise de FDA



Fonte: Arquivo pessoal

Para a realização das análises de FDN e FDA não sequencial, foram repetidos os mesmos processos de preparação das amostras e soluções, acondicionamento e rodagem na autoclave (Imagem 3). Foram utilizados dois béqueres com capacidade de dois litros, sendo em um deles adicionada a solução de detergente neutro e alfa-amilase e no outro béquer a solução de detergente ácido, ambos os processos seguindo as indicações descritas na rodagem sequencial. Para esse processo cada um dos béqueres também foi selado com papel alumínio, papel pardo e plástico e todas as etapas e equipamentos utilizados após transcorrido o tempo de análise em autoclave até a pesagem final dos saquinhos, foram seguidas rigorosamente conforme realizada no processo de rodagem sequencial, para obtenção dos pesos e realização dos cálculos de FDN e FDA da técnica não sequencial.

Imagem 3: Acondicionamento simultâneo de béqueres em autoclave para determinação de FDN e FDA



Fonte: Arquivo pessoal

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, sendo estudados três diferentes alimentos com 7 repetições para cada um deles, totalizando 63 amostras entre os dois métodos executados. Todas as variáveis, fibra em detergente ácido sequencial na autoclave (%FDAs), fibra em detergente ácido não sequencial na autoclave (%FDAns), fibra em detergente neutro sequencial na autoclave (%FDNs) e fibra em detergente neutro não sequencial na autoclave (%FDNns) foram testadas quanto aos pressupostos de normalidade e homogeneidade para validação da análise de variância. Atendendo os pressupostos foi utilizado a análise paramétrica por meio da análise de variância e submetidos ao procedimento GLM (General Linear Models) do pacote estatístico SAS (2008), e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estatística não revelou diferença significativa entre os teores de fibra em detergente ácido obtidos pela determinação sequencial e pela determinação não sequencial na autoclave,

para nenhum dos três alimentos avaliados — milho grão, silagem de milho e feno de alfafa (Tabela 1). Os coeficientes de variação observados variaram de baixos a moderados (3,76% a 6,02%) nas três matrizes, o que indica boa precisão experimental para essa variável.

Tabela 1. Médias, coeficiente de variação e erro padrão médio dos parâmetros do experimento fibra em detergente ácido sequencial na autoclave (%FDAs); fibra em detergente ácido não sequencial na autoclave (%FDAns).

	ALFAFA	MILHO	SILAGEM DE MILHO
%FDAs	26,92	2,24	18,34
%FDAns	28,68	2,30	19,84
Erro Padrão	0,4203	0,0516	0,4329
CV(%)	3,76	6,02	5,95
P-Valor	0,096	0,4423	0,108

Fibra em detergente ácido sequencial na autoclave (%FDAs); Fibra em detergente ácido não sequencial na autoclave (%FDAns); Coeficiente de variação (C.V%); Não foram encontradas diferenças para todas as variáveis de %FDAs e %FDAns ($P > 0,05$) pelo teste de Tukey; CV(%) corresponde ao coeficiente de variação; Maior erro-padrão encontrado; P-valor é probabilidade estatística.

Para a fibra em detergente ácido, os teores obtidos pela determinação sequencial (FDAs) e pela determinação não sequencial com a FDN em uma única rodagem de autoclave (FDAns) não diferiram estatisticamente entre si em nenhuma das três matrizes avaliadas: alfafa (26,92% vs. 28,68%; $p = 0,096$), milho grão (2,24% vs. 2,30%; $p = 0,4423$) e silagem de milho (18,34% vs. 19,84%; $p = 0,108$). Observou-se, contudo, uma tendência numérica de valores mais elevados na determinação não sequencial, mais expressiva no feno de alfafa e na silagem de milho do que no milho grão.

Esse padrão é semelhante ao verificado por Lourenço e colaboradores (2017) para farelo de babaçu, alimento concentrado no qual a condução sequencial ou não sequencial da FDA também não alterou o resultado, e converge com o descrito por Cassida e colaboradores (2007), que relacionaram parte da diferença entre os métodos sequencial e não sequencial ao maior teor de pectina das leguminosas em comparação às gramíneas. Segundo Van Soest, Robertson e Lewis (1991), a determinação sequencial da FDA tende a ser mais exata por reduzir a interferência de compostos parcialmente solúveis no detergente ácido, como a própria pectina, o que reforça a aceitabilidade dessa explicação para a tendência observada em alfafa.

