



**Programa de Pós-Graduação em Zootecnia**

**SILAGEM DE MILHETO COM DIFERENTES NÍVEIS DE  
INCLUSÃO DE LEUCENA**

**WANDERLÉIA MARTINS RODRIGUES**

**2020**

**WANDERLÉIA MARTINS RODRIGUES**

**SILAGEM DE MILHETO COM DIFERENTES NÍVEIS DE INCLUSÃO DE LEUCENA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, para obtenção do título de Mestre.

**Orientadora**  
**Prof. Dra. Eleuza Clarete Junqueira de Sales**

**Janaúba**  
**2020**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Rodrigues, Wanderléia Martins

R696s Silagem de milho com diferentes níveis de inclusão de leucena [manuscrito] / Wanderléia Martins Rodrigues – 2020.

42 p.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Montes Claros – Janaúba, 2020.

Orientadora: Prof. D. Sc. Eleuza Clarete Junqueira de Sales.

1. Leucena. 2. Milheto. 3. Silagem. I. Sales, Eleuza Clarete Junqueira de. II. Universidade Estadual de Montes Claros. III. Título.

CDD. 636.08552

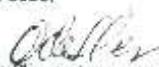
Catálogo: Joyce Aparecida Rodrigues de Castro Bibliotecária CRB6/2445

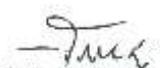
Wanderléia Martins Rodrigues

**"SILAGEM DE MILHETO COM DIFERENTES NÍVEIS DE  
INCLUSÃO DE LEUCENA"**

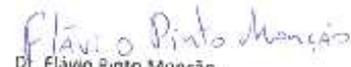
Dissertação apresentada à Universidade  
Estadual de Montes Claros, como parte  
das exigências do Programa de Pós-  
Graduação em Zootecnia, área de  
concentração em Produção Animal, para  
obtenção do título de Mestre em  
Zootecnia.

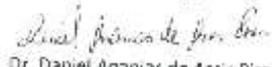
APROVADA em 08 de MAIO de 2020.

  
Dra. Eleuza Clárete Junqueira de Sales  
UNIMONTES  
(Orientador)

  
Dr. Virgílio Mesquita Gomes  
UNIMONTES

  
Dra. Leidy Darmony de Almeida Rufino  
EPAMIG

  
Dr. Flávio Pinto Monção  
UNIMONTES

  
Dr. Daniel Ananias de Assis Pires  
UNIMONTES

JANAÚBA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2020

À minha amada mãe, Elidia, pelo amor, cuidado e orações, sempre me apoiando em todos os momentos desta etapa de minha vida.

**DEDICO!**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, pela força e proteção em todos os momentos vivenciados neste período.

À minha mãe, Elidia, por todo apoio, amor, compreensão e preocupação. Obrigada, minha mãe; razão de meu viver!

Aos meus irmãos pelo carinho.

Ao meu amado companheiro, Auri, pelo incentivo, amor e compreensão.

À minha orientadora, professora Eleuza, pelos conselhos e ensinamentos.

Ao professor Flávio, pessoa a qual sou e serei imensamente grata, pela paciência, apoio e palavras de fé e otimismo nos momentos de fraquezas e alegrias.

A todos os professores da Unimontes que contribuíram para minha formação profissional e pessoal; em especial aos membros da banca de defesa: Dr. Virgílio Gomes, Dr. Daniel Pires e Dra. Leidy Rufino, pelas valiosas contribuições e argüição.

Aos funcionários da Unimontes e da Fazenda Experimental, que, de forma direta ou indireta, contribuíram para realização deste trabalho.

Aos meus amigos/irmãos “laboratoriais”: Maria, Adson, Alisson, Dhácomo, Luiz Antônio, Bruna, Orlando e todos que conviveram comigo por esses meses; obrigada pela ajuda e amizade. Deus abençoe o caminho e a vida de cada um de vocês!

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo.

## SUMÁRIO

<b>NORMAS DA REVISTA CIENTÍFICA .....</b>	<b>07</b>
<b>RESUMO GERAL .....</b>	<b>08</b>
<b>GENERAL ABSTRACT .....</b>	<b>09</b>
<b>1 INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>10</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>12</b>
2.1 Semiárido brasileiro .....	12
2.2 Silagens mistas .....	13
2.3 Milheto ( <i>Pennisetum glaucum</i> (L). R. Brown) .....	16
2.4 Leucena ( <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam) de Wit.).....	17
2.5 Técnica de degradação “in situ” .....	18
<b>3 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>20</b>
<b>4 CAPÍTULO 1 - pH, perdas por gases, efluentes e valor nutricional de silagens de milheto [Pennisetum Glaucum (L.) R. BR.] com diferentes níveis de leucena (Leucaena Leucocephala (Lam.) de Wit).....</b>	<b>25</b>
RESUMO .....	25
4.1 INTRODUÇÃO .....	25
4.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	27
4.3 RESULTADOS .....	31
4.4 DISCUSSÃO .....	33
4.5 CONCLUSÃO .....	38
4.6 AGRADECIMENTOS.....	38
4.7 REFERÊNCIAS.....	38
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>42</b>

## NORMAS DA REVISTA CIENTÍFICA

Esta dissertação segue as premissas básicas do periódico *Tropical Animal Health and Production*. Link para acesso: <https://www.springer.com/journal/11250/submission-guidelines#Instructions%20for%20Authors>.

## RESUMO GERAL

RODRIGUES, Wanderléia Martins. **Silagem de milho com diferentes níveis de inclusão de leucena**. 2020. 42p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, Minas Gerais, Brasil.<sup>1</sup>

No território brasileiro, as condições climáticas exercem grande influência na produção de forragem, promovendo oscilações na oferta de alimentos para os animais, com períodos de abundância de forrageiras alternados com período de escassez. A mistura de duas ou mais culturas forrageiras, denominada silagem mista, é uma alternativa interessante, pois favorece melhor aproveitamento e otimização do uso das plantas disponíveis. Nesse contexto, objetivou-se avaliar diferentes níveis de Leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) na ensilagem de milho [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] sobre o pH, perdas por gases e efluentes e o valor nutricional das silagens mistas produzidas. O experimento foi realizado em um delineamento inteiramente casualizado, utilizando o milho com concentrações crescentes de leucena (0, 10, 20, 30 e 40% da matéria natural) com cinco repetições. O pH não foi influenciado pela inclusão da leucena, apresentando média de 4,2. As perdas por gases e por efluentes reduziram 0,0961% da MS e 0,02 kg t<sup>-1</sup> para cada 1% de inclusão da leucena na ensilagem, respectivamente. Os níveis de inclusão da leucena influenciaram de forma linear crescente os teores de matéria seca (0,0747%), proteína bruta (0,070 %), extrato etéreo (0,008%) e lignina (0,1481%) da silagem. A degradabilidade potencial padronizada (Bp) da fibra em detergente ácido (FDA) apresentou efeito linear decrescente (P<0,01). Para cada ponto percentual de inclusão da leucena, houve redução de 0,36%. A inclusão da leucena em 40% na ensilagem do milho não compromete as características fermentativas e o valor nutricional, que possibilitam classificar as silagens mistas como de boa qualidade.

**Palavras-chave:** cinética ruminal, ensilagem, *Leucaena leucocephala*, *Pennisetum glaucum*, semiárido

<sup>1</sup>**Comitê de Orientação:** Prof. Dra. Eleuza Clarete Junqueira de Sales – Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES (Orientadora); Prof. Dr. Daniel Ananias de Assis Pires – Departamento de Ciências Agrárias /UNIMONTES (Co-orientador).

## GENERAL ABSTRACT

RODRIGUES, Wanderléia Martins. **Millet silage with different levels of leucaena inclusion.** 2020. 42p. Dissertation (Master in Animal Science) - State University of Montes Claros, Janaúba, Minas Gerais, Brazil.<sup>1</sup>

In the Brazilian territory, climatic conditions have a great influence on the forage production, promoting fluctuations in the supply of food for animals with periods of quality forages abundance and alternating with scarcity periods. The mixture of two or more forage crops, called mixed silage, is an interesting alternative for producers, as this mixture favors better use and optimization of the use of forage plants available within the property. In this context, the objective was to evaluate different levels of *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit in millet silage [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] on pH, losses of gases and effluents and nutritional value mixed silages produced. The experiment was carried out in a completely randomized design using millet with increasing concentrations of leucaena (0, 10, 20, 30 and 40% of natural matter) with five replications. The pH was not influenced by the leucaena inclusion, with an average of 4.2. The losses by gases and by effluents reduced 0.0961% of DM and 0.02 kg t<sup>-1</sup> for each 1% of leucaena inclusion in the ensiling, respectively. Levels of leucaena inclusion influenced linearly the dry matter content (0.0747%), crude protein (0.070%), ether extract (0.008%), and lignin (0.1481%) of silage. The potential standardized degradability (Bp) of the acid detergent fiber (FDA) showed a linear decreasing effect (P <0.01). For each percentage point of leucaena inclusion, there was a reduction of 0.36%. The leucaena inclusion in 40% in the millet ensilage does not compromise the fermentative characteristics and the nutritional value, which make it possible to classify the mixed silages as of good quality.

**Keywords:** ruminal kinetics, ensiling, *Leucaena leucocephala*, *Pennisetum glaucum*, semiarid

<sup>1</sup>**Guidance committee:** Profa. . Eleuza Clarete Junqueira de Sales – Department of Agrarian Sciences/UNIMONTES (Adviser); ); Prof. – Department of Agrarian Sciences /UNIMONTES (Co-adviser).

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O território brasileiro é marcado pela sazonalidade da produção de forragem, o que constitui grande entrave à produção animal, apresentando-se por períodos de abundância de forrageiras de qualidade, alternados com períodos de escassa produção, com isso o material consumido pelos animais contém elevado teor de fibras e baixos níveis de compostos nitrogenados, o que limita sua degradação e desempenho (Costa et al., 2019). Isso se deve aos fatores climáticos, principalmente à irregularidade hídrica.

Para superar o impacto negativo da sazonalidade da forragem, alternativas devem ser adotadas, como a conservação de forragem colhida durante o período chuvoso. E deve-se optar por forrageiras que tenham características que se adaptem à região, visando aumentar a eficiência produtiva e econômica da atividade pecuária.

Estratégias de produção e conservação de forrageiras são essenciais para que haja oferta de alimentos durante todo o ano. Sendo assim, a conservação de forragem por meio da ensilagem vem sendo utilizada e obtendo resultados satisfatórios.

A ensilagem é uma técnica de preservação de forragem caracterizada pela fermentação em ambiente anaeróbico, no qual, para ser ensilada, a planta forrageira deve apresentar nível acima de 6% de carboidratos solúveis na matéria seca, teor de matéria seca variando entre 25 e 38% e baixa capacidade tampão para que a silagem resultante tenha bom valor nutricional (McDonald, 1981).

