



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS PAULISTANA
CURSO ZOOTECNIA

DÉBORA FIGUEREDO DA SILVA

ESTIMATIVA DA PROTEÍNA BRUTA E DA DIGESTIBILIDADE DA DIETA DE
OVINOS COM O USO DA TÉCNICA DE ESPECTROSCOPIA E REFLECTÂNCIA
DO INFRAVERMELHO PRÓXIMO (NIRS)

PAULISTANA

2022

DÉBORA FIGUEREDO DA SILVA

ESTIMATIVA DA PROTEÍNA BRUTA E DA DIGESTIBILIDADE DA DIETA DE
OVINOS COM O USO DA TÉCNICA DE ESPECTROSCOPIA E REFLECTÂNCIA
DO INFRAVERMELHO PRÓXIMO (NIRS)

Trabalho de Conclusão de Curso
(monografia) apresentado como exigência
parcial para obtenção do diploma do
Curso de Zootecnia do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí,
Campus Paulistana.

Orientadora: Prof.^aDr.^a Ana Lúcia Teodoro.
Coorientador: Prof. Dr. Gilson Mendes
Araújo.

PAULISTANA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Silva, Débora Figueredo da
S581e Estimativa da proteína bruta e da digestibilidade da dieta de ovinos com o uso da técnica de espectroscopia e reflectância do infravermelho próximo (NIRS) / Débora Figueredo da Silva. - 2022.
47 f.
Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Paulistana, 2022.
Orientadora : Profa Dra. Ana Lúcia Teodoro.
Coorientador : Prof Dr. Gilson Mendes Araújo.
1. Nutrição de Precisão; 2. Exigência Nutricional. 3. Semiárido. 4. zootecnia. I. Título.

CDD - 636.08

Elaborado por Edna Ferreira de Oliveira CRB 3/1621

DÉBORA FIGUEREDO DA SILVA

USO DA TÉCNICA DA ESPECTROSCOPIA E REFLECTÂNCIA DO
INFRAVERMELHO PRÓXIMO (NIRS) NA DETERMINAÇÃO DA PROTEÍNA BRUTA
E DA DIGESTIBILIDADE DA DIETA DE OVINOS

Trabalho de Conclusão de Curso
(monografia) apresentado como exigência
parcial para obtenção do diploma do
Curso de Zootecnia do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí,
Campus Paulistana.

Aprovada em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr^a. Ana Lucia Teodoro (Orientadora)
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Dr. Gilson Mendes Araújo (Coorientador)
Instituição Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Dr. Wandemberg Rocha Freitas
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Aos meus pais, Sinvaldo e Ceziana pelo apoio e amor em todos os momentos de
minha vida. A vocês todo o meu amor e minha eterna gratidão.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por toda a força e sabedoria que me proporcionou para que eu chegasse até aqui, sem ele nada seria possível.

A toda a minha família por todo o apoio durante toda a minha jornada, em especial aos meus pais Sinvaldo Leonardo da Silva e Ceziana Figueredo da Silva, aos meus irmãos Raquel Figueredo da Silva e Gildean Figueredo da Silva.

A minha professora orientadora Dr^a Ana Lucia Teodoro por toda a orientação e conhecimento passado ao longo do curso. Ao professor coorientador Dr Gilson Mendes Araújo por toda a orientação no meu trabalho e ao longo de todo o curso, levarei comigo bons frutos das nossas pesquisas.

Aos meus amigos e colegas de graduação por todo apoio, companheirismo e conhecimento partilhado, em especial aos meus amigos e posteriormente colegas de profissão, Antônio de Sousa Neto, Carla Tauane Ramos de Sepedro, Jaiane De Sousa Rodrigues, Nomeriano Ferreira Gomes Neto, Pedro Welington de Sousa.

Aos demais professores do curso de zootecnia é com muita gratidão que agradeço por todo o conhecimento compartilhado.

Aos demais funcionários do Campus Paulistana deixo também o meu muito obrigado, vocês todos me fizeram zootecnista.

