

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS**

Gislane Mendes Galindo

Zootecnista

**CARACTERIZAÇÃO DE LEGUMINOSAS FORRAGEIRAS EXÓTICAS
PARA A ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES NO SEMIÁRIDO
BRASILEIRO**

GARANHUNS-PE

2022

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS**

Gislane Mendes Galindo

Zootecnista

**CARACTERIZAÇÃO DE LEGUMINOSAS FORRAGEIRAS
EXÓTICAS PARA A ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES NO
SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal e Pastagens, do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Área de concentração: Produção Animal.

Orientador:

Prof. Dr. André Luiz Rodrigues Magalhães

Coorientadores:

Dr. Daniel Barros Cardoso

Dra. Kelly Cristina dos Santos

GARANHUNS-PE

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- G158c Galindo, Gislane Mendes
Caracterização de leguminosas forrageiras exóticas para a alimentação de ruminantes no semiárido brasileiro / Gislane Mendes Galindo. - 2022.
58 f. : il.
- Orientador: Andre Luiz Rodrigues Magalhaes.
Coorientador: Daniel Barros Cardoso.
Inclui referências.
- Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens , Garanhuns, 2022.
1. Conservação de forragem. 2. Digestibilidade. 3. Fracionamento. I. Magalhaes, Andre Luiz Rodrigues, orient. II. Cardoso, Daniel Barros, coorient. III. Título

CDD 636.089

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS**

**CARACTERIZAÇÃO DE LEGUMINOSAS FORRAGEIRAS
EXÓTICAS PARA A ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES NO
SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Dissertação elaborada por
GISLANE MENDES GALINDO

Aprovada em 28 de fevereiro de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. André Luiz Rodrigues Magalhães
Universidade Federal do Agreste de Pernambuco
(Presidente/Orientador)

Prof.^a Rayanne Thalita de Almeida Souza
Instituto Federal Farroupilha - IFFar
(Examinadora)

Prof.^a Ana Lúcia Teodoro
Instituto Federal do Piauí – IFPI Campus Paulistana
(Examinadora)

pela autora

AGRADECIMENTOS

À **Deus** por me conceder tantas oportunidades, mesmo sem merecer, tenho tudo que preciso!

Aos meus pais **Valdejane Mendes Galindo** e **Egídio Mendes Galindo**, por todo esforço na minha criação e dos meus irmãos.

Aos meus irmãos **Gilvane**, **Geovane**, minha cunhada **Milena**, minha sobrinha **Melissa** e meu namorado **Flávio**, agradeço a vocês simplesmente por existirem.

Ao meu orientador Professor Dr. **André Luiz Rodrigues Magalhães**, sem dúvidas a pessoa mais incrível que conheci na graduação e mestrado. Sempre com palavras de incentivo, que me faziam sentir mais do que sou.

Ao **Daniel Barros Cardoso**, por toda ajuda e paciência. Sinto que perdi muito em não ter convivido mais com você Daniel.

À **Kelly Cristina dos Santos**, pelo exemplo de dedicação, perseverança e “capricho” no que faz.

À **Rayanne Thalita Souza**, pelas valiosas sugestões na defesa de qualificação, sua participação foi maravilhosa, como de costume.

À **Ana Lúcia Teodoro**, queridíssima por todos do PPGCAP, foi o meu primeiro contato no laboratório, obrigada pelo acolhimento, nunca esquecerei.

À **Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)**, pela disponibilidade do curso que aperfeiçoou minha caminhada profissional.

Aos colegas de mestrado, **Daniel Nascimento**, **Claudenilde Pinheiro**, **Luana Marques**, **Pedro Borba**, **Mery Assis** e **Yara América** por tantos momentos de apoio.

Aos **professores** do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens e ao Professor Márcio Farias de Moura do Programa Produção Agrícola da UFRPE, pelos conhecimentos passados.

Aos **funcionários** da UFAPE, e a todos que me ajudaram nesse tempo, muito obrigada!

BIOGRAFIA

Gislane Mendes Galindo, filha de Egidio Mendes Galindo e Valdejane Mendes Galindo, nasceu em 07 de novembro de 1993, na cidade de Alagoinha, estado de Pernambuco. Filha de agricultores sempre se identificou com a área das Ciências Agrárias.

Em março de 2010, ingressou no curso Técnico em Agropecuária pelo Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Pernambuco, foi estagiária do setor de produção de caprinos e ovinos, concluindo o curso em março do ano de 2013, nessa temática.

Em agosto de 2013, ingressou no curso de graduação em Zootecnia na Unidade Acadêmica de Garanhuns-Universidade Federal Rural de Pernambuco, onde trabalhou em atividades de monitoria na disciplina de apicultura/melipolicultura e ezoognosia, foi bolsista PIC e PIBIC desenvolvendo pesquisas na área de fisiologia vegetal e análise de alimentos para ruminantes, principalmente com forragens nativas e exóticas do Semiárido brasileiro, tendo recebido, em novembro de 2018, o título de Bacharel em Zootecnia.

Em agosto de 2019, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens da Universidade Federal Rural de Pernambuco, área de concentração Produção Animal, onde intensificou seus estudos na linha de pesquisa Produção e alimentação de ruminantes no Semiárido, para então submeter-se à defesa pública de dissertação no dia 28 de fevereiro de 2022 e posterior obtenção do título de Mestre em Ciência Animal e Pastagens.

GALINDO, G. M. **Caracterização de leguminosas forrageiras exóticas para a alimentação de ruminantes no Semiárido brasileiro.** Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens). Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens. UFRPE. Garanhuns-PE. Orientador: Prof. Dr. André Luiz Rodrigues Magalhães.

RESUMO

A variabilidade das chuvas e a evapotranspiração elevada características do Semiárido brasileiro, resultam ao longo do tempo, em produção e qualidade variável de forragem. Por poucos meses, a produção abundante pode exceder a capacidade de consumo pelos animais e diminui com o avanço do período de estiagem. Nessa época, as forrageiras exóticas adaptadas às condições edafoclimáticas da região têm sido cultivadas e conservadas como estratégia para reduzir o déficit alimentar dos ruminantes. Dentre as alternativas forrageiras para alimentar os rebanhos criados nesta região, destacam-se as leguminosas exóticas comumente encontradas na região Nordeste do Brasil, para formação de bancos de proteína, mais recentemente em sistemas silvipastoris e que podem ser conservadas. Assim, objetivou-se estimar o valor nutricional de espécies forrageiras exóticas *in natura* e conservadas nas formas de silagens e fenos: leucena (*Leucaena leucocephala* Lam.) e gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.), a partir da composição química, do fracionamento dos carboidratos e proteínas, dos parâmetros de degradação e fermentação ruminal, da digestibilidade *in vitro* da matéria seca e da degradação ruminal e pós-rúmen da proteína. As amostras foram coletadas em quatro repetições por espécie, no campo experimental da Caatinga, pertencente a Embrapa Semiárido, no município de Petrolina-PE. O fracionamento dos carboidratos e proteínas foi realizado com base no Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS). A avaliação da degradação da matéria orgânica e dos produtos da fermentação ruminal foi realizada por meio da técnica *in vitro* semiautomática de produção de gases. A degradabilidade ruminal e digestibilidade intestinal da proteína foram estimadas por meio da técnica dos três estágios. Os resultados mostraram que as leguminosas gliricídia e leucena apresentam elevada digestibilidade, porém, a intensidade do efeito da conservação sobre a digestibilidade *in vitro* depende do tipo de conservação e da espécie de leguminosa. Houve mais mudanças nas características nutricionais das silagens do que nos fenos em relação à forragem *in natura* em ambas as leguminosas. As silagens apresentaram maiores teores de extrato etéreo, maior fator de partição e maior concentração de nitrogênio não proteico. Os fenos apresentaram os maiores teores de carboidratos prontamente fermentáveis no rúmen, maior produção de gases e destacaram-se como fonte de proteína protegida da degradação ruminal e disponível no intestino.

Palavras-chave: conservação de forragem. digestibilidade fracionamento.

GALINDO, G. M. **Characterization of exotic forage leguminous for feeding ruminants in the Brazilian Semi-arid.** Dissertation (Master in Animal Science and Pastures). Graduate Program in Animal Science and Pastures. UFRPE. Garanhuns-PE. Advisor: Prof. Dr. André Luiz Rodrigues Magalhães.

ABSTRACT

The variability of rainfall and high evapotranspiration, characteristic of the Brazilian Semi-arid region, result over time, in production and variable quality of forage. For a few months, the abundant production may exceed the capacity of consumption by the animals and decreases with the advance of the drought period. At that time, exotic forages adapted to the edaphoclimatic conditions of the region have been cultivated and conserved as a strategy to reduce the food deficit of ruminants. Among the forage alternatives to feed the herds raised in this region, exotic legumes commonly found in the Northeast region of Brazil stand out, for the formation of protein banks, more recently in silvopastoral systems and that can be conserved. Thus, the objective was to estimate the nutritional value of exotic forage species in natura and preserved in the forms of silages and hays: leucena (*Leucaena leucocephala* Lam.) and gliricidia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.), from the chemical composition, fractionation of carbohydrates and proteins, rumen degradation and fermentation parameters, *in vitro* dry matter digestibility and rumen and post-rumen protein degradation. The samples were collected in four replications per species, in the experimental field of Caatinga, belonging to Embrapa Semiárido, in the city of Petrolina-PE. Carbohydrate and protein fractionation was performed using the Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS). The evaluation of the degradation of organic matter and ruminal fermentation products was carried out using the semi-automatic *in vitro* technique of gas production. Ruminal degradability and intestinal protein digestibility were estimated using the three-stage technique. The results showed that the legumes gliricidia and leucaena present high digestibility, however, the intensity of the conservation effect on the *in vitro* digestibility depends on the type of conservation and the legume species. There were more changes in the nutritional characteristics of silages than hays in relation to fresh forage in both legumes. The silages presented higher levels of ether extract, higher partition factor and higher concentration of non-protein nitrogen. The hays presented the highest levels of readily fermentable carbohydrates in the rumen, higher gas production and stood out as a source of protein protected from ruminal degradation and available in the intestine.

Keywords: forage conservation. digestibility. fractionation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Médias de precipitação pluviométrica mensal na estação experimental da Embrapa Semiárido em Petrolina-PE, no período de coleta dos materiais amostrais.....**34**

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição química da gliricídia <i>in natura</i> e conservadas.....	43
Tabela 2 – Fracionamento de carboidratos e de proteínas, degradação ruminal e digestibilidade intestinal da proteína da gliricídia <i>in natura</i> e conservadas.....	45
Tabela 3 – Produção de gases (PG), produção de metano (CH ₄), degradabilidade verdadeira da matéria orgânica (DVMO), fator de partição (FP), parâmetros de fermentação ruminal e concentração de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) da gliricídia <i>in natura</i> e conservadas.....	47
Tabela 4 – Composição química da leucena <i>in natura</i> e conservadas.....	49
Tabela 5 – Fracionamento de carboidratos e de proteínas, degradação ruminal e digestibilidade intestinal da proteína da leucena <i>in natura</i> e conservadas.....	51
Tabela 6 – Produção de gases (PG), produção de metano (CH ₄), degradabilidade verdadeira da matéria orgânica (DVMO), fator de partição (FP), parâmetros de fermentação ruminal e concentração de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) da leucena <i>in natura</i> e conservadas.....	52

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	11
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1 CARACTERIZAÇÃO DO SEMIÁRIDO E DA VEGETAÇÃO DA CAATINGA.....	12
2.2 GLIRICÍDIA	14
2.3 LEUCENA	16
2.4 FENAÇÃO	18
2.5 ENSILAGEM.....	20
3. REFERÊNCIAS	22
4. OBJETIVOS	29
4.1 GERAL.....	29
4.2 ESPECÍFICOS	29
CAPÍTULO I	30
RESUMO	31
ABSTRACT	32
1. INTRODUÇÃO	33
2. MATERIAL E MÉTODOS	34
2.1 COMPOSIÇÃO QUÍMICA	35
2.2 FRACIONAMENTO	36
2.3 PRODUÇÃO DE GASES: PREPARO DAS AMOSTRAS E INÓCULOS....	37
2.4 PRODUÇÃO DE GASES E METANO (CH₄).....	38
2.5 DETERMINAÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS DE CADEIA CURTA	39
2.6 DIGESTIBILIDADE <i>IN VITRO</i> DA MATÉRIA SECA (DIVMS).....	39
2.7 DEGRADABILIDADE RUMINAL E DIGESTIBILIDADE INTESTINAL DA PROTEÍNA	40
2.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	41
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
3.1 GLIRICÍDIA.....	41
3.2 LEUCENA.....	48
4. CONCLUSÃO.....	52
5. REFERÊNCIAS	53

1. INTRODUÇÃO GERAL

A pecuária apresenta grande relevância no Semiárido do Brasil, apresentando menor risco quando comparado à agricultura da produção de grãos em função das variações intra e interanuais de precipitação (ALMEIDA et al., 2011). Contudo, essa variação incide também sobre a produção de forrageiras usadas na alimentação animal. Em regiões áridas e semiáridas, a irregularidade da precipitação pluvial e a pouca disponibilidade de água doce pode limitar o desenvolvimento de uma pecuária competitiva e viável economicamente (SANTOS, 2017), somado a isso, são poucos os produtores do Semiárido que adotam práticas de planejamento alimentar e hídrico em seus sistemas de produção (CAROPRESE et al., 2016).

A escassez de forragem durante os períodos de seca provoca a redução dos rebanhos em número, queda da produtividade e o aumento dos custos de produção diante da necessidade do uso de suplementos nas dietas. Não existindo alternativa forrageira perfeita para essas regiões, o uso de resíduos da agroindústria e o cultivo e conservação de forrageiras adaptadas aos fatores edafoclimáticos, visando elevar o consumo, reduzir as deficiências nutricionais e controlar infestações parasitárias, suprimindo a demanda alimentar dos rebanhos de maneira quantitativa e qualitativa nos períodos de escassez, têm sido recomendados como estratégia economicamente viável (RAMOS et al., 2016; CAMPOS et al., 2017).

Dentre as alternativas para atender as necessidades nutricionais de animais ruminantes criados nesta região, destacam-se o uso de espécies de plantas que apresentam potencial forrageiro e suas características nutricionais, geralmente são pouco conhecidas ou pouco utilizadas. É o caso das leguminosas leucena (*Leucaena leucocephala* Lam.) e gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.). Estas espécies possuem rápido crescimento, grande capacidade de regeneração e bom potencial para produção de forragem (HURTATO et al., 2012). Rangel et al. (2019) apontaram como vantagens das leguminosas, o uso como uma fonte econômica de proteína para a produção animal e também a adaptação a regiões semiáridas. Muir et al. (2019) destacaram vários serviços ambientais das leguminosas, como entrada de nitrogênio via fixação biológica (FBN) processo que converte o N presente na atmosfera em formas que podem ser utilizados pelas plantas ou por meio da incorporação da biomassa e recuperação de áreas degradadas.

A leucena e a gliricídia são plantas facilmente encontradas na região Nordeste do Brasil, o uso destas leguminosas pode ser feito no cocho na forma de silagem ou feno, em bancos de proteína e em sistema silvipastoril (SANTANA NETO et al., 2015). “Banco de proteína” ou “legumineira” é uma área cultivada exclusivamente com leguminosas (ANDRADE et al.,

2020). Nos sistemas silvipastoris (SPSs), as leguminosas são integradas a esses sistemas com plantio em faixas dentro da pastagem nativa ou cultivadas, podendo aumentar a produtividade geral e a renda a longo prazo devido à produção simultânea de árvores, forragem e ruminantes (GOMES et al., 2021), as leguminosas arbóreas além de melhorar a dieta elevando o teor de proteína bruta na forragem (APOLINARIO et al., 2015) fornecem sombra para os animais, onde se recomenda que a área de sombra gerada pelas copas das árvores seja de no mínimo 10% e não ultrapasse 40% da área de pastagem, garantindo níveis satisfatórios de luz para o crescimento das gramíneas (ANDRADE, 2019).

A forragem produzida no período de chuvas pode ser utilizada para fenação, ensilagem e enriquecimento de silagem de gramíneas, no intuito de elevar os teores de proteína bruta da dieta. Técnicas de conservação de forragem preservam grande parte das características nutricionais e permitem o armazenamento de vegetais por longos períodos, garantindo a oferta nos períodos de escassez de alimentos. Além disso, os processos de fenação ou ensilagem podem minimizar efeitos negativos sobre a palatabilidade dos alimentos, podendo aumentar a aceitabilidade por ruminantes (MUIR et al., 2019).