Tradicionalmente, utiliza-se o milho (*Zea mays* L.), o sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) e o milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) para produção de silagem, pois são espécies mais adaptadas, que apresentam alto teor de carboidratos solúveis, baixo poder tampão, produtividade satisfatória de matéria seca e qualidade da silagem produzida, além de alto rendimento forrageiro, bom valor nutricional e adequado perfil fermentativo (Costa et al., 2019). Entretanto, nas regiões semiáridas, as características do clima e o déficit hídrico não favorecem o plantio e o desenvolvimento por completo do milho. Já o milheto possui maior velocidade de estabelecimento que o sorgo e, quando bem manejado, seu valor nutritivo também pode ser maior. A maior vantagem dessa espécie com relação ao sorgo é que não possui fatores antinutricionais.

O milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) é uma forrageira que vem se destacando como uma cultura promissora para ensilagem em regiões semiáridas devido à

sua capacidade de adaptação em condições de restrição hídrica e fertilidade média do solo, boa produção de massa por unidade de área (média de 20 a 25 t de matéria seca por hectare) e bom valor nutricional (Carvalho et al., 2018). Entretanto, apesar do bom valor nutricional, ao ser ensilada, a planta inteira do milho pode apresentar características indesejáveis dependendo da idade de corte, como teor reduzido de matéria seca (< 25%), favorecendo perdas durante a fermentação na forma de gases e efluentes (Freitas et al., 2017).

Uma alternativa para melhorar o processo desta ensilagem é a adição de alimentos que amenizem esses pontos, como as leguminosas, que, além de apresentarem maior teor de matéria seca em relação ao milho, fornecem proteína bruta e melhora a digestibilidade dos nutrientes da silagem produzida (Pereira et al., 2001; Silva et al., 2018). Contudo, como as leguminosas são fonte de proteína bruta, a sua inclusão na ensilagem de gramíneas deve ser moderada devido ao incremento da capacidade tampão da massa ensilada.

A leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) é uma das leguminosas forrageiras promissoras para a inclusão na ensilagem de gramíneas, pois apresenta características favoráveis, como a capacidade de rebrota, mesmo durante o período de secas, a adaptação às condições de solo e média produtividade (2-8 t de matéria seca por hectare, ano) (Camara et al., 2015).

Em relação às silagens mistas de gramíneas tropicais com leguminosas como milho e leucena, não há conhecimento quanto ao melhor nível de inclusão ou à proporção da mistura sobre o pH, perdas fermentativas, composição químico-bromatológica e cinética ruminal da massa ensilada. Portanto, estudos nessa ótica são fundamentais para a adequação do manejo alimentar dos animais, bem como no balanceamento de dietas para animais com diferentes exigências nutricionais.

Com base no exposto, objetivou-se avaliar os efeitos das diferentes proporções de mistura de milho e leucena durante a ensilagem e seus efeitos sobre o pH, as perdas por gases e efluentes e o valor nutricional das silagens mistas produzidas.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Semiárido brasileiro

O Semiárido brasileiro ocupa parte do Nordeste do Brasil indo até o norte de Minas Gerais. Em estudo recente, a sua área foi delimitada com um valor aproximado de 1.128.697 km<sup>2</sup> e 1.262 municípios dos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe, com uma população de 27 milhões de habitantes, ocupando aproximadamente 12% do território nacional (SUDENE, 2018).

De acordo com a Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), a delimitação da área do Semiárido é definida a partir de três critérios, nos quais engloba regiões com precipitação média anual igual ou inferior a 800 mm, com índice de aridez de Thorntwaite, ou seja, a razão entre a precipitação e as perdas de água pela evapotranspiração potencial, igual ou inferior a 0,50, e o risco de ocorrência de seca, considerando o percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60% em relação a todos os dias do ano. (Costa da Cruz et al., 2019).

No Semiárido brasileiro, as chuvas são irregulares e concentradas em poucos meses do ano, e as secas que ocorrem não são apenas oriundas da escassez de chuvas, mas também derivadas da distribuição irregular, da concentração e das elevadas taxas de evapotranspiração aliadas a fatores antrópicos e socioeconômicos (Costa da Cruz et al., 2019).

A vegetação predominante no semiárido é a caatinga, formada por plantas lenhosas e herbáceas de pequeno porte, cactáceas e xerófilas resistentes ao clima seco e à baixa umidade, e também podem ser encontradas monocotiledôneas (principalmente espécies da família Poaceae) e dicotiledôneas anuais (Santos et al., 2011). Quanto ao potencial forrageiro, a caatinga é bastante rica e diversificada, apresenta uma relevante produção de fitomassa das espécies lenhosas e da parte aérea das herbáceas, as quais podem ser utilizadas como fonte de alimentação animal. Entretanto, as adversidades edafoclimáticas, e a necessidade de conservação dessas forrageiras devem ser levadas em consideração, pensando em produção animal (Campos et al., 2017).

A produção animal é uma das atividades sócio-econômicas mais importantes do Semiárido brasileiro, com destaque para os ruminantes, que são criados, em sua maioria, em

sistemas de produção extensivos. Predominam a agricultura e a pecuária familiar, em que a fonte alimentar principal dos rebanhos é a vegetação nativa. No entanto, a diversidade das condições edafoclimáticas, de relevo e vegetação da região, possibilita a exploração de uma grande variedade de culturas agrícolas e de plantas forrageiras, em sua maioria adaptadas ao clima quente e seco (Silva et al., 2015).

Apesar da adaptação, tanto da vegetação quanto dos animais às condições edafoclimáticas do Semiárido, observa-se que as mudanças climáticas podem afetar os sistemas de produção animal que são adotados nesta região. Tem, então, como consequências a baixa capacidade de suporte dos pastos, a reduzida utilização de pastos cultivados, o alto custo de concentrados comerciais e a ausência de tradição no armazenamento de forragens nas formas de feno e silagem (Silva et al., 2015).

Apesar, também, dos riscos de redução na produção animal e da necessidade de adaptação dos sistemas de produção em algumas regiões, a pecuária poderá ser praticada em toda extensão do semiárido, em um cenário futuro, utilizando, por exemplo, zoneamento climático das principais espécies forrageiras utilizadas na região. Isso possibilitará, assim, estudos mais abrangentes dos possíveis impactos das mudanças climáticas sobre a pecuária do semiárido (Santos et al., 2011).

De acordo com Otaviano (2020), vêm sendo realizados diversos estudos com espécies nativas em regiões semiáridas, e esses estudos têm mostrado que essas espécies apresentam teores de proteína bruta adequados para a manutenção de ruminantes. Sendo assim, é imprescindível realizar análises mais aprofundadas do valor nutritivo dessas espécies, pois parte da proteína bruta pode estar indisponível para o animal, por estar ligada à fibra em detergente ácido, podendo haver redução da digestibilidade da proteína bruta pela presença de altos teores de lignina ou pela presença de compostos secundários na planta, como os taninos, que interferem na qualidade da dieta por se ligarem à proteína, impedindo a degradação desta pelos microrganismos ruminais.

## **2.2 Silagens mistas**

No território brasileiro, as condições climáticas exercem grande influência na produção de forragem, promovendo oscilações na oferta de alimentos para os animais. Portanto, tem-se a necessidade de procurar alternativas para suprir o déficit de volumoso

ocasionado pela sazonalidade climática na qual as gramíneas de clima tropical perdem sua qualidade e reduzem sua produção na época de escassez de chuva (Silva et al., 2019), em virtude da lignificação da parede celular e do decréscimo de proteína bruta das plantas.

Existem diversas técnicas que podem ser adotadas para suprir a demanda de forragem durante este período, sendo mais usual a conservação da forragem. Esse material conservado recebe o nome de ensilagem, que é uma técnica de preservação de forragem caracterizada pela fermentação de carboidratos solúveis resultando na produção de ácidos orgânicos, principalmente o ácido láctico, o que reduz os valores de pH no meio, condição esta fundamental para conservação da massa ensilada (McDonald et al., 1991).

A mistura de duas ou mais culturas forrageiras, denominada silagem mista, é uma alternativa interessante para os produtores, pois essa mistura favorece o melhor aproveitamento e a otimização do uso das plantas forrageiras disponíveis dentro da propriedade, tendo como função a de aditivo, a fim de melhorar a qualidade de uma silagem ou sanar alguma limitação de confecção de silagem de uma determinada cultura.

O milho (*Zea mays* L.) e o sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), seguidos pelo milheto, (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) são as espécies mais adaptadas para produção de silagem no semiárido, por apresentarem alto teor de carboidratos solúveis, baixo poder tampão, produtividade satisfatória de matéria seca e qualidade da silagem produzida (Ramos, 2015).

Estudos recentes demonstraram que é possível ensilar quase todos os tipos de forragens, entretanto, nem todas as espécies atendem aos requisitos de quantidade e qualidade desejáveis para que ocorra uma fermentação da massa ensilada. Portanto, devem-se analisar quais espécies se encaixam e são desejáveis tanto econômica quanto nutricionalmente (Andrade et al., 2019).

De acordo com McDonald (1991), o material utilizado para a ensilagem deve conter em torno de 70% de umidade para desenvolvimento bacteriano e fermentação adequados, apresentar nível acima de 6% de carboidratos solúveis na matéria seca, os quais serão transformados em ácido láctico pelas bactérias, e possuir baixa capacidade tampão para que ocorra rápida redução do pH.

As gramíneas possuem vantagens para a ensilagem, tais como elevada produção anual por área, perenidade, baixo risco de perda e maior flexibilidade de colheita (Ferreira et al., 2016). Entretanto possuem alguns aspectos desfavoráveis. As gramíneas, se colhidas

quando atingem a maturidade, há um aumento da produção de matéria seca que, no momento da ensilagem, perde seu valor nutricional, já as plantas jovens apresentam elevado teor de umidade, baixa concentração de carboidratos solúveis e alta capacidade tampão que podem prejudicar o processo fermentativo da silagem (Bernardes et al., 2018).

As leguminosas, quando exclusivamente ensiladas, apresentam baixa qualidade devido ao seu alto poder tampão e ao baixo teor de carboidratos solúveis, mas quando são misturadas com gramíneas pode melhorar e/ou incrementar a qualidade da massa ensilada, aumentando o teor de proteínas em comparação à silagem de gramíneas exclusivas. Isso melhora a digestibilidade dos nutrientes e a produção animal, como o ganho de peso, a produção de leite e carne, devido ao aumento e/ou incremento do seu valor nutricional (Andrade et al., 2019).

Cavali et al. (2010), avaliando silagens mistas em diferentes proporções de cana-de-açúcar e capim-elefante (0: 100, 25:75, 50:50, 75:25 e 100: 0% da base natural), observaram que na interação entre cana-de-açúcar e capim-elefante com o inoculante bacteriano para proteína bruta (PB) e pH, o teor de matéria seca aumentou linearmente com as proporções de capim-elefante. De acordo com os autores, os resultados encontrados foram satisfatórios para o estudo, pois a relação de 25% de cana e 75% de capim melhora o valor nutricional e eleva a recuperação de MS, em detrimento das baixas produções de gases e efluentes.

Para obter uma silagem de alta qualidade, Jahanzad et al. (2014) afirmam que a mistura de gramínea com leguminosa durante o processo de ensilagem é uma alternativa interessante. Porém, é de fundamental importância identificar quais são os melhores níveis de inclusão de cada forrageira que devem ser utilizados e que melhor se adequem ao processo, pois há diferenças na concentração de nutrientes de gramíneas e leguminosas.