A tabela 2 apresenta os valores obtidos nas análises de fibra em detergente neutro, sendo identificáveis diferenças significativas para as variáveis alfafa e milho, entre as rodagens sequencial e não sequencial.

Tabela 2. Médias, coeficiente de variação e erro padrão médio dos parâmetros do experimento fibra em detergente neutro sequencial na autoclave (%FDNs); fibra em detergente neutro não sequencial na autoclave (%FDNns).

	ALFAFA	MILHO	SILAGEM DE MILHO
%FDNs	38,77 ^a	13,41 ^c	37,96
%FDNns	40,79 ^b	11,42 ^d	36,68
Erro Padrão	0,2037	0,2188	0,6391
CV(%)	1,36	4,98	4,23
P-Valor	0,0013*	0,001*	0,270

Fibra em detergente neutro sequencial na autoclave (%FDNs); Fibra em detergente neutro não sequencial na autoclave (%FDNns); Coeficiente de variação (C.V%); Foram encontradas diferenças estatísticas para as variáveis alfafa e milho de %FDNs e %FDNns ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey; CV(%) corresponde ao coeficiente de variação; Maior erro-padrão encontrado; P-valor é probabilidade estatística. *Médias seguidas por letras distintas nas colunas, diferem pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

Diferentemente da FDA, a fibra em detergente neutro apresentou comportamento distinto conforme a matriz avaliada: no feno de alfafa, o teor de FDN foi significativamente superior na determinação sequencial em relação à não sequencial (40,79% vs. 38,77%; $p = 0,0013$), enquanto no milho grão ocorreu o inverso, com redução do teor na determinação não sequencial (11,42% vs. 13,41%; $p = 0,001$), e na silagem de milho a diferença entre os métodos não foi significativa ($p = 0,270$). Vale destacar que essas duas matrizes representam os extremos de composição entre os alimentos avaliados, sendo que o feno de alfafa concentra maior teor de fibra e baixa concentração de amido, ao passo que o milho grão apresenta a situação inversa, com maior teor de amido e menor teor de fibra.

Considerando que não houve contato entre as soluções de FDN e de FDA durante a rodagem não sequencial, as diferenças observadas estão provavelmente relacionadas ao tempo necessário para que a solução atinja a temperatura de 120 °C dentro da autoclave, que tende a ser maior quando dois béqueres são processados simultaneamente do que quando há apenas um no ciclo. Nesse sentido, embora a temperatura e o tempo programados tenham sido os mesmos nas duas rodagens, o tempo de exposição efetivo da amostra à temperatura de trabalho pode ter diferido entre elas. Essa hipótese é sustentada pelo fato de a determinação da FDN e da FDA ser bastante sensível a pequenas variações no tempo e na temperatura efetivos de execução, como demonstrado por Senger e colaboradores (2008).

Na alfafa, leguminosa com maior teor de pectina que as gramíneas, a explicação pode seguir lógica inversa à do milho, sendo que um tempo de aquecimento mais longo na rodagem

não sequencial reduziria o tempo de fervura plena do detergente neutro, prejudicando a solubilização da pectina (VAN SOEST, 1994) e elevando o teor de FDN na amostra, devido à retenção desse componente no resíduo. Essa suscetibilidade, maior em leguminosas (CASSIDA et al., 2007), também explica por que a silagem de milho, de teor intermediário de pectina, não diferiu entre as rodagens.

Esse efeito de temperatura tende a ser mais evidente no milho grão, alimento concentrado de menor teor de fibra e maior teor de amido, o que é compatível com a maior sensibilidade dos alimentos concentrados a alterações no método de determinação da FDN relatada por Barbosa e colaboradores (2015). Os autores observaram que, especificamente em amostras de concentrado, os valores de FDN se alteraram de forma mais expressiva quando comparados os métodos de refluxo, extrator Ankom220® e autoclave. Hiraoka e colaboradores (2012) demonstraram que a eficiência da remoção do amido pela alfa-amilase depende do momento em que a enzima atua durante o aquecimento, o que sustenta a possibilidade de que um tempo de aquecimento mais prolongado na rodagem não sequencial tenha favorecido uma hidrólise mais completa do amido do milho, reduzindo o teor de FDN nessa condição.