Acredita-se que após estabelecer o método mais adequado e os equipamentos mais apropriados ao processamento da planta, é possível conservar todo tipo de espécie forrageira visando a melhor utilização destes recursos forrageiros e que para a atividade pecuária no Semiárido seja exitosa, é fundamental o alcance de uma base alimentar que garanta oferta de alimentos o mais constante possível, e de qualidade nutricional, reduzindo o desequilíbrio da oferta de fitomassa entre as estações chuvosas e secas, e por consequência, melhorar os índices produtivos dos rebanhos e aumentar o retorno econômico para os produtores.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CARACTERIZAÇÃO DO SEMIÁRIDO E DA VEGETAÇÃO DA CAATINGA

A região Semiárida brasileira é composta por 1.262 municípios, dos quais fazem parte os estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Minas Gerais (SUDENE, 2017), abrange a porção mais seca do Nordeste do Brasil indo até o norte de Minas Gerais. Em estudo recente (BRASIL, 2017), sua área foi delimitada em 1.128.697 km². O Semiárido é ocupado, em sua maior parte, pela Caatinga, bioma único, caracterizado como floresta arbórea ou arbustiva, sendo composta, em sua maioria, por plantas xerófilas e caducifólias, as quais perdem as folhas com a chegada da estação seca, a maior parte das plantas herbáceas completam seu ciclo fenológico nos primeiros

45 dias após as chuvas (MUIR et al., 2019), e também compõem este bioma, cactáceas de grande importância e bromélias (SANTOS et al., 2010).

Em seus estudos, Giuliatti et al. (2002) listaram 18 gêneros e 318 espécies endêmicas (que só são encontradas no bioma Caatinga) pertencentes a 42 famílias. Sendo as leguminosas a família botânica mais abundante na Caatinga, com 264 espécies, mas pouco se sabe sobre sua produtividade ou valor nutritivo (MUIR et al., 2019). Segundo Oliveira et al. (2016), estudos realizados no Nordeste do Brasil mostram que 70% das espécies da Caatinga contribuem para a composição botânica das dietas de ruminantes. Porém, cerca de 40% dessa vegetação encontra-se em sucessão secundária e as áreas em processo de degradação de intensidade baixa a severa somam mais de 20 milhões de hectares, reflexo do uso intenso da terra, a exemplo do superpastejo (OLIVEIRA et al., 2018).

As espécies vegetais presente na Caatinga apresentam peculiaridades e dinâmicas de crescimento diferentes dos outros tipos de vegetação, pois, o maior limitante de crescimento e desenvolvimento das plantas é a variabilidade espacial e temporal de chuvas que se apresenta como pulsos de água no sistema (ANDRADE et al., 2020). A variabilidade das chuvas e a evapotranspiração elevada, resultam ao longo do ano em uma produção e qualidade de forragem variante, ficam em abundância em poucos meses, por vezes excedendo a capacidade de consumo dos animais e diminuem com o avanço do período de estiagem, que é o mais longo, pois há uma estreita relação entre a precipitação pluvial e a produção vegetal, durante esse período, os criadores usam alternativas para reduzir o déficit alimentar dos seus rebanhos. Em contrapartida, durante o período chuvoso, grande quantidade de plantas forrageiras nativa é desperdiçada, por consumo insuficiente por parte dos animais, bem como pelo pouco conhecimento, quanto aos métodos de conservação de forragem pelos produtores.

Outra característica importante do Semiárido é a imprevisibilidade do início das estações chuvosas, de maneira que a época do ano em que são elevados os índices pluviométricos pode variar de ano a ano, tornando difícil às tomadas de decisão sobre o uso dos recursos para produção nesse ecossistema. Segundo Santos et al. (2014), o fenômeno da seca tem duas versões, porém, um mesmo dilema: a primeira acontece anualmente no período seco. Desta, a população está inteiramente adaptada, onde a palma forrageira e as forragens conservadas passam a ser a base da alimentação dos ruminantes. Outra versão é caracterizada como uma seca mais longa e danosa, por se alastrar por mais tempo, podendo se estender por anos, o que causa diversos problemas socioambientais.

A população do Semiárido brasileiro tem enfrentado, por mais de um século, graves problemas relacionados com a escassez de água. Em ambas situações, a ideia mistificada de

que se trata de uma área com solos pobres e vegetação de baixa qualidade promove o desuso de muitas espécies com potencial produtivo em tais condições. O desconhecimento é um agravante desse cenário, onde equivocadamente se acredita que para se viver com dignidade nessa região é preciso muitos esforços de combate à seca, onde na verdade se tem a maior população entre as regiões e que essa população necessita das tecnologias de convivência com a seca. Historicamente tem se utilizado os recursos naturais de maneira inapropriada, não respeitando as particularidades dessa região que por muitas vezes é narrada erroneamente.

2.2 GLIRICÍDIA

A gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.) é uma leguminosa arbórea, oriunda do México, América Central e Norte da América do Sul. Espécie de clima tropical, adapta-se desde o nível do mar até 1600 metros de altitude em regiões sub-úmidas e secas. Apresenta crescimento rápido e enraizamento profundo, podendo ser plantada por sementes ou estacas, (a facilidade de propagação a partir de estacas é uma grande vantagem da gliricídia), seus principais espaçamentos de cultivo variam de 1,0 m a 2,0 m entre linhas e 0,5 m e 1,0 m entre plantas com densidade de 5 mil plantas por hectare a 20 mil plantas por hectare (VOLTOLINI et al., 2019). Em trabalho feito por Martins et al. (2013), a gliricídia alcançou produtividade média anual de matéria seca de 1.910 kg.ha⁻¹. Segundo Herrera et al. (2021), em sistema silvipastoril, a produção da gliricídia estabiliza aos 5,5 a 7 anos após o estabelecimento.

São amplas suas possibilidades de uso, como em reflorestamento, adubação verde, cercas vivas, recuperação de solos (VOLTOLINI et al., 2019) e na alimentação animal como banco de proteína ou nas formas conservadas, feno e silagem. A gliricídia é uma das poucas espécies de árvores forrageiras capazes de produzir folhas comparáveis às da leucena. A frequência ideal de poda para a produção de folhas depende do clima local, as árvores podem ser cortadas com mais frequência na estação chuvosa do que na seca. Em geral, o rendimento total anual de biomassa aumenta com cortes menos frequentes, mas como isso também aumenta a relação madeira: folha, o efeito do intervalo de corte no rendimento de folhas é menos pronunciado.

No Semiárido brasileiro, há recomendações para seu cultivo em associação com palma forrageira, milho e feijão. Seu cultivo consorciado com gramíneas para pastejo direto é uma estratégia que aumenta a capacidade de suporte da pastagem, promove maior desempenho animal e substitui parte da fertilização com N aplicada nas pastagens de monocultura de gramíneas (RANGEL et al., 2019). Araújo (2014), objetivando avaliar as características da pastagem de capim Marandu (*Brachiaria brizantha*) em sistema silvopastoril com gliricídia ou

em monocultivo com diferentes doses de adubo nitrogenado (0, 80, 120 e 240 kg N.ha⁻¹.ano⁻¹), encontrou no sistema silvopastoril uma porcentagem de folhas equivalentes à adubação nitrogenada de 209,16 kg N.ha⁻¹.ano⁻¹, possivelmente devido ao aporte de N fixado pelas bactérias do gênero *Rhizobium* no solo.

Avaliando a silagem e o feno de gliricídia sobre o consumo, comportamento ingestivo, desempenho e características de carcaça de cordeiros, Lemos et al. (2020) relataram que o teor de PB da silagem de gliricídia usada foi de 19,2% e do feno 18,6%. Bayão et al. (2016), estudando os mesmos alimentos, encontraram teor de proteína bruta da silagem de 18,64%, maior que o teor proteico do feno de leucena (17,70%), ambos podendo levar a redução do uso de suplementos com ingredientes concentrados proteico na dieta de ruminantes.

Ainda sobre formas conservadas, Pacheco et al. (2014) fizeram uma ressalva sobre o feno dessa espécie, que diferentemente do feno de capim, o feno de gliricídia facilita a compactação do material. Santos et al. (2017), estudando a gliricídia *in natura*, identificaram que ela apresenta potencial para reduzir a produção de metano entérico, sem comprometer a degradação de nutrientes.

Apesar da alta qualidade como forragem para ruminantes e da razoável produção de biomassa, assim como as demais leguminosas, a gliricídia apresenta algumas limitações para o processo de ensilagem, como o alto poder tampão, o baixo teor de carboidratos solúveis e baixo teor de matéria seca (LEONEL et al., 2008). A capacidade tampão (CT) ou poder tampão de uma forragem consiste em sua capacidade de resistir às variações de pH. Grande parte das propriedades tamponantes podem ser atribuída aos ânions (sais ácidos orgânicos, ortofosfatos, sulfatos, nitratos e cloretos) (ÁVILA et al., 2006).

A ingestão voluntária de gliricídia *in natura* pode ser limitada devido ao odor provocado pela liberação de compostos voláteis de suas folhas e sua possível toxidez, principalmente para animais não-ruminantes. Os efeitos tóxicos dessa leguminosa são atribuídos à presença de cumarina e sua conversão em produto hemorrágico, o dicumerol, por bactérias, durante sua fermentação (SIMONS e STEWART, 1994). As cumarinas são uma classe de metabólitos secundários pertencentes ao grupo dos compostos fenólicos, que são encontradas em diferentes partes vegetais como folhas, caules, frutos e raízes, e em uma ampla variedade de espécies pertencentes às famílias *Apiaceae*, *Rutaceae*, *Gramineae*, *Asteraceae* dentre outras (RIBEIRO e KAPLAN, 2002). São substâncias reconhecidamente importantes nos mecanismos de defesa das plantas contra o ataque de fitopatógenos, como demonstrado em estudos realizados por Kröner et al. (2012).

A variação na aceitabilidade da gliricídia pelos animais ruminantes, ocorre especialmente quando eles pastam forrageiras herbáceas (por exemplo, gramíneas). Em se tratando da cumarina, os teores podem variar, devido a fatores como o processo de secagem e período de estocagem, além da idade e parte da planta utilizada (ALVES, 2017). Quando ocorre de não ser prontamente aceita pelos animais nas primeiras vezes em que é fornecida, é necessário adaptar os animais ao seu uso com a introdução gradual dessa planta na dieta ou fornecê-la nas formas de silagem ou feno para melhorar sua aceitação inicial, uma vez fenada ou ensilada, a gliricídia é bem consumida pelos ruminantes em geral.

2.3 LEUCENA

A leucena (*Leucaena leucocephala* Lam) pertence à família leguminosae, é uma leguminosa perene, originária da América Central, tem crescimento rápido, e apresenta porte arbustivo ou arbóreo. Desenvolve-se em regiões com precipitações pluviométricas variando de 600 mm a 1.700 mm por ano. Todavia, pode ser também encontrada em áreas mais secas, com precipitações em torno de 250 mm, resiste a períodos de estiagem superiores a oito meses (DRUMOND e RIBASKI, 2010). Seu plantio é efetuado por sementes, com espaçamentos que variam de 1,0 m a 2,0 m entre linhas e 0,5 m a 1,0 m entre plantas, gerando densidades de cultivo de 5 mil plantas por hectare a 20 mil plantas por hectare e a sua produtividade pode variar de 1,50 t ha⁻¹ a 7,50 t ha⁻¹ de matéria seca por ano (VOLTOLINI et al., 2019).

É considerada uma espécie capaz de melhorar a qualidade de solos pobres em matéria orgânica, especialmente por apresentar um sistema radicular bem desenvolvido, com capacidade de fixar nitrogênio atmosférico por meio da simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* e pela solubilização do fósforo por meio de associação com fungos endomicorrízicos vesículo-arbusculares (FMVA) dos gêneros *Glomus* e *Gigaspora* (SÁ e SILVA, 2010).

A leucena reúne ainda outros atributos, que são considerados favoráveis para espécies exóticas, sendo esses: capacidade de se reproduzir sexuadamente (a leucena não se multiplica vegetativamente, mas rebrota com facilidade mesmo após diversos cortes sucessivos), grande quantidade de sementes produzidas anualmente, facilidade de germinação, curto período pré-reprodutivo, alta plasticidade e tolerância a ambientes diversos (BAKER et al., 1974). Em alta densidade a leucena também dificulta o estabelecimento de espécies nativas, comportamento típico de espécies exóticas agressivas.

No Nordeste do Brasil, a leucena foi difundida em meados dos anos 1970 pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE, mas somente na década de

1980 ocorreu a distribuição em massa de sementes como uma alternativa alimentar para ruminantes na época da seca (SANTANA NETO et al., 2015). A leucena é a leguminosa mais comumente usada na formação de bancos de proteínas no Semiárido, entre várias espécies que apresentam potencial para tal fim. Teores de proteína de 28,2 e 27,7% foram relatados para leucena por Molina et al. (2013) e Cuartas et al. (2014), respectivamente.

Moreira et al. (2008) avaliaram as respostas produtivas de caprinos alimentados com ração composta por 30% da matéria seca de feno de leucena e 70% da matéria seca de concentrado associada ao aleitamento materno em comparação com caprinos soltos na caatinga durante todo o dia acompanhando as mães. Nesses estudos, os animais alimentados com leucena e concentrado apresentaram ganhos médios diários de 187g, enquanto os cabritos que acompanharam as cabras apresentaram ganhos médios diários de 60g.

Em estudo sobre a inclusão de leucena na dieta de bovinos, Molina et al. (2015) concluíram que essa forrageira contribui para o aporte de proteína e cálcio na dieta e que a inclusão resulta em menor conteúdo de parede celular, o que corrobora com os benefícios da inclusão desse tipo de forragem na dieta de bovinos, além de resultar no aumento do consumo e redução nas emissões diárias de metano por kg de matéria seca consumida e degradada. Giang et al. (2016) concluíram que a alimentação com 60% de silagem de leucena pode aumentar o consumo, a digestibilidade e o produto final da fermentação ruminal, ao mesmo tempo que reduz a produção de metano em novilhos leiteiros, sugerindo que a silagem de leucena poderia ser usada como forragem de alta qualidade para alimentação de ruminantes nos trópicos.

Em outro estudo com bovinos, Uribe et al. (2020) avaliando a composição nutricional e ingestão voluntária de dietas à base de forrageiras tropicais, sobre as emissões de CH₄ de novilhos zebuínos, concluíram que os tratamentos com maior qualidade nutricional, ou seja, maior digestibilidade, maior teor de PB e menor teor de FDN e FDA apresentaram maior consumo de MS e menores emissões de CH₄ e que os sistemas baseados na inclusão de leguminosas como a leucena, oferecem vantagens adicionais na MS que se refletem nos maiores ganhos de peso corporal dos animais, tornando esses sistemas uma boa opção de implementação na transição para a produção sustentável de ruminantes em ambiente tropical.

Quando compararam espécies forrageiras encontradas no Semiárido Brasileiro, Santos et al. (2017) encontraram na leucena a maior fonte de proteína protegida da degradação ruminal, essa por sua vez de elevada digestibilidade intestinal, o que aumenta a oferta e o balanço de aminoácidos disponíveis para digestão, absorção e utilização pelos ruminantes. Ainda segundo os autores, este conhecimento se torna ainda mais importante quando se trata de animais de alta produção, pois a quantidade de proteína de origem microbiana que chega ao duodeno não é

suficiente para atender as exigências do animal, o que reflete na necessidade de uma estratégia de suplementação adequada, com a inclusão na dieta de uma fonte proteica não degradada no rúmen, mas digestível no intestino, a fim de que se possa suprir o déficit.

A leucena pode ser submetida ao pastejo direto ou conservada na forma de feno ou silagem. Pode ainda ser consorciada com culturas anuais ou perenes, como no sistema de produção estabelecido pela Embrapa Semiárido denominado Sistema CBL, (Caatinga-Buffel-Leguminosa). Nome que remete as três estratégias alimentares usadas em complementaridade e tem como ideia central o uso da diversidade da caatinga e o enriquecimento da área com o capim-buffel e uma leguminosa, durante o ano. Sendo consorciação a prática de associar numa mesma área culturas diversas para aumentar o rendimento, enriquecer a vida biológica do solo e protegê-lo contra a erosão (SIMIONE et al., 2014).

Conhecida por ser um arbusto muito palatável, a leucena exige um consumo controlado, devido a fatores antinutricionais como a mimosina, um alcaloide glicosídico existente na planta, que resulta em produção de bócio, perda de pelo, sobretudo nos animais jovens e redução da fertilidade (SANTANA NETO et al., 2015). Esse efeito ocorre principalmente quando a leucena é consumida em grande quantidade e por longo período. A introdução gradual dessa planta na dieta dos animais e o seu fornecimento na forma conservada, cultivar a leucena em consórcio com outras culturas forrageiras são estratégias para diminuir a concentração na dieta e a ingestão do aminoácido mimosina.

Embora os benefícios da leucena na alimentação tenham sido bem documentados (MOLINA et al., 2015; GIANG et al., 2016; COWLEY e ROSCHINSKY, 2019), há necessidade premente de informações sobre o (os) método (os) mais vantajosos de incluir a leucena nos diferentes sistemas de produção, a fim de buscar maior eficiência e segurança no seu uso na alimentação de ruminantes.

2.4 FENAÇÃO

A fenação tem se destacado como uma técnica simples de se aplicar, a técnica de fenação ocorre mediante o corte, desidratação da forragem até que a mesma fique com teor de matéria seca (MS) superior a 80%, (para não sofrer deterioração no durante a armazenagem), enfardamento e armazenamento, processos que podem ser realizados manualmente ou mecanicamente (CAVALCANTI et al., 2016). Bayão et al. (2016) recomendaram que o tempo para atingir o ponto de feno da leucena e da gliricídia foi de 16 horas após a colheita, que a realização da colheita da forragem deve ocorrer no momento em que apresenta a melhor relação entre produtividade e valor nutricional. Desta forma, o corte em idade adequada da forrageira e

sua fenação irá proporcionar o fornecimento de um alimento em quantidade e qualidade, resultando em maior produtividade animal.

