



**RAPHAELLA ALEXANDRA DE CASTRO**

**PERFIL FERMENTATIVO E NUTRICIONAL DE SILAGENS DE PLANTA  
INTEIRA DE MILHO COLHIDAS COM SHREDLAGE COM DIFERENTES  
TAMANHOS TEÓRICO DE CORTE**

**LAVRAS – MG**

**2022**

**RAPHAELLA ALEXANDRA DE CASTRO**

**PERFIL FERMENTATIVO E NUTRICIONAL DE SILAGENS DE PLANTA  
INTEIRA DE MILHO COLHIDAS COM SHREDLAGE COM DIFERENTES  
TAMANHOS TEÓRICO DE CORTE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à  
Universidade Federal de Lavras, como parte  
das exigências do Curso de Zootecnia, para a  
obtenção do título de Bacharel.

**Orientador:** Dr. Thiago Fernandes Bernardes

**LAVRAS – MG**

**2022**

RAPHAELLA ALEXANDRA DE CASTRO

**PERFIL FERMENTATIVO E NUTRICIONAL DE SILAGENS DE PLANTA  
INTEIRA DE MILHO COLHIDAS COM SHREDLAGE COM DIFERENTES  
TAMANHOS DE CORTE.**

**FERMENTATION PROFILE AND NUTRITIONAL PROFILE OF WHOLE PLANT  
SILAGES HARVESTED WITH SHREDLAGE WITH DIFFERENT THEORETICAL  
LENGTH CUT.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à  
Universidade Federal de Lavras, como parte  
das exigências do Curso de Zootecnia, para a  
obtenção do título de Bacharel.

**Orientador:** Dr. Thiago Fernandes Bernardes

---

Dr. Prof. Thiago Fernandes Bernardes

UFLA

---

Jéssica Oliveira Gusmão

UFLA

---

Elizanne de Moura Lima

UFLA

**LAVRAS – MG**

**2022**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pela minha vida. Agradeço também a minha família por sempre me apoiarem, meus pais Alexandre de Castro e Gláucia Butinhão de Castro, por sempre me derem incondicional apoio para que todos os meus sonhos viessem a tomar forma. Agradeço também aos meus irmãos Alexandre de Castro Filho e Nicole de Castro por sempre estarem ao meu lado, independentemente de onde estejam. Agradeço também meus tios Eduardo, Estevão, Jeter, Agda e Aline pelo apoio e carinho durante toda a minha jornada. Às minhas primas e primo Isabela, Giovanna, Milenna e Miguel, por sempre me resgatarem a criança interior.

À Universidade Federal de Lavras e ao departamento de zootecnia por todo suporte e aprendizado nesses anos. Ao meu orientador Thiago Fernandes Bernardes por acreditar no meu potencial e confiar esse projeto a mim, além de ser um excelente tutor é um excelente professor, realmente comprometido em passar seus ensinamentos, que não são poucos.

Agradeço os núcleos de estudos que participei NEPEC e NEFOR, pois foram os grandes responsáveis pelo meu crescimento profissional e pessoal, além abrigar grandes amizades que levo comigo até hoje.

Agradeço também a Inghrith Oliveira Pacheco por me acompanhar desde o primeiro dia de aula em todos os momentos. Agradeço também meus amigos Paloma Xavier, Rafaella Aureliano, Raiany Alves, Marcus Cardoso, Jessica Gusmão e Elizanne Moura por me ajudarem e apoiarem em vários momentos da minha trajetória em Lavras.

Por fim deixo minha gratidão também ao meu namorado Gabriel Comparoni, que com seu amor me tornou uma mulher ainda mais feliz e realizada.

## RESUMO

A cultura do milho para a produção de silagem tem grande importância na pecuária, essa forrageira vai fornecer quantidade significativa de amido aos ruminantes. Com grandes quantidades de amido sendo fornecido aos animais é de grande importância o aumento do fornecimento de FDNfe, para ter bom funcionamento ruminal. O FDNfe é baseado no tamanho das partículas e na composição de FDN da mesma. Na colheita de silagem de milho a regulagem do tamanho das partículas é feito ajustando o tamanho teórico de corte (TTC). Objetivou com esse trabalho avaliar a silagem de milho colhida com diferentes TTC (17, 22, e 27 mm), com colhedora autopropelida equipada com Corncracker Shredlage<sup>®</sup>, um processador de forragem e composto por dois rolos com velocidade de trabalho diferentes, que foi ajustado com distância de 2 mm e diferença de velocidade de trabalho de 50%. Diferentes TTC não afetaram o perfil fermentativo e a composição da silagem, mas o KPS teve diferença estatística, sendo maior para silagem colhida com TTC de 17 mm (66,6% de KPS). Na distribuição das partículas da silagem na *Penn State Particle Separator* foi observado que o aumento da TTC mudou basicamente a distribuição na peneira de 19 e 8 mm, o aumento da TTC aumentou a retenção na peneira de 19 mm e reduziu na peneira de 8 mm, interferindo insignificamente nas demais peneiras. Em relação a degradação de MS e amido houve diferença em relação ao TTC, sendo o ajuste de 17 mm com maiores degradabilidade. Mas não foi observado interação do TTC com o tempo de incubação. Menores TTC aumenta a degradação de MS e amido devido ao aumento do KPS e da redução das partículas da silagem de milho.

