

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA
CURSO DE ZOOTECNIA

Mariana Peres dos Reis

**Determinação da fibra em detergente ácido em
diversos alimentos pela técnica da autoclave utilizando
saco filtrante e cadinho filtrante**

Uberlândia

2023

Mariana Peres dos Reis

**Determinação da fibra em detergente ácido em
diversos alimentos pela técnica da autoclave utilizando
saco filtrante e cadinho filtrante**

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

Uberlândia

2023

Determinação da fibra em detergente ácido em diversos alimentos pela técnica da autoclave utilizando saco filtrante e cadinho filtrante

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

Uberlândia, 19 de junho de 2023

Prof.^a Dr.^a Eliane da Silva Morgado (FAMEV)

Prof. Dr. Lúcio Vilela Carneiro Girão (FAMEV)

Prof.^a Dr.^a Simone Pedro da Silva (FAMEV)

Uberlândia

2023

Resumo

O método original da análise da fibra em detergente ácido (FDA) necessita de mão de obra individual para cada amostra avaliada, o que demanda longo tempo para a análise de uma grande quantidade de amostra. Métodos alternativos foram desenvolvidos com a finalidade de tornar a análise mais prática, reduzir o tempo gasto e a mão de obra, dentre as quais está o uso da autoclave em substituição ao equipamento com refluxo do método original e o uso de sacos filtrantes no lugar do cadinho filtrante. Assim, objetiva-se com o presente trabalho avaliar a análise da FDA pelo método da autoclave utilizando-se saco filtrante confeccionado com tecido não tecido (TNT), com gramatura de 100g/m² e cadinho filtrante, com a finalidade de avaliar se existe diferenças entre o uso desses materiais no resultado da FDA. As amostras utilizadas foram: dieta total e concentrado para bovinos, feno de tifton, silagem de sorgo, milho e farelo de soja totalizando seis alimentos. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com dois tratamentos (cadinho filtrante e saco filtrante) com seis repetições para cada alimento avaliado. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas utilizando-se o teste de F a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico R versão 4.4.2 (2022). Foram observadas diferenças estatísticas para todos os alimentos entre as técnicas do uso de saco filtrante e do cadinho filtrante, com valores superiores da FDA para o uso dos sacos filtrantes. A análise da FDA utilizando a autoclave e a técnica do saco filtrante de tecido não tecido, com gramatura de 100g/m², produz resultados superiores aos do uso do cadinho filtrante.

Palavras-chave: FDA, método alternativo, parede celular, tecido não tecido.

Abstract

The original method for acid detergent fiber (ADF) analysis requires individual labor for each evaluated sample, which takes a long time to analyze a large quantity of samples. Alternative methods have been developed to make the analysis more practical, reduce the time and labor involved, including the use of an autoclave instead of the reflux equipment in the original method, and the use of filter bags instead of the filter crucible. Thus, the objective of this study is to evaluate the ADF analysis using the autoclave method with a filter bag made of non-woven fabric (TNT) weighing 100g/m², and the filter crucible, in order to determine if there are differences between the use of these materials in the ADF results. The samples used were total diet and concentrate for cattle, Tifton hay, sorghum silage, corn, and soybean meal, totaling six feedstuffs. The experimental design used was completely randomized, with two treatments (filter crucible and filter bag) and six replicates for each evaluated feedstuff. The obtained results were subjected to analysis of variance, and the means were compared using the F-test at a 5% probability level, using the statistical software R version 4.4.2 (2022). Statistical differences were observed for all feedstuffs between the techniques of using the filter bag and the filter crucible, with higher ADF values obtained when using the filter bags. The ADF analysis using the autoclave and the non-woven fabric filter bag weighing 100g/m² yields superior results compared to the use of the filter crucible.

Keywords: ADF, alternative method, cell wall, non woven fabric.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO	2
2.1 Parede celular dos vegetais	2
2.2 Carboidratos vegetais e suas classificações.....	3
2.3 Fibra e métodos de determinação de fibra dos alimentos.....	5
2.4 Métodos alternativos de análise da FDN e FDA.	8
3. MATERIAL E MÉTODOS	11
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
5. CONCLUSÃO.....	17
REFERÊNCIAS.....	18

1. INTRODUÇÃO

A fibra pode ser definida em termos nutricionais como a fração dos alimentos de digestão mais lenta, que ocupa espaço no trato digestivo e contém partes indigestíveis. A sua constituição varia em função da metodologia de análise utilizada que quantifica determinados componentes presentes na parede celular dos vegetais (NEVES NETO, 2011).

O método mais antigo de determinação da fibra dos alimentos é a análise da fibra bruta (FB), proposto pelo sistema de Weende, mas devido à falta de precisão dessa análise Van Soest (1963) e Van Soest e Wine (1967) desenvolveram reagentes específicos que isolam os componentes da parede celular dos vegetais e quantificam com maior precisão a fibra dos alimentos (LOURENÇO, 2010).

As metodologias de análise da fibra em detergente neutro (FDN), descrita por Van Soest e Wine (1967), e fibra em detergente ácido (FDA), descrita por Van Soest (1963), são amplamente utilizadas desde então para a determinação do teor de fibra dos alimentos. Esses métodos foram desenvolvidos para análise da fibra de forragens e com a expansão do uso dessas análises em diversos tipos de alimentos, passou a ser necessário fazer algumas alterações, dentre as quais está o uso de alfa-amilase (VAN SOEST, 1991). Além disso, outras modificações do método original foram feitas visando mais eficiência, precisão, redução de custos e facilidade dentro dos laboratórios. Logo, metodologias denominadas alternativas variam desde o uso de diferentes equipamentos até a adoção de tecidos distintos na composição de saco filtrantes (LOURENÇO, 2010; SILVA, 2016).

O uso da autoclave em substituição ao analisador de fibras com refluxo, utilizado no método original, foi descrito na literatura por diversos autores (PELL e SCHOFIELD, 1993; DESCHAMPS, 1999; SENGER et al., 2008; LOURENÇO, 2010; e BARBOSA, et al., 2015). E a substituição do cadinho filtrante, utilizado no método original, pela técnica do saco filtrante foi avaliado por Berchielli et al. (2001), Casali et al. (2009), Valente et al. (2011), Detmann et al., (2012) e por Barbosa et al. (2015).