Dentre as características desejáveis estão o elevado rendimento forrageiro com bom valor nutricional, a presença de colmos finos e a alta proporção de folhas (COSTA e RESENDE, 2006). O teor de fibra fisicamente efetiva nesse alimento torna seu uso estratégico também para o bom funcionamento do rúmen em ruminantes e do colón em equídeos, esse uso múltiplo, a praticidade na sua utilização e conservação corroboram para a viabilidade de seu uso.

A qualidade do feno está associada tanto a fatores relacionados às plantas, tais como: espécie e idade, quanto ao processo de produção: manejo do corte, que visa à desidratação adequada. As condições climáticas durante a secagem e o sistema de armazenamento empregado, também são fatores que interferem diretamente na qualidade bromatológica (REIS et al., 2001), os níveis de nutrientes presentes, como proteína bruta, fibra em detergente neutro e o extrato etéreo diminuem de acordo com o tempo de desidratação e armazenamento, enquanto matéria seca, carboidratos totais e os carboidratos não fibrosos tendem a aumentar em relação a estas variáveis (ABOT et al., 2015).

Na preparação dos fenos as perdas de valor nutricional se iniciam após o corte das plantas pela respiração e oxidação, e se prolongam até a correta desidratação do material (RAMIREZ, 2011). As perdas de rendimento derivam da preparação dos fenos, ocorrem no corte devido à altura do resíduo e no manuseio excessivo que provoca perda de folhas, esse notadamente na fase final de secagem, e por deficiência no recolhimento da forragem também (MUCK e SHINNERS, 2001). Deve-se levar em conta que qualquer sistema de conservação de forragem implicará em perdas de seu rendimento quando comparada a planta *in natura*.

A fenação de leguminosas no Brasil ainda é bastante restrita a cultura da alfafa (*Medicago sativa*), a qual abrange um pequeno nicho de mercado dos seletos animais de elite (SILVA et al., 2013), e a maior produção está concentrada nas regiões sul e sudeste do país. Recentemente, para o Semiárido Brasileiro, a fenação de espécies cultivadas adaptadas ao clima e ao solo, tem sido bastante recomendada, pois mesmo as forrageiras mais tolerantes sofrem com os longos períodos de seca, obrigando os produtores fazerem o uso de suplementação proteica com o uso de concentrados, o que inviabiliza para muitos produtores esse uso, são os altos custos dos alimentos concentrados (BAYÃO et al., 2016), em especial do farelo de soja. Uma alternativa econômica é a utilização de feno de leguminosas como suplemento proteico a ser oferecido aos animais.

De uma forma geral é possível produzir fenos com qualquer planta forrageira, porém existem características, a exemplo, a relação folha:caule e a capacidade de desidratação das

partes da planta, que fazem com que algumas espécies se apresentem mais aptas para a produção de fenos (CÂNDIDO et al., 2019). Essas variáveis são importantes para o processo de desidratação e o valor nutritivo do feno, pois quanto maior a quantidade de folhas no procedimento de fenação, há uma tendência de melhoria da composição química e favorecimento no processo de perda de água (PINHO, et al., 2013). Além disso, deve-se considerar a transferência de água do caule para as folhas que é um fator que influencia a velocidade de secagem.

Tais peculiaridades das plantas podem tornar o processo menos ou mais eficiente, visto que o rendimento e o tempo de preparo do material têm relação direta com o seu custo de produção ou aquisição.

2.5 ENSILAGEM

A técnica da ensilagem tem o objetivo de realizar a conservação do alimento, e ela compreende o armazenamento da forragem em condições de anaerobiose (ausência de oxigênio) através do desenvolvimento de bactérias produtoras de ácido lático. Durante este processo importantes modificações ocorrem: a diminuição do pH, aumento de temperatura e conteúdo de nitrogênio amoniacal, favorecendo a conservação da massa ensilada (SANTOS et al., 2010), que após a estabilização pode ser armazenada, mantendo o valor nutritivo por longos períodos. Para armazenamento por longos períodos é fundamental garantir a integridade do silo.

De acordo com Andrade Júnior et al. (2014), as características ideais na conservação de forragem na forma de silagem são teores adequados de matéria seca e de carboidratos solúveis, baixa capacidade tamponante (CT) e tamanho de partícula que permita uma boa compactação da massa. Plantas com alta CT, a exemplo das leguminosas, tendem a produzir silagens de menor qualidade devido a perdas no processo fermentativo ocasionadas pela demora no abaixamento do pH, o que retarda a interrupção da atividade proteolítica de enzimas da massa ensilada. Segundo McDonald (1982), silagens com pH inferiores a 4,7 inibem o crescimento de clostrídios e enterobactérias, os quais encontram-se associados a silagens de baixa qualidade.

O poder de compactação varia de acordo com o peso inserido sobre a massa e com a espessura da camada a ser compactada, sendo a formação de camadas mais finas o recomendado, também se recomenda fechar o silo o mais breve possível após a trituração da forragem. Toda parte aérea da planta pode ser aproveitada e quando adequadamente manipulada resultará em uma fermentação desejada, conseqüentemente, em um alimento palatável e o menor volume de perdas possível. As perdas no processo de ensilagem, propriamente dito, se

iniciam na colheita, na moagem/transporte e na confecção dos silos, porém, as maiores perdas acontecem devido à má compactação da massa, resultando em uma fermentação indesejada.

Campos et al. (2017) indicaram que a utilização de silagem ao invés de feno é mais indicada para regiões áridas e semiáridas, uma vez que esta escolha implica em menor necessidade hídrica pelos ruminantes. A conservação de forragens sob a forma de silagem tem sido difundida nestas regiões por meio de instituições de pesquisas e seus parceiros (MACÊDO et al., 2017), devido principalmente ao apelo pela redução do desequilíbrio de oferta de alimentos ao longo do ano na pecuária de ruminantes. No entanto, silagens mal feitas ou contaminadas podem abrigar patógenos que podem reduzir a produção animal, mitigar a segurança e a qualidade dos produtos (carne e leite) e comprometer a saúde animal e humana. Alguns aditivos têm demonstrado capacidade de reduzir a patogenicidade da silagem, evitando assim a disseminação de patógenos na fazenda (QUEIROZ et al., 2018).

Sobre esses aditivos existe uma grande variedade para utilização no preparo de silagens e que atuam em diferentes fases do processo de conservação dos volumosos. De maneira geral, os aditivos são usados para melhorar a recuperação de MS e energia, aumentar a digestibilidade dos nutrientes e permitir maior estabilidade da silagem pós abertura do silo (NOVINSKI, 2018). Algumas das bactérias patogênicas que são frequentemente ou ocasionalmente associadas à silagem são enterobactérias, *Listeria*, *Bacillus* spp., *Clostridium* spp. e *Salmonella*. Segundo Queiroz et al. (2018), os sintomas causados por essas bactérias em vacas leiteiras variam de diarreia leve e ingestão reduzida de ração por *Clostridium* spp. à morte e ao aborto por *Listeria*.

Antes da ensilagem da gliricídia, Silva et al. (2021) sugeriram que seja realizada a técnica do emurchecimento da massa a ser ensilada, por dificultar o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis, através da diminuição do conteúdo de água ou elevação da pressão osmótica, contribuindo também nas perdas por efluentes. Segundo Santos et al. (2010), esse emurchecimento em plantas, como a *Gliricidia sepium* pode reduzir metabólitos secundários, que são fatores antinutricionais da planta à medida que o material é exposto ao sol, estes metabólitos volatilizam.

Leguminosas podem também compor silagens pouco tradicionais, porém, de grande potencialidade, como é o caso da silagem de palma forrageira com gliricídia estudada por Sá et al. (2021), considerada como uma nova tecnologia de convivência com o Semiárido, pode também ser utilizada como reserva estratégica de água, auxiliando na dessedentação dos animais. De acordo com Brito et al. (2020), essa combinação melhora a composição nutricional e os aspectos fermentativos por meio da complementação da palma forrageira (elevada

concentração de carboidratos solúveis) com as leguminosas (altos teores proteicos e de matéria seca).

Apesar dos benefícios do uso de forragens conservadas, não basta dominar as técnicas, a produção e o uso de forragem conservada vai além. É fundamental conhecer o clima da região onde vai se produzir, qual a melhor planta a ser cultivada nessa região, qual técnica de conservação usar, fenação ou ensilagem, idade e as épocas mais propícias para o corte da planta, os fatores que afetam a taxa de secagem da planta (feno) e a sua fermentação (silagem), ter controle sobre as possíveis perdas de material, além de dimensionar corretamente a área de produção, área e localização dos silos, do secador (se for o caso) e o tamanho do galpão de armazenagem do feno, em relação ao rebanho.

3 REFERÊNCIAS

ABOT, A.R.; FARIAS, E.B.; OLIVEIRA, M.V.M.; TORRES, F.E.; OLIVEIRA, D.P.; TEODORO, P.E.; RIBEIRO, L.P. Chemical-bromatological composition of leucaena hay as function of drying and storage times. **Bioscience Journal**, v.32, n.5, p.1450-1457, 2015.

ALMEIDA, P.J.P.; PEREIRA, M.L.A.; AZEVEDO, S.T.; ALVES, E.M.; SOUZA, D.R.; SANTOS, A.B.; PEREIRA, T.C.J.; PEDREIRA, M.S. Fontes energéticas suplementares para ovinos Santa Inês em pastagens de capim urocloa na época seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.12, n.1, p.140-154, 2011.

ALVES, L. **Biomassa e cumarina em acessos de guaco submetidos à redução da radiação ultravioleta e adubação nitrogenada**. Tese 112f (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2017.

ANDRADE JÚNIOR, V.C.; PEREIRA, R.C.; DORNAS, M.F.S.; RIBEIRO, K.G.; VALADARES, N.R.; SANTOS, A.A.; CASTRO, B.M.C. Produção de silagem, composição bromatológica e capacidade fermentativa de ramas de batata-doce emurchecidas. **Horticultura Brasileira**, v.32, n.1, p.91-97, 2014.

ANDRADE, A.P.; SILVA, D.S.; BRUNO, R.L.A.; SILVA, D.L.S.; MELO JUNIOR, J.L.A.; MAGALHÃES, A.L.R.; MELO, F.D.L.A.; MEDEIROS, A.N. Temporal rainfall variability as inductor of the phenology of Brazilian Semiarid species. **Australian Journal of Crop Science**, v.14, p.299-307, 2020.

APOLINÁRIO, V.X.O.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; LIRA, M.A.; FERREIRA, R.L.C.; MELLO, A.C.L.; SANTOS, M.V.F.; SAMPAIO, E.V.S.B.; MUIR, J.P. Tree legumes provide

marketable wood and add nitrogen in warm-climate silvopasture systems. **Agronomy Journal**, v.107, n.5, p.1915-1921, 2015.

ARAÚJO, H.R. **Potencial da gliricídia em consorciação com capim-marandú em substituição a adubação nitrogenada**. Dissertação 76f. (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão-SE, 2014.

ÁVILA, C.L.S.; PINTO, J.C.; TAVARES, V.B.; SANTOS, I.P.A. Avaliação dos conteúdos de carboidratos solúveis do capim Tanzânia ensilado com aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.648-654, 2006.

BAKER, H.G. The evolution of weeds. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.5, p.1-24, 1974.

BAYÃO, G.F.V.; EDVAN, R.L.; CARNEIRO, M.S.S.; FREITAS, N.E.; PEREIRA, E.S.; PACHECO, W.F.; BEZERRA, L.R.; ARAÚJO, M.J. Desidratação e composição química do feno de leucena (*Leucena leucocephala*) e gliricídia (*Gliricidia sepium*). **Revista Brasileira de Saúde de Produção Animal**, v.17, n.3, p.365-373, 2016.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Resolução nº 115**, de 23 de novembro de 2017. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília-DF, 25 dez. 2017. Seção 1, p.26-27-34, 2017.

BRITO, G.S.M.S.; SANTOS, E.M.; ARAÚJO, G.G.L.; OLIVEIRA, J.S.; ZANINE, A.M.; PERAZZO, A.F.; CAMPOS, F.S.; LIMA, A.G.V.O.; CAVALCANTI, H.S. Mixed silages of cactus pear and gliricídia: chemical composition, fermentation characteristics, microbial population and aerobic stability. **Scientific Reports**, v.10, p.1-13, 2020.

CAMPOS, F.S.; CARVALHO, G.G.P.; SANTOS, E.M.; ARAÚJO, G.G.L.; GOIS, G.C.; REBOUÇAS, R.A.; LEÃO, A.G.; SANTOS, S.A., OLIVEIRA, J.S.; LEITE, L.C.; ARAÚJO, M.L.G.; CIRNE, L.G.A.; SILVA, R.R.; CARVALHO, B.M.A. Influence of diets with silage from forage plants adapted to the semi-arid conditions on lamb quality and sensory attributes. **Meat Science**, v.124, p.61-68, 2017.

CAMPOS, F.S.; GOIS, G.C.; VICENTE, S.L.A.; MACEDO, A.; MATIAS, A.G.S. Alternativa de forragem para caprinos e ovinos criados no Semiárido. **Nutritime Revista Eletrônica**, v.14, p.5004-5013, 2017.

CÂNDIDO, M.J.D.; CARNEIRO, M.S.S.; PEREIRA, E.S.; CAVALCANTE, A.C.R.; NEIVA, J.N.M.; MOCHEL FILHO, W.J.E. **Conservação de alimentos para ruminantes**. In:

- XIMENES, J.F.; SILVA, M.S.L.; BRITO, L.T.L. (EE.). Tecnologias de Convivência com o Semiárido Brasileiro. Fortaleza, CE: Banco do Nordeste do Brasil, p.571-632, 2019.
- CAROPRESE, M.; NAPOLITANO, F.; MATTIELLO, S.; FTHENAKIS, G.C.; RIBÓ, O.; SEVI, A. On-farm welfare monitoring of small ruminants. **Small Ruminant Research**, v.135, p.20-25, 2016.
- CAVALCANTI, A.C.; SALIBA, E.O.S.; GANÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M.; BORGES, I.; BORGES, A.L.C.C. Consumo e digestibilidade aparente do feno de *Andropogon gayanus* colhido em três idades diferentes. **Ciência Animal Brasileira**, v.17, n.4, p.482-490, 2016.
- COSTA, J.L.; RESENDE, H. **Produção de feno de gramíneas**. Instrução técnica para o produtor de leite, 2ª ed. Coronel Pacheco: EMBRAPA Gado de leite, p.2, 2006.
- COWLEY, F.C.; ROSCHINSKY, R. Incorporação da leucena aos sistemas de produção caprina. **Tropical Grasslands Forrajes Tropicales**, v.7, n.2, p.173-181, 2019.
- CUARTAS, C.A.; NARANJO, J.F.; TARAZONA, A.M.; MURGUEITIO, E.; CHAR, J.D.; KU, J.; SOLORIO, F.J.X.; FLORES, M.X.; SOLORIO, B.; BARAHONA, R. Contribution of intensive silvopastoral systems to animal performance and to adaptation and mitigation of climate change. **Revista Colombiana de Ciências Pecuárias**, v.27, p.76-79, 2014.
- DRUMOND, M.A.; RIBASKI, J. Espécies arbóreas exóticas de uso múltiplo para o semiárido brasileiro. In: SA, I.B.; SILVA, P.C.G. (EE.). **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, p.243-274, 2010.
- GIANG, N.T.T.; WANAPAT, M; PHESATCHA, K.; KANG, S. Level of *Leucaena leucocephala* silage feeding on intake, rumen fermentation, and nutrient digestibility in dairy steers. **Tropical Animal Health and Production**, v.48, n.5, p.1057-1064, 2016.
- GIULIETTI, A.M.R.M.; HARLEY; L.P.; QUEIROZ, M.R.V.; BOCAGE, A.L.; FIGUEIREDO, M.A. Plantas endêmicas da caatinga. In: SAMPAIO, E.V.S.B.; GIULIETTI, A.M.; VIRGÍNIO, J. (EE.). **Vegetação e flora das caatingas**. Recife: APNE; CNIP, p.103-115, 2002.
- HERRERA, A.M. Potencial de *Gliricidia sepium* (jacq.) Kunth ex Walp. e *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. em sistemas silvipastoris consorciados com capim-braquiária [*Urochloa decumbens* (Stapf) RD Webster]. **Sistemas Agrofloretais**, v.95, n.6, p.1061-1072, 2021.
- HURTATO, D.I.; NOCUA, S.; NARVÁEZ-SOLARTE, W. Valor nutricional de la morera (*Morus* sp.), matarratón (*Gliricidia sepium*), pasto india (*Panicum maximum*) y arboloco

(*Montanoa quadrangularis*) en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*). **Revista de Veterinária e Zootecnia** v.6, p.56–65, 2012.