Os coeficientes de variação obtidos para a fibra em detergente neutro variaram de 1,36% a 4,98% entre as três matrizes avaliadas, valores que indicam boa precisão analítica dos ensaios. A baixa variabilidade reforça a confiabilidade das diferenças estatísticas encontradas para o feno de alfafa e para o milho grão, uma vez que reduz a probabilidade desses resultados decorrerem de erro experimental. Para a silagem de milho, a ausência de diferença significativa entre as determinações sequencial e não sequencial relaciona-se ao comportamento peculiar dessa matriz frente às condições de autoclave empregadas.

5. CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou que, a determinação da fibra em detergente ácido pode ser realizada de forma não sequencial com a fibra em detergente neutro na mesma rodagem de autoclave, sem prejuízo aos resultados, para alimentos de diferentes teores de fibra e de amido. Já a determinação não sequencial da fibra em detergente neutro, na condição de temperatura e tempo utilizada neste estudo, não é recomendada de forma geral, efeito que se mostrou mais evidente em alimentos de composição mais extrema quanto ao teor de fibra e de amido.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. I. V.; FERREIRA, W. M.; ALMEIDA, F. Q.; SAINT JUST, C. A.; GONÇALVES, L. C.; REZENDE, A. S. C. Valor nutritivo do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum), do feno de alfafa (*Medicago sativa*, L.) e do feno de capim coast-cross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) para equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 4, p. 743-752, 1999.
- ALVES, R. A.; PASCOAL, F. A. L.; CAMBUÍ, B. A.; TRAJANO, S. J.; SILVA, M. C.; GOIS, C. G. Fibra para ruminantes: Aspecto nutricional, metodológico e funcional. **Revista Medicina Veterinária e Zootecnia**, Maringá, PR, v.10, n.7, p.568-579, Jul., 2016.
- BARBOSA, M. M.; DETMANN, E.; ROCHA, G. C.; FRANCO, M. O.; VALADARES FILHO, S. C. Evaluation of laboratory procedures to quantify the neutral detergent fiber content in forage, concentrate, and ruminant feces. **Journal of AOAC International**, v. 98, n. 4, p. 883-889, 2015.
- BAUMGARTEN, V. G.; CASTAGNARA, D. D.; MALAGUEZ, E. G.; HOCH, G. C.; GAYER, T. O. Substituição do aparelho determinador por autoclave na determinação de fibras em alimentos para ruminantes. In: SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 2016, Rio Grande do Sul. **Anais...** Rio Grande do Sul: v. 8, n. 2, 2016.
- BERCHIELLI, T. T.; SADER, A. P. O.; TONANI, F. L.; PAZIANI, S. F.; ANDRADE, P. Avaliação da determinação da fibra em detergente neutro e da fibra em detergente ácido pelo sistema ANKOM. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 1572-1578, 2001.
- BERCHIELLI, T. T.; PIRES, V. A.; OLIVEIRA, G. S. **Nutrição de ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2011. 616 p.
- BIANCHINI, W.; RODRIGUES, E.; JORGE, A. M., ANDRIGHETO, A. Importância da fibra na nutrição de bovinos. REDVET. **Revista electronica de Veterinária**, v. 8, n. 2, p. 1- 14, 2007.
- CANESIN, R.C.; FIORENTINI, G.; BERCHIELLI, T. T. Inovações e desafios na avaliação de alimentos na nutrição de ruminantes. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**. Salvador, v.13, n.4, p.938-953, 2012.

CASALI, A. O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; PEREIRA, J. C.; CUNHA, M.; DETMANN, K. S. C.; PAULINO, M. F. Estimação de teores de componentes fibrosos em alimentos para ruminantes em sacos de diferentes tecidos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 1, p. 130-138, 2009.

CASSIDA, K. A.; TURNER, K. E.; FOSTER, J. G.; HESTERMAN, O. B. Comparison of detergent fiber analysis methods for forages high in pectin. **Animal Feed Science and Technology**, v. 135, p. 283-295, 2007.

CASTRO J., F.; CAMARGO, J. C. A.; BUDINO, F. E. **Fibra na alimentação de suínos**. Boletim de Indústria Animal, v. 62, n. 3, p. 265-280, 2013.