O uso da autoclave para a análise da fibra é versátil por permitir que a análise seja feita utilizando-se tanto o cadinho filtrante como o saco filtrante (LOURENÇO, 2010). No entanto, segundo Barbosa et al. (2015), o uso de saco filtrante para análise de fibra em detergente neutro pode comprometer o resultado, possivelmente pela possível redução do fluxo da solução de detergente na amostra em alimentos concentrados, mas para alimentos volumosos não foi observado alterações significativas.

Dessa forma, objetiva-se com o presente trabalho comparar os resultados da análise da fibra em detergente ácido (FDA) de alimentos volumosos e concentrados pela técnica da autoclave utilizando-se saco filtrante e cadinho filtrante.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Parede celular dos vegetais

A parede celular (PC) dos vegetais trata-se de uma estrutura com maior rigidez com funções de sustentação e proteção celular, e dividida em parede celular primária e secundária, sendo a primeira formada durante o crescimento celular, estável, mas simultaneamente flexível permitindo a expansão das células, evitando rupturas (FARINAS, 2011). É constituída principalmente por polissacarídeos como celulose, hemicelulose e pectina. Já a parede celular secundária forma-se findado o crescimento celular e possui como finalidade estabilizar mecanicamente a planta, e possui compostos de celulose e hemicelulose, ligados, ou não, a lignina (FARINAS, 2011). Além desses compostos, a parede celular dos vegetais também pode conter determinadas proteínas, compostos fenólicos e sais minerais em sua composição (BERCHIELLI et al. 2011).

A celulose trata-se de um polímero de glicoses interligadas através de ligações glicosídicas, sendo uma estrutura rígida e resistente à hidrólise. Esse componente vegetal é o polissacarídeo mais abundante na natureza, e, além disso, é o principal componente da parede celular dos vegetais, variando de 20% a 40% na matéria seca (MS), em função do desenvolvimento das plantas (VAN SOEST, 1994).

As pectinas, entre os polissacarídeos presentes na parede celular, representam cerca de 30% do peso seco de tal estrutura, sendo encontrada tanto na parede celular primária quanto na lamela média das células vegetais, exercendo funções de resistência mecânica e firmeza dos tecidos (PAIVA, 2009).

A hemicelulose, quando comparada a celulose, é mais sensível a hidrólise visto que apresenta menor polimerização (CARVALHO et al. 2010). Além disso, é formada por pentoses, hexoses e ácidos urônicos (OGATA, 2013), e representa cerca de 15 a 20% do peso seco da parede celular (FARINAS, 2011).

A lignina é uma macromolécula encontrada associada a celulose na parede celular e possui três funções principais: tornar a parede impermeável, conferir rigidez e resistência. Classifica-se como hidrofóbica, possui estrutura tridimensional e amorfa. Ademais, é altamente ramificada e sua síntese se dá a partir de três substâncias: alcóois p-cumárico, coniferílico e sinapílico, podendo variar suas concentrações dependendo da espécie do vegetal (CARVALHO et al, 2010; OGATA, 2013). Ademais, o teor de lignina também varia em função da maturação vegetal, podendo ser menor que 5% em plantas jovens e conter até 15% de peso seco da parede celular, naquelas mais maduras (CARVALHO et al, 2010)

2.2 Carboidratos vegetais e suas classificações

Na alimentação dos ruminantes, os carboidratos correspondem a cerca de 70 a 80% da fonte energética e desempenham diversas funções no organismo animal (BERCHIELLI, 2011). A otimização da utilização desses componentes por essa espécie deve-se à presença de uma microbiota, na câmara de fermentação (retículo-rúmen), responsável pela fermentação de componentes fibrosos produzindo ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) que atendem a cerca de 80% das exigências nutricionais diárias desses animais (VAN SOEST, 1994; MERTENS, 2001).

Por determinado tempo, os carboidratos presentes nas dietas de ruminantes eram classificados em estruturais (CE) e não estruturais (CNE), de acordo com as funções desempenhadas nas plantas, e não com relação a

nutrição animal (MERTENS, 1996). Assim, os denominados CE fazem referência aos componentes que fornecem suporte ao crescimento vegetal, componentes da parede celular (PC) (MEDEIROS; MARINO, 2015). Portanto, celulose, hemicelulose, e pectina são carboidratos estruturais da parede celular e juntamente com lignina, compostos fenólicos e proteínas compõem tal estrutura, embora estes não sejam classificados como carboidratos (FARINAS, 2011).

Os CNE estão presentes no conteúdo celular, e constituem componentes de reserva energética e são encontrados em maiores concentrações em sementes, hastes, raízes e folhas. Assim, em períodos de estresse, os CNE são utilizados como substrato energético na reprodução, crescimento e sobrevivência das plantas (MEDEIROS e GOMES, 2015)

Os carboidratos podem também ser classificados em termos nutricionais em carboidratos fibrosos (CF) e carboidratos não fibrosos (CNF). Os CF são representados pelos componentes da parede celular: celulose e hemicelulose, que possuem como característica digestibilidade lenta e disponibilidade nutricional variável (BARBOSA et al., 2011), além de exercerem funções de redução da taxa de passagem no rúmen-retículo e manutenção do pH ruminal, uma vez que, estimulam a ruminação e a produção salivar, que atua como tamponante. Em contrapartida, podem reduzir a síntese de proteína microbiana e, por possuírem baixa fermentação, quando em excesso, podem comprometer o desempenho animal (SILVA et al., 2019). De acordo com Oliveira (2016), isso ocorre devido os CF limitarem o desenvolvimento de microbiota ruminal devido a reduzida assimilação de nitrogênio da proteína microbiana e ao alto grau de degradação de compostos nitrogenados, além da baixa fermentação dos carboidratos. Ademais, a síntese microbiana acontece em função de uma faixa ideal de pH, além de teores adequados e sincronizados de substratos, energia e nitrogênio (OLIVEIRA et al., 2016). Dessa forma, de acordo com Van Soest (1994), pH inferior a 6,2 eleva o tempo de colonização da fibra por parte das bactérias diminuindo a degradação desta (OLIVEIRA et al., 2016)