KRÖNER, A.; MARNET, N.; ANDRIVON, D.; VAL, F. Nicotiflorin, rutin and chlorogenic acid: phenylpropanoids involved differently in quantitative resistance of potato tubers to biotrophic and necrotrophic pathogens. **Plant Physiology and Biochemistry**. v.57, p.23-31, 2012.

LEMOS, A.J.; MORAIS, J.A.S.; SOUZA, S.F.; OLIVEIRA, V.S.; ANDRADE, A.C.S.; SANTOS, A.C.P. Consumo, comportamento ingestivo, desempenho, características de carcaça e rendimento de cortes comerciais de cordeiros em terminação alimentada com feno ou silagem de gliricídia. **Archives of Veterinary Science**, v.25, n.2, p.94-110, 2020.

LEONEL, F.P.; PEREIRA, J.C.; MARCONE, G.C.; MARCO JÚNIOR, P.; LARA, L.A.; SOUSA, D.P.; SILVA, C.J. Consórcio capim-braquiária e soja, produtividade das culturas e características qualitativas das silagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, n.37, p.2031-2040, 2008.

MACEDO, A.J.S.; SANTOS, E.M.; OLIVEIRA, J.S.; PERAZZO, A.F. Produção de silagem na forma de ração à base de palma: **Revista Electrónica de Veterinária**, v.18, n.9, p.1-11, 2017.

MARTINS, J.C.R.; MENEZES, R.S.C.; SAMPAIO, E.V.S.B.; SANTOS, A.F.; NAGAI, M.A. Produtividade de biomassa em sistemas agroflorestais e tradicionais no Cariri Paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.6, p.581-587, 2013.

McDONALD, P. Silage fermentation. **Trends in Biochemical Sciences**, v7, n.5, p.164-166, 1982.

MOLINA, I.C.; CANTET, J.M.; MONTOYA, S.; CORREA, G.A.; BARAHONA, R. Producción de metano *in vitro* de gramíneas tropicales solas y mezcladas con *Leucaena leucocephala* o *Gliricidia sepium*. **CES Medicina Veterinaria Zootecnia**, v.8, n.2 p.15-31, 2013.

MOLINA, I.C.; DONNEY`S, G.; MONTOYA, S.; RIVERA, J.E.; VILLEGAS, G.; CHARÁ, J.; BARAHONA, R. La inclusión de *Leucaena leucocephala* reduce la producción de metano de terneras Lucerna alimentadas com *Cynodon plectostachyus* y *Megathyrsus maximus*. **Livestock Research for Rural Development**, v.27, n.5, article 96, 2015.

MOREIRA, J.N.; VOLTOLINI, T.V.; MOURA NETO, J.B.; SANTOS, R.D.; FRANCA, C.A.; ARAÚJO, G.G.L. Alternativas de volumosos para caprinos em crescimento. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.9, n.3, p.407-415, 2008.

MUCK, R.E.; SHINNERS, K.J. Conserved forage (silage and hay): progress and priorities. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19th. Piracicaba. **Proceedings...** Piracicaba: Brazilian Society of Animal Husbandry, p.753-762, 2001.

MUIR, J.P.; SANTOS, M.V.F.; CUNHA, M.V. Valor de leguminosas endêmicas para produção pecuária em áreas de Caatinga. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.14, n.2, p.564, 2019.

NOVINSKI, C.O. **Respostas de aditivos microbianos em silagens de milho armazenadas sob duas temperaturas durante a fermentação, e avanços no conhecimento da dinâmica de produção e fixação de gases**. Tese 122f. (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2018.

OLIVEIRA NETO, P.M.; CUNHA, M.V.; OLIVEIRA, E.J.; SANTOS, M.V.F.; MOURA, J.G. Dynamics of herbaceous vegetation in caatinga manipulated with grazing exclusion under phosphate fertilization. **Revista Caatinga**, v.31, n.4, p.1027-1039, 2018.

OLIVEIRA, O.F.; SANTOS, M.V.F.; CUNHA, M.V. et al. Botanical composition of Caatinga rangeland and diets selected by grazing sheep. **Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales**, v.4, p.71-81, 2016.

PACHECO, W.F.; CARNEIRO, M.S.S; PINTO, A.P.; EDVAN, R.L.; ARRUDA, P.C.L.; CARMO, A.B.R. Perdas fermentativas de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) com níveis crescentes de feno de gliricídia (*Gliricidia sepium*). **Acta Veterinária Brasília**, v.8, p.155-162, 2014.

PINHO, R.M.A.; SANTOS, E.; BEZERRA, H.F.C.; OLIVEIRA, J.S.; CARVALHO, G.G.P.; CAMPOS, F.S.; PEREIRA, G.A.; CORREIA, R.M. Avaliação de fenos de capim-buffel colhido em diferentes alturas de corte. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.14, n.3, p.437-447, 2013.

QUEIROZ, O.C.M.; OGUNADE, I.M.; WEINBERG, Z.; ADESOGAN, A.T. Silage review: Foodborne pathogens in silage and their mitigation by silage additives. **Journal of Dairy Science**, v.101, n.5, p.4132-4142, 2018.

- RAMIREZ, M.A. **Valor nutricional do feno de *Brachiaria decumbens* em três idades.** 138f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte-MG, 2011.
- RAMOS, J.P.F.; SANTOS, E.M.; SANTOS, A.P.M.; SOUZA, W.H.; OLIVEIRA, J.S.; SILVA, T.C. Ensiling of forage crops in Semiarid regions. **Advances in Silage Production and Utilization**, cap.4, p.65-84, 2016.
- RANGEL, J.H.A.; MUNIZ, E.N.; SOUZA, S.F.; SANTOS, R.D.; PIOVEZAN, U. *Gliricidia sepium*: a promising legume tree for the Brazilian Semiarid zone. **Legume Perspectives**, Embrapa Semiárido (CPATSA), n.17, p.36-38, 2019.
- REIS, R.A.; MOREIRA, A.L.; PEDREIRA, M.S. Técnicas para produção e conservação de fenos de forrageiras de alta qualidade. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2001, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO, p.1-19, 2001.
- RIBEIRO, C.V.C.; KAPLAN, M.A.C. Tendências evolutivas de famílias produtoras de cumarinas em *Angiospermae*. **Química Nova**, v.25, n.4, p.533-538, 2002.
- SÁ, I.B.; SILVA, P.C.G. (EE.) **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação.** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. 402p.
- SÁ, M.K.N.; ANDRADE, A.P.; MAGALHÃES, A.L.R.; VALENÇA, R.L.; CAMPOS, F.S.; ARAÚJO, F.S.; ARAÚJO, G.G.L. Silagem de palma forrageira com *Gliricidia sepium*: alternativa alimentar para o Semiárido. **Research, Society and Development**, v.10, n.2, e27210212473, 2021.
- SANTANA NETO, J.A.; OLIVEIRA, V.S.; LIMA, R.V. Leguminosas adaptadas como alternativa alimentar para ovinos no Semiárido, revisão. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.14, n.2, p.191-200, 2015.
- SANTOS, A.R.R.; SANTOS, C.A.; SANTOS, A.R. As relações de poder no Semiárido nordestino. **Revista Ambivalências**, v.2, n.4, p.151-164, 2014.
- SANTOS, K.C.; MAGALHÃES, A.L.R.; SILVA, D.K.A.; ARAÚJO, G.G.L.; FAGUNDES, G.M.; YBARRA, N.G.; ABDALLA A.L. Potencial nutricional de espécies forrageiras encontradas no Semiárido Brasileiro. **Livestock Science**, v.195, p.118-124, 2017.
- SANTOS, M.V.F.; GÓME CASTRO, A.G.; PEREA, J.M.; GARCÍA, A.; GUIM, A.; PÉREZ HERNÁNDEZ, M. Fatores que afetam o valor nutritivo das silagens de forrageiras tropicais. **Arquivos de Zootecnia**, v.59, p.26, 2010.

- SILVA, H.W.; FAVARIN, S.; SANTOS, A.T.; ARAÚJO, E.B.; GODINHO, A.M.M. Composição química da silagem de gliricídia submetida a diferentes consorciações de ensilagens. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v.10, n.8, p.54610817597, 2021.
- SILVA, I.A.G.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; MELO, A.C.L.; CUNHA, M.V.; SANTOS, M.V.F.; APOLINÁRIO, V.X.O.; FREITAS, E.V. Leguminosa arbórea melhora o desempenho do gado em sistema silvipastoril. **Agronomy Journal**, v.113, p.358-269, 2021.
- SILVA, M.S.J.; JOBIM, C.C.; NASCIMENTO, W.G.; FERREIRA, G.D.G.; SILVA, M.S.; TRÊS, T.T. Estimativa de produção e valor nutritivo do feno de estilosantes cv. Campo Grande. **Ciências Agrárias**, v.34, n.3, p.1363-1380, 2013.
- SIMIONI, T.A.; GOMES JUNIOR, F.; TEIXEIRA, U.H.G.; FERNANDES, G.A.; BOTINI, L.A.; MOUSQUER, C.J.; HOFFMANN, A. Potencial de consórcio de gramíneas forrageiras e leguminosas em pastagens tropicais. **PUBVET**, v.8, n.13, 2014.
- SIMONS, A.J.; STEWART, J.L. *Gliricidia sepium* a multipurpose forage tree legume. In: GUTTERIDGE, R.C.; SHELTON, H.M. (EE.). Forage tree legumes in tropical agriculture. CAB International. Wallingford, p.30-48, 1994.
- URIBE, X.G.; BOLIVAR, D.M.; ROSENSTOCK, T.S.; BOTERO, I.C.M.; CHIRINDA, N.; BORAHANA, R.; ARANGO, J. Qualidade nutricional, ingestão voluntária e emissões entéricas de metano de dietas à base de novel cayman grass e suas associações com duas leguminosas arbustivas de *Leucaena*. **Frontiers in Veterinary Science**, v.7, 2020.
- VOLTOLINI, T.V.; SANTANA, S.R.A.; ANTUNES, G.R.; ARAÚJO, G.G.L. **Alternativas alimentares para os rebanhos**. In: VOLTOLINI, T.V.; MELO, R.F. (EE.). Agricultura familiar dependente de chuva no Semiárido: EMBRAPA. Brasília, p.229-262, 2019.

4 OBJETIVOS

4.1 GERAL

Avaliar os efeitos da conservação (fenação e ensilagem) sobre a composição química e as características da fermentação *in vitro* em comparação com forragem fresca (*in natura*) das espécies forrageiras exóticas ao Semiárido brasileiro leucena (*Leucaena leucocephala* Lam.) e gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.).

4.2. ESPECÍFICOS

- ✓ Determinar a composição químico-bromatológica dos alimentos e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS);
- ✓ Determinar os fenóis totais e quantificar os taninos;
- ✓ Determinar o fracionamento da proteína bruta e estimar as frações dos carboidratos;
- ✓ Estimar a degradação ruminal e a digestibilidade intestinal da proteína;
- ✓ Estimar a produção total de gases e a concentração de metano (CH₄);
- ✓ Estimar a degradabilidade verdadeira da matéria orgânica (DVMO);
- ✓ Estimar o fator de partição (FP);
- ✓ Estimar o pH, a concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e a contagem de protozoários.

CAPÍTULO 1

Composição químico-bromatológica de leguminosas forrageiras exóticas ao Semiárido brasileiro, *in natura* e conservadas para a alimentação de ruminantes

Composição químico-bromatológica de leguminosas forrageiras exóticas ao Semiárido brasileiro, *in natura* e conservadas para a alimentação de ruminantes

RESUMO:

Conforme a classificação de Köppen, o clima predominante do Semiárido brasileiro é tipo BSw'h', tropical seco com evaporação elevada, excedendo a precipitação que tem distribuição irregular, concentra-se em três a quatro meses o que provoca ao longo do ano uma produção e qualidade de forragem variante, fazendo com que a produtividade animal, em especial de ruminantes seja comprometida. O cultivo das leguminosas exóticas gliricídia e leucena tem sido bastante recomendado nos últimos anos, por suas adaptações às características edafoclimáticas do Semiárido brasileiro, podendo ser usadas frescas ou conservadas. Assim, objetivou-se estimar o valor nutricional *in natura* e conservadas nas formas de silagens e fenos das duas espécies forrageiras: gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.) e leucena (*Leucaena leucocephala* Lam.), a partir da composição química, do fracionamento dos carboidratos e proteínas, dos parâmetros de degradação e fermentação ruminal, da digestibilidade *in vitro* da matéria seca e da degradação ruminal e pós-rúmen da proteína. As amostras foram coletadas, em quatro repetições por espécie, no campo experimental da Caatinga, pertencente a Embrapa Semiárido, no município de Petrolina-PE. O fracionamento dos carboidratos e proteínas foi realizado com base no Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS). A avaliação da degradação da matéria orgânica e dos produtos da fermentação ruminal foi realizada por meio da técnica *in vitro* semiautomática de produção de gases. A degradabilidade ruminal e digestibilidade intestinal da proteína foram estimadas por meio da técnica dos três estágios. Os resultados mostraram que as leguminosas gliricídia e leucena apresentam elevada digestibilidade, toda via, a intensidade do efeito da conservação sobre a digestibilidade *in vitro* depende do tipo de conservação e da espécie de leguminosa. Houveram mais mudanças nas características nutricionais das silagens do que nos fenos em relação à forragem *in natura* em ambas as leguminosas. As silagens apresentaram maiores teores de extrato etéreo, melhor fator de partição e maior quantidade de nitrogênio não proteico ($P>0,05$). As frações nitrogenadas de alta e média degradação ruminal foram observadas em maiores concentrações nos fenos, que também apresentaram os maiores teores de carboidratos prontamente fermentáveis no rúmen, o que gerou maior produção de gases ($P>0,05$). Os fenos se destacaram como fontes de proteína protegida da degradação ruminal e disponível no intestino.

Palavras-chave: digestibilidade. fracionamento. feno. silagem. metano. taninos.

Chemical-bromatological composition of forage legumes exotic to the Brazilian Semi-arid region, *in natura* and preserved for ruminant feeding

ABSTRACT:

According to the Köppen classification, the predominant climate of the Brazilian Semi-arid region is type BSw'h', dry tropical with high evaporation, exceeding rainfall, which has an irregular distribution, concentrated in three to four months, which causes production throughout the year. and variable forage quality, causing animal productivity, especially of ruminants, to be compromised. The cultivation of the exotic legumes gliricidia and leucena has been highly recommended in recent years, due to their adaptations to the edaphoclimatic characteristics of the Brazilian Semi-arid region, and can be used fresh or preserved. Thus, the objective was to estimate the nutritional value *in natura* and preserved in the forms of silages and hays of the two forage species: gliricidia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.) and leucena (*Leucaena leucocephala* Lam.), from the chemical composition, fractionation of carbohydrates and proteins, rumen degradation and fermentation parameters, *in vitro* dry matter digestibility and rumen and post-rumen protein degradation. The samples were collected, in four replications per species, in the experimental field of Caatinga, belonging to Embrapa Semiárido, in the city of Petrolina-PE. Carbohydrate and protein fractionation was performed using the Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS). The evaluation of the degradation of organic matter and ruminal fermentation products was carried out using the semi-automatic *in vitro* technique of gas production. Ruminal degradability and intestinal protein digestibility were estimated using the three-stage technique. The results showed that the legumes gliricidia and leucaena present high digestibility, however, the intensity of the conservation effect on the *in vitro* digestibility depends on the type of conservation and the legume species. There were more changes in the nutritional characteristics of silages than hays in relation to fresh forage in both legumes. The silages showed higher levels of ether extract, better partition factor and higher amount of non-protein nitrogen ($P>0.05$). The high and medium rumen degradation nitrogen fractions were observed in higher concentrations in the hays, which also presented the highest levels of readily fermentable carbohydrates in the rumen, which generated higher gas production ($P>0.05$). Hays can be considered as sources of protein protected from ruminal degradation and available in the intestine.

Key words: digestibility. fractionation. hay. methane. silage. tannins.

1. INTRODUÇÃO

O clima predominante na região semiárida nordestina é tipo BSw'h', conforme a classificação de Köppen, ou seja, tropical seco com a evaporação elevada excedendo a precipitação, que se situa entre de 500 a 800 mm, com o período chuvoso concentrado em três a quatro meses, em decorrência, a oferta quantitativa e qualitativa dos recursos forrageiros, e a produtividade animal, em especial de ruminantes, por vezes é comprometida. As limitações de oferta de nutrientes podem ser contornadas de diversas maneiras, entre elas: o enriquecimento da caatinga com espécies vegetais nativas e/ou adaptadas de alto potencial forrageiro; formação de pastos cultivados com forrageiras adaptadas às condições locais; suplementação alimentar (com misturas múltiplas, restos culturais e agroindustriais); utilização de forragem conservada; uso de leguminosas (banco de proteínas) (ANDRADE et al., 2010).

O cultivo das leguminosas gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.) e leucena (*Leucaena leucocephala* Lam.) para a alimentação de ruminantes na região do Semiárido brasileiro tem sido bastante recomendado nos últimos anos por ser uma fonte econômica de proteína para a produção animal e também pela adaptação às características edafoclimáticas da região. Ambas espécies são facilmente encontradas Nordeste do Brasil, representam excelentes alternativas nutricionais e desempenham serviços ambientais valiosos, característicos de leguminosas, como entrada de nitrogênio via fixação biológica (FBN) e recuperação de áreas degradadas. As suas formas de utilização são: conservadas, formação de bancos de proteínas e em sistema silvipastoril (SANTANA NETO et al., 2015).