CARVALHO, A. M. de; DANTAS, R. de A.; COELHO, M. C.; LIMA, W. M.; SOUZA, J. P. S. P. de; FONSECA, O. P.; GUIMARÃES JÚNIOR, R. **Teores de hemiceluloses, celulose e lignina em plantas de cobertura com potencial para sistema plantio direto no Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010. 15 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Cerrados, ISSN 1676-918X, ISSN online 2176-509X; 290). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/883969/1/bolpd290.pdf>. Acesso em: 17/06/2026.

COSTA, R. Parede Celular Vegetal. **Rev. Ciência Elem.**, V7(1):006, 2019.

DEMINICIS, B. B.; VIEIRA, H. D.; JARDIM, J. G.; ARAÚJO, S. A. C.; CHAMBELA NETO, A.; OLIVEIRA, V. C.; LIMA, E. S. Silagem de milho — características agronômicas e considerações. **REDVET — Revista Electrónica de Veterinaria**, v. 10, n. 2, p. 1-6, 2009.

DESCHAMPS, F.C. Implicações do período de crescimento na composição química e digestão dos tecidos de cultivares de capim elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28,p.1358-1369, 1999.

DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; QUEIROZ, A.C.; BERCHIELLI, T.T.; SALIBA, E.O.S.; CABRAL, L.S.; PINA, D.S.; LADEIRA, M.M.; AZEVEDO, J.A.G. (Eds). **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012. 214 p.

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**, 2 ed. Visconde do Rio Branco, Minas Gerais: Suprema, 2021. 350 p.

FARIAS, J. S.; QUEIROZ, L. O.; SANTOS, G. R. A.; FAGUNDES, J. L. F.; SILVA, M. A. **Avaliação de tecidos e equipamentos alternativos na análise de fibra em detergente neutro e de fibra em detergente ácido.** Boletim de Indústria Animal, Nova Odessa, v. 72, n. 3, p. 229-233, 2015.

FARINAS, C. S. **A parede celular vegetal e as enzimas envolvidas na sua degradação.** São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2011. Disponível em: < <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/919344/1/DOC542011.pdf> > Acesso em: 17/06/2026.

FERREIRA, R. P.; RASSINI, J. B.; RODRIGUES, A. A.; FREITAS, A. R.; CAMARGO, A. C.; MENDONÇA, F. C. (Ed.). **Cultivo e utilização da alfafa nos trópicos.** São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008. 455 p.

FERNANDES, R. A. A.; OLIVEIRA, I.; FLUCK, A. C.; ALMEIDA, M. O. L. L. E.; TURMINA, R.; GEHLEN, J. C. Metodologias para estimar a digestibilidade de alimentos para ruminantes. **Revista Electronica de Veterinaria**, v. 18, n. 11, p. 1-15, 2017.

GIGER-REVERDIN, S. **Review of the main methods of cell wall estimation: interest and limits for ruminants.** *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v.55, n.4, p.295-334, 1995.

GOULART, F.R.; ADORIAN, T.J.; MOMBACH, P.I.; SILVA, L.P. Importância da fibra alimentar na nutrição de animais não ruminantes. **Revista Ciência e Inovação**, v.1, n.1, p.141-154, 2016.

GENRO, T. C. M.; ORQIS, M. G. **Informações básicas sobre coleta de amostras e principais análises químico-bromatológicas de alimentos destinados à produção de ruminantes.** Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2008. Disponível em: < <https://www.researchgate.net/profile/> > Acesso em: 15/04/2026.

HENRIQUE, L.M. **Determinação da fibra em detergente ácido em alimentos volumosos utilizando a autoclave com diferentes tempos e temperaturas de extração.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

HIRAOKA, H.; FUKUNAKA, R.; ISHIKURO, E.; ENISHI, O.; GOTO, T. Improvement and validation of the method to determine neutral detergent fiber in feed. **Animal Science Journal**, v. 83, n. 10, p. 690-695, 2012.

LOURENÇO, M. S. N. **Estudo comparativo de metodologias aplicadas em análises de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido com gerenciamento de resíduos químicos**. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, 117 p. 2010.

LOURENÇO, M.S.N.; MESSANA, J.D.; SADER, A.P.O.; CANESIN, R.C.; MALHEIROS, E.B.; CASTAGNINO, P.S.; BERCHIELLI, T.T. Comparison of laboratory methods to assess fiber contents in feedstuffs. **Revista Colombiana de Ciências Pecuárias**, v.30, p.21-29, 2017.

MACEDO JÚNIOR, G.L.; ZANINE, A.M.; BORGES, I.; PERÉZ, J.R. .O. Qualidade da fibra para a dieta de ruminantes. **Ciência animal**, v.17, n.1, p.7-17, 2007.