Os CNF são representados pelo amido e açúcares, carboidratos não estruturais presentes no conteúdo celular e pela pectina, um carboidrato presente na parede celular, e, portanto, um carboidrato estrutural, estes representam a porção dos carboidratos de digestão mais rápida e completa, com digestibilidade variando entre 98% a 100% (BARBOSA et al., 2011). Entre estes,

o amido, quantitativamente, é o CNF de maior reserva energética nas gramíneas, sementes de leguminosas e também nos tecidos vegetativos de leguminosas e gramíneas tropicais. Ademais, além de serem de rápida degradação ruminal, são também os principais substratos utilizados como aporte energético para o desenvolvimento da microbiota presente no rúmen e na fermentação realizada pelos mesmos. Entretanto, o CNF pode exercer influência negativa sobre o rúmen caso seja fornecido em excesso, pois por não favorecer a ruminação e a salivacão, pode impedir a fermentação das fibras levando a um desequilíbrio do pH através da redução do mesmo (RODRIGUES, 2014; SILVA et al., 2019). Tal redução ocorre, pois, bactérias amilolíticas atuam em faixas de pH menores (5,8), exigindo uma faixa ideal de pH entre 5,5 e 7,0. Assim, dietas ricas em CNF, ou seja, carboidratos de alta fermentação e pouca fibra, reduzem o pH do rúmen (OLIVEIRA et al., 2016). Conquanto, o fornecimento de CF e CNF aos animais, de forma equilibrada, é de suma importância para manter o ambiente ruminal equilibrado.

2.3 Fibra e métodos de determinação de fibra dos alimentos

Embora parede celular (PC) e fibra sejam utilizadas como sinônimos, estes não representam porções iguais dos carboidratos dos vegetais. A parede celular constitui-se, principalmente pelos polissacarídeos celulose, hemicelulose e pectina e, também, pelo polímero fenólico lignina, tendo seus teores variados em função do tipo vegetal e seu desenvolvimento (FARINAS, 2011).

A fibra, termo somente nutricional (NEVES NETO, 2011), possui composição variável pois, apesar de ser formada por componentes da PC, é determinada por meio de diferentes metodologias, podendo, assim, conter componentes em diferentes quantidades e tipos, em função do método analítico utilizado. Assim, tal análise permite conhecer as frações dos alimentos e fatores como a digestibilidade e conseqüente aproveitamento pelo animal, possibilitando avaliar a qualidade dos mesmos, estimar o valor nutricional e balancear adequadamente a dieta (LOURENÇO, 2010).

Assim, conforme Berchielli et al. (2011), devido a variabilidade de metodologias analíticas deve-se considerar alguns fatores para a escolha daquela que seja ideal para cada situação, como a finalidade, a disponibilidade

de recursos, sejam financeiros ou operacionais e precisão de resultados, por exemplo. Ademais, conhecer os detalhes práticos das técnicas, seus respectivos princípios teóricos, possíveis interferências e condições ideais para realização das técnicas são passos primordiais para que a escolha da técnica correta (LOURENÇO, 2010)

Descrito pelo sistema de análise proximal ou sistema de Weende, a fibra bruta (FB) é o método mais antigo de análise de fibra e é amplamente utilizado, sendo considerado como convencional de análise de alimentos descritos pela AOAC (SILVA, 2016). A FB, em termos gerais, é isolada por soluções ácidas e bases fortes, sendo uma análise de execução mais simples, quando comparada às demais. O andamento da análise se dá por meio de duas extrações sequenciais. A extração ácida é a primeira realizada e remove componentes de mais rápida digestão, amidos, açúcares e parte da pectina e da hemicelulose. Já a extração por base solubiliza proteínas, frações remanescentes de pectina e hemicelulose e parte da lignina (ALMEIDA, 2018; SILVA e QUEIROZ, 2009). No resíduo da análise é retido pequenas quantidades de lignina e hemicelulose e, principalmente, celulose. Entretanto, tal metodologia é limitada pela falta de precisão dos resultados, uma vez que os teores de hemicelulose e lignina são subestimados (ALMEIDA, 2018), mas, apesar disso, ainda é uma metodologia importante quanto a análise de fibra para animais não ruminantes, uma vez que não utilizam essa fração de alimento como importante fonte energética, mas esta possui funções relacionadas à saúde do TGI (BRITO, 2019)

Considerando-se as limitações da FB, na década de 1960, foi desenvolvido por Van Soest e colaboradores um sistema analítico de fibras baseado na utilização de detergentes onde objetiva-se a obtenção de resultados mais representativos, em substituição a análise de FB (SILVA, 2016). Assim, em 1963, Van Soest desenvolveu a metodologia de determinação a fibra em detergente ácido (FDA) e Van Soest e Wine em 1967, desenvolveram a determinação de fibra em detergente neutro (FDN) (SILVA, 2016).

A FDA representa a porção menos digerível da parede celular, uma vez que o detergente utilizado solubiliza componentes do conteúdo celular, minerais solúveis e a hemicelulose, permanecendo no resíduo a celulose, lignina, sílica, nitrogênio e, também, os minerais insolúveis no detergente ácido, sendo em sua maioria composta por celulose e lignina (SILVA e QUEIROZ, 2009). A

solubilização da hemicelulose é o principal limitante desta análise, uma vez que não quantifica-se de forma representativa a composição total da fibra alimentar, não sendo portanto, associado ao conceito nutricional de fibra (VAN SOEST, 1994). Assim, a FDA tem sido utilizada como passo preparatório para a análise sequencial para quantificar a lignina dos alimentos (DETMANN et al., 2021).

A análise da FDN utiliza um detergente neutro que isola os principais constituintes da parede celular, sendo estes, a celulose, a hemicelulose e a lignina, componentes da fibra dietética que são insolúveis nessa solução (SILVA, 2016; VAN SOEST, 1994). Entretanto, essa metodologia solubiliza, também, a pectina, que juntamente com celulose, hemicelulose e lignina formam a parede celular dos vegetais. Todavia, apesar de solubilizar a pectina, a análise da FDN é o método mais aceito para determinação de fibra dos alimentos pelos nutricionistas de ruminantes (LOURENÇO, 2010)

A porção retida na análise da fibra em detergente neutro trata-se da porção responsável por ocupar mais espaço no trato gastrointestinal (TGI), possuindo digestibilidade variável e, dessa forma, afetando o consumo alimentar. Assim, quanto menor tamanho de partículas, melhor será a digestibilidade (MERTENS, 1997; SILVA, 2016). Em contrapartida, a fração solubilizada pelo detergente neutro possui alta digestibilidade e é completamente fermentada pelo rúmen, ocupando menos espaço no TGI (VAN SOEST, 1994). Ademais, embora a FDN represente grande parte da parede celular do vegetal, não representa a totalidade desta, não sendo sinônimos por definição nem por composição (MERTENS, 1996)

A FDA, juntamente com a análise de FDN, possui grande importância para a nutrição animal, uma vez que são ferramentas da avaliação do valor nutricional dos alimentos estimando com maior precisão a disponibilidade de nutrientes (LOURENÇO, 2010).