Segundo Carvalho Filho et al. (1997), a gliricídia apresenta em sua composição bromatológica médias de 20,7% de proteína bruta, 51,8% de DIVMS e 53,3% de FDN. Em trabalho feito por Martins et al. (2013), a espécie alcançou uma produtividade média anual de matéria seca de 1.910 kg ha e segundo Herrera et al. (2021), atinge em sistema silvipastoril o desenvolvimento estável aos 5,5 a 7 anos após o estabelecimento. Em avaliações bromatológicas das folhas e hastes da leucena, foram estimados os teores de proteína bruta entre 28,2% e 27,7% (MOLINA et al., 2013) e (CUARTAS et al., 2014), e DIVMS da ordem de 65 a 75% (SALVIANO, 1984), demonstrado por Voltoline et al. (2019) em densidade de cultivo de 20 mil plantas por hectare, que atingiu o rendimento de 7,50 t MS.ha⁻¹.ano⁻¹.

Contudo, para que se possa utilizar de forma adequada qualquer ingrediente para alimentação animal, faz-se necessária sua caracterização, com o conhecimento da sua composição química, aceitação pelos animais e possíveis efeitos sobre a fermentação ruminal (SANTOS et al., 2017).

Objetivou-se avaliar a composição química, o fracionamento dos carboidratos e proteínas, os parâmetros de degradação e fermentação ruminal, a digestibilidade *in vitro* da matéria seca e a degradabilidade ruminal e digestibilidade pós-rúmen da proteína, das espécies forrageiras exóticas ao Semiárido brasileiro: leucena e gliricídia na forma de forragem fresca (*in natura*) e conservadas nas formas de feno e silagem.

2. MATERIAL E METODOS

As amostras dos alimentos foram coletadas no campo experimental da Caatinga, pertencente a Embrapa Semiárido, localizada no município de Petrolina-PE (09°09' S, 40°22' W, 365,5m), cujo clima é classificado segundo Köopen como BSw^h' (Tropical Semiárido, quente e seco), com chuvas concentradas no verão, sendo que as maiores precipitações ocorrem entre janeiro e março (Alvares et al., 2013). No município, a estação seca se inicia em maio e se prolonga até dezembro, enquanto as menores precipitações são verificadas nos meses de setembro e outubro. A precipitação acumulada nos doze meses que antecederam as coletas foi de 301,9 mm (Figura 1), com média mensal de 25,2 mm e a temperatura média do período foi de 26,2°C.

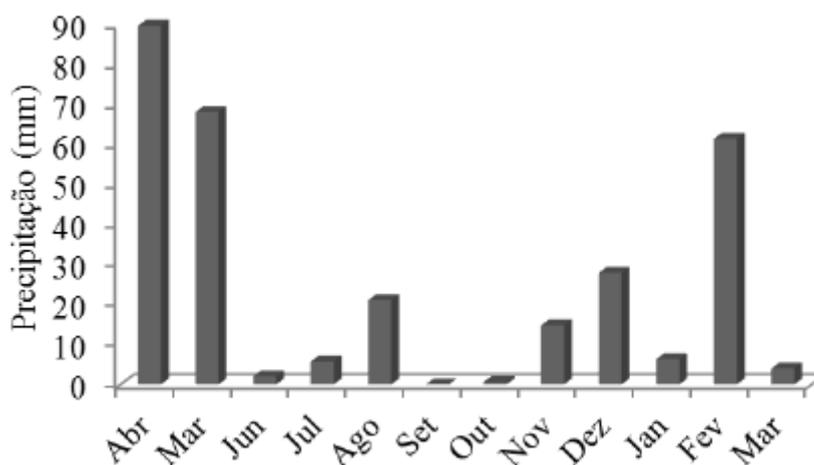


Figura 1 – Médias de precipitação pluviométrica mensal na estação experimental da Embrapa Semiárido em Petrolina-PE, no período de coleta dos materiais amostrais.

Foram avaliadas as espécies forrageiras leucena (*Leucaena leucocephala* Lam.) e gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.), as amostras foram coletadas aleatoriamente, de forma manual, em quatro repetições por espécie, sendo cada repetição constituída de subamostras de três plantas. Para amostragem de cada planta em ambas as espécies, foram coletados ramos com até 5mm de diâmetro, constituídos de folhas e colmos.

Após a coleta, todas as amostras foram desintegradas em picadora estacionária, uniformizadas e separadas para pré-secagem em estufa (forragem *in natura*) ou conservação nas formas de feno e silagem. Para a fenação das forrageiras, os materiais foram expostos ao ar livre em pleno sol por cerca de dez horas, espalhados em camadas de 4 a 5cm sobre lona plástica e revolvidos a cada duas horas, aproximadamente. Os fenos foram colocados em sacos previamente identificados, para posterior moagem.

Para confecção das silagens, foram utilizados oito mini silos experimentais feitos com canos de PVC (60cm de altura e 10cm de diâmetro), os quais permaneceram em local coberto, em temperatura ambiente, até o momento da abertura. Inicialmente, cada silo foi pesado para que, por diferença de peso, fosse obtido o peso da massa ensilada. Em cada silo, foram colocados aproximadamente 3,65kg de material, com o objetivo de se obter a densidade aproximada de $550\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$. A compactação foi feita manualmente com auxílio de soquete de madeira e, ao término do preenchimento do volume dos silos, estes foram fechados com tampas plásticas dotadas de válvula de Bünsen para escape de gases, as quais foram lacradas com cola de silicone e fita adesiva.

Após 60 dias de armazenamento, as perdas gasosas foram quantificadas segundo a metodologia proposta por Siqueira et al. (2010). Em seguida, os silos foram abertos e todo o conteúdo foi retirado e colocado sobre lona plástica para homogeneização. Após esse procedimento, foram retiradas amostras de cada unidade experimental. Uma amostra foi utilizada para extração da fase aquosa por meio de prensa hidráulica, sendo utilizados aproximadamente 50mL para quantificação do pH em pHmetro digital, previamente calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0. As perdas gasosas estimadas foram 65,2 e 49,4 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ e os valores médios de pH de 4,61 e 4,95 foram quantificados para as silagens de gliricídia e leucena, respectivamente.

2.1. COMPOSIÇÃO QUÍMICA

A determinação da composição química e os ensaios *in vitro* foram realizados no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) da Universidade de São Paulo (USP) em Piracicaba-SP, com às técnicas utilizadas de acordo com a Comissão Interna de Ética ambiental na Experimentação, bem como com a Comissão Interna de Ética em Experimentação com Animais. O fracionamento dos carboidratos e das proteínas foi realizado no Laboratório de Nutrição Animal da UAG/UFRPE.

As amostras foram pré-secas em estufa com ventilação forçada de ar a 55°C para determinação da composição química e a 45°C para determinação dos fenóis totais e taninos.

Posteriormente, foram moídos em moinho de facas tipo Willey com peneira com crivos de 1 mm de diâmetro para a determinação da composição química, ensaios de produção de gases e para a determinação da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e com peneira de 2 mm para determinação da degradabilidade ruminal.

Os teores de matéria seca (MS) foram estimados a partir da secagem em estufa a 105°C por 24 h (AOAC, 1995/ 930.15). A matéria mineral (MM) e matéria orgânica (MO) foram obtidas após a queima das amostras a 600°C por 3 horas (AOAC, 1990/ 942.05). O teor de nitrogênio foi estimado pelo método de Kjeldahl (AOAC, 1995/ 954.01), sendo o teor de proteína bruta calculado pelo fator 6,25 x N. O extrato etéreo (EE) foi quantificado por extração em éter etílico no extrator ANKOM XT10 (ANKOM Technology Corporation®, Macedon, NY, USA).

Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram estimados segundo metodologia proposta por Van Soest et al. (1991), adaptada por Mertens (2002), no aparelho determinador de fibra Tecnal®, modelo TE-149. Subsequentemente foi obtido o teor de FDN corrigido para cinzas e proteína (FDNcp), conforme descrito pela AOAC (1990/ 942.05) e Licitra et al. (1996), respectivamente. Para determinação da lignina em detergente ácido (LDA) foi feita a solubilização da celulose com ácido sulfúrico a 72%, segundo metodologia proposta por Van Soest et al. (1991) e as frações de hemicelulose (HEM) e celulose (CEL) foram estimadas pelas equações: $HEM = FDN - FDA$; $CEL = FDA - LIG$.

Para determinação dos fenóis totais (FT), as amostras foram moídas em peneira com crivos de 0,25 mm e analisados através do método Folin-Ciocalteu, Makkar (2003). Os taninos totais (TT) foram determinados como a diferença entre a concentração de FT antes e após o tratamento com polyvinyl polypyrrolidone (PVPP) conforme Makkar et al. (1993) e os taninos condensados (TC) através do método butanol-HCl (MAKKAR, 2003).

2.2 FRACIONAMENTO

As frações dos carboidratos foram estimadas conforme Sniffen et al. (1992), onde carboidratos totais (CHOT) = 100 - (PB + EE + MM), sendo as suas frações: carboidratos fibrosos (CF), considerados como sendo a FDNcp; carboidratos não-fibrosos (CNF) e frações A + B1 obtidos pela subtração da FDNcp dos CHOT; a fração C = $FDN \times 0,01 \times LIG \times 2,4$ e a fração B2, ou seja, fração disponível da fibra, obtida pela diferença entre a FDNcp e a fração C.

A proteína bruta foi particionada em cinco frações, também conforme suas taxas de degradação (Sniffen et al., 1992 modificado por Licitra et al., 1996). Os teores de nitrogênio não-proteico (NNP), ou seja, a fração A; o nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e

o nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) foram determinados conforme metodologia descrita por Licitra et al. (1996). A fração (A) foi obtida pela diferença entre o nitrogênio total e o nitrogênio insolúvel (residual) em ácido tricloroacético (10%). A fração B1 + B2 foi obtida através da expressão: $B1 + B2 = 100 - (A + B3 + C)$; a fração B3 foi obtida pela diferença entre o NIDN e o NIDA e a fração C foi considerada como o NIDA.

2.3 PRODUÇÃO DE GASES: PREPARO DAS AMOSTRAS E DOS INÓCULOS

Para a predição da degradação da matéria orgânica (DMO), degradação verdadeira da matéria orgânica (DVMO) e produtos resultantes da fermentação ruminal foi utilizada a técnica *in vitro* semiautomática de produção de gases, proposta por Maurício et al. (1999) e adaptada por Bueno et al. (2005).

O meio nutritivo utilizado foi obtido a partir de soluções de micro e macrominerais, soluções tampão, redutora e indicadora, sendo continuamente saturado com CO₂ e mantido a 39°C até utilização, segundo Theodorou et al. (1994). Para coleta do líquido ruminal, foram utilizados quatro ovinos Santa Inês, adultos, com peso corporal médio de 65±2,5kg, fistulados e canulados no rúmen, os quais foram alimentados em pastagens de gramíneas tropicais e com suplementação dietética contendo feno de capim Tifton-85, fubá de milho e farelo de soja, além da oferta *ad libitum* de água e mistura mineral.

Foram coletadas amostras das frações sólida e líquida do conteúdo ruminal separadamente, sendo essas mantidas sob condições de temperatura adequada (39°C) e anaerobiose. Em seguida, foi feita a homogeneização das frações na proporção 1:1 v/v com inoculação de CO₂ até o momento da incubação (BUENO et al., 2005). Cada repetição de cada espécie forrageira foi incubada com dois inóculos diferentes e para cada inóculo foram utilizados dois animais como doadores, a fim de se anular o efeito individual do animal.

No preparo das amostras, foram pesados aproximadamente 0,5g que foram colocados em sacos de filtro F57 (ANKOM Technology Corporation®, Macedon, NY, USA), conforme descrito pelo Lethbridge Research Center (2011) e acondicionados em frascos de vidro com capacidade total de 160mL (head space = 85mL). Posteriormente, 50mL de meio nutritivo, 25mL de inóculo ruminal e CO₂ foram adicionados nos frascos (BUENO et al., 2005), vedados com rolhas de borracha, agitados manualmente e incubados em estufa com circulação forçada de ar a 39°C durante 24 horas. Em cada ensaio foram incubados dois frascos, considerados brancos, contendo inóculo ruminal, meio nutritivo e o saco de filtro sem amostra (para correção dos dados) e dois frascos utilizados como controle, contendo amostra de feno de capim Tifton

85 (*Cynodon* spp.), padrão interno do LANA/CENA-USP, com perfil da produção de gases conhecido.

2.4 PRODUÇÃO DE GASES E METANO (CH₄)

As leituras dos gases produzidos foram realizadas às 4, 8, 12 e 24 horas de incubação, com medidor de pressão (Pressdata[®] 800, LANA/CENA-USP, Piracicaba/SP), e o volume de gases estimado pela equação $V = p \times 7,365$, definida para as condições laboratoriais ($n = 500$; $r^2 = 0,99$; ARAÚJO, 2011), sendo: V = volume de gases (mL) e p = pressão mensurada (psi).

Em cada leitura realizada nos intervalos de incubação supracitados, foram coletados 2,5mL de gás, por meio de seringa de 5mL (Becton Dickson Indústria Cirúrgica Ltda, Curitiba, Brazil), totalizando aproximadamente 10mL e armazenados em tubos *Vacutainer*[®]. Após cada tempo de leitura, a pressão interna nos frascos foi eliminada, sendo estes agitados e colocados na estufa novamente.

As concentrações de CH₄ foram quantificadas a partir da injeção de 1 mL dos gases, previamente armazenados nos tubos *Vacutainer*[®], em cromatógrafo gasoso (Shimadzu[®] GC2014, Tokyo, Japan), com detector a 240°C e coluna micro empacotada Shincarbon[®] ST 100/120 em temperatura de 60°C. Para obtenção da curva de calibração, foram injetadas concentrações conhecidas de mistura padrão de CH₄ e CO₂ (LONGO et al., 2006). As concentrações de CH₄ foram obtidas por meio da expressão: CH₄ (mL) = (total de gases produzidos, mL + headspace, 85mL) × concentração de CH₄, mL.mL⁻¹. Tanto a produção total de gás quanto a produção de CH₄ foram expressas em mL.g⁻¹ de matéria orgânica incubada (MOI) e em mL.g⁻¹ de matéria orgânica verdadeiramente degradada (MOVD), sendo os valores corrigidos com o branco (LONGO et al., 2006).

Para determinação da matéria orgânica verdadeiramente degradada (MOVD), após a retirada dos gases para determinação do CH₄, ao final das leituras, os sacos de filtro foram retirados dos frascos, lavados em água corrente e tratados com solução detergente neutro conforme procedimentos descritos por Van Soest et al. (1991) para análise da FDN. Em seguida, os sacos de filtro foram mantidos em estufa a 105°C por 24 horas. Posteriormente, os sacos foram pesados e acondicionados em cadinhos de porcelana e, então levados a mufla para incineração a 550°C por 4 horas e, finalmente pesados.

O fator de partição (FP) foi determinado pela relação entre a MOVD (mg) e a produção de gases (mL), de acordo com Blümmel et al. (1997), o qual foi avaliado como indicativo de eficiência da síntese microbiana.

Do conteúdo de cada frasco, foram coletadas amostras para determinação do pH, nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e contagem de protozoários. Para determinação da concentração de N-NH₃, foram transferidos 20 mL do conteúdo dos frascos para recipientes plásticos, os quais foram utilizados para aferir o pH em pHmetro e, em seguida, mantidos a -10°C. Posteriormente, as amostras foram analisadas em aparelho micro-kjeldahl, utilizando-se tetraborato de sódio (5%) e ácido bórico (20%) para destilação e titulação com H₂SO₄ (0,05N), conforme recomendado por Preston (1995).

Para contagem dos protozoários, 2 mL do fluido ruminal presente nos frascos foram misturados com 2 mL da solução methyl green–formaldehyde–saline (MFS), que contém 3,5% (v/v) formaldeído, 8 g NaCl l21 and 0,6 g de methyl green l21 (Sigma–Aldrich®). Posteriormente, aproximadamente 10 µL da amostra foram carregados na câmara de Neubauer e a contagem realizada em microscópio óptico com objetiva 45x/.66 (DEHORITY, 1993). A contagem dos protozoários foi feita em quadruplicata e a média dos valores foi utilizada para a análise dos dados.

2.5 DETERMINAÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS DE CADEIA CURTA (AGCC)

Após o término das incubações, foram coletadas amostras de líquido ruminal (2mL) de cada frasco incubado, as quais foram congeladas para posteriores análises para determinação das concentrações de AGCC. Os AGCC foram determinados de acordo com o método proposto por Palmquist e Conrad (1971), usando cromatógrafo a gás (HP® 5890 Series II/integrador HP® 3396 Series II). O ácido 2-etilbutírico (Sigma-Aldrich®) foi usado como padrão interno e uma mistura de AGCC com concentrações conhecidas foi usada como padrão externo para calibração do integrador.