**Palavras chave:** Shredlage, KPS, Penn State Particle Separator, Amido

## ABSTRACT

The corn crop for silage production is one of great importance in livestock, this forage will provide a significant amount of starch to ruminants. With large additions of starch being supplied to the animals it is of great importance or increasing the supply of feNDF to have good functioning. The feNDF is based on the size of particles and the composition of the NDF of the same. In silage harvesting the particle size adjusted is by the cut size or toetical legth cut (TLC). The objective of this work was to evaluate corn silage harvested with different TLC (17, 22, and 27 mm), with a CLASS self-propelled harvester equipped with Corncracker Shredlage®, which is a forage processor and composed of two rolls with different working speeds. , this was adjusted with a distance of 2 mm and a working speed difference of 50%. Different TLC did not reach the fermentative profile and the silage composition, but the KPS was a statistically different, being higher for silage harvested at 17 mm (66.6% of KPS). In the distribution of silage particles in the Penn State Particle Separator, it was observed that the increase in TTC basically changed the distribution in the 19 and 8 mm sieve, the increase in TTC increased retention in the 19 mm sieve and reduced it in the 8 mm sieve, with no interference in the other sieves.

Regarding the degradation of DM and starch, there was a difference in relation to the TLC, with the adjustment of 17 mm with greater degradability. But no interaction of TLC with incubation time was observed. Lower TLC increases the reduction of DM and starch due to the increase of KPS and due to the reduction of corn silage.

**Key words:** Shredlage, KPS, Penn State Particle Separator, Starch

**Sumário**

<b>1 - INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>9</b>
<b>2.1 - SILAGEM DE MILHO .....</b>	<b>9</b>
<b>2.2 – TEXTURA DO ENDOSPERMA.....</b>	<b>10</b>
<b>2.3 - PROCESSAMENTO SHREDLAGE .....</b>	<b>11</b>
<b>2.4 - TAMANHO DE PARTÍCULA.....</b>	<b>11</b>
<b>2.5 - KPS .....</b>	<b>13</b>
<b>3 - MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>14</b>
<b>3.1 - CONFEÇÃO DAS SILAGENS E TRATAMENTOS.....</b>	<b>14</b>
<b>3.2 - ANÁLISE E PREPARO DAS AMOSTRAS .....</b>	<b>15</b>
<b>3.3 – ANÁLISE ESTATÍSTICA .....</b>	<b>17</b>
<b>4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>18</b>
<b>5 - CONCLUSÃO .....</b>	<b>22</b>
<b>- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>22</b>

## 1 - INTRODUÇÃO

A utilização da cultura do milho é muito importante para o sistema produtivo de proteína animal. Dados da pesquisa realizada por Bernardes (2019) mostram que 57% dos confinamentos entrevistados em pesquisa com 82 confinamentos para gado de corte em 10 estados brasileiros, utilizam como principal fonte de volumoso a silagem de milho. Em levantamento feito por Bernardes e Rêgo (2014), onde 215 fazendas leiteiras foram entrevistadas e 82,7% das mesmas utilizam a silagem de milho sozinha ou em combinação nas dietas fornecidas na fazenda. Evidenciando dessa forma a importância da cultura do milho para a produção de silagem, uma vez que essa forrageira vai fornecer quantidade significativa de amido para ser transformado em energia para ruminantes.

Com essa quantidade significativa de amido a ser fornecido para os animais, há maior necessidade de balanceamento físico das dietas, focando em saúde ruminal e melhor aproveitamento dos nutrientes da silagem de milho. Para analisar fisicamente a dieta utiliza-se a fibra fisicamente efetiva (FDNfe), que é influenciada pela quantidade de FDN no material e o tamanho da partícula. Em colhedoras a regulagem é conhecida como tamanho teórico de partícula (TTP).

O aumento do TTP, implica em maior quantidade de FDNfe, aumento de substrato para compor o *mat* ruminal, que estimula a ruminação, produção de saliva, tamponamento ruminal além de benefícios quanto a digestão ruminal e teor de gordura no leite (Allen, 1997; Mertens, 1997). Por outro lado pode influenciar negativamente o consumo, pois partículas muito longas diminuem a taxa de passagem e aumenta o enchimento físico do rúmen (Mertens, 1987), além de facilitar a seleção pelos animais.

Então para conseguirmos alcançar bons resultados em relação ao tamanho de partícula, a utilização de colhedoras autopropelidas com rolos processadores de grãos se faz essencial, por permitir maiores TTC, essa tecnologia ainda é pouco empregada no Brasil. Segundo Bernardes e Rêgo (2014), aproximadamente 90% das máquinas utilizadas para a produção de silagem ainda são colhedoras tracionadas por trator.



Dentre as tecnologias empregadas na produção de silagem se destaca a Shredlage<sup>®</sup>, que equipa as colhedoras de forragem e é patenteado pela CLASS. A colhedora é equipada com Shredlage<sup>®</sup> que são dois rolos de processamento que tem diferentes velocidades de trabalho, potencializa a quebra dos grãos, implicando pouco no processamento da parte vegetativa do milho. Melhorando consequentemente a disponibilidade do amido/energia para os animais.

Apesar dessa tecnologia já ser bastante utilizada em países como nos Estados Unidos, no Brasil ainda não há estudos contundentes que mostrem resultado dessa tecnologia associada para a nossa realidade prática. Assim a hipótese do trabalho é de que as silagens Shredlage<sup>®</sup> colhidas com maiores tamanhos de partículas em híbridos de milho semiduro e matéria seca levada, não apresentem diferenças no perfil fermentativo e nutricional. O objetivo desse estudo foi determinar o perfil da silagem processada com Shredlage<sup>®</sup> com diferente tamanho teórico de corte (27, 22 e 17 mm) sobre a fermentação, distribuição de partículas, processamento de grãos e degradabilidade de nutrientes.

## **2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 - SILAGEM DE MILHO**

O produto silagem se resume a uma prática de armazenamento de uma forrageira, que em condições anaeróbias e com quantidade de substrato suficiente, vão passar por um processo de fermentação, esse realizado por meio de bactérias que irão transformar açúcares em ácidos orgânicos, que possuem a função de preservar a forrageira ensilada para que ela não perca valor nutricional. Essa prática é muito viável, pois através dela conseguimos que esse alimento fique armazenado por longos períodos evitando grandes perdas nutricionais, assim conseguimos nos planejar para época seca do ano, onde a produtividade das forrageiras são mais baixas devido a sazonalidade produtiva (Daniel *et al.*, 2019) que acomete o Brasil nos meses de Abril a Setembro.