A FDN foi, por muito tempo, utilizada como parâmetro único de explicação para o enchimento do rumén, sendo atualmente explicado, também, por outros fatores que agem conjuntamente, como a taxa de passagem, a porção digestível do alimento e sua fragilidade (NASEM, 2021). Assim, tanto a FDN quanto a FDA são importantes na determinação do enchimento do rúmen e digestibilidade dos alimentos, uma vez que permitem determinar frações diferentes dos alimentos, com diferentes composições e digestibilidades. Dessa forma, as gramíneas, por

exemplo, que possuem menor relação FDA/FDN apresentam menor fragilidade, permanecendo mais tempo em retenção no ambiente ruminal, em comparação às leguminosas, por exemplo (NASEM, 2021; FRANÇA, 2022)

2.4 Métodos alternativos de análise da FDN e FDA.

As análises para a determinação da FDA e FDN proposta por Van Soest (1963) e Van Soest e Wine (1967), são realizadas por meio de um equipamento com refluxo onde a amostra é acondicionada em béquer de forma alta e mantida sob fervura na solução de detergente por 60 minutos. Após a solução é filtrada em cadinho filtrante com porosidade grossa, sob vácuo, em aparelho semelhante ao presente na Figura 1

Figura 1: Bomba a vácuo utilizada para filtração



Fonte: Botulab

Entretanto, tal metodologia foi desenvolvida para análise de forrageiras, logo, quando utilizada para determinação de outros tipos de alimentos origina-se resultados menos precisos (SILVA e QUEIROZ, 2009), pois ao analisar alimentos concentrados com altos teores de amido, por exemplo, há superestimação do valor de FDN, pelo fato do detergente neutro não conseguir dissolver todo o amido da amostra, levando a contaminação com amido do resíduo insolúvel em detergente neutro. Assim, visando a obtenção de

resultados mais representativos foram propostos o uso da enzima alfa-amilase, com a finalidade de resolver esse problema (VAN SOEST, 1991).

Além da contaminação com amido, outros componentes como proteínas, cinzas e lipídeos presentes nas amostras, também podem influenciar no resultado final da FDN, superestimando-o. Dessa forma, visando reduzir a contaminação de proteínas insolúveis no detergente neutro, o uso de sulfito de sódio é adotado para deteriorar as queratinas presentes em pelos, por exemplo. Entretanto, o uso desse composto não é recomendado caso o objetivo da análise seja a caracterização de parede celular, pois o sulfito de sódio dissolve a lignina presente na estrutura, o que subestima o valor final. A contaminação do resíduo da FDN e FDA por cinzas são provenientes do contato da amostra com o solo. O detergente neutro, diferente do ácido, solubiliza a sílica biogênica, mas não as sílicas contidas nos minerais do solo, o que leva a uma superestimação dos teores de fibra. Neste caso, sugere-se que faça a correção do resíduo das análises de FDN e FDA para cinzas incinerando os resíduos dessas análises em mufla e fazendo a correção no resultado final (VAN SOEST, 1991).

Quanto aos lipídeos, estes podem também ser uma fonte de erro analítico, uma vez que quando em excesso podem, juntamente com o detergente neutro, ser complexados e reduzir a eficácia de extração do detergente, havendo necessidade de extração prévia desses lipídeos quando encontrados em teores superiores a 10% nas amostras. Essa extração pode ser feita aquecendo a amostra juntamente com etanol e filtrando em cadinho filtrante, e lavado com acetona ou ainda realizar a extração via éter de petróleo em extração de refluxo conforme metodologia de Soxhlet (SILVA e QUEIROZ, 2009).

Entretanto, quando em menor quantidade, o próprio detergente neutro é capaz de solubilizar os lipídeos presentes na amostra e, ao final do processo, a lavagem com acetona após a extração com o detergente extrai o restante dos lipídeos e, também, os pigmentos presentes nos alimentos (MERTENS, 1996). Assim, a adição seja de sulfito de sódio, alfa-amilase, correção de cinzas ou extração prévia dos lipídeos são procedimentos que atenuam erros analíticos de determinação de fibras (VAN SOEST, 1994).

Além dessas alterações descritas no método convencional, foram desenvolvidas alterações quanto ao uso de outros tipos de equipamentos e materiais utilizados, os denominados métodos alternativos, que possuem o

objetivo de tornar as análises de fibra mais ágeis quanto à mão de obra e tempo de execução, pois o método convencional depende de mais mão de obra uma vez que a análise é realizada manualmente em etapas individuais com necessidade de filtragens e lavagens, tornando-se mais complexa em termos de trabalho (MERTENS, 2002; LOURENÇO, 2010).

Com o intuito de otimizar a análise da fibra foi desenvolvida a técnica do saco filtrante denominada *Filter bag technique*, que utiliza um sistema específico denominado sistema Ankom[®], que inclui um equipamento automatizado com sistema fechado, que possibilita a digestão e filtração simultânea e homogênea de um grande número de amostras, contidas em sacos filtrantes (BERCHIELLI et al. 2001), quando comparada com a metodologia convencional de Van Soest, onde as etapas de lavagens e filtrações são feitas de forma manual e individual (LOURENÇO, 2010).