Rezende et al. (2002) avaliaram a mistura do girassol com capim-elefante (*Pennisetum purpureum Schum*) na ensilagem nas seguintes proporções de matéria verde: 100 e 0%; 75 e 25%; 50 e 50%; 25 e 75%; 0 e 100% de capim e girassol, respectivamente. Esses autores observaram que a adição de 23% de plantas de girassol maduras (125 dias após semeadura e 36% de matéria seca) sobre capim elefante com 70 dias de crescimento, possibilitou um aumento do teor de matéria seca da mistura para valores próximos de 23%, aumento do pH para 3,8 e da proteína bruta para valores superiores à 8%, e redução do FDN para valores próximos de 60%. Concluíram, portanto, que a planta de girassol com alto teor

de matéria seca pode ser associada ao capim elefante para ensilar, proporcionando valores nutritivos satisfatórios até o nível de 23%.

### **2.3 Milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown)**

O milheto é uma gramínea anual, originária da Ásia Ocidental, pertencente à família Poaceae (*Gramineae*), subfamília *Panicoideae*, gênero *Pennisetum* (Bruken, 1997). Apresenta porte ereto, chegando a até 4 metros de altura, suas folhas medem de 0,2 a 1,0m de comprimento e 0,05 a 0,04m de diâmetro, e tem ciclo vegetativo variado com perfilhamento abundante (Bogdan, 1977).

O milheto tem alta tolerância às secas, amplo sistema radicular que alcança até 3,60m de profundidade e eficiente utilização de água para produção de matéria seca na ordem de 282 a 302g de água para produzir 1g de matéria seca (Bonamigo, 1999). A temperatura ótima de crescimento varia entre 28 a 30°C, não tolerando temperaturas inferiores a 10 °C. Possui capacidade eficiente de rebrota e de se desenvolver durante curtas estações chuvosas em regiões com baixa precipitação (400 mm anualmente), apresentando-se, assim, como uma cultura com potencial para produzir até 100 t de matéria verde e 20 t de matéria seca por hectare em cada ciclo de colheita (Santos et al., 2016). Guimarães Júnior et al. (2009) avaliaram a produtividade de três genótipos de milheto (CMS-1, BRS-1501 e BN-2) no Sudeste brasileiro, em cinco idades de corte, e observaram produtividades que variaram de 6,0 a 7,5 t MS<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>, com as plantas cortadas aos 82 dias.

De acordo com Jacovetti et al. (2018), o milheto é uma planta anual de verão, de alto valor nutritivo, podendo ser cultivado como segunda safra e ser utilizado no processo da ensilagem quando comparado às culturas tradicionalmente utilizadas, tais como milho e sorgo, devido à sua adaptabilidade em solos que essas forrageiras são de difícil adaptação.

No Brasil, sua utilização é diversificada, seja como planta forrageira, pastoreio para o gado, produção de grãos para a formulação de ração, como planta de cobertura do solo para o sistema de plantio direto, como produção de silagem e feno (Frota et al., 2015).

Apesar de suas características agrônômicas favoráveis, o milheto, no momento da ensilagem, quando os grãos se encontram no estágio pastoso-farináceo, apresenta um teor de matéria seca abaixo dos níveis recomendados, abaixo de 20% (Guimarães Jr. et al., 2009). De acordo com McDonald et al., (1991), isso proporciona um ambiente favorável para a

proliferação e o desenvolvimento de bactérias indesejáveis que são as produtoras de ácido butírico e da degradação de proteínas. Além disso, causa perdas de nutrientes na forma de efluentes ou gases provenientes de fermentação indesejável (Carvalho et al., 2018).

Para incrementar esse teor de matéria seca da silagem, Jacovetti et al., (2012), salientam que pode ser feita a incorporação de aditivos que absorvem a umidade de dentro do silo, como, milho desintegrado com palha e sabugo, fubá de milho, sorgo ou leguminosas, favorecendo o processo fermentativo.

#### **2.4 Leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit.)**

A Leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit.), é pertencente à família Leguminosae. É uma leguminosa nativa da América Central, e é encontrada em muitos países com clima tropical e subtropical, sendo amplamente distribuída no Brasil (Camara et al., 2015). No Brasil não há dados concretos de como e em que ano chegou, entretanto, sabe-se que, no Nordeste brasileiro, essa leguminosa foi difundida no início da década de 70 pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), mas somente em 1986 ocorreu a distribuição de sementes para os produtores, com o objetivo de ser uma alternativa de alimento para ruminantes na época seca (Lima, 2005).

A leucena (*Leucaena leucocephala*), por crescer rapidamente mesmo em áreas degradadas, de clima seco e solo pobre, sua propagação foi intensa à medida que foi introduzida em diferentes regiões e passou a colocar em risco espécies nativas, pois as outras espécies não estão adaptadas a competir com outras por recursos e sofrem com a invasão (Mello, 2013).

A leucena é uma das espécies forrageiras promissoras para o semiárido, sendo um alimento estratégico, principalmente pela capacidade de rebrota, mesmo durante os períodos de seca, crescimento rápido, ótima adaptação às condições de solo, além de boa aceitação pelos ruminantes e boa produtividade, de 20-25 t de matéria seca por hectare ano<sup>1</sup> (Formentini, 2008). Possui excelente qualidade nutricional, apresentando boa composição química (Embrapa, 2005). Apresenta elevado teor de proteína, sendo que na fração folhas mais vagens situa-se entre 21% e 23% e nas hastes finas varia de 8 a 10%. Essa proteína possui alto valor nutricional, pois os aminoácidos encontram-se em proporções balanceadas (Barreto et al., 2010; Edwards et al., 2012).

Não se recomenda sua utilização de forma exclusiva para alimentação de ruminantes por ela conter um aminoácido denominado mimosina que pode provocar intoxicações, queda de pelos e salivação (Barreto et al., 2010). Entretanto, a quantidade de mimosina na folha de leucena pode ser reduzida com o tratamento térmico do material, por enzimas endógenas contida na forrageira, ou por reação química, com aplicação de calor nas folhas frescas intactas com temperatura acima de 45°C (Tangendjaja et al. 1994).

De acordo com Drumond e Ribaski (2010), no Brasil, a ocorrência de intoxicações é praticamente inexistente devido à presença de bactérias que digerem a mimosina no rúmen dos animais; uma delas é a *Synergistes jonesii*, uma bactéria anaeróbica, que degrada a mimosina e seus derivados. Portanto, a leucena pode ser utilizada para ensilagem juntamente com outras forrageiras visando à alimentação de ruminantes.

## **2.5 Técnica de degradação “in situ”**

Para determinar a quantidade e a relação de nutrientes necessários à manutenção do desenvolvimento microbiano e para o desempenho animal, é importante estimar corretamente a medida com que os nutrientes contidos nos alimentos se tornam disponíveis no rúmen (Nocek, 1988).

Um método que tem sido utilizado com frequência na avaliação de alimentos para ruminantes é a técnica da degradação *in situ*, que avalia a degradabilidade ruminal. Essa técnica permite acompanhar o desaparecimento das frações dos alimentos ou ingredientes ao longo do tempo a partir de sacos contendo a dieta a ser testada após a incubação no rúmen por vários períodos de tempo (Mehrez e Ørskov, 1977), no qual as amostras que estão acondicionadas sofrem ação microbiana.

É um método cujos resultados apresentam alta correlação com os obtidos em experimentos *in vivo*. É preciso, simples e rápido para determinar a qualidade de uma forragem (Ørskov et al., 1980).

O procedimento da técnica *in situ* consiste em colocar amostras de um alimento dentro de sacos de náilon, com tamanho de poros definidos (40 – 60 µm), e a imersão desses no rúmen de animais canulados. Os poros devem ser pequenos o bastante para impedir a perda de partículas, e grande o suficiente para permitir o acesso dos microrganismos ao material (Broderick e Cochran, 2000). Entretanto, o alimento não está

sujeito à experiência ruminal completa, como mastigação, ruminação e passagem, sendo apenas uma simulação. Devido à pequena quantidade de amostra incubada, estas não interferem na fermentação ruminal (Nocek, 1988).

O propósito de utilizar o saco de náilon é medir o desaparecimento do alimento que está no interior do saco suspenso no rúmen. Contudo, um pouco do material escapa da sacola sem ser digerido. Essa fração que escapa no tempo zero é chamada de fração solúvel, pois pressupõe-se que ela seja completamente ou rapidamente degradada (Sniffen et al., 1992).

O tempo de incubação varia conforme o alimento que está sendo avaliado, e o tamanho de partícula recomendado varia de 2,0 a 5,0mm (Nocek, 1988; Orskov et al., 1988). Deve-se realizar o tempo de incubação zero ou a fração solúvel, pois assim é possível com três ou quatro tempos estimar a equação de degradabilidade com eficiência.

No método de degradação *in situ* considera-se que os alimentos e seus constituintes sejam compostos por três frações distintas: fração "a", que representa a fração solúvel do alimento e que pode ser utilizada imediatamente pelos microrganismos do rúmen; a fração "b", que corresponde à fração potencialmente degradável, em uma velocidade relativa supostamente constante, conforme o tipo de alimento; e o parâmetro "c", que corresponde à taxa de degradação da fração "b" (Martins et al., 1999). Essa técnica também avalia a degradabilidade potencial (DP) e a degradabilidade efetiva (DE) das frações da matéria seca e da fibra em detergente neutro (Salman et al., 2010). Sendo assim, é imprescindível avaliar a cinética ruminal das silagens mistas, visando entender a composição das frações e suas taxas de degradação, o que atualmente é essencial nos programas de formulação e balanceamento de dietas para ruminantes.

### 3 REFERÊNCIAS

- Andrade, W.R., Moura, M.M.A., Rocha, V.R., Costa, R.F., Santos, L.H.T., e Silva, M. M. da, 2019. Quality of sorgum silage with *Leucaena*. Acta Scientiarum. Animal Sciences, [online] 41, 1-5. <https://www.scielo.br/pdf/asas/v41/1807-8672-asas-41-e36493.pdf>. Acesso 27 mai 2020. Doi: 10.4025/actascianimsci.v41i1.36493
- Barreto, M.L.J., Lima Júnior, D.M. de, Oliveira, J.P.F. de, Rangel, A.H. do N. e Aguiar, E.M.de, 2010. Utilização da leucena (*Leucaena leucocephala*) na alimentação de ruminantes. Revista Verde, 5, 7-16, 2010.
- Bernardes, T.F., Daniel, J.L.P, Adesogan, A.T., McAllister, T.A., Drouin, P., Nussio, L.G., Huhtanen, P., Tremblay, G.F., Bélanger, G. e Cai, Y., 2018. Silage review: Unique challenges of silages made in hot and cold regions. Journal of Dairy Science, 101, 4001-4019.
- Bogdan, A.V., 1977. Tropical pasture and fodder plants (grasses and legumes), (Logman, London) (Tropical Agriculture Series).
- Bonamigo, L.A., 1999. A cultura do milheto no Brasil, Implantação e desenvolvimento no cerrado. In: Workshop Internacional de Milheto, 1999, Brasília. *Anais...* (EMBRAPA, Brasília), 31-65.
- Broderick, G.A., e Cochran, R.C., 2000. *In vitro* and *In situ* methods for estimating digestibility with reference to protein degradability. In: Theodorou, M. K. e France, J., 2000. Feeding Systems and Feed Evaluation Models. CAB International, 53- 85.
- Bruken, J.N., 1977. The systematic study of *Pennisetum* Sect. *Pennisetum* (Graminea). American Journal of Botany, 64, 161-176.
- Câmara, C.S., Alves, A.A, Moreira Filho, M. A., GARCEZ, B. S. e Azevêdo, D. M. R., 2015. Dietas contendo fenos de leucena ou estilosantes para cabras Anglo- Nubianas de tipo misto em lactação<sup>1</sup>. Revista Ciência Agronômica, 46, 443-450.
- Campos, F.S., Gois, G. C., Vicente, S. L. A., Macedo, A., e Matias, A. G. S., 2017. Alternativa de forragem para caprinos e ovinos criados no semiárido. Nutri Time, 14, 5004-5013.
- Carvalho, G.G.P., Freitas, P.M.D, Santos, E.M., Araújo, G.G.L, Oliveira, J.S., Pires, A.J.V, Maranhão, C.M.A., Rodrigues, T.C.G.C., Freitas Júnior, J.E., Rufino, L.M.A., Rodrigues, C.S., Leite, L.C. e Araujo, M.L.G.M.L, 2018. Effect of pearl millet silage ammoniated with