A forrageira em questão é dividida em dois principais componentes, a porção vegetativa que é composta por carboidratos estruturais e a parte granífera que é composta pelo amido contido no grão (Ferreira, 2001). Tendo assim a diferenciação

estrutural, os processos químicos e físicos inerente ao animal são também se apresenta de forma diferente (Mertens, 2005).

A ampla utilização da cultura do milho para produção de silagem se dá por suas características produtivas e bromatológicas ideais para a confecção do alimento conservado, sendo essas, alta produtividade por hectare, teor ideal de matéria seca (MS) 35-38%, teor mínimo de 3% de carboidratos solúveis, baixo poder tampão e boas condições para uma boa fermentação microbiana, gerando assim uma silagem de boa qualidade com as características de alta densidade energética, bons teores de fibra e teores moderados de proteína bruta (PB), (Dias Junior et al., 2016; Ferraretto et al., 2017). Em muitos casos pode ser utilizada como única fonte de fibra na dieta, o que facilita o manejo e diminui custos na propriedade.

Vale ressaltar que mesmo que amplamente utilizada, nem sempre a silagem tem a qualidade mínima esperada. A produção da silagem de milho, deve ter cada passo, desde colheita até a abertura do silo, monitorada por um profissional ou pessoa capacitada, afim de manter a rentabilidade da atividade em questão.

## **2.2 – TEXTURA DO ENDOSPERMA**

O mercado atual possui inúmeras variedades de híbridos para comercialização, isso se dá pelo fato de que cada região possui suas particularidades e fatores ambientais que poderiam afetar o desempenho do híbrido selecionado. Segundo Paes (2006) o milho é classificado quanto à característica do grão como dentado, duro, farináceo, pipoca e doce. A maioria das empresas brasileiras optaram por trabalhar com híbridos de textura dura, com alta proporção de endosperma vítreo (PEREIRA et al., 2004), enquanto em países de clima temperado tem-se uma tendência a maior utilização de milhos do tipo dentado. O grão de milho podemos observar uma maior opacidade na porção farinácea e uma maior translucidez quando observados a parte vítrea e a proporção desses dois componentes que irão classificar a textura desse grão (SILVA et al., 2000). A vitreosidade ou textura do grão de milho está associada à estrutura física do endosperma e a degradação do amido no rúmen animal. Dessa forma, a proporção vítrea e farinácea do endosperma vai determinar o grau de dificuldade para o processamento desses grãos na hora da colheita e conseqüentemente a

disponibilidade de energia para os microorganismos ruminais e, conseqüentemente, o desempenho animal (RIBAS et al., 2007 b).

### **2.3 - PROCESSAMENTO SHREDLAGE**

Shredlage<sup>®</sup> é uma tecnologia para processamento da silagem de milho planta inteira amplamente utilizada na América do norte, principalmente nos EUA, (SALVATI, 2014). Essa tecnologia nos permite processar o milho com tamanho de partícula maior que as máquinas convencionais nos proporcionam, podendo chegar até 30 mm.

Após o processamento da parte vegetativa de forma eficiente e uniforme, a forragem passa pela tecnologia patenteada Corncracker Shredlage<sup>®</sup>, onde os rolos cortam completamente os pedaços que entram no eixo por meio de ranhura helicoidal de rotação contrária e trituram os grãos rompendo satisfatoriamente a cutícula do grão. Além deste, as fibras são bem separadas em sentido longitudinal e as cascas são retiradas através da estrutura única dos rolos. Resultado obtido através dos rolos Corncracker Shredlage<sup>®</sup> originais.

A alta taxa de desintegração da forrageira, faz com que superfície de contato aumente, deixando assim grande área para atuação de bactérias benéficas a fermentação durante o processo de ensilagem, que conseqüentemente tornam a forragem em silagem de qualidade e que ao chegar no rumem terá sua digestão facilitada. Segundo Ferraretto (2012), a utilização dessa tecnologia, melhorou a dinâmica e saúde ruminal e proporcionou melhor disponibilidade do amido, chegando ao resultado de até 2 litros de leite de ganho por vaca na produção, o que pode ser uma oportunidade econômica em diminuir custos com outras fontes de volumoso, pelo tamanho da fibra e uso de alimento concentrado, pela disponibilidade do amido facilitada.

### **2.4 - TAMANHO DE PARTÍCULA**

A qualidade física e nutricional na silagem de milho é diretamente influenciada pelo tamanho teórico de corte durante a colheita da lavoura de milho, juntamente com a maturidade no momento do corte e o tipo de processamento além das interações entre os fatores citados.

Além de características físicas, o aumento do tamanho teórico de corte auxilia na formação do *mat* ruminal, estimulando a ruminação, salivação e tamponamento (Allen, 1997; Mertens, 1997). Por outro lado, autores relatam que o aumento substancial no tamanho de partícula causaria limitação no consumo, resultado do enchimento ruminal e menor da taxa de passagem (Mertens, 1987). Além da possibilidade de seleção de partículas pelo animal no cocho, o que não é desejável, a dieta passaria a ser super ou subestimada quanto aos seus nutrientes e funções regulatórias (Leonardi E Armentano, 2003).

Comprovada a importância de adequado tamanho de partícula, a universidade da Pensilvânia nos Estados Unidos, desenvolveu a *Penn State Particle Separator* (PSPS), que é um conjunto de peneiras com diferentes tamanhos de crivo, objetivando monitorar e classificar o tamanho de partículas de forma prática, uma vez que a visualização é uma medida muito subjetiva e individual, sendo difícil a padronização.

Segundo Heinrichs (2013), a distribuição adequada das partículas da silagem de milho nas peneiras da PSPS (Tabela 1) garante bom fornecimento de FDNfe, melhorando assim a saúde ruminal.