No sistema Ankom[®] o equipamento utilizado e os sacos F57 (Ankom[®]) são adquiridos pela própria empresa Ankom, possuindo custo elevado, pois depende de importação (BERCHIELLI et al. 2001). Dessa forma, visando reduzir custos com a compra de sacos F57 (Ankom[®]), a partir dessa questão, passou a ser fonte de pesquisa o uso de outros tecidos para confecção dos sacos filtrantes para verificar a sua viabilidade. Sendo assim, sacos confeccionados com tecido não tecido (TNT), com gramatura de 100g/m², e com náilon, com porosidade de 50 µm foram testados por Casali et al. (2009) e Valente et al. (2011), em comparação com os sacos F57 (Ankom[®]). Casali et al. (2009) observaram que os sacos confeccionados em náilon proporcionam perda de partículas, subestimando os resultados, mas os sacos feitos com TNT (100g/m²) resultaram em valores de FDN similares aos resultados com tecidos F57 (Ankom[®]). Valente et al. (2011), também não encontraram diferença significativa entre os resultados comparados de análises de FDN feitas com sacos F57 (Ankom[®]) e TNT (100g/m²), em contrapartida, o tecido de náilon (50 µm) apresentou resultado diferente em função da perda de partículas da amostra pelo tecido.

Outro método alternativo ao convencional, proposto primeiramente por Pell e Schofield (1993), é o uso da autoclave em substituição ao equipamento com refluxo utilizado no método convencional. O procedimento convencional pelo digestor de fibra difere-se da digestão através da autoclave devido a pressurização das válvulas presentes na autoclave (FARIAS et al., 2015). Desde

então várias pesquisas foram feitas utilizando a autoclave para a análise da fibra, utilizando-se diferentes temperaturas, tempos e recipientes para as fibras. Assim, Deschamps (1999) utilizou a autoclave com temperatura de 120°C, com variação de $\pm 1^\circ\text{C}$ e tempo de operação de 40 minutos, para análise da FDN, Senger et al. (2008), que avaliaram a análise da FDN e da FDA na autoclave em diferentes temperaturas de tempo de execução de 110°C e 120°C, ambas por 40 e 60 minutos, e recomendam a temperatura de 110°C por 40 minutos, para essas análises. No entanto, Barbosa et al. (2015) e Detmann et al. (2021), recomendam a temperatura de 105°C por 60 minutos para as análises de FDN e FDA.

Independente da metodologia, o uso da autoclave para a análise da fibra permite minimizar custos e aumentar o número de amostras realizadas concomitantemente, dispensando o controle manual e individual de cada amostra (LOURENÇO, 2010). Essa metodologia, originalmente foi desenvolvida utilizando-se cadinhos filtrantes, como os descritos por (PELL e SCHOFIELD, 1993; LOURENÇO, 2010; BARBOSA et al., 2015 e DETMANN et al., 2021), entretanto, é possível, assim como no método do digestor de fibras, utilizar sacos filtrantes, como na metodologia de *Filter bag technique* da Ankom[®] utilizando o F57 (Ankom[®]), como o avaliado por Lourenço (2010) e Barbosa et al. (2015).

Deschamps (1999) utilizaram o saco de náilon com porosidade de 45 μm , para análise da FDN. No entanto, segundo Valente et al. (2011), o tecido de náilon permite perda de partículas da amostra, o que subestimando os resultados das análises da fibra. Carvalho et al. (2017) também analisaram FDN pela metodologia da autoclave, entretanto utilizaram a metodologia original do cadinho filtrante em comparação ao uso de sacos confeccionados em TNT de gramatura 100g/m², e não observaram diferenças nos valores de FDN nos métodos em questão, comprovando a eficiência do saco, reduzindo custo e tempo. Todavia, não se sabe se usar o saquinho de TNT na autoclave serão obtidos os mesmos resultados para o teor de FDA.

3. MATERIAL E MÉTODOS

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

Foram avaliados os teores da fibra em detergente ácido (FDA) nos seguintes alimentos: uma dieta total para bovinos em recria e seus constituintes, feno de tifton, silagem de sorgo e concentrado, além de dois alimentos concentrados: milho e farelo de soja. As amostras dos alimentos foram coletadas no setor de bovinocultura de leite da Fazenda Experimental do Glória da Universidade Federal de Uberlândia.

As análises da FDA foram realizadas pelo método da autoclave, utilizando duas técnicas (tratamento): uso do cadinho filtrante, e o uso do saco filtrante, com seis repetições para cada alimento.

As amostras de ração total e silagem de sorgo foram pré-secas em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 60° C por 72 horas. Essas amostras secas e as amostras de feno, concentrado, milho e farelo de soja, foram moídas em moinho com peneira com furos de 1mm de diâmetro, para a realização da análise da matéria seca e da FDA das amostras.

Técnica 1 - uso do saco filtrante: Foram confeccionados sacos com o tecido não tecido (TNT) com gramatura de 100g/m², cortando moldes retangulares do tecido de TNT com dimensões de 10 cm de comprimento e 5 cm de largura. Após foram colocados em solução fervente de detergente neutro comercial na proporção de 20 mL de detergente por litro de água (DETMANN et al., 2021), os moldes permaneceram nesta solução de um dia para o outro, e em seguida foram enxaguados com água destilada até completa retirada do detergente, em seguida colocados sobre papel toalha absorvente em um recipiente de alumínio (POP 032 da Embrapa) e levado para estufa ventilada a 60°C por 24 horas para secar.

Após os moldes selados em seladora nas laterais para formar um saco com dimensões 5 x 5 cm, o que corresponde a uma área de 25 cm², posteriormente foram identificados (Figura 2) e levados para estufa a 105°C por 2 horas. Em seguida foram colocados em dessecador para esfriar por 40 minutos e pesados em balança analítica na qual foram registrados os pesos dos sacos vazios.

Figura 2: Selagem e identificação dos sacos filtrantes



Fonte: arquivo pessoal

A quantidade de amostra adicionada a cada saco obedece a relação de 20 mg de matéria seca por centímetro quadrado de superfície (DETMANN et al., 2021). E então os sacos foram selados na parte superior fechando-os. A solução de detergente ácido foi preparada conforme o descrito por Detmann et al., (2021), contendo brometo de cetil trimetilamônio (CTAB), ácido sulfúrico (H_2SO_4) e água destilada.

As análises da FDA foram feitas em seis amostras de alimentos, com seis repetições por alimento, totalizando 36 sacos filtrantes. Estes foram acondicionados em um saco maior de um tecido mais fino, de 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 2.000 mL, onde adicionou-se quantidade de solução de detergente ácido suficiente para manter a relação de 50 ml de detergente por 0,5 grama de amostra, selando-se a boca do béquer com papel alumínio (DESCHAMPS, 1999; SENGER et al., 2008), e em seguida os béqueres foram acondicionados na autoclave com temperatura

de operação ajustada para 105°C durante 60 minutos (PELL e SCHOFIELD, 1993; DETMANN et al., 2012).