- urea on lamb production and metabolic performance. *Grass and Forage Science*, 73, 685–693.
- Cavali, J., Pereira, O.G., Valadares Filho, S.C., Santos, E.M., Carvalho, G.G.P. de, Santos, M.V., Porto, M.O. e Rodrigues, J.F.H., 2010. Bromatological and microbiological characteristics of sugarcane silages treated with calcium oxide. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 1398-1408.
- Costa Da Cruz, G., Magalhães Ribeiro, E. e Galizoni, F.M., 2019. Semiárido, seca e “gerais” do Norte de Minas: uma revisão da bibliografia sobre o Alto-Médio São Francisco. *Campo - Território: Revista de Geografia Agrária*, 13.
- Costa, C.S., Rodrigues, R.C., Araújo, R.A de, Santos, F.N. de S., Sousa, G.O.C., Lima, J.R.L., Rodrigues, M.M., Silva, I.R. da, Jesus, A.P.R. de e Miranda, B.E.C, 2019. Nutritional composition of ‘Ponta Negra’ forage sorghum silage enriched with dried *Leucaena leucocephala* forage. *Semina: Ciências Agrárias*, 40, 2397-2406.
- Drumond, M.A. e Ribaski, J., 2010. *Leucena (Leucaena leucocephala)*: leguminosa de múltiplo uso para o semiárido brasileiro. Petrolina: EMBRAPA Semiárido, p.8 (Circular técnica, 142).
- Edwards, A., Mlambo, V., Lallo, C.H.O. e Garcia, G. W., 2012. Yield, chemical composition and in vitro ruminal fermentation of the leaves of *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium* and *Trichanthera gigantea* as influenced by harvesting frequency. *Journal of Animal Science Advances*, 2, 321-331.
- Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA – Caprinos, 2005. *Leucena: Produção e manejo no Nordeste brasileiro*. Sobral-Ceará.
- Ferreira, R., Bezerra, L., Edvan, R., Araújo, M. Marques, C., Torreão, J., Oliveira, R. e Parente, H., 2016. Physicochemical composition and ruminal degradability of leucaena ensiled with different levels of buriti fruit peel. *Grassland Science*, 62, 160-166.
- Freitas, P.M.D. de, Carvalho, G.G.P. de, Santos, E.M., Araújo, G.G.L., Oliveira, J.S. de, Pires, A.J.V., Maranhão, C.M. de A., Rodrigues, T.C.G. de C. e Pinto, L.F.B., 2017. Qualitative parameters of pearl millet silage ammoniated with urea, at different compaction densities. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52, 679-690.
- Frota, B.C.B., Pires, A.A. de, Aguilar, P.B. de, Rodrigues, J.A.A.S., Rocha Júnior, V.R. e Reis, S.T. dos, 2015. Características nutricionais de genótipos de milheto no período da safra. *Scientia Agraria Paranaensis*, 14, 106-111.

- Guimarães Júnior, R.; Gonçalves, L.C.; Rodrigues, J.A.S. Pires, D.A.A., Jayme, D>G., Rodriguez, N.M e Saliba, E.O.S., 2009. Agronomic evaluation of pearl millet genotypes (*P. glaucum*) planted in summer/fall growing season. *Archivos de Zootecnia*, 58, 629-632.
- Jacovetti, R., 2012. Uso de milho como silagem comparada a gramíneas tradicionais: aspectos quantitativos, qualitativos e econômicos. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária e Zootecnia, 45 f.
- Jacovetti, R., França, A.F de S., Carnevalli, R.A., Miyagi, E.S., Brunes, L.C. e Corrêa, D.S, 2018. Milho como silagem comparada a gramíneas tradicionais: aspectos quantitativos, qualitativos e econômicos. *Ciência Animal Brasileira*, 19. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1809-68912018000100215&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1809-68912018000100215&lng=pt&nrm=iso). Acesso 11 fev. 2020.
- Jahanzad, E. A. Sadeghpour, A., Hosseini, M.B., Barker, A.V, Hashemi, M. e Zandvakili, O., 2014. Silage yield and nutritive value of millet–soybean intercrops as influenced by nitrogen application. *Agronomy Journal*. 106, 1993-2000.
- Jobim, C. C.; Nussio, L. G.; Reis, R. A. e Schmidt, P., 2007. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Suplemento especial, 36, 101-119.
- Lima, P. C. F. Leucena. In: Kiill, L. H. P.; Menezes, E. A. (Ed.), 2005. Espécies vegetais exóticas com potencialidades para o semi-árido brasileiro. (Embrapa Semi-Árido, Petrolina; Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF), p. 157-205.
- Martins, A. de S., Zeoula, L.M., Prado, I.N. do., Martins, E.N. e Loyola, V.R., 1999. Degradabilidade ruminal *in situ* da matéria seca e proteína bruta das silagens de milho e sorgo e de alguns alimentos concentrados. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 28, 1109-1117.
- McDonald, P., 1981. *The biochemistry of silage*. (John Wiley and Sons, New York).
- McDonald, P., Henderson, A.R., Heron, S.J.E, 1991. *The biochemistry of silage*. 2.ed. (Chalcombe Publications, Aberystwyth).
- Mehrez A.Z. e Ørskov, E.R., 1977. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in rumen. *Journal Agricultural Science*, 88, 645-650.
- Mello, T.J., 2013. Invasão biológica em ilhas oceânicas: o caso de *Leucaena leucocephala* (Leguminosae) em Fernando de Noronha. Dissertação (Mestrado em Ecologia:

- Ecosistemas Terrestres e Aquáticos) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Nocek, J.E. e Russell, J.B., 1988. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. *Journal of Animal Science*, 71, 2070-2107.
- Ørskov, E.R., Hovell, F.D.B. e Mould, F., 1980. The use of the nylon bag technique for evaluation of feedstuffs. *Tropical Animal Production*, 5, 195-213.
- Otaviano, E.K.S., 2020. Composição botânica da dieta e índice de seletividade de pequenos ruminantes em pastejo no semiárido brasileiro. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará.
- Pereira, J.R.A. e Reis, R.A., 2001. Produção de silagem pré-secada com forrageira temperada e tropical. In: Simpósio Sobre Produção E Utilização De Forragens Conservadas, Maringá, 2001. *Anais...* Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 64-86.
- Ramos, R.C. da S., 2015. Avaliação de silagens mistas de capim elefante com sorgo forrageiro. Areia: UFPB/CCA. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba.
- Rezende, A.V., Evangelista, A.R., Barcelos, A.F, Siqueira, G.R., Santos, R.V. e Mazo, M. de Sá, 2002. Efeito da mistura da planta de girassol (*Helianthus annuus* L.), durante a ensilagem do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) no valor nutritivo da silagem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31, 1938-1943.
- Salman. A.K.D., Ferreira, A.C.D., Soares, J.P.G. e Souza, J.P. de, 2010. Metodologias para avaliação de alimentos para ruminantes domésticos. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia.
- Santos, P.M., Voltolini, T.V., Cavalcante, A.C.R., Pezzopane, J.R.M., Moura, M.S.B. de, Silva, T.G.F. da, Bettioli, G.M. e Cruz, P.G. da., 2011. Mudanças climáticas globais e a pecuária: cenários futuros para o semiárido brasileiro. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 4, 1176-1196.
- Santos, R.D. dos, Neves, A.L.A., Pereira, L.G.R., Sollenberger, L.E., Rodrigues, J.A.S., Tabosa, J.N., Verneque, R. da S., Oliveira, G.F., Jayme, D.G. e Gonçalves, L.C., 2016. Agronomic traits, ensilability and nutritive value of five pearl millet cultivars grown in a Brazilian semi-arid region. *Journal of Agricultural Science*, 154, 165-173.

- Silva, D.S. da, Andrade, A.P. e Medeiros, A.N., 2015. Caatinga: Produção de Pequenos Ruminantes à Pasto no Contexto das Mudanças Climáticas. In: Anais do X Congresso Nordestino de Produção Animal, Teresina, 2015. Anais... Teresina- Piauí SNPA, Palestras.
- Sniffen, C.J., O'Connor, J.D.O., Van Soest, P.J., Fox, D.G. e Russell, J.B., 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, 70, 3562-3577.
- SUDENE - Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste, 2018. Nova delimitação do Semiárido - 2018. <http://www.sudene.gov.br/delimitacao-do-semiarido>. Acesso 21 mai 2020.
- Tangendjaja, B., Lowry, J.B., e Wills, R.B.H., 1994. Optimisation of conditions for the degradation of mimosine in *Leucaena leucocephala* leaf. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 35, 613-616.

1 **4 CAPÍTULO 1 - pH, perdas por gases, efluentes e valor nutricional de silagens de milho**  
2 **[*Pennisetum Glaucum* (L.) R. BR.] com diferentes níveis de leucena (*Leucaena***  
3 ***Leucocephala* (Lam.) de Wit)**

4  
5 **RESUMO**

6 Objetivou-se avaliar a proporção de Leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) na  
7 silagem de milho [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] O experimento foi realizado em um  
8 delineamento inteiramente casualizado, sendo utilizado o milho com concentrações  
9 crescentes de leucena (0, 10, 20, 30 e 40% da matéria natural) com cinco repetições. O pH  
10 (P=0,70) não foi influenciado pela inclusão da leucena, apresentando média de 4,2. As  
11 perdas por gases (P= 0,03) e por efluentes (P<0,01) reduziram 0,0961% da MS e 0,02 kg t<sup>-1</sup>  
12 para cada 1% de inclusão da leucena na ensilagem, respectivamente. Os níveis de inclusão  
13 da leucena influenciaram de forma linear crescente os teores de matéria seca (0,0747%),  
14 proteína bruta (0,070 %), extrato etéreo (0,008%), e lignina (0,1481%) da silagem de milho  
15 com leucena. A degradabilidade potencial padronizada (Bp) da fibra em detergente ácido  
16 (FDA) apresentou efeito linear decrescente (P<0,01), sendo que para cada ponto percentual  
17 de inclusão da leucena houve redução de 0,36%. Não houve efeito da inclusão da leucena  
18 sobre a degradabilidade efetiva a 2, 5 e 8% com médias de 20,39, 11,44 e 7,99%  
19 respectivamente. O tempo de colonização (TC) ajustou-se ao modelo quadrático de  
20 regressão. A inclusão de 40% de leucena na ensilagem do milho melhora as características  
21 e o valor nutricional da silagem.