**Tabela 1** - Distribuição de partículas adequadas

Peneira	Tamanho	Silagem de Milho
1	>19 mm	3-8%
2	8 a 19 mm	45-65%
3	4 a 8 mm	20-30%
4	Fundo	<10%

Fonte: Heinrichs (2013)

O tamanho teórico de corte das partículas é o grau de picagem da forragem. Esse tamanho de referência é determinado pelo produtor no momento do ajuste do maquinário durante a colheita, vale resaltar que esse tamanho é teórico por poder variar de acordo com o tipo de máquina utilizada e os ajustes necessários, como a afiação de facas e contra facas, distanciamento entre rolos e horas trabalhadas pela máquina.

O Shredlage<sup>®</sup> pode causar maior dano as partículas de tamanhos maiores, visando alcançar maior digestibilidade da FDN. Reduzindo os efeitos negativos

citados em literatura sobre a redução no consumo de matéria seca e conseguindo processamento adequado dos grãos, resultados dificilmente obtidos por outro tipo de maquinário.

## 2.5 - KPS

O *Kernel Processing Score* (KPS) é utilizado para quantificar o grau de processamento dos grãos de milho para silagem de planta inteira de milho, proposto por Ferreira e Mertens (2005). O KPS ou *Corn Silage Processing Score* (CSPS), seu método consiste em um jogo de 5 peneiras e o fundo, sendo os diâmetros das perfurações (19,00; 13,20; 9,50; 6,70; e 4,75 mm), essas peneiras ligadas a agitador, permanecem em movimento constante por 15 minutos e determinam a quantidade de amido que passa pela peneira de 4,75mm em comparação ao amido total da silagem.

A escolha pela peneira de 4,75mm como parâmetro para melhora na digestibilidade dos grãos se deu por estudos anteriormente realizados, os resultados mostravam que as peneiras iguais ou maiores que 6,25mm continham grãos intactos ou levemente fragmentados. Já quando se observou a peneira de 4,75mm os grãos estavam fragmentados em pelo menos quatro partes, representando  $\frac{1}{4}$  do tamanho do grão onde a digestibilidade *in vitro* da matéria seca, representava uma digestibilidade 30% menor em fragmentos de grão que se encontravam nas peneiras acima de 4,75mm (Ferreira e Mertens, 2005).

Nesse mesmo estudo também se comprovou que os grãos que foram levemente fragmentados, não passaram pelo processo de fermentação ruminal, quando submetidos ao ensaio de digestibilidade *in vitro* após 24hrs, representando assim, a porção do amido que passaria direto pelo trato digestório e sendo eliminado nas fezes sem nenhum aproveitamento pelo animal (Ferreira e Mertens, 2005). Comprometendo o desempenho animal além do prejuízo financeiro de alimento de alto valor agregado, sendo eliminado ao ambiente.

Na atualidade a análise de KPS é a metodologia mais indicada para avaliar de forma efetiva e conclusiva o processamento dos grãos, isso se deve a alta rigorosidade proposta nesse tipo de análise (Salvati, 2016). Complementar a essa análise Shinnors e Holmes (2013) desenvolveram uma tabela a objetivando categorizar o grau de processamento, essas categorias incluem: Ótimo, Bom e

Ruim, sendo grau de processamento superior a 70%, entre 50 - 69% e abaixo de 50%, respectivamente.

Apesar de bom indicador para a qualidade do processamento a análise de KPS, não se faz muito prática quanto a sua realização, pois necessita de amostra significativa de toda a silagem, e de enviar essa amostra para laboratório de confiança para posterior análise, processo que pode levar alguns dias, impossibilitando assim de recorrermos à ação corretiva e assertiva no momento da colheita e ensilagem. Com o intuito de tornar essa análise mais visual e imediata na hora da colheita, se desenvolveu algumas técnicas para ter noção sobre o grau de processamento dos grãos na hora da ensilagem.

Dentre as técnicas que mais se destacam é a técnica do copo de monitoramento. Essa técnica de monitoramento através do copo teve sua origem no laboratório Dairyland e foi desenvolvida pela empresa Pioneer, possui uma correlação de  $R^2 = 0,81$  com a técnica desenvolvida pelo laboratório e consiste em coletar uma amostra de silagem fresca em um recipiente de volume conhecido (1 litro), após coletada espalhar essa massa em uma superfície plana separar as frações de grãos que maiores que uma metade (DE PAULA, 2019). Como parâmetro ideal, a contagem de grãos inteiros ou metades deve ficar entre dois e quatro para ainda estar enquadrados em grau de processamento adequado, caso os números fiquem superior a quatro grãos inteiros ou metades, deve ser feito os ajustes necessários durante a colheita.

Apesar de não possuir exatidão nos resultados igual ao do KPS, essa técnica é muito fácil e prática para monitorar a colheita, facilitando a tomada de decisão corretiva caso necessário (De Paula, 2019).

### **3 - MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 - CONFECÇÃO DAS SILAGENS E TRATAMENTOS**

O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia na Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, Brasil (21°13'49" S, 44°58'10" W). Foi utilizado o híbrido semi duro LG3055 pro 3 para confeccionar a silagem de milho. A lavoura foi estabelecida em 22 de outubro de 2019 e colhido no dia 19 de fevereiro de 2020, quando o milho apresentou, aproximadamente, 38 % de MS.

O milho foi colhido utilizando máquina autopropelida com processador de grãos (tecnologia Corncracker Shredlage<sup>®</sup>). Os tratamentos consistiram na planta inteira de milho colhida em três tamanhos teóricos de corte: 17, 22 e 27 mm, com regulagem fixa de 2 mm de distância entre rolos e 50% entre rotações, foram amostradas cinco repetições por tratamento, totalizando quinze unidades experimentais, permanecendo estocadas por 100 dias em silos experimentais de 5L.