Após transcorrido o tempo de análise, a autoclave foi desligada e aguardado a saída da pressão para permitir a abertura e retirada das amostras, e os sacos foram lavados com água destilada quente, por várias vezes, até se observar que a água não mude de cor (Figura 3), e em seguida foram lavados com acetona durante 5 minutos e levados para estufa ventilada a 60°C por 24 horas e sequencialmente, por 2 horas em estufa não ventilada a 105°C, posteriormente foram acondicionados em dessecador para esfriar, pesados e anotado os pesos (DETMANN et al., 2012).

Figura 3: Lavagem dos sacos filtrantes



Fonte: arquivo pessoal

Técnica 2 - uso do cadinho filtrante: Foi pesado aproximadamente 0,5 g de amostra em um béquer de vidro de forma alta com capacidade de 100 mL, e adicionado 50 ml de solução de detergente ácido, selando-se a boca do béquer com papel alumínio. Os béqueres foram acondicionados na autoclave a temperatura de 105°C durante 60 minutos. Após transcorrido o tempo de análise, a autoclave foi desligada e aguardado a saída da pressão para permitir a abertura e retirada dos béqueres com as amostras, que foram filtradas em cadinho filtrante utilizando-se um sistema a vácuo (Figura 4). Os resíduos das amostras foram lavados com água destilada quente para a retirada do detergente, até se perceber que não formava mais espuma, em seguida lavada com acetona e levados para estufa a 105°C para secar, por um período de 16 horas, posteriormente foram acondicionados em dessecador para esfriar,

pesados e anotado os pesos. Foram realizadas seis repetições para cada um dos seis alimentos avaliados.

Figura 4: Lavagem dos cadinhos filtrantes



Fonte: Arquivo pessoal

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com dois tratamentos (duas técnicas: saco filtrante e cadinho filtrante) em seis alimentos com seis repetições por tratamento para cada alimento. Os dados apresentaram distribuição normal, verificado pelo teste de Cramér-Von Mises, e homogeneidade de variância, verificado pelo teste de Levene. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas utilizando-se o teste F a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico R 4.4.2. (2022).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios da análise estatística dos teores da FDA dos alimentos avaliados, pela técnica do cadinho e do saco filtrantes executados em autoclave estão descritos na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1. Valores médios e desvio padrão dos percentuais de fibra em detergente ácido (FDA), e dos alimentos avaliados pela técnica da autoclave utilizando saco filtrante e cadinho filtrante.

Alimento	% FDA		% CV	P valor
	Cadinho filtrante	Saco filtrante		
Milho	3,14 ± 0,07 b	7,10 ± 0,31 a	4,37	<0,001
Farelo de soja	8,14 ± 0,24 b	12,86 ± 0,83 a	5,84	<0,001
Feno de tifton	42,14 ± 0,57 b	45,47 ± 1,09 a	1,99	<0,001
Silagem de sorgo	29,24 ± 1,14 b	31,38 ± 0,47 a	2,88	<0,001
Concentrado	3,89 ± 0,10 b	7,12 ± 0,22 a	3,09	<0,001
Dieta	30,98 ± 0,25 b	32,54 ± 0,56 a	1,37	<0,001

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

Observou-se diferença estatística para os valores obtidos dos teores de FDA para todos os alimentos analisados pelas técnicas do cadinho filtrante e do saco filtrante. Ao comparar-se as duas metodologias, o saco filtrante, no geral, apresentou valores médios superiores em relação aos obtidos pelos cadinhos filtrantes. Além disso os alimentos: milho, farelo de soja e concentrado, apresentaram maiores diferenças comparando-se as metodologias, com destaque para o farelo de soja que apresentou diferença de 4,72 entre as porcentagens de FDA.

Uma possível explicação para a diferença observada no presente estudo foi descrita por Barbosa et al. (2015), que inferiu que o uso de saco filtrante para análise de fibra, cria uma barreira entre a amostra e a solução, o que pode comprometer ou reduzir o fluxo da solução extratora na amostra. Além do mais, pode ocorrer a possibilidade das partículas da amostra se aglomerarem no interior do saco quando molhadas em contato com o detergente e formar uma massa que pode dificultar o fluxo da solução extratora na amostra, e assim comprometer a extração da fração solúvel, principalmente em alimentos concentrados (BARBOSA et al., 2015). Esses fatos podem ter ocorrido no presente estudo, o que fez com que o uso do saco filtrante não permitisse extrair todos os

componentes solúveis em detergente ácido, superestimando o valor da FDA, principalmente nos alimentos concentrados, por esses possuírem grandes quantidades de compostos não fibrosos a serem extraídos pela solução de detergente ácido. Além disso, a malha do tecido TNT (100 g/m²) não possui poros em sua totalidade devido parte da superfície desse tecido ser vedado por calor em seu processo de fabricação (CASALI et al., 2009), o que pode ter contribuído para limitar a passagem da solução em detergente ácido pela amostra.

A análise da FDA em autoclave também foi analisada por Lourenço et al. (2017), que compararam os valores de FDA obtidos pelo método convencional, que utiliza o determinador de fibra com refluxo e cadinho filtrante, com a metodologia da autoclave, por 40 minutos sob temperatura de 110°C, utilizando sacos F57 da Ankom®, sacos TNT (100g/cm²) e cadelhos filtrantes, e verificaram que o uso da autoclave, independente do material filtrante utilizado, promoveu superestimativas dos teores de FDA em comparação ao método convencional para os alimentos volumosos avaliados, feno de tifton, cana-de-açúcar, capim-xaraés e capim marandu e que os valores obtidos para FDA utilizando autoclave e sacos de TNT foram os que apresentaram maiores médias e maiores diferenças em comparação ao método convencional.

5. CONCLUSÃO

O uso de cadinho filtrante e de saco filtrante na análise da fibra em detergente ácido produz resultados diferentes, com maiores valores para o uso do saco filtrante.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, M.M.; DETMANN, E.; ROCHA, G.C.; FRANCO, M.O; FILHO, S.C.V. 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. Doi: 10.5740/jaoacint.14-156. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26268967/>. Acesso em: 03 fev. 2023.