22  
23 **Palavras-chave:** cinética ruminal, ensilagem, *Leucaena leucocephala*, *Pennisetum glaucum*,  
24 semiárido

25  
26  
27 **4.1 INTRODUÇÃO**

28  
29 Um dos maiores desafios da produção de ruminantes na região semiárida é a  
30 produção de alimentos durante o período de estiagem. Isso se deve às mudanças climáticas  
31 que ocorrem ao longo do ano, afetando o crescimento e a oferta de forragem para os  
32 animais e, conseqüentemente, o desempenho animal. Portanto, o conhecimento sobre o

33 potencial nutricional de forrageiras que se adaptem às condições da região semiárida é  
34 imprescindível para produção animal durante todo o ano (Dias Martins et al., 2018). Uma  
35 alternativa, mundialmente usada, consiste na conservação de forragem por meio da  
36 ensilagem da planta produzida na época das chuvas para serem utilizadas no período de  
37 estiagem ou seca.

38 Dentre as plantas forrageiras disponíveis para ensilagem, destaca-se o milheto  
39 [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] que apresenta características favoráveis para cultivo em  
40 regiões semiáridas, se adapta a ambientes com restrição hídrica (400 mm anualmente) e  
41 com elevadas temperaturas. Utiliza água com eficiência em relação a outras plantas como o  
42 milho e o sorgo, e apresenta elevada produção de massa por unidade de área (60 t de  
43 matéria verde por hectare) e bom valor nutricional (Carvalho et al., 2018). Entretanto, na  
44 época de corte para ensilagem, o milheto pode apresentar baixo teor de matéria seca (MS;  
45 menor que 25%) e carboidratos não fibrosos, sendo fator limitante para adequada  
46 fermentação no silo (Kung Jr et al., 2018). Sendo assim, a inclusão de outra planta forrageira  
47 pode contribuir para a melhoria da fermentação do milheto, e uma das espécies promissora  
48 para cultivo no semiárido e com potencial de inclusão na ensilagem é a leucena (*Leucaena*  
49 *leucocephala* (Lam.) de Wit).

50 A leucena apresenta boa produtividade de massa por área, de vinte a vinte e cinco  
51 toneladas de matéria seca por hectare/ano, capacidade de rebrota mesmo durante os  
52 períodos de seca e após sucessivos cortes, adapta-se às condições de solo e tem boa  
53 aceitação pelos animais ruminantes (Câmara et al., 2015). Além de aumentar o teor de  
54 matéria seca da massa ensilada, a inclusão de leguminosas durante a ensilagem de  
55 gramíneas tornou-se um método promissor em elevar a concentração de proteína bruta (PB)  
56 e a digestibilidade das silagens (Contreras-Govea et al., 2011; Silva et al., 2018). Entretanto,  
57 quando se trata de silagens mistas de gramíneas tropicais e leguminosas como milheto e  
58 leucena, há lacunas no conhecimento quanto ao melhor nível de inclusão ou proporção da  
59 mistura sobre o perfil fermentativo, a composição químico-bromatológica e a cinética  
60 ruminal da massa ensilada. Estudos nessa ótica são fundamentais para a adequação de  
61 manejo da forragem na propriedade, bem como no balanceamento de dietas para os  
62 animais com diferentes exigências nutricionais.

63 Com base no exposto, objetivou-se avaliar diferentes proporções de mistura de  
64 milho e leucena durante a ensilagem e seus efeitos sobre o pH, as perdas por gases e  
65 efluentes e o valor nutricional das silagens produzidas.

66

## 67 **4.2 MATERIAL E MÉTODOS**

68

### 69 *Local*

70 O experimento foi realizado na Universidade Estadual de Montes Claros, Campus  
71 Janaúba, MG, Brasil (15° 48' 10" Sul e 43° 18' 32" Oeste). A precipitação anual média é de  
72 800 mm com temperatura anual média de 28° C, umidade relativa do ar em torno de 65% e,  
73 de acordo a classificação climática de Koppen (1948), o tipo de clima predominante na  
74 região é o Aw (Antunes, 1986).

75

### 76 *Tratamentos e processamento*

77 Os tratamentos consistiram na inclusão da leucena na ensilagem do milho em  
78 diferentes proporções (0,10, 20, 30 e 40 % na matéria natural) com cinco repetições. O  
79 milho foi coletado em área pré-instalada na Fazenda Experimental da Unimontes aos 110  
80 dias após o plantio. Foi feito o corte manual do milho e, na sequência, triturado em  
81 máquina trituradora-picadora (JF, Modelo ZF6; Itapira, SP, Brasil) acoplada ao trator TL75,  
82 4x4 (New Holland, Curitiba, PR, Brasil). As facas da máquina foram reguladas para trituração  
83 forragem e obter tamanho de partículas de 2 cm. A leucena foi cortada no terço superior da  
84 planta após 80 dias de rebrota usando colmos com diâmetro inferior a 1 cm.

85 Foram feitos cinco montes com a forragem picada, adicionando-se a leucena nas  
86 respectivas proporções e homogeneizadas antes da ensilagem. Para a ensilagem, foram  
87 utilizados silos experimentais de PVC, de pesos conhecidos, com 50 cm de comprimento e 10  
88 cm de diâmetro. No fundo dos silos, continham 10 cm de areia seca (300g), separada da  
89 forragem por uma espuma para quantificação do efluente produzido. Após a completa  
90 homogeneização da forragem, esta foi depositada nos silos e compactada com auxílio de um  
91 êmbolo de madeira. Para cada tratamento quantificou-se a densidade da silagem e foram  
92 ensilados aproximadamente três kg do material picado e homogeneizados conforme os  
93 tratamentos. Após o enchimento, os silos foram fechados com tampas de PVC dotados de  
94 válvula tipo "Bunsen", vedados com fita adesiva e pesados em seguida. Os silos foram

95 armazenados em local coberto, mantidos à temperatura ambiente e abertos 60 dias após a  
96 ensilagem. Após a abertura, foram coletadas amostras no meio de cada silo.

97

## 98 *Avaliações*

### 99 *Determinação do pH, perdas por gases e efluentes e recuperação da matéria seca*

100 Para a determinação do pH das silagens, utilizou-se um peagâmetro (digital; modelo  
101 MA522, Marconi Laboratory Equipment, Piracicaba, SP, Brasil) de acordo com a metodologia  
102 descrita por Silva e Queiroz (2006). As perdas de matéria seca nas silagens sob as formas de  
103 gases e efluentes foram quantificadas por diferença de peso. A perda de matéria seca na  
104 forma de gases foi calculada pela diferença entre o peso bruto da matéria seca ensilada  
105 inicial e final, em relação à quantidade de matéria seca ensilada, descontados o peso do  
106 conjunto silo e areia seca. A recuperação da matéria seca foi calculada pela relação entre a  
107 quantidade de matéria seca de silagem retirada do silo na abertura do mesmo e a  
108 quantidade de matéria seca de forragem acondicionada no silo durante a ensilagem. Todas  
109 as fórmulas podem ser consultadas na metodologia descrita por Jobim et al., (2007).

110

### 111 *Composição químico-bromatológica*

112 As amostras da silagem foram analisadas quanto aos teores de matéria seca (MS;  
113 934,01), cinzas (942,05), extrato etéreo (EE; 920,39), proteína bruta (PB; 978,04), conforme  
114 descrito pela AOAC (1995). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em  
115 detergente ácido (FDA) usando alfa amilase foram determinados pelo método sequencial,  
116 conforme procedimentos descritos por Robertson e Van Soest (1981) usando o  
117 determinador de fibras TECNAL® TE-149 (Piracicaba, SP, Brasil). A celulose foi solubilizada  
118 em ácido sulfúrico 72% e o teor de lignina foi obtido como a diferença (Goering e Van Soest,  
119 1970). O teor de carboidratos totais (CT) foi estimado pela equação:  $CT (\%) = 100 - [PB (\%) + EE (\%) + cinzas (\%)]$  e os de carboidratos não fibrosos (CNF) de acordo com Sniffen et al.  
120 (1992). Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram estimados por meio de fórmula  
121 conforme Weiss (1998). A composição químico-bromatológica do milho e da leucena antes  
122 da ensilagem podem ser observados na Tabela 1.

123

124 Tabela 1. Composição química do milho e da leucena *in natura*

Item (g/kg <sup>-1</sup> )	Milho	Leucena
Matéria seca	198,3	319,8
Cinzas	64,0	88,6
Proteína bruta	122,3	211,9
Extrato etéreo	30,6	38,7
Fibra em detergente neutro	625,5	448,5
Fibra em detergente ácido	298,9	255,1
Lignina	45,5	180

125

126 *Cinética ruminal*

127 Para a avaliação da cinética da degradação ruminal foram utilizados quatro novilhos  
 128 mestiços, canulados no rúmen e com peso médio de 500±50 kg. Estes animais receberam 4,0  
 129 kg de concentrado em duas refeições iguais, nos períodos da manhã e da tarde e dietas à  
 130 base de silagem de milho. Foi utilizada a técnica da degradabilidade *in situ* utilizando sacos  
 131 de fibra sintética do tipo tecido não-tecido (TNT, gramatura 100), com porosidade de 60 µm  
 132 conforme Casali et al., (2009), com quantidade de amostras seguindo a relação de 20 mg de  
 133 MS cm<sup>-2</sup> de área superficial do saco (Nocek, 1988). As amostras foram colocadas em sacolas  
 134 de filó e, posteriormente, foram amarradas com fio de náilon, deixando comprimento livre  
 135 de 1 m para que as sacolas tivessem livre movimentação nas fases sólidas e líquidas do  
 136 rúmen. As sacolas foram depositadas na região do saco ventral do rúmen por 0, 3, 6, 12, 24,  
 137 48, 96 e 144 horas, permanecendo a extremidade do fio de náilon amarrado à cânula. Os  
 138 sacos foram colocados em ordem inversa, iniciando com o tempo de 144 horas. As amostras  
 139 referentes ao tempo zero foram lavadas em água corrente (20°C) juntamente com as demais  
 140 amostras. Posteriormente, as amostras foram colocadas em estufa de ventilação forçada, à  
 141 55°C até atingir peso constante.

142 Os resíduos remanescentes nos sacos de tecido não tecido (TNT), recolhidos no  
 143 rúmen, foram analisados quanto aos teores de MS, FDN e FDA. Os dados obtidos foram  
 144 ajustados para regressão não linear pelo método de Gauss-Newton (Neter et al., 1985), por  
 145 meio do software SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC), conforme a equação proposta por  
 146 Ørskov e McDonald (1979):  $Y = a + b(1 - e^{-ct})$ , em que: Y = degradação acumulada do  
 147 componente nutritivo analisado, após o tempo t; a = intercepto de curva de degradação  
 148 quando t = 0, que corresponde à fração solúvel em água do componente nutritivo analisado;

149 b = potencial da degradação da fração insolúvel em água do componente nutritivo  
150 analisado; a+b = degradação potencial do componente nutritivo analisado quando o tempo  
151 não é fator limitante; c = taxa de degradação por ação fermentativa de b; e t = tempo de  
152 incubação.