### **3.2 - ANÁLISE E PREPARO DAS AMOSTRAS**

Do material pré-ensilado foi separada uma amostra de aproximadamente 450g, recolhidas aleatoriamente para determinação da distribuição de partículas pelo método. “Penn State Particle Size Separator” (PSPS) determinando então a proporção de material retido nas peneiras. A contagem de grãos inteiros foi realizada no material retido na peneira de 4mm.

Após 100 dias de estocagem, foi retirada a segunda sub amostra da silagem, essa foi pré-seca em estufa com circulação forçada de ar a 55–60°C por 72 horas para determinação da concentração de MS. Após secagem, a mesma foi pesada e moída em moinho de bola modelo SL - 38, com peneira contendo crivos de 1mm. Para caracterização do material pré-ensilado, a amostra moída foi analisada para nitrogênio total (PB = nitrogênio total x 6,25) pelo método de Kjeldhal, de acordo com a AOAC(1990). Para determinação do teor de fibra em detergente neutro (FDN), a amostra foi tratada com  $\alpha$ -amilase termoestável, de acordo com Mertens (2002). Para concentração de cinzas, a amostra foi queimada em mufla a 600°C, por 4 horas (AOAC, 1990) e o teor de amido pelo método de HALL e MERTENS (2008).

Uma terceira amostra foram armazenada úmidas em freezer a –30°C. Na determinação dos valores de pH, foi retirado um extrato aquoso de cada amostra e feito a leitura em um potenciômetro (HI 2221, HannaInstruments), utilizando aparelho multiparâmetro (A214 pH / ISE Thermo Scientific Orion Star). Para obter o extrato aquoso, foram pesados 30 g de amostra e adicionados 270 ml de água destilada, homogeneizados durante 4 minutos, a 200 RPM, em um homogeneizador

(Stomacher 400, Seward, London, UK), e filtrados 50 ml do extrato aquoso para realizar a leitura do pH de cada amostra.

Na determinação dos produtos finais da fermentação, foram retirados 2 ml de amostra obtida a partir do extrato aquoso, onde foram centrifugadas, filtradas e injetadas em cromatógrafo de fase líquida de alta precisão (Shimadzu LC- 10Ai; Shimadzu Corp. Tokyo, Japão). Foram realizadas duas centrifugações de 10 minutos cada, a 10.000 RPM, a 4°C. Os ácidos foram detectados pela absorvância do UV (210nm), e os álcoois foram identificados usando o detector de índice de refração (RID; 10ASPD-10Ai). O aparelho foi equipado com uma coluna de exclusão de íon (SUPELCO –SUPELCOGEL 8H-5cm-4,8mm) 28 operados a 30 °C com um fluxo de corrida de 0,5 ml/min com fase móvel água e ácido sulfúrico 0,005.

Uma quarta parte foi selecionada para análise de degradação ruminal in situ da FDN, MS e amido, para isso utilizou-se a técnica do saco de náilon por Orskov e McDonald (1979). As amostras dos diferentes tratamentos foram colocadas em sacos de náilon medindo 10 x 20 confeccionados com malha de tecido com porosidade igual a 50 µm e pesados. As amostras foram acondicionadas, em sacos, na proporção de 20 mg de MS/cm<sup>2</sup> de superfície (NOCEK, 1988) e inseridas na parte ventral do rúmen de dois animais fistulados nos tempos de 0; 8; 16; 32; 64 horas em duplicatas. Após o término do período de incubação, os sacos foram lavados em água corrente, secos em estufa de 55 °C por um período de 72 horas. Posteriormente, foram secos em estufa não-ventilada 105°C por 1 hora. Após secagem em estufa os sacos foram esfriados em dissecador e depois pesados novamente. O mesmo procedimento foi seguido para os sacos referentes ao tempo 0. Os resíduos remanescentes nos sacos foram analisados quanto aos teores de MS, FDN e amido e foram obtidos por diferença de peso encontrado para cada componente entre as pesagens, antes e após a incubação ruminal e expressos em percentagem.

Para a determinação do KPS (Kernel Processing Score), foi utilizado um equipamento, com um conjunto de 7 peneiras e o fundo, variando sua granulometria de 6,78 mm até o fundo, assim foi realizado a pré-secagem da amostra (55° C) e posteriormente levado para a máquina 100 g de amostra e seu processamento era realizado por 10 minutos com agitação vertical. Após a separação das partículas as peneiras foram pesadas separadamente e foram agrupadas as partículas abaixo



da peneira de 4,75 mm. Após o agrupamento das amostras, essas foram moídas em moinho de faca tipo Willey a 1 mm e levadas para análise de amido e matéria seca em estufa a 105°C. As concentrações de amido que foram encontradas abaixo da peneira de 4,75 foram consideradas ótimas, moderadas e ruins, seguindo por valores acima de 70%, de 50 a 69% e abaixo de 49% respectivamente (Ferreira e Mertens, 2005; Shinnars e Holmes, 2013).

As perdas de matéria seca ocorridas no processo de fermentação foram calculadas por diferença entre o peso do material colocado em cada silo na ensilagem e o peso dessas silagens ao final no momento de abertura

### 3.3 – ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com três tratamentos e cinco repetições, totalizando 15 unidades experimentais. Os dados de MS, PMS, produtos da fermentação, distribuição de partículas, contagem de grãos inteiros e KPS foram analisados utilizando o PROC GLM do programa estatístico SAS (Statistical Analysis System – SAS Institute, 2001). As médias dos tratamentos foram estimadas pelo “LSMEANS” e a comparação foi realizada pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \mu + P_i + e_{ij}$$

Sendo,  $Y_{ij}$  = valor da variável referente à repetição que recebeu o tamanho teórico de partícula  $i$ ;

$\mu$  = média geral;

$P_i$  = efeito fixo do tamanho teórico de partícula  $i$ , para  $i = 17, 22, 27$ ;

$e_{ij}$  = erro aleatório associado a cada observação  $Y_{ij}$ .