BERCHIELLI, Telma Teresinha; PIRES, Alexandre Vaz; OLIVEIRA, Simone Gisele de. **Nutrição de Ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2011. 616 p.

BOTULAB. **Bomba de Vácuo – Modelos 131 e 132 | Primatec**. Disponível em: <https://botulab.com.br/produto/bomba-de-vacuho-modelos-131-e-132-primatec>. Acesso em: 23 jun. 2023.

BRITO, Alexandre Barbosa de. **Fibra para Nutrição de Monogástricos: Uma real alternativa para modulação de microbioma intestinal** Leia mais sobre **esse assunto em <https://www.suinoagricultor.com.br/imprensa/fibra-para-nutricao-de-monogastricos-uma-real-alternativa-para-modulacao-de/20190605-121156-c299>**, 2019. Disponível em: <https://www.suinoagricultor.com.br/imprensa/fibra-para-nutricao-de-monogastricos-uma-real-alternativa-para-modulacao-de/20190605-121156-c299>. Acesso em: 21 jun. 2023.

CARVALHO, Arminda Moreira de, DANTAS, Raíssa de Araújo, [et al] **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://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/75878/1/bolpd-290.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2022

CASALI, André Oliveira; DETMANN, Edenio; VALADARES FILHO, Sebastião de Campos; PEREIRA, José Carlos; CUNHA, Maura da; DETMANN, Kelly da Silva Coutinho; PAULINO, Mário Fonseca. Estimativa de teores de componentes fibrosos em alimentos para ruminantes em sacos de diferentes tecidos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [S.L.], v. 38, n. 1, p. 130-138, jan. 2009. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-35982009000100017>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/qdZ75P7BZgM4z5QbwmWQPGx/?lang=pt>. Acesso em: 26 jan. 2023.

DESCHAMPS, F.C. Implicações do Período de Crescimento na Composição Química e Digestão dos Tecidos de Cultivares de Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.6, p. 1358-

1369, 1999. <https://doi.org/10.1590/S1516-35981999000600025> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/HMkbgWvBtk3yDKqWyQ3P4Tm/?lang=pt#:~:text=Com%20a%20matura%C3%A7%C3%A3o%20do%20capim,digestibilidade%20da%20MS%20e%20FDN>. Acesso em: 03 fev. 2023

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.

ENCONTRO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DO VALE DO ACARAË, 2011, Sobral-CE. **Consumo e digestibilidade de carboidratos totais e carboidratos não fibrosos em dietas fornecidas a ovinos contendo urucum em níveis crescentes de inclusão**. Sobral-CE: Embrapa Caprinos e Ovinos, 2011. 7 f. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/54772/1/AAC-Consumo-e-digestibilidade-de-carboidratos-totais.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2022.

Farias, J. S., Queiroz, L. de O., Santos, G. R. de A., Fagundes, J. de L., & Silva, M. A. da. (2015). **Avaliação de tecidos e equipamentos alternativos na análise de fibras em detergente neutro e de fibra em detergente ácido**. *Boletim De Indústria Animal*, 72(3), 229–233. Disponível em: <http://35.198.24.243/index.php/bia/article/view/899>. Acesso em: 11 mai. 2023

FARINAS, Cristiane Sanchez. **A parede celular vegetal e as enzimas envolvidas na sua degradação**. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2011. 13 p. (Embrapa Instrumentação. Documentos, ISSN: 1518-7179;54). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/919344/1/DOC542011.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2022

GOMES, D.I.; DETMANN, E.; VALENTE, T.N.P.; VALADARES FILHO, S.C.; QUEIROZ, A.C.. Avaliação laboratorial de compostos fibrosos em alimentos e fezes bovinas sob diferentes ambientes físicos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, [S.L.], v. 63, n. 2, p. 522-525, abr. 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-09352011000200038>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/CnyW3m6d7fjyHWkBsn3msdh/?lang=pt>. Acesso em: 05 jun. 2023.

LOURENÇO, Maria do Socorro N; MESSANA, Juliana D; SADER, Ana Paula de O; CANESIN, Roberta C; MALHEIROS, Euclides B; CASTAGNINO, Pablo s; BARCHIELLI, Telma T. Comparison of laboratory methods to assess fiber contents in feedstuff. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, [S.L.], v. 30, n. 1, p. 21-29, jan. 2017. Universidad de Antioquia. <http://dx.doi.org/10.17533/udea.rccp.v30n1a03>. Disponível em:

http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-06902017000100021&script=sci_abstract. Acesso em: 12 jun. 2023.

LOURENÇO, Maria do Socorro N. **Estudo comparativo de metodologias aplicadas em análises de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido com gerenciamento de resíduos químicos**. 2010. 117 p., Tese (Doutorado em Zootecnia), à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (Unesp), Jaboticabal, 2010. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/104938/lourenco_msn_dr_jabo.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 29 nov. 2022

MEDEIROS, S. R. de; GOMES, R. da C.; BUNGENSTAB, D. J. (Ed.). **Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 18 p. Disponível em: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=1011216&biblioteca=vazio&busca=1011216&qFacets=1011216&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>. Acesso em: 05 dez. 2022

MEDEIROS, Sérgio Raposo de; MARINO, Carolina Tobias. Carboidratos na nutrição de gado de corte. In: MEDEIROS, Sérgio Raposo de; GOMES, Rodrigo da Costa; BUNGENSTAB, Davi José. **Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações**. Brasília: Embrapa Gado de Corte, 2015. p. 47-62. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/120040/1/Nutricao-Animal-livro-em-baixa.pdf>. Acesso em: 07 out. 2022.

MERTENS, D. R. (1997). **Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows**. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030297760752>. Acesso em: 19 nov. 2022

MERTENS, D.R. **Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study**. Journal of AOAC International, v. 85, p. 1217-1240, 2002. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/260983893_Gravimetric_Determination_of_Amylase-Treated_Neutral_Detergent_Fiber_in_Feeds_with_Refluxing_in_Beakers_or_Crucibles_Collaborative_Study. Acesso em: 19 nov. 2022

MERTENS, D.R. **Using fiber and carbohydrate analyses to formulate dairy rations**. In: INFORMATIONAL CONFERENCE WITH DAIRY AND FORAGE INDUSTRIES. Wisconsin, USA. Wisconsin, s.ed. Proceedings. p.81-92,1996. Disponível em: <https://www.yumpu.com/en/document/read/5344200/using-fiber-and-carbohydrate-analyses-to-formulate-dairy-rations>. Acesso em: 03 fev. 2021

NASEM. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 8. ed. Washington, D.C.: National Academies Press, 2021.