153 Depois de calculados, os coeficientes a, b e c foram aplicados à equação proposta por  
154 Ørskov e McDonald (1979):  $DE = a + (b \times c / (c + k))$ , em que: DE = degradação ruminal efetiva do  
155 componente nutritivo analisado; e k = taxa de passagem do alimento. Assumiram-se taxas  
156 de passagem de partículas no rúmen estimadas em  $5\% h^{-1}$ , conforme sugerido pelo AFRC  
157 (1993).

158 A degradabilidade da FDN e FDA foram estimadas utilizando o modelo de Mertens e  
159 Loften (1980):  $R_t = Bx e^{-ct} + I$ , onde  $R_t$  = a fração degradada no tempo t; B = fração insolúvel  
160 potencialmente degradável; e  $I_p$  = a fração indigestível. Depois de ajustar a equação de  
161 degradação da FDN, as frações foram padronizadas como proposto por Waldo et al., (1972)  
162 usando as equações:  $B_p = B / (B + I) \times 100$  e  $I_p = I / (B + I) \times 100$ , onde  $B_p$  = o padrão fração  
163 potencialmente degradável (%);  $I_p$  = a fração indigestível padronizada (%); B = a fração  
164 insolúvel potencialmente degradável; e I = a fração indigestível. A degradabilidade efetiva da  
165 FDN foi calculada utilizando o modelo  $DE = B_p \times c / (c + k)$ , onde  $B_p$  é o potencial  
166 padronizado da fração degradável (%).

167

### 168 *Delineamentos experimentais e análises estatísticas*

169 Para as avaliações do pH, perdas e composição químico bromatológica, utilizou-se  
170 delineamento inteiramente casualizado com quatro níveis de inclusão de leucena e o  
171 tratamento controle com cinco repetições (unidade experimental).

172 O ensaio da degradabilidade ruminal foi conduzido em delineamento em blocos  
173 casualizados em esquema de parcelas subdivididas, sendo os tratamentos as parcelas e, os  
174 tempos de incubação, as subparcelas. A variação de peso dos bovinos foi o fator de  
175 blocagem. Os dados coletados foram submetidos à análise de variância e, quando o teste  
176 “F” foi significativo, os níveis de leucena foram analisados por meio de polinômios  
177 ortogonais, sendo testados modelos lineares e quadráticos de regressão utilizando o PROC  
178 REG do SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC). Para todos os procedimentos estatísticos, adotou-  
179 se  $\alpha = 0.05$  como limite máximo tolerável para o erro tipo I.

180

181 **4.3 RESULTADOS**

182

183 O pH (P=0,70) não foi influenciado pela inclusão da leucena, apresentando médias de  
 184 4,2. As perdas por gases (P= 0,03) e por efluentes (P<0,01) reduziram 0,0961 % da MS e 0,02  
 185 kg t<sup>-1</sup> para cada 1% de inclusão da leucena na ensilagem, respectivamente. A recuperação da  
 186 matéria seca (RMS) foi modificada com a inclusão de leucena durante a ensilagem do  
 187 milho, a qual apresentou aumento de 0,44% para cada unidade percentual de inclusão da  
 188 leucena (Tabela 2).

189

190 Tabela 2. Valores médios de pH e perdas das silagens de milho associada com níveis crescentes de Leucena

Item	Inclusão de leucena (% MN <sup>a</sup> )					EPM <sup>b</sup>	P-valor	
	0	10	20	30	40		Linear	Quad
pH	4,12	4,18	4,28	4,34	4,10	0,09	0,70	0,10
Gases (% MS) <sup>c</sup>	6,16	5,31	2,84	3,00	2,51	0,99	0,03	0,73
Efluentes (kg t <sup>-1</sup> ) <sup>d</sup>	14,00	14,02	13,68	13,47	13,23	2,99	<0,01	0,84
RMS (%) <sup>e</sup>	78,31	67,00	80,61	86,57	91,01	4,22	<0,01	0,15

191 <sup>a</sup> Matéria Natural; <sup>b</sup> Erro padrão da média, <sup>c</sup> Recuperação da matéria seca. \* significativo pelo teste de t, a 5%  
 192 de probabilidade. Equações: <sup>c</sup>Ŷ=-0,0961\*X + 5,886, R<sup>2</sup>=0,844; <sup>d</sup>Ŷ=-0,0209\*X + 14,098, R<sup>2</sup> = 0,9401;  
 193 <sup>e</sup>Ŷ=71,70+0,4497\*X, R<sup>2</sup>=0,6050.

194

195 Os níveis de inclusão da leucena aumentaram os teores de matéria seca (0,0747%),  
 196 proteína bruta (0,070 %), extrato etéreo (0,008%), e lignina (0,1481%) da silagem de milho  
 197 (P<0,01;). Os teores de cinzas (P<0,01) da silagem de milho com inclusão de leucena  
 198 reduziram linearmente de 11,12% para 4,71%. Não houve efeito da inclusão da leucena para  
 199 os teores de FDN (média de 63,86%), FDA (média de 44,63%), hemicelulose (média de  
 200 19,23%) e carboidratos não fibrosos (média de 17,52%). (Tabela 3).

201 Tabela 3. Composição químico-bromatológica das silagens de milho associada com níveis crescentes de  
 202 Leucena

Item (%)	Inclusão de leucena (% MN <sup>a</sup> )					EPM <sup>b</sup>	P-valor	
	0	10	20	30	40		Linear	Quad
Matéria seca <sup>c</sup>	24,71	25,45	25,72	25,95	28,20	0,33	<0,01	0,03
Cinzas <sup>d</sup>	11,12	10,28	6,08	4,60	4,71	0,61	<0,01	0,06
Proteína bruta <sup>e</sup>	8,76	8,86	9,27	10,33	11,53	0,25	<0,01	0,01
Extrato etéreo <sup>f</sup>	3,06	3,14	3,22	3,30	3,38	5,26	<0,01	1,00
Fibra em detergente neutro	62,89	64,92	64,55	64,13	62,84	1,68	0,87	0,30
Fibra em detergente ácido	43,92	45,16	45,46	45,76	42,87	0,96	0,63	0,03
Celulose <sup>i</sup>	34,43	33,91	32,64	31,14	27,65	0,84	<0,01	0,06
Hemicelulose	18,98	19,76	19,09	18,37	19,97	0,92	0,84	0,65
Carboidratos totais <sup>k</sup>	78,62	79,36	83,15	83,57	82,25	0,67	<0,01	0,01
Carboidratos não fibrosos	15,72	14,44	18,60	19,44	19,41	1,96	0,06	0,91
Nutrientes digestíveis Totais <sup>n</sup>	48,09	47,57	49,44	50,10	50,88	0,90	<0,01	0,68
Lignina <sup>o</sup>	9,49	11,25	12,82	14,62	15,21	0,45	<0,01	0,23

203 <sup>a</sup> Matéria Natural; <sup>b</sup> Erro padrão da média; \* significativo pelo teste de t a 5% de probabilidade. Equações:  
 204 <sup>c</sup> $\hat{Y}=24,5104+0,0747*X$ ,  $R^2=0,81$ , <sup>d</sup> $\hat{Y}=11,0576- 0,1848*X$ ,  $R^2=0,87$ , <sup>e</sup> $\hat{Y}=8,3480+ 0,070*X$ ,  $R^2=0,89$ , <sup>f</sup> $\hat{Y}=3,0600+$   
 205  $0,008*X$ ,  $R^2=1$ , <sup>i</sup> $\hat{Y}=35,2180- 0,1632*X$ ,  $R^2=0,90$ , <sup>k</sup> $\hat{Y}=79,0920+ 0,1148*X$ ,  $R^2=0,64$ , <sup>n</sup>  $\hat{Y}=47,5932+ 0,0811*X$ ,  $R^2=0,86$ ,  
 206 <sup>o</sup> $\hat{Y}=9,7180+ 0,1481*X$ ,  $R^2=0,97$ .

207  
 208 Em relação à celulose, o efeito foi linear decrescente com aumento dos níveis da  
 209 leucena, em que a adição de 1% de leucena durante a ensilagem proporcionou diminuição  
 210 de 0,16%. Os carboidratos totais e os nutrientes digestíveis totais aumentaram 0,11 e  
 211 0,081%, respectivamente, para cada ponto percentual de inclusão de leucena.

212 Não foram observados efeitos significativos nas avaliações da cinética ruminal da  
 213 matéria seca das silagens de milho com inclusão de níveis da leucena (Tabela 4). Foram  
 214 apresentadas as seguintes médias: fração a (18,86%), fração b (35,55%), Taxa de degradação  
 215 c (0,02%/h), Tempo de colonização (6,99%), Degradabilidade potencial (54,50%),  
 216 Degradabilidade efetiva a 2, 5 e 8% (19,97; 12,07 e 8,66%, respectivamente) e a fração  
 217 indegradável média de 45,50%.

218 Tabela 4. Cinética ruminal da matéria seca das silagens de milho associada com níveis crescentes de Leucena

Item	Inclusão de leucena (% MN <sup>a</sup> )					EPM <sup>b</sup>	P-valor	
	0	10	20	30	40		Linear	Quad
Fração a, %	19,12	18,72	18,93	19,39	18,15	0,65	0,55	0,57
Fração b, %	36,15	35,10	37,20	34,87	34,91	1,32	0,53	0,65
Taxa de degradação c, %/h	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,10	0,81	0,17
TC, hora <sup>c</sup>	6,65	7,43	7,53	7,18	6,17	0,54	0,49	0,07
DP, % <sup>d</sup>	55,26	53,82	56,13	54,26	53,07	1,52	0,43	0,53
DE, 2% <sup>e</sup>	20,69	19,15	20,24	19,13	20,64	0,65	0,95	0,13
DE, 5% <sup>e</sup>	12,61	11,42	12,09	11,42	12,85	0,50	0,77	0,06
DE, 8% <sup>e</sup>	9,07	8,14	8,63	8,14	9,34	0,40	0,68	0,25
FI, % <sup>f</sup>	44,74	46,18	43,87	45,74	46,93	1,52	0,43	0,53
R <sup>2</sup> , % <sup>g</sup>	98,15	97,05	96,59	97,01	96,52	0,48	-	-

219 <sup>a</sup>Matéria Natural; <sup>b</sup>Erro Padrão da Média; <sup>c</sup>Tempo de colonização.; <sup>d</sup>Degradabilidade potencial;  
 220 <sup>e</sup>Degradabilidade efetiva; <sup>f</sup>fração indigestível; <sup>g</sup> Coeficiente de Determinação.

221  
 222 Não foi verificado efeito significativo sobre as avaliações da degradabilidade ruminal  
 223 da fibra em detergente neutro da silagem de milho com inclusão de níveis de leucena  
 224 (Tabela 5).