Agradeço a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Caprinos e Ovinos) pelo fornecimento de dados e orientação ao trabalho realizado, foi uma honra estagiar e adquirir novos conhecimentos com vocês.

Sonhos não determinam o lugar onde você vai chegar, mas produzem a força necessária para o retirar do lugar em que você está.

Augusto Cury

RESUMO

A ovinocultura apresenta-se como uma importante atividade na pecuária brasileira, nas regiões semiáridas os ovinos são tradicionalmente criados de forma extensiva tendo como principal base alimentar os pastos nativos do Bioma Caatinga, portanto, é necessário conhecer a qualidade da dieta selecionada dos pequenos ruminantes para que assim possa fazer as possíveis correções da alimentação e assim melhorar os índices produtivos, dessa forma, objetivou-se com esse estudo, utilizar da técnica da espectroscopia e reflectância do infravermelho próximo (NIRS) na determinação da proteína bruta e da digestibilidade da dieta de ovinos, bem como a variação da qualidade do pasto ao longo do ano. experimento foi realizado nos municípios de Paulistana Piauí localizada na Mesorregião do Sudeste Piauiense. Para a realização do estudo foram pré-selecionadas 20 propriedades pilotos, dessas 20 propriedades 5 foram selecionadas pois apresentaram similaridade entre os espectros NIR em relação ao banco de dados dos modelos. Foram realizadas coletas fecais de 10% do rebanho total de pequenos ruminantes das espécies *Ovis aries* (ovinos) alimentados em pasto nativo, sendo a propriedade A; localizada em Paulistana Piauí, propriedade B; localizada em Acauã Piauí, ;propriedade C localizada em Paulistana Piauí, propriedade D; localizada em Paulistana- PI, propriedade E; localizada em Betânia Piauí. Para as previsões dos teores de proteína bruta (PB) e digestibilidade (DVMO) e (DVMS) foram coletadas amostras fecais na ampola retal de 10% do rebanho total de ovinos criados sob regime alimentar em pasto nativo. Diante deste estudo pode-se constatar a existente variação da composição nutricional das espécies forrageiras presentes no bioma caatinga do Vale Itaim nas estações secas e águas. As condições climáticas, relacionadas principalmente com a distribuição das chuvas, no período experimental contribuíram para a variação dos índices de proteína e digestibilidade afetando a qualidade nutricional da pastagem nativa. A tecnologia NIRS se mostra uma importante ferramenta para o monitoramento da dieta de pequenos ruminantes em pasto de caatinga.

Palavras-chave: Nutrição de Precisão; Exigência Nutricional; Semiárido.

ABSTRACT

Sheep farming presents itself as an important activity in Brazilian livestock, in semi-arid regions sheep are traditionally raised extensively with the main food base in the native pastures of the Caatinga Biome, therefore, it is necessary to know the quality of the selected diet of small ruminants to so that possible corrections can be made in the diet and thus improve the productive indexes, in this way, the objective of this study was to use the technique of spectroscopy and near infrared reflectance (NIRS) in the determination of crude protein and digestibility of the diet of sheep, as well as the variation in pasture quality throughout the year. The experiment was carried out in the municipalities of Paulistana Piauí located in the Mesoregion of Southeast Piauí. For the accomplishment of the study, 20 pilot properties were pre-selected, of these 20 properties 5 were selected because they presented similarity between the NIR spectra in relation to the models database. Fecal collections were carried out from 10% of the total herd of small ruminants of the species *Ovis aries* (sheep) fed on native pasture, being property A; located in Paulistana Piauí, property B; located in Acauã Piauí, property C located in Paulistana Piauí, property D; located in Paulistana-PI, property E; located in Betânia Piauí. For the predictions of crude protein (CP) and digestibility (DVMO) and (DVMS) contents, fecal samples were collected in the rectal ampoule of 10% of the total herd of sheep raised on a native pasture diet. In view of this study, it is possible to verify the existing variation in the nutritional composition of forage species present in the Caatinga biome of Vale Itaim in the dry seasons and waters. Climatic conditions, mainly related to rainfall distribution, in the experimental period contributed to the variation of protein and digestibility indexes, affecting the nutritional quality of the native pasture. The NIRS technology proves to be an important tool for monitoring the diet of small ruminants in caatinga pastures.