Os resultados referentes ao desaparecimento da MS e do amido das silagens de planta inteira de milho foram analisados em fatorial 3 x 5, com três tamanhos teóricos de partícula (17, 22, 27mm) e cinco tempos de incubação (0, 8, 16, 32, 64 horas) utilizando o PROC MIXED do programa estatístico SAS (Statistical Analysis System – SAS Institute, 2001). As médias dos tratamentos foram estimadas pelo “LSMEANS” e a comparação foi realizada pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + P_i + I_j + (P*I)_{ij} + e_{ijk}$$

Sendo,  $Y_{ijk}$  = valor da variável referente à repetição que recebeu o tamanho teórico de partícula  $i$  no tempo de incubação  $j$ ;

$\mu$  = média geral;

$P_i$  = efeito fixo do tamanho teórico de partícula  $i$ , para  $i = 17, 22, 27$ ;

$l_j$  = efeito fixo do tempo de incubação  $j$ , para  $j = 0, 8, 16, 32, 64$ ;

$P^*l_{ij}$  = efeito da interação entre o tamanho de partícula  $i$  na incubação  $j$ ;

$e_{ijk}$  = erro aleatório associado a cada observação  $Y_{ijk}$ .

#### 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os diferentes tamanhos teóricos de partícula, não afetaram a MS, pH, perfil fermentativo, composição bromatológica da silagem e PMS. (Tabela 2).

**Tabela 2** – Concentração e perda de MS, perfil fermentativo, composição bromatológica e KPS de silagem de milho colhida com diferentes tamanhos teórico de partícula.

Item	17 mm	22mm	27 mm	EPM <sup>1</sup>	P-valor
Ph	3.90	3.87	3.89	0.025	0.675
MS (%)	38.40	38.40	38.90	0.773	0.367
Ac láctico (% MS)	3.510	3.750	3.470	0.182	0.508
Ac acético (% MS)	0.875	0.760	0.804	0.081	0.643
Ac propiônico (% MS)	0.218	0.120	0.180	0.052	0.427
Etanol (% MS)	1.340	1.410	1.350	0.113	0.885
1,2- Propanodiol (% MS)	0.080	0.075	0.077	0.031	0.862
PMS <sup>2</sup> (%)	1.910	1.940	1.890	0.091	0.922
CINZA (% MS)	2.62	2.73	2.41	0.213	0.578
FDN (% MS)	38.10	40.20	38.50	1.425	0.167
PB (% MS)	8.42	8.74	8.51	0.323	0.809
Amido (% MS)	30.95	30.28	31.57	0.812	0.605
KPS <sup>3</sup> (%)	66.6 a	55.0 b	59.6 ab	2.115	0.007

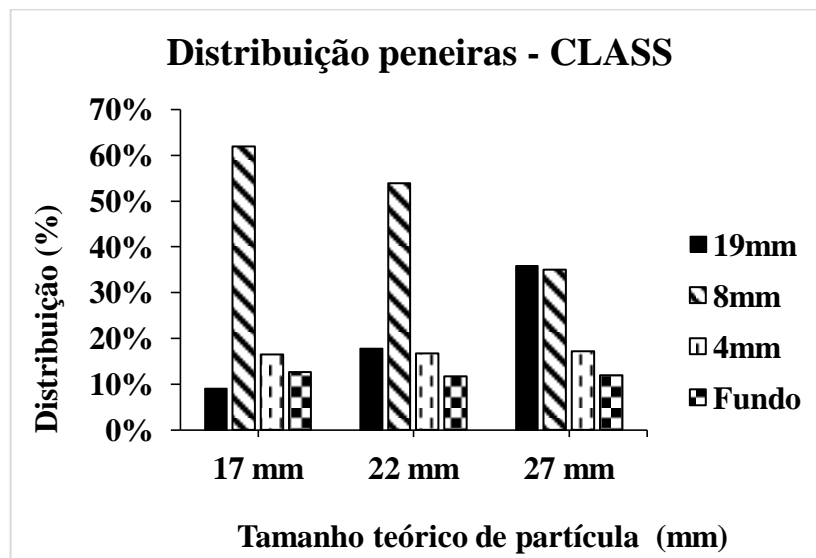
EPM<sup>1</sup>: Erro Padrão da Média; PMS<sup>2</sup>:Perda de Matéria Seca; KPS<sup>3</sup>: Kernel Processing Score.

A eficácia no processamento dos grãos depende de vários fatores como, maturidade ou teor de MS, tamanho de corte estabelecido, tipo e distância dos

processadores (Shinners et al, 2000). Os resultados mostram que, com esse tipo de processamento, menores TTP afetam positivamente o processamento dos grãos, mesmo sem ter mudanças no Shredlage®.

O processamento das partículas da silagem de milho é resultado de ajustes no maquinário e possui ligação com o consumo e dinâmica digestiva pelos ruminantes, além da influência quanto ao perfil fermentativo dentro do silo. Assim, o monitoramento dessa etapa se faz essencial (Gráfico 1).

**Gráfico 1** – Distribuição de silagem de milho colhida com diferentes tamanhos teórico de partícula nas peneiras.



De acordo com os padrões adotados pelo método Penn State, onde as proporções de 3 a 8% na peneira de 19mm, 45 a 65% na peneira de 8mm, 20 a 30% na peneira de 4mm e menos que 10% retidos no fundo, o TTP de 17mm foi o que mais se adequou aos padrões recomendados.

As distribuições de partículas nos diferentes TTP apresentaram maior diferença na retenção nas peneiras de 19 e 8mm, demonstrando que o aumento do TTP aumenta a proporção de partículas retidas na peneira de 19mm e afetando mais a retenção na peneira de 8mm (Cooke e Bernard, 2005). A maior retenção no fundo demonstra a eficiência no processamento dos grãos.