MACHADO, L. C.; GERALDO, A. **Nutrição animal fácil**. Bambuí: IFMG, 2011. 96 p.

MERTENS, D. R. Análise da fibra e sua utilização na avaliação de alimentos e formulação de rações. In: Simpósio Internacional de Ruminantes, 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: SBZ, 1992. p. 188-219.

MERTENS, D. R.; BRODERICK, G. A.; SIMONS, R. Efficacy of carbohydrate sources for improving utilization of N in alfalfa silage. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 77, suppl. 1, p. 240, 1994. Abstract.

MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W. R.; Fibra bruta para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 256-261, 2003.

MORGADO, E.; GALZERANO, L.; Fibra na nutrição de animais com fermentação no intestino grosso. **Revista Electrónica de Veterinária**, v. 10, n. 7, p. 1-13, 2009.

NAVES, P.H.F. **Determinação da fibra bruta em alimentos volumoso e concentrado utilizando a autoclave e o analisador de fibras.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022.

OLIVEIRA, D.A.M. **Determinação da fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido em alimentos volumosos utilizando tecido não tecido com diferentes gramaturas.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

PAIVA, E. P.; LIMA, M. S.; PAIXÃO, J. A. Pectina: propriedades químicas e importância sobre a estrutura da parede celular de frutos durante o processo de maturação. **Revista Iberoamericana de Polímero**, v. 10, n. 4, p. 196-211, 2009.

PELL, A. N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 76, n. 4, p. 1063- 1073, 1993.

REIS, M.P.; **Determinação da fibra em detergente ácido em diversos alimentos pela técnica da autoclave utilizando saco filtrante e cadinho filtrante.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023.

SANTOS, I. D. **Influência dos teores de lignina, holocelulose e extrativos na densidade básica e na contração da madeira e no rendimento e densidade do carvão vegetal de cinco espécies lenhosas do cerrado.** Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília. p.57, 2008.

SANTOS, R. D.; PEREIRA, L. G. R.; NEVES, A. L. A.; ARAÚJO, G. G. L.; VOLTOLINI, T. V.; BRANDÃO, L. G. N.; ARAGÃO, A. S. L.; DÓREA, J. R. R. Características de fermentação da silagem de seis variedades de milho indicadas para a região semiárida brasileira. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 6, p. 1423-1429, 2010.

SENGER, C.C.D.; KOZLOSKI, G.V.; SANCHEZ, L.M.B.; MESQUITA, F.R.; ALVES, T.P.; CASTAGNINO, D.S. Evaluation of autoclave procedures for fibre analysis in forage and concentrate feedstuffs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 146, p. 169-174, 2008. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/248333292_Evaluation_of_autoclave_procedures_for_fibre_analysis_in_forage_and_concentrate_feedstuffs>. Acesso em: 22/04/2026.

SERUTTI, R. de C. **Determinação de alimento volumoso em detergente ácido em autoclave e digestor de fibras.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

SOUZA, E.L. **Determinação da fibra em detergente ácido em alimentos concentrados pela técnica do filter bag utilizando a autoclave em diferentes tempos e temperaturas.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, 2024.

SOUSA, L.L. **Determinação da fibra em detergente neutro de alimentos concentrados pela técnica do filter bag utilizando a autoclave.** 2024.18 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2024.

SANTINO, T.G. **Determinação da fibra em detergente neutro utilizando a autoclave em diferentes tempos e temperaturas.** 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023.

VALENTE, T. N. P.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; QUEIROZ, A. C.; SAMPAIO, C. B.; GOMES, D. I. Avaliação dos teores de fibra em detergente neutro em forragens, concentrados e fezes bovinas moídas em diferentes tamanhos e em sacos de diferentes tecidos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 5, p. 1148-1154, 2011.

VAN SOEST, P. J. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, v. 46, p. 829-835, 1963.

VAN SOEST, P. J. Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages. **Journal of Animal Science, Champaign**, v. 26, p. 119-128, 1967.

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, n. 1, p. 50-55, 1967.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B. Analysis of forages and fibrous foods. AS 613 Manual, Dep. **Animal Science**, Cornell Univ., Ithaca, NY, 1985.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science, Champaign**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.

WEISS, W.P. Predicting energy values of feeds. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.1802, 1993.