Keywords: Precision Nutrition; Nutritional Requirement; semiarid.

LISTA DE TABELAS

Figura 1- Dados meteorológicos coletados durante o período experimental.....	32
Tabela 1- Estimativa da proteína bruta do alimento e da digestibilidade da matéria orgânica e da matéria seca de diferentes propriedades na região do Território da Chapada do Vale do Itaim.....	34
Tabela 2- Estimativa da proteína bruta do alimento e da digestibilidade da matéria orgânica e da matéria seca nas estações da seca e das águas na região do Território da Chapada do Vale do Itaim.....	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ARCO	Associação Brasileira de Ovinos
AFRC	Agricultural and food Research Council
DMO	Digestibilidade da Matéria Orgânica
DMS	Digestibilidade da Matéria Seca
IFPI	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí
NIRS	Espectroscopia de reflectância infravermelha próxima
PB	Proteína Bruta
IFPI	Instituição Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí
UFPI	Universidade Federal do Piauí
FDA	Fibra em detergente ácido
FDN	Fibra em detergente neutro
CMO	Consumo de matéria orgânica
CMS	Consumo de matéria seca

LISTA DE SÍMBOLOS

% Porcentagem

°C Graus Célsius

nm Nanômetros

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	Panorama da ovinocultura.....	16
2.2	Cenário da ovinocultura no Vale Itaim.....	16
2.3	Importância da nutrição de precisão na produção animal	17
2.4	Sistema de produção de ovinos no semiárido.....	18
2.5	Pasto nativo do semiárido nordestino.....	20
2.6	Valor nutritivo do pasto.....	22
2.7	Sistemas de avaliação de alimentos.....	23
2.8	Espectroscopia de reflectância do infravermelho próximo (NIRS).....	24
2.9	Instrumentação.....	27
2.10	Proteína.....	28
2.11	Digestibilidade.....	29
2.12	Formulação de dietas com o uso do NIRS.....	30
3	OBJETIVOS.....	31
3.1	Objetivos Gerais.....	31
3.2	Objetivos Específicos.....	31
4	METODOLIGIA.....	31
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
6	CONCLUSÕES.....	36
7	REFERÊNCIAS.....	37

1 INTRODUÇÃO

A ovinocultura no Brasil se destaca como uma importante atividade econômica com estimativa média de rebanho de 20,6 milhões de cabeças (IBGE, 2020). No Nordeste brasileiro são criados cerca 13,5 milhões de cabeças, correspondendo a 68,54% do rebanho nacional (IBGE, 2020), que são tradicionalmente criados de forma extensiva tendo como principal base alimentar os pastos nativos do Bioma Caatinga.

No Brasil, há uma grande diversidade de produtos destinados à alimentação para ovinos, os quais variam de acordo com as características de cada região. A diversidade de climas, solos e disponibilidade de água fazem com que a oferta de forragem, fique em “alguns casos” abaixo do exigido pelos animais, tanto no aspecto quantitativo quanto no qualitativo (DEMINICS et al., 2009). Nas condições em que a forragem disponível não atende as exigências dos animais, é necessário buscar estratégias de suplementação para um melhor desempenho.

Nas regiões semiáridas, um dos principais desafios tem sido a nutrição adequada do rebanho, devido variação da qualidade da forragem ao longo do ano, essa flutuação na qualidade nutricional se dá devido as condições ambientais, pois nestas regiões, o desenvolvimento do pasto nativo está atrelado a variabilidade espacial e temporal das chuvas (ANDRADE et al., 2020). Dessa forma, a estimativa da qualidade das plantas forrageiras é necessária para se ter uma melhor estimativa da qualidade da dieta e assim propor estratégias de suplementação mais adequadas. No entanto, a maioria das metodologias são laboriosas, necessitando o desenvolvimento de técnicas mais rápidas e fáceis para o monitoramento da qualidade da dieta de ruminantes a pasto.