2.6 DIGESTIBILIDADE *IN VITRO* DA MATÉRIA SECA (DIVMS)

Para a determinação da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), foi utilizada a metodologia do fermentador ruminal DAISY II (ANKOM Technology Corporation®, Fairport, NY), descrito por Holden (1999). O inóculo foi obtido dos mesmos animais doadores para a produção de gases (PG), sendo utilizado apenas um inóculo, proveniente de dois animais, com todas as repetições incubadas simultaneamente. A coleta do líquido ruminal e os procedimentos de preparo do inóculo foram realizados da mesma forma que foi descrita para a PG.

A solução tampão (composta pela solução A e B) foi preparada em recipientes pré-aquecidos (39°C). A solução A (g/L) composta por: 10 g KH₂PO₄; 0,5 g MgSO₄.7H₂O; 0,5 g NaCl; 0,1 g CaCl₂.2H₂O e 0,5 g ureia, e a solução B (g/100 mL): 15 g Na₂CO₃; 1 g Na₂S.9H₂O

foram misturadas adicionando-se cerca de 266 mL de solução B para 1.330 mL de solução A (relação 1:5) para cada jarro do fermentador DAISY II, obtendo-se pH final de 6,8 e temperatura de 39°C.

Todas as amostras foram pesadas em duplicata (0,25 g de amostra) em saco de filtro F57 (ANKOM®) e selados a quente. Em seguida, foram distribuídos 25 sacos de filtro em cada jarro do fermentador ruminal, sendo que dois deles continham amostra padrão (feno de Tifton-85 com DIVMS conhecida) e um dos sacos não continha amostra, sendo considerado branco. Em sequência, foram adicionados 400 mL de inóculo ruminal e 1.600 mL de solução tampão em cada jarro, procedendo-se a incubação por 48 horas, a temperatura de 39°C. No segundo estágio da incubação, foi adicionado cerca de 40 mL de HCl a 6 N e 8 g de pepsina (Vetec® 1:10000) em cada jarro, mantendo-se o pH da solução entre 2,0 a 3,5 e a temperatura a 39°C por mais 24 horas (HOLDEN, 1999).

Ao término da incubação, as soluções contidas nos jarros foram drenadas e os sacos foram lavados nos próprios jarros até que a água ficasse limpa. O gás contido nos sacos foi removido com delicada pressão manual sobre os mesmos. Em seguida, os sacos foram colocados em estufa a 105°C por 12 horas e, por fim, pesados. O coeficiente de digestibilidade *in vitro* da MS foi calculado pela diferença do alimento incubado e pelo resíduo, após a incubação, com a fórmula: $DIVMS = ((MS \text{ do alimento incubado} - MS \text{ do resíduo}) / MS \text{ do alimento incubado}) \times 100$.

2.7. Degradabilidade ruminal e digestibilidade intestinal da proteína

A degradabilidade ruminal e digestibilidade intestinal da proteína foram estimadas por meio da técnica dos três estágios, descrita por Calsamiglia e Stern (1995). Foram pesados cerca de 4 g de cada amostra em sacos de nylon (14 cm x 7 cm; com porosidade de 520 mm), os quais foram incubados no fermentador *in vitro* DAISY II (Tecnal® incubador *in vitro*, modelo TE-150) durante 16 horas a 39°C, seguindo os mesmos procedimentos da DIVMS para obtenção e preparo do inóculo. Após o término da incubação, os sacos foram lavados em água corrente por uma hora, lavados em máquina de lavar por 2 horas, depois mantidos em freezer por 24 horas e lavados novamente por mais 2 horas. Em seguida, os sacos foram secos a 55°C em estufa com ventilação forçada de ar por 48 horas e pesados. Os sacos foram abertos para retirada de cerca de 0,1 g do resíduo para determinação do N nos resíduos. A proteína degradável no rúmen (PDR) foi calculada pela equação: $PDR = \text{Proteína da dieta} - \text{Proteína do resíduo} / \text{Proteína da dieta} \times 100$ e a proteína não degradável no rúmen (PNDR) foi calculada pela diferença entre a proteína da dieta e a PDR.

Posteriormente, 0,5 g do resíduo foram pesados e adicionados em frascos de vidro, sendo incubado com 10 mL da solução de pepsina-HCl, contendo 1 g/L, durante 1 hora (pH = 1,9); em seguida, foi adicionado 0,5 mL de uma solução de NaOH (1N) e 13,5 mL de solução de pancreatina (3 g/L; pH 7,8) durante 24 horas à 39°C. Após o término da incubação, foram adicionados 3 mL de ácido tricloroacético (TCA 100%) em cada amostra, que permaneceu em repouso por 15 minutos e posterior centrifugação em centrífuga refrigerada a 10.000 x g por 15 minutos. Logo após, 2 mL do sobrenadante foram retirados e transferidos para tubos de digestão para quantificação do N pelo método Kjeldahl (AOAC, 1995/ 954.01), obtendo-se, assim, a digestibilidade intestinal da proteína.

2.8. Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo procedimento PROC GLM, separadamente para cada leguminosa, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade, por meio do programa estatístico SAS, 2002 (Statistical Analysis System, versão 9.0), considerando o seguinte modelo: $Y_{ijk} = \mu + f_j + \varepsilon_{ijk}$

Em que: Y_{ijk} = observações, μ = média da população, f_j = efeito da forma de conservação (*in natura*, feno e silagem) e ε_{ijk} = erro residual.

Para o ensaio de produção de gás e parâmetros de fermentação ruminal o modelo usado foi: $Y_{ijk} = \mu + f_j + \beta_j + \varepsilon_{ijk}$

Onde: Y_{ijk} = observação, μ = média da população, f_j = efeito da forma de conservação, β_j = efeito do inóculo e ε_{ijk} = erro residual.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 GLIRICÍDIA

Nesse estudo, em relação aos teores de matéria seca (MS), o feno apresentou maior teor ($P > 0,05$) quando comparado à forragem *in natura* e ensilada (Tabela 1). O maior teor de MS do feno se deve a própria técnica de conservação, que remove acima de 80% da umidade do material, com a desidratação superior à técnica de ensilagem. A conservação de alimentos na forma de silagem permite que o alimento conservado mantenha elevada umidade. Os valores de MS variaram de 233,4 a 942,4 g.kg⁻¹ de matéria natural.

O método de conservação afetou todos os parâmetros da composição química ($P < 0,05$), exceto a matéria orgânica e matéria mineral. A silagem de gliricídia apresentou maior o teor de proteína (PB); extrato etéreo (EE); taninos totais e fenóis totais, enquanto o feno apresentou

maior teor de carboidratos não-fibrosos (CNF). O teor de PB da gliricídia *in natura* observado foi 174,9 g.kg⁻¹ MS, semelhante à encontrada por Molina et al. (2019), que foi 170,3 g.kg⁻¹ MS.

Conhecer a disponibilidade da proteína se torna indispensável na formulação de rações. Os altos teores de proteína associada à FDN (PIDIN) e a FDA (PIDA) na forragem *in natura* da gliricídia representam parte da PB que apresenta lenta degradação ruminal e parte da PB que se encontra indisponível, respectivamente, sendo a disponibilização da primeira influenciada pela taxa de passagem. Assim, os métodos de conservação afetaram positivamente a disponibilidade de PB.

O maior teor de EE foi observado na silagem, com 87,6 g.kg⁻¹ MS, superior ao feno e à forragem *in natura*. O conhecimento do teor de extrato etéreo é relevante na análise de alimentos, pois constitui a fração de maior energia dos alimentos, fornecendo, em média, 2,25 vezes mais energia que os carboidratos (SILVA E QUEIROZ, 2002).

O conteúdo de fibra em detergente ácido (FDA) foi maior forragem *in natura*, intermediária no feno e menor na silagem (P<0,05) e nesta, o teor de lignina em detergente ácido (LDA) também foi menor. A lignina é um constituinte da célula vegetal de baixa ou nula digestibilidade e influencia a digestibilidade da MS, da celulose e hemicelulose (WANDERLEY et al., 2012). Portanto, quanto menor o valor para essa variável melhor, essa hipótese se confirma quando observados os valores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), com os menores valores encontrados quando associados a elevação do teor de lignina no alimento, a lignina exerce papel de proteção sobre os componentes polissacarídeos da parede celular, promovendo rigidez e resistência física, bem como tornando a parede hidrofóbica e impermeável (JUNG e ALLEN, 1995), impedindo a aderência dos microrganismos e a hidrólise enzimática da celulose e hemicelulose, limitando a digestibilidade.

Nas proporções de hemicelulose, a silagem apresentou a maior concentração (165,0 g.kg⁻¹ MS), os métodos de conservação não apresentarão diferenças em relação ao teor de celulose sendo 299,8 g.kg⁻¹ MS para o feno e 270,1 g.kg⁻¹ MS para a silagem, e foram inferiores ao teor encontrado para a forma *in natura*, que foi de 347,1 g.kg⁻¹ MS.

As maiores concentrações de fenóis totais e taninos totais foram encontrados para a silagem, o teor de taninos condensados não diferiu entre as formas. Os efeitos provocados pelos taninos condensados dependerão da sua concentração no alimento (PEREIRA et al., 2018). A gliricídia apresentou níveis baixos de taninos condensados. Estes resultados evidenciam características de uma forrageira tropical de boa qualidade nutricional com alto potencial para ser utilizada na nutrição de ruminantes nas regiões avaliadas, sendo uma importante fonte alimentar para os animais principalmente na época seca do ano. Segundo Muir (2011), é entre

20 e 80 g TC.kg⁻¹ da dieta total, sendo considerado um nível moderado que não prejudica o desempenho, e garante benefícios como a proteção de proteínas da degradação microbiana no rúmen, aumentando conseqüentemente a absorção de aminoácidos vegetais no intestino, representando uma possível alternativa aos pequenos produtores das regiões do estudo, especialmente quando a qualidade da ração é limitante (MUIR et al., 2014).

Tabela 1 – Composição química da gliricídia *in natura* e conservada

Item	<i>in natura</i>	feno	silagem	EPM	P-valor
Matéria seca ¹	233,4b	942,4a	235,9b	100,61	<.0001
Matéria mineral ²	68,2	63,6	67,0	0,904	0,093
Matéria orgânica ²	931,8	936,3	932,9	0,904	0,093
Extrato etéreo ²	77,9b	66,7b	87,6a	2,999	0,002
Proteína bruta ²	174,9b	177,7b	189,3a	46,50	<.0001
FDN ^{2,3}	510,4a	458,5b	497,9ab	10,43	<.0001
FDNcp ^{2,4}	416,4a	364,5b	417,1a	9,547	<.0001
FDA ^{2,5}	436,2a	379,4b	332,9c	38,47	<.0001
LDA ^{2,6}	89,1a	79,5a	62,8b	14,93	<.0001
PIDIN ^{2,7}	79,8a	75,2a	66,0b	2,227	0,015
PIDIN ^{7,8}	457,2a	423,5a	349,8b	16,976	0,010
PIDA ^{2,9}	52,2a	38,5b	34,7b	2,342	<.0001
PIDA ^{8,9}	299,3a	216,9b	183,8b	15,123	<.0001
Hemicelulose ²	74,0b	79,0b	165,0a	13,106	<.0001
Celulose ²	347,1a	299,8b	270,1b	9,776	<.0001
CNF ^{2,10}	262,4b	327,2a	238,8b	12,821	<.0001
DIVMS ^{2,11}	685,0b	675,0b	737,5a	0,011	0,028
Fenóis totais ²	16,9b	18,8b	26,5a	1,352	0,001
Taninos totais ²	9,9b	11,3b	19,1a	1,264	<.0001
Taninos condensados ²	0,40a	0,82a	0,35a	0,094	0,064

¹ g/kg de matéria natural; ² g/kg MS; ³ FDN = fibra em detergente neutro; ⁴ FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; ⁵ FDA = fibra em detergente ácido; ⁶ LDA = lignina em detergente ácido. ⁷ PIDIN = proteína insolúvel em detergente neutro; ⁸ g/kg PB; ⁹ PIDA = proteína insolúvel em detergente ácido; ¹⁰ CNF = carboidratos não fibrosos; ¹¹ DIVMS = digestibilidade *in vitro* da matéria seca. Médias seguidas de letras iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05); EPM = erro padrão da média; P-valor = valor de probabilidade.

O sistema classifica os carboidratos em não estruturais (CNE), que compreendem a fração A (açúcares solúveis) e B1 (amido e pectina); e carboidratos estruturais (CE), que compreende as frações B2 (parede celular disponível, conforme as taxas de degradação e passagem) e fração C, que compreende a parte indigestível da parede celular (SNIFFEN et al., 1992).

O feno apresentou o maior teor ($P < 0,05$) para carboidratos totais (Tabela 2), e o maior teor da fração A+B1, correspondente aos carboidratos com alta taxa de degradação, seguido da forragem *in natura* e da silagem. A silagem apresentou as maiores concentrações das frações B2 (fibra potencialmente degradável com taxa de degradação mais lenta) e fração C (fibra baixa digestibilidade), porém, como apresentado a DIVMS não chegou a ser afetada. A fração C dos carboidratos pode exercer efeito na repleção ruminal, que promove menor consumo de alimento por unidade de tempo, devido a sua baixa digestibilidade (Van SOEST, 1994).

No fracionamento dos compostos nitrogenados foi encontrado na silagem o maior teor ($P < 0,05$) da fração A, correspondente ao nitrogênio não proteico (NNP), disponível para degradação microbiana ($432,7 \text{ g.kg}^{-1}$ proteína bruta), valor muito superior ao encontrado para a forragem *in natura* (181 g.kg^{-1} proteína bruta) e feno ($180,8 \text{ g.kg}^{-1}$ proteína bruta), que não diferiram entre si.

A forragem *in natura* e o feno apresentaram elevados teores da fração B1+B2 (fração nitrogenada de alta e média degradação ruminal). Nocek e Russel (1988) afirmaram que quando uma planta apresenta elevado teor proteico, como é o caso da gliricídia, e grande parte desta proteína encontra-se nas frações de alta e média degradação, é necessário o fornecimento de uma fonte de carboidratos com alta taxa de degradação ruminal para que a síntese de proteína microbiana no rúmen seja eficiente. Quando não há energia suficiente, parte da proteína é utilizada como fonte energética pelos microrganismos ruminais, o que compromete a disponibilidade de proteína no pós-rúmen a ser utilizada pelo animal hospedeiro.

A fração C dos compostos nitrogenados, que corresponde a proteína que está indisponível, independentemente do tempo de exposição ao ambiente ruminal, os maiores teores ($P < 0,05$) foram encontrados na forragem *in natura* e feno. Esta fração é constituída por proteínas ligadas à lignina (as formas apresentaram os maiores teores de LDA) e taninos resistentes à degradação microbiana e enzimática, sendo considerada inaproveitável tanto no rúmen quanto no intestino. Valores elevados da fração C são correlacionados com os valores PNDR, como ocorreu com o feno de gliricídia.

Com relação à degradação ruminal e pós-rúmen da proteína, elevados conteúdos de PB nas frações A e B1+B2 resultaram em alto percentual de proteína degradável no rúmen (PDR), para a forragem *in natura* (34,2 % PB) e silagem (35,9 % PB), que não diferiram. Avaliando esses teores, a silagem apresenta maior potencial na utilização dessa fração nitrogenada (SNIFFEN et al., 1992). O feno apresentou a menor percentagem de proteína degradável no rúmen (PDR), e elevada percentagem de proteína não degradável no rúmen (PNDR), sendo 82,5% da PB protegida da degradação ruminal e disponibilizada no intestino.

A proteína não degradável no rúmen, mas digestível (PNDRd), não foi influenciada pelo método de conservação. O processamento dos ingredientes com altas temperaturas pode diminuir a degradabilidade ruminal da proteína devido reação de Maillard que tem como característica à formação do complexo do grupo carbonila dos açúcares redutores com o grupo amínico das proteínas, de peptídios ou de aminoácidos. Contudo, o processamento dos ingredientes de forma consciente em temperatura e tempo adequados podem aumentar o teor de PNDR da dieta sem prejudicar a digestibilidade do alimento (SANTOS et al., 2011).