Maiores retenções de partículas na peneira de 19mm, pode afetar negativamente o consumo dos animais, devido ao aumento da seleção dos animais, porém esse efeito pode ser reduzido dependendo da composição física e química da dieta total (Leonardi e Armentano, 2003).

A degradação de MS também é afetada pelo TTP (Tabela 3), pois o processamento afeta da microbiota ruminal ao material (Osafo et al., 1997).

**Tabela 3** – Degradação de matéria seca (MS) de silagem de milho com diferentes tamanhos teórico de partícula (TTP).

TTP	Tempo de incubação					Média	EPM <sup>1</sup>	Valor de P		
	64	32	16	8	0			TTP	TI	TTP* TI
17 mm	73.1	64.1	54.8	49.1	40.7	56.3 A	2.583	0.04	<0.01	0.45
22 mm	72.9	61.4	48.3	42	38.3	52.5 AB				
27 mm	70.8	59.8	46.2	31.7	36.6	49.1 B				
Média	72.3 a	61.8 b	49.7 c	40.9 c	38.5 c					

EPM<sup>1</sup>: Erro padrão da média.

Os resultados de degradação de MS não tiveram interação entre TTP e tempo de incubação. Mas tiveram aumento significativo com o tempo como o esperado, em relação ao TTP, a redução do TTP resultou em aumento da degradação da MS, sendo justificado por ter maior superfície de contato durante a ação da microbiota ruminal (Zobell et al., 2004).

A degradação de MS foi diferente acima de 16 horas de incubação, esse tempo de incubação que aumenta a degradabilidade da MS é dependente da maturidade do material colhido, com MS entre 30 e 40% é verificado esse aumento com 24 horas de incubação (Andrae et al., 2001).

No desaparecimento do amido também não houve interação entre o TTP e o tempo de incubação (Tabela 4).

**Tabela 4** – Degradação do amido de silagem de milho com diferentes tamanhos teórico de partícula.

TTP	Tempo de incubação					Média	EPM	Valor de P		
	64	32	16	8	0			TTP	TI	TTP* TI
17 mm	90.2	84.9	74.1	70.8	38.4	71.68 A	0.825	0.04	<0.01	0.523
22 mm	89.6	81.2	73.1	66.8	31.4	68.42 B				
27 mm	89.1	81.7	75.8	65.4	29.4	68.28 B				
Média	89.63 a	82.6 a	74.3 b	67.6 b	33.06 c					

EPM<sup>1</sup>: Erro padrão da média.

Entre os tempos de incubação houve diferença, apresentando um maior desaparecimento em 64 h, mas diferente da degradação da matéria seca o aumento significativo da degradação do amido é observado com 8 h de incubação.

Menores TTP resultaram em maior degradação do amido, corroborando com o resultados de KPS, que resultou em maior processamento dos grãos com menores TTP. A degradação do amido é afetada pelo processamento, o grão de milho quanto mais processado, maior é a área acessível a ação da microbiota ruminal e das enzimas (Corrêa et al., 2002)

A degradação de FDN não é afetada pelo TTP (Tabela 5).

**Tabela 5** – Degradação do FDN de silagem de milho com diferentes tamanhos teórico de partícula.

TTC	Tempo de incubação					Média	EPM	Valor de P		
	64	32	16	8	0			TTP	TI	TTP* TI
17 mm	51.7	45.3	38.3	36.1	22.9	38.8	0.504	0.485	<0.01	0.789
22 mm	51.9	43.5	37.2	36.5	22.4	38.3				
27 mm	50.1	41.9	39.0	34.8	21.2	37.4				
Média	51.2 a	43.5 b	38.16 bc	35.8 c	22.16 d					

EPM<sup>1</sup>: Erro padrão da média.

Entre os tempos de incubação houve diferença, apresentando maiores diferenças de 0 a 8 h e de 32 a 64 h, essas diferenças depende da composição da fibra do FDN, podendo variar a porcentagem de celulose no material (Rodriguez et al., 1996).

## 5 - CONCLUSÃO

Apesar da alta maturidade no ponto de colheita e a utilização de uma híbrido de milho caracterizado como semi duro, a colheita com o uso do Shredlage<sup>®</sup> permite utilizar TTC de 27 sem afetar a fibra fisicamente efetiva. Até 22 mm para colheita sem afetar negativamente a degradação de MS. Por outro lado, a degradação de amido é potencializada quando a silagem de milho foi colhida com um TTC de 17mm.

## - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allen, Michael S. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. **Journal of dairy science**, v. 80, n. 7, p. 1447-1462, 1997.

Andrae, J. G. et al. 2001. Effect of hybrid, maturity, and mechanical processing of corn silage on intake and digestibility by beef cattle. *Journal of Animal Science* 79: 2268-2275.

AOAC. Official methods of analysis. 13.ed. Washington: AOAC, 1990, 1015p.

Araújo, Camila M.; et al. Nutritional and metabolic evaluation of feeding lambs with growing levels Of protein amino acids. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 72, n. 6, p. 2321-2330, 2020.

Battiston, Jean; et al. Chemical compounds and kinects of in vitro ruminal degradation of white oats URS Guapa under distinct levels of nitrogen fertilization. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 72, n. 2, p. 581-589, 2020.

Bernardes T. F. e do Rego A. C. 2014. Study on the practices of silage production and utilization on Brazilian dairy farms. **Journal of Dairy Science** 97: 1852-1861.

Bernardes, T. F. et al. A comparison of methods to determine pH in silages. **Journal of dairy science**, v. 102, n. 10, p. 9039-9042, 2019.

Cavalcanti, André Cayô; et al. Degradabilidade in situ dos componentes do feno de capim *Andropogon Gayanus* colhido em diferentes idades. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 119, n. 2, p. 061-061, 2020.

Cooke, K. M. e Bernard, J. K. 2005. Effect of Length of Cut and Kernel Processing on Use of Corn Silage by Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 88:310-316.