Dentre os métodos utilizados para a avaliação nutritiva do pasto, a tecnologia espectroscopia de reflectância do infravermelho próximo (NIRS) tem se destacado por ser um método preciso possibilitando a obtenção de resultados com mais agilidade, evitando resíduos químicos no qual associada ao uso da quimiometria, vem sendo utilizada para avaliar a qualidade da dieta, tais como os parâmetros de proteína bruta (PB), digestibilidade da matéria seca (DMS) e da matéria orgânica (DMO) dos animais em pastejo a partir das análises fecais (COUGHENOUR & MAKKAR, 2012), permitindo amostragem em larga escala e a tomada de decisão

oportuna sobre o uso estratégico de suplementos ou ajustes na formulação da ração (STUTH et al., 2003).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Panorama da ovinocultura

A ovinocultura é uma atividade de grande potencial econômico, visto que, sua produção se estende no mundo inteiro, a sua ampla difusão de espécies se dá principalmente ao seu poder adaptativo a diferentes tipos de climas, relevos e vegetações.

No Brasil, o rebanho efetivo de ovinos, totalizou 20.628.699 cabeças. (IBGE, 2020), demonstrando um aumento de 3,3 % em relação ao ano de 2019. Esse crescimento tem é explicado pelo aumento da demanda interna por carne ovina, devido ao aumento de renda da população, assim, tem-se maior ampliação da comercialização da carne, além do seu papel como produto substituto no mercado de outras carnes.

No contexto produtivo, o setor ovino abrange como uma alternativa de exploração econômica para médios e pequenos produtores, a modo que tem possibilitando a produção integrada com outras atividades.

No Nordeste a ovinocultura constitui em uma atividade de extrema importância, tanto no contexto econômico, pela geração de fonte de renda para pequenos produtores, como também no contexto sociocultural, pela fixação do homem ao campo e perpetuação da atividade produtiva para as gerações seguintes (BATISTA; SOUZA, 2015). No qual tem se destacado na produção com 70,6% do rebanho total de ovinos no Brasil. (IBGE,2020)

Os estados que mais tem representado na produção de ovinos é a Bahia, Pernambuco, Rio Grande do Sul, Ceará e Piauí, que em conjunto representam 73,3% do rebanho total do País em 2020. Apesar da consolidada posição da Bahia, Pernambuco também tem apresentado um bom desempenho ao longo dos últimos anos, apresentando uma participação de 16,0% em 2020 e o maior crescimento em participação no último ano (IBGE, 2020).

Entretanto, o consumo de carne ovina no Brasil é de aproximadamente 400 gramas per capita, número bem inferior aos valores de carnes mais consumidas no país como a de frango 48, 62 kg, bovina 26,81 kg e suína 17,58 kg (IBGE, 2021). O motivo deste baixo consumo vão desde a pouca disponibilidade do produto no mercado até a falta de costume e a inexistência de cortes mais apropriados para o preparo no dia a dia, como acontece com outras proteínas de origem animal (ANDRADE, 2017).

Dessa forma, com o objetivo de melhorar a competitividade do produto em questão, se faz necessário que os produtores brasileiros desenvolvam estratégias para enriquecer a qualidade dos produtos no mercado interno, principalmente no que se refere aos aspectos físico-químicos e características sensoriais da carne (MATZEMBACHER et al., 2020), e estipular estratégias de marketing com cortes nobres e adequação do produto para que assim possa valorar o produto no mercado consumidor.

2.2. Cenário da ovinocultura no Vale Itaim

O Território da Chapada do Vale do Itaim faz parte da microrregião do Alto Médio Canindé que, é a microrregião com maior rebanho de pequenos ruminantes do estado do Piauí o vale é composto por 16 municípios: Acauã, Belém do Piauí, Betânia do Piauí, Caldeirão Grande do Piauí, Caridade do Piauí, Curral Novo, Francisco Macedo, Jacobina do Piauí, Jaicós, Marcolândia, Massapê do Piauí, Padre Marcos, Patos do Piauí, Paulistana, Queimada Nova e Simões (IBGE,2010).