Tabela 2 – Fracionamento de carboidratos e de proteínas, degradação ruminal e digestibilidade intestinal da proteína da gliricídia *in natura* e conservada

Item	<i>in natura</i>	feno	silagem	EPM	P-valor
<i>carboidratos</i>					
Carboidratos totais ¹	678,9b	691,8a	655,9b	5,28	0,003
A+B1 ^{2,3}	365,6b	445,9a	238,8c	25,92	<.0001
B2 ^{2,4}	507,3b	446,5c	610,3a	20,68	<.0001
C ^{2,5}	127,0b	107,5b	150,8a	6,04	0,001
<i>compostos nitrogenados</i>					
Proteína bruta ¹	174,9c	177,7b	189,3a	46,50	<.0001
A ^{6,7}	181,0b	180,8b	432,7a	36,428	<.0001
B1+B2 ^{6,8}	362,2a	362,0a	216,4b	22,734	0,001
B3 ^{6,9}	157,7	157,9	165,9	10,867	0,950
C ^{6,10}	299,0a	299,3a	182,7b	16,854	<.0001
<i>degradação ruminal e digestibilidade intestinal</i>					
PDR ^{11,12}	34,2a	17,4b	35,91a	2,353	0,001
PNDR ^{11,13}	65,8b	82,5a	64,1b	2,353	0,001
Digestibilidade intestinal ¹⁴	0,654	0,631	0,643	0,010	0,684
PNDRd ^{6,15}	75,3a	92,7a	78,4a	2,808	0,018

¹ g/kg MS; ² g/kg carboidratos totais; ³ A+B1= fração solúvel; ⁴ B2= fibra potencialmente degradável; ⁵ C = fibra indigestível. ⁶ g/kg proteína bruta; ⁷ A = nitrogênio não proteico; ⁸ B1+B2 = fração nitrogenada de alta e média degradação ruminal; ⁹ B3 = fração nitrogenada de lenta degradação; ¹⁰ C = fração nitrogenada indisponível. ¹¹ % PB; ¹² PDR = proteína degradável no rúmen; ¹³ PNDR = proteína não degradável no rúmen; ¹⁴ kg/kg; ¹⁵ PNDRd = proteína não degradável no rúmen digestível. Médias seguidas de letras iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05); EPM = erro padrão da média; P-valor = valor de probabilidade.

Quando um alimento é incubado com líquido ruminal tamponado *in vitro*, os carboidratos são fermentados a gases (principalmente CO₂ e CH₄) e ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) pelos microrganismos presentes no inóculo (GETACHEW et al., 1998). O método de conservação afetou a produção total de gás (PG), as concentrações de AGCC individuais, além do fator de partição (FP) (TABELA 3).

A PG foi maior nas formas *in natura* e feno, que não diferiram entre si e forma superiores a produção de gás na silagem em 21,1 mL.g⁻¹ de matéria orgânica incubada (MOI). Devido à produção de CH₄ na fermentação de dietas com maiores proporções de componentes fibrosos, há um aumento na produção de gás total, em comparação com um alimento cuja fermentação propicia uma proporção maior de propionato (CHUNG et al., 2016).

A forragem *in natura* e o feno apresentaram as menores concentrações individuais dos AGCC: ácido acético (C2), ácido propiônico (C3) e ácido butírico (C4), quando comparadas à silagem. Para os microrganismos, os AGCC são resíduos da fermentação e portanto, não utilizados, embora representem a principal fonte de energia no metabolismo dos ruminantes (Van SOEST, 1994). Dietas com maior teor de carboidratos rapidamente fermentáveis produzem uma quantidade de propionato relativamente mais elevada e dietas com maiores teores de carboidratos lentamente fermentáveis tende a produzir maiores quantidades de acetato. Para validar essa informação, observamos os maiores teores das frações dos carboidratos B2 (fibra potencialmente degradável) e C (fibra indigestível) para a silagem, assim como a maior produção de acetado entre as formas estudadas.

Sobre a DVMO, os valores para as formas estudados não diferiram, ficando entre 563,6 g.kg⁻¹ MO e 594,1 g.kg⁻¹ MO. O fator de partição (FP), que é a razão entre a matéria orgânica que foi verdadeiramente degradada, foi maior na silagem, intermediária no feno e menor na forragem *in natura* (P<0,05), o maior fator de partição, associado a menor produção de metano (CH₄), indica que houve maior incorporação da matéria orgânica degradada à massa microbiana por mL de gás produzido (MAKKAR, 2003). Ainda segundo este autor, alimentos que resultam em maior FP apresentam maior consumo pelos animais, maior eficiência de síntese microbiana, maior produção de AGCC e menor produção de CH₄.

Nas formas estudadas o pH não apresentou valores diferentes, ficando em torno de 7,02. O pH é um importante parâmetro a ser avaliado, sofre influência direta do tipo de alimento incubado, apresenta alta relação com a rota de produção e proporção dos AGCC no fluido ruminal e exercer influência sobre a população microbiana. Segundo Van Soest (1994), o pH ideal do rúmen é 6,7, podendo variar de 6,2 à 7,2 quando a dieta é à base de forragem. As variações dependem da dieta e do tempo após a ingestão do alimento, sabendo-se que a maior ingestão de carboidratos solúveis resulta em pH mais baixos, devido a alta taxa de fermentação destes compostos. Alterações de pH modificam a população microbiana ruminal, visto que para cada grupo de microrganismo há um valor ótimo de crescimento e manutenção. As bactérias que degradam fibra são sensíveis às variações do pH ruminal a valores abaixo de 6,0 o que pode

comprometer a degradação da fibra ingerida. As bactérias amilolíticas, embora tenham reduzido a taxa de crescimento, continuam crescendo em pH próximo à 5,0 (KOZLOSKI, 2011).

Sobre a concentração de N-NH₃, Van Soest (1994) sinalizou a concentração adequada de N-NH₃ é de 10 mg.dL⁻¹ para que o crescimento microbiano seja satisfatório. Os valores encontrados não diferiram entre as formas estudadas, entretanto, os valores tiveram uma média de 29 mg.dL⁻¹. Nesse sentido, altas concentrações de N-NH₃ observadas no rúmen podem ser resultado da intensa degradação dos compostos nitrogenados.

Também não foi encontrada diferença (P>0,05) para a contagem total de protozoários entre as formas estudadas, ficando entre 4,52 e 5,12 (10⁵.mL⁻¹). Segundo Jesus et al. (2012), alimentos volumosos, concentrados e aditivos afetam distintamente a população de protozoários no rúmen. Enquanto a maior presença de volumosos na dieta favorece ao incremento na população de protozoários ruminais, concentrados e aditivos (monensina, taninos e lipídios) agem como inibidores do crescimento desses micro-organismos, o autor alerta que a redução da população de protozoários no rúmen pode prejudicar a digestão da fibra e a disponibilidade de nutrientes.

Tabela 3 – Produção de gases (PG), produção de metano (CH₄), degradabilidade verdadeira da matéria orgânica (DVMO), fator de partição (FP), parâmetros de fermentação ruminal e concentração de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) da glicíndia *in natura* e conservada

Item	<i>in natura</i>	feno	silagem	EPM	P-valor
PG ¹	179,7a	171,5a	154,5b	2,708	<.0001
PG ²	356,2	333,7	323,4	7,361	0,301
CH ₄ ¹	9,31	9,12	7,70	0,303	0,079
CH ₄ ²	15,94	15,32	13,84	0,475	0,182
DVMO ³	585,4	594,1	563,6	7,744	0,286
Fator de partição	3,26c	3,46b	3,66a	0,199	<.0001
pH	7,03	7,01	7,03	0,026	0,920
N-NH ₃ ⁴	28,7	28,8	29,5	0,712	0,906
Protozoários ⁵	5,11	4,52	5,12	0,296	0,659
AGCC ⁶	264,2c	310,6ab	412,4a	22,080	0,012
Acetato ⁶	183,8b	218,5ab	281,1a	15,745	0,029
Propionato ⁶	50,3b	60,1ab	78,6a	4,219	0,013
Butirato ⁶	30,0b	31,9b	52,7a	3,214	0,002
Acetato:Propionato	3,43	3,70	3,59	0,048	0,053

PG = produção de gases; CH₄ = metano; DVMO = Degradação verdadeira da matéria orgânica; N-NH₃ = N-amoniaco. ¹ mL.g⁻¹ de matéria orgânica incubada (MOI); ² mL.g⁻¹ de material orgânico verdadeiramente degradado (MOVD); ³ g/kg MO; ⁴ mg.dL⁻¹; ⁵ 10⁵.mL⁻¹; ⁶ Concentração (mmol/mL). Médias seguidas de letras iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05); EPM = erro padrão da média; P-valor = valor de probabilidade.

3.2 LEUCENA

Nesse estudo para a espécie leucena o método de conservação teve efeito sobre as seguintes variáveis: matéria seca (MS), extrato etéreo (EE); fibra insolúvel em detergente ácido (FDA); lignina em detergente ácido (LDA); proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN); proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA); hemicelulose; celulose; carboidratos não fibrosos (CNF); digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e taninos condensados.

Em relação aos teores de matéria seca (MS), o feno apresentou maior teor ($P>0,05$) quando comparado à forragem *in natura* e ensilada (Tabela 4). O maior teor de MS do feno se deve a própria técnica de conservação, que remove acima de 80% da umidade da forragem, com uma desidratação bem superior a técnica de ensilagem. A conservação de alimentos na forma de silagem através da anaerobiose permite que o alimento seja conservado com elevada umidade. Os valores de MS variaram de 24% para a forma *in natura* e silagem e 93% para o feno de leucena. O uso de alimentos com maior teor de MS (desde que a qualidade dessa matéria não seja inferior), pode ser uma ótima estratégia em situações de limitação física do consumo, como por exemplo, terço final de gestação, quando o útero ocupa mais espaço na cavidade abdominal em detrimento ao rúmen.

O método de conservação afetou o teor de EE o maior teor ($P<0,05$) foi encontrado para a silagem, com $53,1 \text{ g.kg}^{-1}$ MS, o feno ($45,4 \text{ g.kg}^{-1}$ MS) não teve diferença em relação a forragem *in natura* ($40,8 \text{ g.kg}^{-1}$ MS). O teor de proteína não chegou a ser afetado pelo método de conservação, em ambas as formas estudadas ficou acima de 21%. Esse resultado pode ser atribuído também à não perdas de folhas durante o processamento da planta, que envolvem, picagem do material, exposição solar e o recolhimento. A forragem *in natura* apresentou $241,5 \text{ g.kg}^{-1}$ MS de PB, próximo ao valor encontrado por Molina et al. (2015), que foi 270 g.kg^{-1} MS. O feno apresentou o maior teor PIDA, valor 60% maior que os observados para as demais formas que não diferiram, além do maior teor de FDA. Os altos teores de proteína associada à FDA (PIDA) no feno da leucena representam a parte da PB que se encontra indisponível.

A LDA foi encontrada em maior concentração no feno, o mesmo aconteceu para o teor de celulose, porém, não suficiente para prejudicar a DIVMS que não foi afetada. A maior DIVMS foi encontrada para a forragem *in natura* e para o feno de leucena ficando em cerca de 77%, contra 72% da silagem, sendo esses resultados das três formas satisfatórios. Segundo Guglielmelli et al. (2011) quando a DIVMS de um alimento é alta e a produção de CH_4 é baixa é um indicativo de uma fermentação microbiana mais eficiente.

As concentrações de fenóis totais e taninos totais não foram influenciadas pelo método de conservação. A concentração dos taninos condensados foi (feno > forragem *in natura* > silagem). Os taninos condensados são compostos de alto peso molecular, encontrados em muitas espécies de plantas consumidas por ruminantes. Dependendo de suas concentrações nas plantas forrageiras os taninos podem ser considerados prejudiciais no aspecto nutricional por reduzirem a palatabilidade do alimento ou podem ser considerados benéficos por melhorar a eficiência de utilização da proteína advinda da dieta (MUIR, 2011), uma vez que na presença dos taninos condensados, o complexo formado dessas moléculas com as proteínas permite o escape dessa proteína da degradação ruminal para o intestino (proteína de escape), onde as condições do meio permitem que o complexo seja desfeito e os aminoácidos provenientes da dieta sejam absorvidos de forma direta (McALLISTER et al., 2005).

Tabela 4 – Composição química da leucena *in natura* e conservada

Item	<i>in natura</i>	feno	silagem	EPM	P-valor
Matéria seca ¹	241,8b	937,4a	243,9b	98,74	<.0001
Matéria mineral ²	57,1	56,8	57,5	0,949	0,959
Matéria orgânica ²	942,8	943,1	942,4	0,949	0,959
Extrato etéreo ²	40,8b	45,4b	53,1a	1,893	0,008
Proteína bruta ²	241,5	221,9	219,1	4,575	0,079
FDN ^{2,3}	553,1	519,0	519,5	8,756	0,197
FDNcp ^{2,4}	425,5	400,4	418,1	7,390	0,397
FDA ^{2,5}	283,3b	364,4a	296,2b	12,09	0,001
LDA ^{2,6}	46,8b	73,2a	46,6b	3,95	<.0001
PIDIN ^{2,7}	113,0a	110,9a	88,1b	3,772	0,001
PIDIN ^{7,8}	468,6ab	499,6a	402,7b	13,569	0,004
PIDA ^{2,9}	33,6b	47,5a	29,7b	2,754	0,004
PIDA ^{8,9}	138,7b	214,1a	136,1b	12,586	0,001
Hemicelulose ²	269,7a	154,6c	223,2b	15,349	0,001
Celulose ²	236,5b	291,1a	249,6b	8,417	0,004
CNF ^{2,10}	234,9b	275,3a	251,9ab	7,334	0,060
DIVMS ^{2,11}	770,0a	772,5a	720,0b	0,008	0,001
Fenóis totais ²	44,0	39,5	41,0	1,089	0,247
Taninos totais ²	30,9	28,8	26,1	0,921	0,095
Taninos condensados ²	3,68b	5,81a	0,85c	0,625	<.0001

¹ g/kg de matéria natural; ² g/kg MS; ³ FDN = fibra em detergente neutro; ⁴ FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; ⁵ FDA = fibra em detergente ácido; ⁶ LDA = lignina em detergente ácido. ⁷ PIDIN = proteína insolúvel em detergente neutro; ⁸ g/kg PB; ⁹ PIDA = proteína insolúvel em detergente ácido; ¹⁰ CNF = carboidratos não fibrosos; ¹¹ DIVMS = digestibilidade *in vitro* da matéria seca. Médias seguidas de letras iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05); EPM = erro padrão da média; P-valor = valor de probabilidade.

Com relação ao fracionamento dos carboidratos, o feno apresentou o maior teor ($P < 0,05$) da fração A+B1, correspondente aos carboidratos com alta taxa de degradação (Tabela 5), seguido da forragem *in natura* que por sua vez foi maior que o teor da silagem. A silagem apresentou o maior teor da fração B2 (fibra potencialmente degradável com taxa de degradação mais lenta) e da fração C (fibra indigestível), esta última semelhante ao feno.

A forragem *in natura* apresentou o menor teor da fração C dos carboidratos (fibra indigestível). Os menores valores ($P < 0,05$) de FDA, da LDA e da fração C encontrados para a forragem *in natura* justificam a elevada DIVMS da leucena, ou seja, quanto menores os valores encontrados para essas variáveis, maior deve ser a digestibilidade do alimento. Como ressaltado anteriormente, a fração C dos carboidratos pode promover menor consumo de alimento pelo fato de elevar o tempo que o alimento passa no rúmen para ser digerido (Van SOEST, 1994). Ainda sobre a fração C, o teor no feno e na silagem não diferiu, o método de conservação elevou os teores dessa variável em 36% nas formas conservadas (feno, silagem), saindo de $71,3 \text{ g.kg}^{-1}$ carboidratos totais para $111,3 \text{ g.kg}^{-1}$ carboidratos totais, em média.

No fracionamento dos compostos nitrogenados foi encontrado na silagem o maior teor ($P < 0,05$) da fração A, correspondente ao nitrogênio não proteico (NNP), disponível para degradação microbiana ($367,2 \text{ g.kg}^{-1}$ proteína bruta), valor mais de três vezes superior ao encontrado para a forragem *in natura* ($113,7 \text{ g.kg}^{-1}$ proteína bruta) e para o feno ($113,8 \text{ g.kg}^{-1}$ proteína bruta), que não diferiram entre si. A forragem *in natura* e o feno apresentaram elevados teores da fração B1+B2 (fração nitrogenada de alta e média degradação ruminal), sendo que cerca de 42% da PB se encontra nesta fração, nessas formas.

Com relação à degradação ruminal e pós-rúmen da proteína, a forragem *in natura* e o feno apresentaram menor ($P < 0,05$) degradação, o que pode ser atribuída à maior concentração dos compostos nitrogenados na fração B3. Elevado conteúdo de compostos nitrogenados na fração A da PB na silagem resultaram na maior proporção de proteína degradável no rúmen (PDR), (silagem $2x > in\ natura = feno$), conseqüentemente, essa forma apresentou menor quantidade de proteína não degradável no rumem (PNDR). A PNDR, juntamente com a proteína microbiana, correspondem aos compostos nitrogenados disponíveis para digestão e absorção em nível de intestino delgado, para atender as exigências de proteína dos ruminantes.

A forragem *in natura* e o feno apresentaram igualmente a maior percentagem de PNDR, entretanto, essa proteína que escapou da degradação ruminal teve elevada digestibilidade intestinal para as três formas estudadas, a proteína não degradável no rúmen digestível (PNDRd), sendo fontes valiosas de PB protegida da degradação ruminal e disponibilizada no pós-rúmen. Segundo Santos et al. (2017), o conhecimento da PNDRd, se torna ainda mais

importante quando se trata de animais de alta produção, pois a quantidade de proteína de origem microbiana que chega ao duodeno não é suficiente para atender as exigências do animal, o que reflete na necessidade de uma estratégia de suplementação adequada, com a inclusão na dieta de uma fonte proteica não degradada no rúmen, mas digestível no intestino, a fim de que se possa suprir o déficit.