NEVES NETO, José Tiago das. **Fibra para vacas leiteiras: conceitos, consumo e exigências**. 2011. 45 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência Animal, Escola de Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/67/o/semi2011_Jose_Tiago_2c.pdf. Acesso em: 07 out. 2022.

OGATA, Bruna Harumi. **Caracterização das frações celulose, hemicelulose e lignina de diferentes genótipos de cana-de-açúcar e potencial de uso em biorrefinarias**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013. doi:10.11606/D.11.2013.tde-13112013-143039. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/111141/tde-13112013-143039/pt-br.php>. Acesso em: 29 nov. 2022.

OLIVEIRA, V. da S.; NETO, J. A. S.; VALENÇA, R. de L.; SILVA, B. C. D. da; SANTOS, A. C. P. dos. CARBOIDRATOS FIBROSOS E NÃO FIBROSOS NA DIETA DE RUMINANTES E SEUS EFEITOS SOBRE A MICROBIOTA RUMINAL. **Veterinária Notícias**, [S. l.], v. 22, n. 2, 2016. DOI: 10.14393/VTv22n2a2016.32660. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/vetnot/article/view/32660>. Acesso em: 8 dez. 2022.

PAIVA, P. E.; LIMA, S. M.; PAIXÃO, A. J. 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. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4660150/mod_resource/content/1/Paiva2009%20Polimeros%20da%20parede%20celular_%20import%C3%A2ncia.pdf. Acesso em: 29 nov. 2022

PELL, A.N.; SCHOFIEL, D, P. Computerized Monitoring of Gas Production to Measure Forage Digestion In Vitro. **Journal of Dairy Science**, v. 76, p. 1063-1073, 1993. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77435-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77435-4) Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030293774354>. Acesso em: 03 fev. 2023

REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Material alternativo para confecção de filtros empregados na metodologia "Nylon bag" para a determinação de fibra**. Goiânia: Sbz, 2005.

5 p. Disponível em:
<https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=47196&biblioteca=vazio&busca=47196&qFacets=47196&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>.
Acesso em: 05 jun. 2023.

R Core Team (2022). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>.

RODRIGUES, Luiz Carlos Nunes Borges. **Influência da nutrição na produção de sólidos no leite**. 2014. 42 f. TCC (Graduação) - Curso de Zootecnia, Escola de Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014. Disponível em:
https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/66/o/12_INFLU%C3%8ANCIA_DA_NUTRI%C3%87%C3%83O_NA_PRODU%C3%87%C3%83O_DE_S%C3%93LIDOS_NO_LEITE.pdf. Acesso em: 07 dez. 2022.

SENGER, C. C. D.; KOZLOSKI, G. V.; SNACHEZ, L. M. B.; MESQUITA, F. R.; ALVES, T. P.; CASTAGNINO, D. S. Evaluation of autoclave procedures for fibre analysis in forage and concentrate feed stuffs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 146, 98 p. 169-174, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.12.008> Disponível em:
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840107005445?casa_token=4w_OHlf2ja0AAAAA:7voFqnEUf9x28Ozjzm_s_Z69VUPD0m5cJud6iHncpvr_2IVIJleyYrMJC0nGyTqoEQthB_I7CA. Acesso em: 03 fev. 2023

SILVA, Alex Lopes da; SOUSA, Dalva Batista de; AMORIM, Diego Sousa; SANTOS, Marilania da Silva; SILVA, Kleitiane Balduino da; NASCIMENTO, Romilda Rodrigues do. **Carboidratos de plantas forrageiras para ruminantes: uma revisão**. **NucleusAnimalium**, [S.L.], v. 11, n. 1, p. 1-12, 30 maio 2019. Fundação Educacional de Ituverava. <http://dx.doi.org/10.3738/21751463.2945>. Disponível em: <file:///C:/Users/Samsung/Downloads/Dialnet-CarboidratosDePlantasForrageirasParaRuminantes-7879828.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2022.

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

SILVA, T. S. R. **Avaliação da determinação da matéria orgânica fibrosa por meio de diferentes sistemas analíticos e sua comparação ao método convencional AOAC**. 2016. 66 p., Tese (Doutorado em Ciência Animal), à Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Campos dos Goytacazes, 2016. Disponível em: <https://uenf.br/posgraduacao/ciencia->

animal/wp-content/uploads/sites/5/2016/10/Tese-Renata-Tavares.pdf. Acesso em: 29 nov. 2020

VALENTE, Tiago Neves Pereira; DETMANN, Edenio; VALADARES FILHO, Sebastião de Campos; QUEIROZ, Augusto César de; SAMPAIO, Cláudia Batista; GOMES, Daiany Iris. Evaluation of neutral detergent fiber contents in forages, concentrates and cattle feces ground at different particle sizes and using bags made from different textiles. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [S.L.], v. 40, n. 5, p. 1148-1154, maio 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-35982011000500029>. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/15108>. Acesso em: 26 jan. 2023.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Publishing Associates/Cornell University Press, p. 476, 1994. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=TlluDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Nutritional+ecology+of+the+ruminant.+Publishing+Associates/Cornell+University+Press&ots=loBeEfpTew&sig=uHg6iD8gFrIRR0HISbjwUSNh1xA#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 03 fev. 2023

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, 1991. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030291785512>. Acesso em: 03 fev. 2023

VAN SOEST, P. J.; WINE, R. H. Determination of lignin and cellulose in acid detergent fiber with permanganate. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, New York, v. 51, 1968. <https://doi.org/10.1093/jaoac/51.4.780>. Disponível em: <https://academic.oup.com/jaoac/article-abstract/51/4/780/5720884?redirectedFrom=fulltext&login=false>. Acesso em 03 fev. 2023

VAN SOEST, P.J. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds II. A rapid method of determination of fiber and lignin. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, v.46, p.829-35, 1963. <https://doi.org/10.1093/jaoac/46.5.829> Disponível em: <https://academic.oup.com/jaoac/article-abstract/46/5/829/5732052?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em 03 fev. 2023