Correa, C. E. S.; Shaver, R. D.; Pereira; M. N.; Lauer, J. G.; Kohn Relationship Between Corn Vitreousness and Ruminal In Situ Starch Degradability. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 85, n. 11, p. 3008-3012, 2002.

Da Silva Oliveira, Vinicius; et al. Equação de regressão para estimar volume de gases ruminais e correlação entre composição química e parâmetros da fermentação. **Diversitas Journal**, v. 5, n. 4, p. 3238-3249, 2020.

Daniel, J. L. P. et al. 2019. Production and utilization of silages in tropical areas with focus on Brazil. *Grass Forage Sci.* 74:188-200

Daniel, J. L. P. et al. 2019. Production and utilization of silages in tropical areas with focus on Brazil. *Grass Forage Sci.* 74:188-200.

De Medeiros, Simone Daniela Sartorio; et al. Modelos não lineares mistos em ensaios de degradabilidade ruminal in situ. **Ciência Animal Brasileira**, v. 21, 2020.

Dias Junior, G. S., L. F. Ferraretto, G. G. S. Salva, L. C. de Resende, P. C. Hoffman, M. N. Pereira, and R. D. Shaver. 2016. Relationship between processing score and kernel fraction on particle size in wholeplant corn silage. *J. Dairy Sci.* 99:2719-2729.

Ferraretto, L. F., & Shaver, R. D. (2012). Meta-analysis: Impact of corn silage harvest practice on intake, digestion and milk production by dairy cows. *The Professional Animal Scientist*, 28, 141–149. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30334-X](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30334-X).

Ferraretto, L.F., 2017. Impact of starch content and digestibility in dairy cattle diets. In: Proc. 28th Florida Ruminant Nutrition Symposium. Gainesville, FL, pp. 112–123.

Ferreira, G. e Mertens, D. R. 2005. Chemical and physical characteristics of corn silages and their effects on in vitro disappearance. *Journal of Dairy Science*. 88:4414-4425.

Ferreira, Gonzalo. **Nutritive Evaluation of Corn Silage: Factors Effecting Corn Silage Digestability and Their Effects on Performance by Lactating Cows**. University of Wisconsin--Madison, 2002.

Ferro, Maria M.; et al. In vitro ruminal fermentation kinetics of different agroindustrial co-products used in ruminant diets. **Archivos de zootecnia**, v. 70, n. 270, p. 128-134, 2021.

Garcez, Bruno Spindola; et al. Degradabilidade ruminal de gramíneas do gênero *Panicum* em três idades de pós-rebrota. **Ciência Animal Brasileira**, v. 21, 2020.

Goeser, J. P. e Combs, D. K. 2009. An alternative method to assess 24-h ruminal in vitro neutral detergent fiber digestibility. *Journal of dairy science* 92:3833-3841.

Hall, M. B., & Mertens, D. R. (2008). Effect of sample processing procedures on measurement of starch in corn silage and corn grain. *Journal of dairy science*, 91(12), 4830-4833.

Heinrichs, J. 2013. The Penn State Particle Separator. Cooperative Extension College of Agricultural Sciences. 186: 1-8.

Johnson, L. et al. 1999. Nutritive value of corn silage as affected by maturity and mechanical processing: A contemporary review. *Journal of dairy science* 82(12), 2813-2825

Leonardi, C., & Armentano, L. E. (2003). Effect of Quantity, Quality, and Length of Alfalfa Hay on Selective Consumption by Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, 86(2), 557–564. doi:10.3168/jds.s0022-0302(03)73634-0

Mertens, D. R. 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *Journal of animal science* 64:1548-1558.

Mertens, D. R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of dairy science* 80:1463-1481.



Mertens, D. R. 2005. Particle Size, Fragmentation Index, and Effective Fiber: Tools for Evaluating the Physical Attributes of Corn Silages. In: Proc. Four-State Dairy Nutr. & Mgmt. Conf. MWPS-4SD18.p.211-220.

Mertens, D.R., 2002. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. J. AOAC Int. 85, 1217–1240.

Nocek, James E. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. **Journal of dairy Science**, v. 71, n. 8, p. 2051-2069, 1988.

Nussio, L. G., Simas, J. E. C., & Lima, M. L. M. (2001). Determinação do ponto de maturidade ideal para colheita do milho para silagem. *Milho para a silagem. Piracicaba: FEALQ*, 11-26.

Ørskov, E. R., & McDonald, I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *The Journal of Agricultural Science*, 92(2), 499-503.

Osafo, E. L. K., E. Owen, A. N. Said, M. Gill, and J. Sherington. 1997. Effects of amount offered and chopping on intake and selection of sorghum stover by Ethiopian sheep and cattle. *Anim. Sci.* 65:55–62

Salvati, G. G. S., Morais Júnior, N. N., Melo, A. C. S., Vilela, R. R., Cardoso, F. F., Aronovich, M., ... Pereira, M. N. (2015). *Response of lactating cows to live yeast supplementation during summer. Journal of Dairy Science*, 98(6), 4062–4073. doi:10.3168/jds.2014-9215

Shinners, K. J. e Holmes B. J. 2013. Making Sure Your Kernel Processor Is Doing Its Job. *Focus on Forage*. 15:1-4.

Shinners, K. J. et al. 2000. Processing whole-plant corn silage with crop processing rolls on a pull-type forage harvester. *Applied Engineering in Agriculture* 16:323-331

Vilela, H. H., Rezende, A. V. D., Vieira, P. D. F., Andrade, G. A., Evangelista, A. R., & Almeida, G. B. D. S. (2008). Valor nutritivo de silagens de milho colhido em diversos estádios de maturação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37(7), 1192-1199.

Zobell, D. R.; OLSON, K. C.; WIEDMEIER, R. D. Processed Corn Silage Effects on Digestibility and Production of Growing Beef Replacement Heifers Department of Animal. **Dairy and Veterinary Sciences**. AG/2004/Beef-03, Fev. 2004.