Tabela 5 – Fracionamento de carboidratos e de proteínas, degradação ruminal e digestibilidade intestinal da proteína da leucena *in natura* e conservada

Item	<i>in natura</i>	feno	silagem	EPM	P-valor
<i>carboidratos</i>					
Carboidratos totais ¹	660,4	675,7	670,1	4,48	0,411
A+B1 ^{2,3}	333,5b	396,3a	251,9c	19,16	0,001
B2 ^{2,4}	595,1b	492,9c	636,2a	18,99	<.0001
C ^{2,5}	71,3b	110,7a	111,9a	6,35	0,001
<i>compostos nitrogenados</i>					
Proteína bruta ¹	241,5	221,9	219,1	4,575	0,079
A ^{6,7}	113,7b	113,8b	367,2a	38,842	0,001
B1+B2 ^{6,8}	417,7a	417,6a	230,2b	31,091	0,002
B3 ^{6,9}	329,7a	329,8a	266,6b	10,749	0,004
C ^{6,10}	138,7	138,7	136,0	3,656	0,950
<i>degradação ruminal e digestibilidade intestinal</i>					
PDR ^{11,12}	11,6b	10,8b	21,19a	1,353	0,001
PNDR ^{11,13}	88,3ab	89,2a	78,8b	1,353	0,001
Digestibilidade Intestinal ¹⁴	0,850	0,867	0,844	0,007	0,443
PNDRd ^{6,15}	181,7a	171,7a	145,5b	4,580	0,001

¹ g/kg MS; ² g/kg carboidratos totais; ³ A+B1= fração solúvel; ⁴ B2= fibra potencialmente degradável; ⁵ C = fibra indigestível. ⁶ g/kg proteína bruta; ⁷ A = nitrogênio não proteico; ⁸ B1+B2 = fração nitrogenada de alta e média degradação ruminal; ⁹ B3 = fração nitrogenada de lenta degradação; ¹⁰ C = fração nitrogenada indisponível. ¹¹ % PB; ¹² PDR = proteína degradável no rúmen; ¹³ PNDR = proteína não degradável no rúmen; ¹⁴ kg/kg; ¹⁵ PNDRd = proteína não degradável no rúmen digestível. Médias seguidas de letras iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05); EPM = erro padrão da média; P-valor = valor de probabilidade.

O método de conservação da espécie leucena alterou a produção total de gás (PG) e o fator de partição (FP) (TABELA 6). Quando avaliada a PG, obteve-se maiores (P<0,05) para a forragem *in natura* e o feno de leucena, não existindo diferença entre essas formas e uma produção um pouco inferior para a silagem. Conhecendo a maior DIVMS e a elevada DVMO, observadas para essas formas, pode-se compreender os maiores valores obtidos para produção total de gases (mL.g⁻¹ MOI), sendo estes resultados reflexo da digestibilidade do alimento. Em contraste, a menor PG (mL.g⁻¹ MOVD) e menor DVMO (g.kg⁻¹ MO) da silagem, podem ser

justificadas pelos elevados teores de componentes da parede celular encontrados nessa forma, sobretudo fração B2 fração C.

O fator de partição (FP), que é a razão entre a matéria orgânica que foi verdadeiramente degradada e a produção cumulativa de gases, foi maior na silagem, intermediária no feno e menor na forragem *in natura* ($P < 0,05$). O maior FP encontrado para a silagem de leucena pode sinalizar uma maior eficiência de síntese microbiana.

Em relação ao valor médio de $28,5 \text{ mg.dL}^{-1}$ encontrado para concentração de N-NH_3 nas formas estudadas e considerando-se que a sua disponibilidade no ambiente ruminal pode ser determinante na eficiência produtiva dos animais, é necessário ressaltar que esse valor é quase três vezes superior à concentração satisfatória de 10 mg.dL^{-1} citada por Van Soest (1994).

Tabela 6 – Produção de gases (PG), produção de metano (CH_4), degradabilidade verdadeira da matéria orgânica (DVMO), fator de partição (FP), parâmetros de fermentação ruminal e concentração de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) da leucena *in natura* e conservadas

Item	<i>in natura</i>	feno	silagem	EPM	P-valor
Produção de gases ¹	166,7a	164,9a	145,5b	2,525	<.0001
Produção de gases ²	377,1a	348,9a	334,5b	5,758	0,003
CH_4 ¹	7,40	8,23	7,16	0,244	0,172
CH_4 ²	14,51	15,02	13,87	0,447	0,594
DVMO ³	523,6	553,1	524,4	6,457	0,101
Fator de partição	3,14c	3,35b	3,61a	0,192	<.0001
pH	7,01	7,00	7,04	0,022	0,777
N-NH_3 ⁴	27,7	28,0	29,9	0,631	0,317
Protozoários ⁵	5,12	4,82	4,75	0,303	0,880
AGCC ¹	249,2	269,7	266,2	11,543	0,756
Acetato ¹	173,9	191,2	181,1	8,392	0,716
Propionato ¹	46,8	49,9	53,5	2,945	0,672
Butirato ¹	28,5	28,6	31,6	1,334	0,574
Acetato:propionato	3,70	3,66	3,77	0,075	0,847

CH_4 = metano; DVMO = Degradação verdadeira da matéria orgânica; N-NH_3 = N-amoniacal. ¹ mL.g^{-1} de matéria orgânica incubada (MOI); ² mL.g^{-1} de material orgânica verdadeiramente degradada (MOVD); ³ g/kg MO ; ⁴ mg.dL^{-1} ; ⁵ $10^5.\text{mL}^{-1}$; ⁶ Concentração (mmol/mL). Médias seguidas de letras iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$); EPM = erro padrão da média; P-valor = valor de probabilidade.

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo mostraram que as leguminosas gliricídia e leucena apresentam elevada digestibilidade, porém, a intensidade do efeito da preservação sobre a digestibilidade *in vitro* depende do tipo de preservação e da espécie de leguminosa. Houveram mais mudanças nas características nutricionais das silagens do que nos fenos em relação à

forragem *in natura* em ambas as leguminosas, as silagens apresentaram maiores teores de extrato etéreo, maior fator de partição e maior concentração de nitrogênio não proteico. Os fenos tiveram os maiores teores de carboidratos prontamente fermentáveis no rúmen, uma maior produção de gás e destacaram-se como fonte de proteína protegida da degradação ruminal e disponível no intestino.

5. REFERÊNCIAS

- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.711-728, 2013.
- ANDRADE, A.P.; COSTA, R.G.; SANTOS, E.M.; SILVA, D.S. Produção animal no Semiárido: o desafio de disponibilizar forragem, em quantidade e com qualidade, na estação seca. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v.4, n.4, p.01-14, 2010.
- AOAC, 1995. Association of Official Analytical Chemists, **Official Methods of Analysis**. 16th Edition. Arlington, VA.
- AOAC. 1990. Association of Official Analytical Chemists, **Official Methods of Analysis**. 15th Edition. Arlington, VA.
- ARAUJO, R.C. **Óleos essenciais de plantas brasileiras como manipuladores da fermentação ruminal *in vitro***. 181f. Tese (Doutorado em Ciências). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.
- BLÜMMEL, M.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. *In vitro* gas production: a technique revisited. **Journal of Animal Physiology and Nutrition**, v.77, p.24-34, 1997.
- BUENO, I.C.S.; CABRAL FILHO, S.L.S.; GOBBO, S.P.; LOUVANDINI, H.; VITTI, D.M.S.S.; ABDALLA, A.L. Influence of inoculum source in a gas production method. **Animal Feed Science and Technology**, v.123, p.95-105, 2005.
- CALSAMIGLIA, S.; STERN, M.D. A Three-step *in vitro* procedure for estimating intestinal digestion of protein in ruminants. **Journal of Animal Science**, v.73, p.1459-1465, 1995.
- CARVALHO FILHO, O.M.; DRUMOND, M.A.; LANGUIDEY, P.H. ***Gliricidia sepium* – leguminosa promissora para as regiões semiáridas**. Circular Técnica, n.35. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1997. 17p.
- CHUNG, N.C.; TZU, T.L.; BI, Y. Improving the prediction of methane production determined by *in vitro* gas production technique for ruminants. **Annals of Animal Science**, v.16, n.2, p.565-584, 2016.

- CUARTAS, C.A.; NARANJO, J.F.; TARAZONA, A.M.; MURGUEITIO, E.; CHAR, J.D.; KU, J.; SOLORIO, F.J.X.; FLORES, M.X.; SOLORIO, B.; BARAHONA, R. Contribution of intensive silvopastoral systems to animal performance and to adaptation and mitigation of climate change. **Revista Colombiana de Ciências Pecuárias**, v.27, p.76-79, 2014.
- DEHORITY, B.A.; DAMRON, W.S.; MCLAREN, J.B. Occurrence of the rumen ciliate *Oligoisotricha bubali* in domestic cattle (*Bos taurus*). **Applied and Environmental Microbiology**. v.45, p.1394-1397, 1993.
- GETACHEW, G.; BLÜMMEL, M.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. *In vitro* gas measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: a review. **Animal Feed Science and Technology**, v.72, p.261-281, 1998.
- GUGLIELMELLI, A.; CALABRÒ, S.; PRIMI, R.; CARONE, F.; CUTRIGNELLI, M.I.; TUDISCO, R.; PICCOLO, G.; RONCHI, B.; DANIELI, P.P. *In vitro* fermentation patterns and methane production of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) hay with different condensed tannin contents. **Grass Forage Science**. v.66, n.4, p.488–500, 2011.
- HERRERA, A.M. Potencial de *Gliricidia sepium* (jacq.) Kunth ex Walp. e *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. em sistemas silvipastoris consorciados com capim-braquiária [*Urochloa decumbens* (Stapf) RD Webster]. **Sistemas Agroflorestais**, v.95, n.6, p.1061-1072, 2021.
- HOLDEN, L.A. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Dairy Science**, v.82, p.1791-1794, 1999.
- JESUS, L.P.; CABRAL, L.S.; ESPINOSA, M.M.; ABREU, J.G.; ZERVOUDAKIS, J.T.; MORENZ, M.J.F. Modelagem estatística para estimação da população de protozoários ruminais em função da relação volumoso:concentrado na dieta e da presença de aditivos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, p.97-109, 2012.
- JUNG, H.G.; ALLEN, M.S. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility forages by ruminants. **Journal of Animal Science**, v.73, p.2774-2790, 1995.
- KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos ruminantes**. 3ªed. UFSM, Santa Maria, 2011. 212p.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; Van SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminants feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, p.347-358, 1996.
- LONGO, C.; BUENO, I.C.S.; NOZELLA, E.F.; GODDOY, P.B.; CABRAL FILHO, S.L.S.; ABDALLA, A.L. The influence of head-space and inoculum dilution on *in vitro* ruminal methane measurements, **International Congress Series**, v.1293, p.62-65, 2006.

- MAKKAR, H.P.S. Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. **Small Ruminant Research**, v.49, p.241-256, 2003.
- MAKKAR, H.P.S.; BLÜMMEL, M.; BOROWY, N.K.; BECKER, K. Gravimetric determination of tannins and their correlations with chemical and protein precipitation methods. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.61, p.161-165, 1993.
- MARTINS, J.C.R.; MENEZES, R.S.C.; SAMPAIO, E.V.S.B.; SANTOS, A.F.; NAGAI, M.A. Produtividade de biomassa em sistemas agroflorestais e tradicionais no Cariri Paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.6, p.581-587, 2013.
- MAURÍCIO, R.M.; MOULD, F.L.; DHANOA, M.S.; OWEN, E.; CHANNA, K.S.; THEODOROU, M.K. Semiautomated *in vitro* gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. **Animal Feed Science and Technology**, v.79, p.321-330, 1999.
- McALLISTER, T.A.; MARTINEZ, T.; BAE, H.D.; MUIR, A.D.; YANKE, L.J.; JONES, G.A. Characterization of condensed tannins purified from legume forages: chromophore production, protein precipitation, and inhibitory effects on cellulose digestion. **Journal of Chemical Ecology**. v.31, p.2049-2068, 2005.
- MERTENS D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fibre in feed with refluxing beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**. v.85, p.1217-1240, 2002.
- MOLINA, I.C.; ARROYAVE, J.; VALENCIA, S.; BARAHONA, R.; AGUILAR, C.F.; BURGOS, A.A.; KU, J.C. Efeitos dos taninos e saponinas contidos na folhagem de *Gliricidia sepium* e vagens de *Enterolobium cyclocarpum* na fermentação, emissões de metano e população microbiana ruminal em novilhas mestiças. **Animal Feed Science and Technology**, v.251, p.1-11, 2019.
- MOLINA, I.C.; CANTET, J.M.; MONTOYA, S.; CORREA, G.A.; BARAHONA, R. Producción de metano *in vitro* de gramíneas tropicales solas y mezcladas com *Leucaena leucocephala* o *Gliricidia sepium*. **CES Medicina Veterinaria Zootecnia**, v.8, n.2, p.15-31, 2013.
- MOLINA, I.C.; DONNEY`S, G.; MONTOYA, S.; RIVERA, J.E.; VILLEGAS, G.; CHARÁ, J.; BARAHONA, R. La inclusión de *Leucaena leucocephala* reduce la producción de metano de terneras Lucerna alimentadas com *Cynodon plectostachyus* y *Megathyrsus maximus*. **Livestock Research for Rural Development**, v.27, n.5, article 96, 2015.

- MUIR, J.P. The multi-faceted role of condensed tannins in the goat ecosystem. **Small Ruminant Research**, v.98, p.115-120, 2011.
- MUIR, J.P.; PITMAN, W.D.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.; FOSTER, J.L. The future of warm-season, tropical and subtropical forage legumes in sustainable pastures and rangelands. **African Journal of Range & Forage Science**, v.31, p.187-19, 2014.
- NOCEK, J.E.; RUSSELL, J.B. Protein and energy as an integrated system. relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. **Journal of Dairy Science**, v.71, p.2070-2107, 1988.
- PALMQUIST, D.; CONRAD, H. Origin of plasma fatty acids in lactating cows fed high grain or high fat diets. **Journal of Dairy Science**. v.54, p.1025-1031, 1971.
- PEREIRA, T.P.; MODESTO, E.C.; NEPOMUCENO, D.D.; OLIVEIRA, O.F.; FREITAS, R.S.X.; MUIR, J.P.; DUBEUX JÚNIOR., J.C.B.; ALMEIDA, J.C.C. Characterization and biological activity of condensed tannins from tropical forage legumes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.53, n.9, p.1070-1077, 2018.
- PRESTON, T.R. **Biological and chemical analytical methods**. In: PRESTON, T.R. (Ed). Tropical animal feeding: a manual for research workers. FAO, Rome, 1995. 124p.
- SALVIANO, L.M.C. **Leucena: fonte de proteína para os rebanhos**. Circular Técnica, n.11, Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1984, 16p.
- SANTANA NETO, J.A.; OLIVEIRA, V.S.; LIMA, R.V. Leguminosas adaptadas como alternativa alimentar para ovinos no Semiárido, revisão. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.14, n.2, p.191-200, 2015.
- SANTOS, F.A.P.; MENDONÇA, A.P. **Metabolismo de Proteínas**. In: BERCHIELLI, T.T, PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (EE). Nutrição de ruminantes. Jaboticabal: FUNEP, p.265-292, 2011.
- SANTOS, K.C.; MAGALHÃES, A.L.R.; SILVA, D.K.A.; ARAÚJO, G.G.L.; FAGUNDES, G.M.; YBARRA, N.G.; ABDALLA A.L. Potencial nutricional de espécies forrageiras encontradas no Semiárido Brasileiro. **Livestock Science**, v.195, p.118-124, 2017.
- SAS, 2002. **Statistical Analysis System**. Version 9.1.3. SAS Institute Inc. Cary, NC.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos. Métodos químicos e biológicos**. 3ªed. Viçosa: Editora UFV, 2002. 235p.

SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P.; PIRES, A.J.V.; BERNARDES, T.F.; ROTH, M.T.P. Queima e aditivos químicos e bacterianos na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.1, p.103-112, 2010.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; Van SOEST, P.J.; RUSSEL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: carbohydrate and protein availability. **Journal of Dairy Science**, v.70, p.3562-3577, 1992.

THEODOROU, M.K.; WILLIAMS, B.A.; DHANOA, M.S.; MCALLAN, A.B.; FRANCE, J. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.48, p.185-197, 1994.

Van SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2nded. New York: Cornell University Press, 1994. 488p.

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

VOLTOLINI, T.V.; SANTANA, S.R.A.; ANTUNES, G.R.; ARAÚJO, G.G.L. **Alternativas alimentares para os rebanhos**. In: VOLTOLINI, T.V.; MELO, R.F. (EE.). Agricultura familiar dependente de chuva no Semiárido: EMBRAPA. Brasília, p.229-262, 2019.

WANDERLEY, W.L.; FERREIRA, M.D.A.; BATISTA, A.M.V.; VÉRAS, A.S.C.; BISPO, S.V.; SILVA, F.M.D.; SANTOS, V.L.F.D. Consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais em ovinos recebendo silagens e fenos em associação à palma forrageira. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, n.2, p.444-456, 2012.