225  
 226 Tabela 5. Degradabilidade ruminal da fibra em detergente neutro das silagens de milho associada com níveis  
 227 crescentes de Leucena

Item	Inclusão de leucena (% MN <sup>a</sup> )					EPM <sup>b</sup>	P-valor	
	0	10	20	30	40		Linear	Quad
Bp, % <sup>c</sup>	54,29	58,48	55,80	48,29	47,93	3,78	0,07	0,34
Taxa de degradação c, %/h	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,13	0,29
TC, hora <sup>d</sup>	17,34	18,35	18,16	15,27	14,63	1,32	0,22	0,24
DE, 2% <sup>e</sup>	23,18	23,48	22,61	21,73	22,84	1,05	0,47	0,69
DE, 5% <sup>e</sup>	12,47	12,41	11,99	11,99	12,79	0,59	0,90	0,35
DE, 8% <sup>e</sup>	8,52	8,44	8,16	8,29	8,88	0,42	0,68	0,29
Ip, % <sup>f</sup>	48,42	47,47	49,09	55,70	53,44	3,13	0,09	0,84
R <sup>2</sup> , % <sup>g</sup>	90,66	93,09	89,71	86,06	89,95	2,12	-	-

228 <sup>a</sup>Matéria Natural; <sup>b</sup>Erro Padrão da Média ; <sup>c</sup>Degradabilidade potencial padronizada; <sup>d</sup>Taxa de Colonização;  
 229 <sup>e</sup>Degradabilidade efetiva; <sup>f</sup>Fração indegradável padronizada; <sup>g</sup>Coeficiente de Determinação.

230  
 231 Elas apresentaram as seguintes médias: degradabilidade potencial padronizada (Bp),  
 232 média de 52,96%, taxa de degradação da fração “b” (c), média de 0,01%/h , Tempo de

233 colonização (TC), média 16,75 h, degradabilidade efetiva (DE) a 2,5 e 8% , médias de 22,77;  
 234 12,33 e 8,46% respectivamente, e a fração indegradável padronizada (Ip), média de 50,82%.

235 A inclusão de diferentes níveis da leucena na silagem do milho sobre a  
 236 degradabilidade potencial padronizada (Bp) da fibra em detergente ácido (FDA) apresentou  
 237 efeito linear decrescente ( $P < 0,01$ ), sendo que para cada ponto percentual de inclusão da  
 238 leucena houve redução de 0,36% na Bp (Tabela 6).

239  
 240 Tabela 6. Degradabilidade ruminal da fibra em detergente ácido das silagens de milho associada com níveis  
 241 crescentes de Leucena

Item	Inclusão de leucena (% MN <sup>a</sup> )					EPM <sup>b</sup>	P-valor	
	0	10	20	30	40		Linear	Quad
Bp, % <sup>c</sup>	51,35	50,23	45,43	39,63	38,51	2,08	<0,01	0,90
c, %/h <sup>d</sup>	0,02	0,01	0,02	0,03	0,02	<0,01	0,10	0,63
TC, hora <sup>e</sup>	20,36	21,40	18,15	14,12	22,30	1,61	0,52	0,04
DE, 2% <sup>f</sup>	21,74	20,36	20,14	22,00	17,73	1,11	0,09	0,39
DE, 5% <sup>f</sup>	11,71	10,79	11,14	13,66	9,91	0,87	0,79	0,39
DE, 8% <sup>f</sup>	8,02	7,34	7,71	10,00	6,89	0,72	0,86	0,29
Ip, % <sup>g</sup>	48,65	49,77	54,57	60,37	61,49	2,81	<0,01	0,90
R <sup>2</sup> , % <sup>h</sup>	93,31	94,61	82,08	90,37	92,80	0,78	-	-

242 <sup>a</sup>Matéria Mineral; <sup>b</sup> Erro Padrão da Média; <sup>c</sup> Degradabilidade potencial padronizada; <sup>d</sup> Taxa de degradação da  
 243 fração “b”; <sup>e</sup>Tempo de Colonização; <sup>f</sup>Degradabilidade efetiva; <sup>g</sup>Fração Indegradável Padronizada; <sup>h</sup> Coeficiente  
 244 de Determinação. Equações: <sup>c</sup> $\hat{Y} = 52,28 - 0,3628 * X$ ,  $R^2 = 0,94$ , <sup>e</sup> $\hat{Y} = 93,09 - 1,13 * X + 0,02 * X^2$ ,  $R^2 = 0,72$ , <sup>g</sup> $\hat{Y} = 47,71 + 0,3628 * X$ ,  
 245  $R^2 = 0,94$ .

246 A taxa de degradação da fração “b” “c” da fibra em detergente ácido, não apresentou  
 247 efeito significativo ( $P = 0,10$ ) nos níveis de inclusão de leucena, com média de 2%/h. Não  
 248 houve efeito da inclusão da leucena sobre a degradabilidade efetiva a 2, 5 e 8%, e  
 249 apresentaram médias de 20,39, 11,44 e 7,99% respectivamente. A fração indegradável  
 250 padronizada (Ip) apresentou efeito linear crescente ( $P < 0,01$ ), com média de 54,97%. O  
 251 tempo de colonização (TC) ajustou-se ao modelo quadrático de regressão, com ponto  
 252 mínimo de 28,25% para a leucena.

253  
 254  
 255  
 256

#### 257 4.4 DISCUSSÃO

258

259 A proposta deste estudo foi avaliar a melhor proporção de leucena na ensilagem da  
260 planta inteira de milho. A leucena é uma forrageira leguminosa com teor de proteína bruta  
261 de 21,19% da MS. Esse teor proteico faz com que o pH da massa ensilada reduza para 3,8 a  
262 4,2 durante a fermentação (McDonald et al. 1991), o que é desejável no material ensilado  
263 (Kung Jr. et al., 2018). Nessa condição, a neutralização do ácido láctico pode ocorrer, devido à  
264 dissociação de  $H^+$ . Entretanto, quando há muito nitrogênio livre, ocorre a “captura” desses  
265 íons, formando  $NH_4^+$  que, dependendo da quantidade formada, promove um aumento de  
266 pH do meio (Possenti et al., 2005). Neste estudo, mesmo com a inclusão de 40% de leucena  
267 na ensilagem de milho, o pH se manteve constante, com média de 4,2 e dentro do  
268 recomendável para a adequada conservação da massa no silo. Avaliando silagens mistas de  
269 capim-marandu (*Urochloa brizantha*) e estilosantes (*Stylosanthes capitata* x *Stylosanthes*  
270 *macrocephala* cv. Campo Grande), Silva et al. (2017) verificaram redução nos valores de pH,  
271 o que é uma novidade, com a inclusão da leguminosa. De acordo com os mesmos autores, a  
272 inclusão da leguminosa na ensilagem de gramíneas tropicais não alterou os teores de ácidos  
273 láctico, acético e propiônico, responsáveis pela redução do pH da silagem, bem como da  
274 conservação da massa pós-abertura, o que pode explicar a não alteração do pH da silagem  
275 mista de milho, embora não tenham sido quantificados os ácidos orgânicos nesta pesquisa.

276 A inclusão da leucena reduziu em 59,25% as perdas por gases e 5,5 unidades  
277 percentuais as perdas por efluentes. Isso é justificável pelo alto teor de MS da leucena  
278 ( $319,8 \text{ g kg}^{-1}$ ) em comparação à planta inteira de milho ( $198,3 \text{ g kg}^{-1}$ ), resultando em  
279 incremento de 12,37% no teor de MS da silagem em relação à silagem controle (24,71%).  
280 Consequentemente, as reduções das perdas por gases e efluentes possibilitaram maior  
281 recuperação da MS com a inclusão de 40% de leucena na ensilagem (91,01%). De acordo  
282 com Kung Jr. et al. (2018), forrageiras tropicais com teores de MS abaixo de 25% podem  
283 elevar as perdas por efluentes, prejudicando o valor nutricional da silagem, porque nos  
284 efluentes estão presentes alguns carboidratos e nitrogênio. Esse é um ponto importante,  
285 porque na silagem de milho sem inclusão da leucena, o teor de MS foi de 24,71%, sendo  
286 verificadas maiores perdas da matéria seca e menor recuperação em relação aos demais  
287 tratamentos.

288 Além de reduzir as perdas durante a fermentação, a inclusão de 40% de leucena na  
289 ensilagem de milho aumentou 24,02% no teor proteico em comparação à silagem controle  
290 (8,76%), o que é justificável pelo teor de proteína bruta da leguminosa (211,9 g kg<sup>-1</sup>).  
291 Evangelista et al. (2005) avaliando silagem de sorgo puro e acrescido de 10, 20, 30 e 40% de  
292 forragem verde de leucena, observaram que o aumento na proporção de leucena resultou  
293 em efeito linear positivo com valores de PB de 4,48 a 10,3% para silagens de sorgo puro e  
294 silagem com 40% de inclusão de leucena. Em nutrição de ruminantes, vale ressaltar, a  
295 proteína bruta é o ingrediente mais oneroso da dieta, sendo importante o uso de volumosos  
296 com maiores concentrações proteicas.

297 Os níveis de inclusão da leucena influenciaram de forma linear crescente o teor de  
298 lignina, estimando-se que, para cada unidade percentual de inclusão de leucena, houve  
299 aumento no teor de lignina em 0,1481% na silagem de milho. Esse aumento é explicado  
300 pelo alto teor desse constituinte na parede celular da leucena. A lignina é um composto  
301 fenólico associado à parede celular que apresenta função estrutural e constitui a fração  
302 indegradável da planta, limitando a degradação dos polissacarídeos da parede celular no  
303 rúmen (Van Soest, 1994). Seu aumento pode limitar a digestibilidade dos nutrientes,  
304 dificultando a ação de microrganismos ruminais, reduzindo, portanto, a qualidade  
305 nutricional da silagem (Silva et al. 2015), mas no presente trabalho o valor nutricional da  
306 silagem não foi afetado.

307 O teor de celulose apresentou efeito linear decrescente, em que a adição de 1% de  
308 leucena durante a ensilagem proporcionou diminuição de 0,16%, já para o teor de  
309 hemicelulose não houve efeito da inclusão da leucena, apresentando média de 19,23%. A  
310 variação nos conteúdos de celulose e hemicelulose podem estar relacionados com a  
311 determinação das frações de FDN e FDA, pois os mesmos são obtidos pela diferença dessas  
312 frações. Com a inclusão de leucena que tem alto teor de lignina, houve redução da celulose  
313 pelo efeito de diluição e os teores de FDN e FDA não apresentaram efeito significativo  
314 variando de 62,84 a 64,92% e 42,87 a 45,76% respectivamente. Os teores de FDN e FDA são  
315 indicativos da quantidade e qualidade de fibra da forragem. Altos teores de FDN são um dos  
316 fatores que limitam o consumo de MS de forragem pelos ruminantes, e isso se deve às  
317 baixas taxas de degradação (NRC, 2001). Já menores valores nos teores de FDA são um bom  
318 indicador da melhoria do valor nutritivo da silagem, pois há uma correlação negativa entre  
319 os teores de FDA e a degradabilidade do alimento (Van Soest, 1994).

320 Os níveis de inclusão da leucena influenciaram de forma linear crescente o teor de  
321 extrato etéreo, sendo que, para cada unidade percentual de inclusão de leucena, houve  
322 aumento de em 0,008% no seu teor. Silagens mistas apresentam teores de extrato etéreo  
323 maiores do que silagens apenas de gramíneas, sendo que para a grande maioria é no  
324 máximo de 4%. Assim, a média encontrada no presente trabalho está de acordo com o  
325 preconizado, cerca de 3,22% (Bayão et al. 2016).

326 A inclusão de leucena não influenciou o conteúdo de carboidratos não fibrosos da  
327 silagem, variando de 15,72 a 19,44%. Silva et al. (2015) afirmam que esse conteúdo pode ser  
328 considerado satisfatório, pois quando se apresenta inferior a 10% pode causar uma  
329 diminuição na formação de ácidos orgânicos, que são responsáveis pela preservação da  
330 silagem.

331 À medida que foram sendo adicionados os níveis de leucena, aumentou-se o teor de  
332 lignina, que é indigestível em ambiente ruminal, sendo tóxica para muitos microrganismos  
333 ruminais (Van Soest, 1994). Portanto, as bactérias demoraram mais tempo para agir sobre o  
334 substrato do FDA, e o tempo de colonização (TC) ajustou-se ao modelo quadrático de  
335 regressão, com ponto mínimo de 28,25% para a leucena. O aumento do teor de lignina com  
336 a inclusão de leucena na silagem de milho pode ser explicado pelo alto teor desse  
337 constituinte na parede celular da leguminosa, na qual seu aumento pode limitar a  
338 digestibilidade dos nutrientes, reduzindo, portanto, a qualidade nutricional da silagem, a  
339 degradabilidade potencial e o aumento na fração indegradável (Silva et al. 2015).

340 A cinética ruminal da matéria seca e a degradabilidade ruminal da fibra em  
341 detergente neutro da silagem de milho não foram alteradas com inclusão de leucena. Isso  
342 pode ser explicado pelo fato de que a leucena contém baixo teor de carboidratos totais,  
343 além de baixo teor de carboidratos não fibrosos. Sendo assim, não teve influência nos  
344 parâmetros da degradabilidade ruminal.

345 A degradabilidade potencial padronizada (Bp) apresentou redução linear, enquanto a  
346 fração indegradável padronizada (Ip) aumentou lineamente com a inclusão de níveis de  
347 leucena. Isso pode ser explicado devido ao aumento do teor de lignina (0, 1481%), que é  
348 indigestível, e atua na fração indegradável da parede celular vegetal, tendo influência no  
349 teor de fibras (Van Soest, 1994). No entanto, a lignina presente na parede celular vegetal se  
350 complexa aos carboidratos (principalmente a hemicelulose), por meio de ligações

351 covalentes, formando uma barreira mecânica para os microrganismos ruminais, diminuindo  
352 a fermentação ruminal.

353

#### 354 **4.5 CONCLUSÃO**

355

356 A inclusão da leucena em 40% na ensilagem do milheto não compromete as  
357 características fermentativas e o valor nutricional, que possibilitam classificar as silagens  
358 mistas como de boa qualidade.

359

#### 360 **4.6 AGRADECIMENTOS**

361

362 O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de  
363 Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001; da Fundação de  
364 Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo auxílio financeiro a projetos  
365 de pesquisas e bolsas de produtividade (BIPDT) e de estudos à iniciação científica; do  
366 Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Universidade  
367 Estadual de Montes Claros (UNIMONTES) pelas bolsas de estudo concedidas à iniciação  
368 científica.

369

#### 370 **4.7 REFERÊNCIAS**

371

372 Agricultural and Food Research Council – AFRC, 1993. Energy and protein requirements of  
373 ruminants. CAB International, Wallingford.

374 Antunes, F.Z., 1986. Caracterização climática do estado de Minas Gerais: climatologia  
375 agrícola. Informe Agropecuário, 12, 9-13.

376 Association of official Analytical Chemists – International [AOAC], 1995. Official Methods of  
377 Analysis 16ed. AOAC, Washington, DC, USA.

378 Bayão, G.F.V., Edvan, R.L., Carneiro, M.S.S., Freitas, N.E., Pereira, E.S., Pacheco, W. F.,  
379 Bezerra, L.R. e Araújo, M.J., 2016. Desidratação e composição química do feno de  
380 Leucena (*Leucaena leucocephala*) e Gliricidia (*Gliricidia sepium*). Revista Brasileira de  
381 Saúde e Produção Animal, 3, 365-373.

382 Bolsen, K.K., LIN, C. e Brent, B.E., 1992. Effect of silage additives on the microbial succession  
383 and fermentation process of alfalfa and corn silages. *Journal of Dairy Science*, 75, 3066-  
384 3083.

385 Câmara, C.S., Alves, A.A., Filho, M.A.M., Garcez, B.S. e Azevedo, D.M.M.R., 2015. Dietas  
386 contendo fenos de leucena ou estilosantes para cabras Anglo-Nubianas de tipo misto  
387 em lactação. *Revista Ciência Agronômica*, 46, 443-450.

388 Carvalho, G.G.P., Freitas, P.M.D., Santos, E.M., Araújo, G.G.L., Oliveira, J.S., Pires, A.J.V.,  
389 Maranhão, C.M.A., Rodrigues, T.C.G.C., Freitas-Junior, J.E., Rufino, L.M.A., Rodrigues,  
390 C.S., Leite, L.C. e Araújo, M.L.G., 2018. Effect of pearl millet silage ammoniated with  
391 urea on lamb production and metabolic performance. *Grass and Forage Science*, 73,  
392 685-693.

393 Casali, A.O., Detmann, E., Valadares Filho, S.C., Pereira, J.C., Cunha, M., Detmann, K.S.C. e  
394 Paulino, M.F., 2009. Estimação de teores de componentes fibrosos em alimentos para  
395 ruminantes em sacos de diferentes tecidos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38, 130-  
396 138.

397 Contreras-Govea, F., Marsalis M., Angadi S., Smith G., Lauriault, L.M. e Van Leeuwen, D.,  
398 2011. Fermentability and nutritive value of corn and forage sorghum silage when in  
399 mixture with lablab bean. *Crop Science*, 51, 1307–1313.

400 Dias Martins, A.M., Pessanha, K.L.F., Pacheco, S., Rodrigues, J.A.S. e Carvalho, C.W.P., 2018.  
401 Potential use of pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) in Brazil: Food security,  
402 processing, health benefits and nutritional products. *Food Research International*, 109;  
403 175–186.

404 Evangelista, A.R., Abreu, J.G., Amaral, P.N.C., Pereira, R.C., Salvador, F.M., Lopes, J. e Soares,  
405 L.Q., 2005. Composição bromatológica de silagens de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.)  
406 Moench) aditivadas com forragem de leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) Dewit).  
407 *Ciência e Agrotecnologia*, 29, 429-435.

408 Goering, H.K. e Van Soest, P.J., 1970. Forage Fiber Analysis (Apparatus, reagents, procedures  
409 and some applications). *Agric. Handb. Forest Servo U. S., Washington*, 379, 1-20.

410 Jobim, C.C., Nussio L.G., Reis, R.A. e Schmidt, P., 2007. Avanços metodológicos na avaliação  
411 da qualidade da forragem conservada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36, 101-119.

412 Kung Jr., L., Shaver, R.D., Grant, R.J. e Schmidt, R.J., 2018. Silage review: Interpretation of  
413 chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of Dairy Science*,  
414 101, 4020–4033.

415 McDonald, P. e Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D. 1981. *Animal nutrition*. 3. ed. (Longman,  
416 London).

417 Mertens, D.R.E. e Loften, J.R., 1980. The effects of starch on forage fiber digestion kinetics in  
418 vitro. *Dairy Science*. 63, 1437-1446.

419 National Research Council – NRC, 2001. *Nutrient requirements of dairy cattle*, 7th rev. ed.  
420 (National Academy Press, Washington, DC).

421 Neter, J., Wasserman, W. e Kutner, M.H. 1985. *Applied linear statistical models. Regression,*  
422 *analysis of variance, and experimental designs*. 2. ed. (USA, Richard D. Irwin, Inc.).

423 Nocek, J.E., 1988. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy  
424 digestibility: a review. *Journal of Dairy Science*, 71, 2051-2069.

425 Ørskov, E. R. e McDonald, I. 1979. The estimation of degradability in the rumen from  
426 incubation measurement weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural*  
427 *Science*, 92, 499-508.

428 Possenti, R.A., Ferrari Júnior, E., Bueno, M.S., Bianchini, D., Leinz, F.F. e Rodrigues, C.F., 2005.  
429 Parâmetros bromatológicos e fermentativos das silagens de milho e girassol. *Ciência.*  
430 *Rural*, 35, 1185-1189.

431 Robertson, J.B. e Van Soest, P.J., 1981. The detergent system of analysis and its application  
432 to human foods. In: James, W.P.T. e Theander, O., 1981. *The analysis of dietary fiber in*  
433 *food*. (Marcel Dekker: New York), 23-158.

434 SAS Institute, 1999. *SAS Systems for windows*, Version 8.2 ed. (SAS Inst., Cary, NC).

435 Silva, D.J. e Queiroz, A.C., 2006. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3 ed.  
436 Viçosa.

437 Silva, J.S. da, Ribeiro, K.G., Pereira, O.G., Mantovani, H.C., Cecon, P.R., Pereira, R.C. e Silva, J.  
438 de L., 2017. Nutritive value and fermentation quality of palisade grass and stylo mixed  
439 silages. *Animal Science Journal*, 89; 72–78.

440 Silva, J.S.D., Ribeiro, K.G., Pereira, O.G., Mantovani, H.C., Cecon, P.R., Pereira., R.C. e Silva,  
441 J.L., 2018. Nutritive value and fermentation quality of palisade grass and stylo mixed  
442 silages. *Animal. Science Journal* 89, 72.

- 443 Silva, M.D.A., Carneiro, M.S. de S., Pinto, A.P., Pompeu, R.C.F.F., Silva, D.S., Coutinho, M.J.F. e  
444 Fontenele, R.M., 2015. Avaliação da composição químico-bromatológica das silagens  
445 de forrageiras lenhosas do semiárido brasileiro. *Semina: Ciências Agrárias*, 36, 571-578.
- 446 Sniffen, C.J., O'Connor, J.D.O., Van Soest, P.J., Fox, D.G. e Russell, J.B., 1992. A net  
447 carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and  
448 protein availability. *Journal of Animal Science*, 70, 3562-3577.
- 449 Van Soest, P.J., 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2. ed. (O & B Books, Corvallis).
- 450 Van Soest, P.J., Robertson, J.B. e Lewis, B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral  
451 detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation animal nutrition. *Journal*  
452 *Dairy Science*. 74, 3583–3597.
- 453 Waldo, D.R., Smith, L.W. e Cox, E.L., 1972. Model of cellulose disappearance from the  
454 rumen. *Journal of Dairy Science*, 55, 125-129.
- 455 Weiss, W.P., 1998. Estimating the availability energy content of feeds for dairy cattle.  
456 Symposium: energy availability. *Journal Dairy Science*, 81, 830-839.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A busca por culturas que sejam adaptadas às condições semiáridas que é marcada pela irregularidade das chuvas é fundamental. Portanto, o milheto e a leucena surgem como forrageiras que podem ser utilizadas para a ensilagem e esta é uma prática que favorece o acréscimo de proteína no volumoso ensilado.