O Território está localizado na região semiárida piauiense. Pelo qual possui clima de acordo com a classificação climática de Köppen, BShw' (Semiárido), é caracterizado por predominâncias de levadas e estáveis temperaturas, superiores a 18 °C e baixas precipitações médias anuais com distribuição irregular durante todo o ano, sendo bastante comum a ocorrência de secas.

A atividade econômica de maior relevância do Território é a agropecuária caracterizadas como estabelecimentos da agricultura familiar. Existindo uma agricultura de sequeiro pelo qual compreende a produção de milho, feijão, mandioca, entre outros, mas a criação animal é a atividade agropecuária que mais predomina. Criam-se bovinos, caprinos e ovinos principalmente (IBGE, 2010).

A criação de pequenos ruminantes, tem se mostrado ao longo dos anos uma excelente oportunidade de negócio no território, sendo uma das atividades mais exploradas entre os pequenos produtores rurais, no qual pode apresentar-se como uma importante alternativa para o desenvolvimento econômico da região semiárida do Nordeste (SIDERSKY, 2017).

O rebanho ovino no vale é de 212.185 cabeças. Pelo qual os municípios do território que mais se destacam em níveis produtivos é o município de Jacobina do Piauí com 66.420 de cabeças, seguindo de Paulistana com 63.371 (IBGE, 2020).

2.3 Importância da nutrição de precisão na produção animal

A nutrição adequada dos rebanhos é fundamental para garantir a eficiência animal, no qual associada a outros fatores como genética, sanidade e manejo, garantem a eficiência da produção (LUZ et al., 2019).

A nutrição de precisão é definida como o fornecimento de alimentos aos animais de maneira eficiente que atenda a todas as suas necessidades nutricionais de maneira que não falte ou exceda para obtenção da eficiência produtiva, contribuindo na preservação do meio ambiente, ao mesmo tempo, garantindo a rentabilidade da atividade (REDDY et al., 2009).

A nutrição de precisão tem por objetivo fornecer ao animal as frações exatas de nutrientes para manutenção, produção e reprodução, no qual exige um amplo conhecimento sobre as exigências nutricionais das categorias e do valor nutritivo dos alimentos. Entretanto, no Brasil ainda ocorrem algumas limitações nas formulações de dietas, já que muitas vezes são utilizados valores tabelados de alimentos, que podem ser diferentes daqueles encontrados nos sistemas de produção pois a variação nutritiva do alimento é intrínseca as características edafoclimáticas, condições de solo e adubação, e processamento e armazenamento (TOMICICH et al., 2015).

O manejo nutricional de ruminantes é definitivamente o maior fator de impacto nos custos de um sistema de produção animal, está diretamente relacionado com o sucesso e a obtenção de índices zootécnicos satisfatórios. A utilização de diferentes estratégias de alimentação dos animais, ainda é o grande desafio da nutrição animal, principalmente, levando-se em consideração as exigências nutricionais de

diferentes categorias de ruminantes e seus respectivos estágios fisiológicos (MORAIS et al., 2011).

A formulação de dietas adequadas é um instrumento da nutrição de precisão pois com base no valor nutricional de cada lote de ingrediente, pesagem e mistura adequadas de ingredientes, uso de aditivos alimentares e técnicas aprimoradas de processamento de ração, implementação de alimentação em fases e alimentação dividida por sexo é a única maneira de melhorar a produtividade dos animais nos países em desenvolvimento pela utilização efetiva dos recursos alimentares disponíveis com o objetivo de maximizar a resposta dos animais aos nutrientes. (REDDY et al., 2009).

Diante disto, a nutrição de precisão apresenta-se como uma ferramenta tecnológica, que busca otimizar o processamento das dietas dentro dos sistemas de produção bem como seu melhor aproveitamento pelos animais, e está atrelada ao desenvolvimento de tecnologias que permitam coletar dados de maneira rápida e continua, afim de tornar o processo de tomada de decisão mais assertivo (GONZÁLES et al., 2018).

Em sistemas de produção de ovinos, a adoção de práticas de manejo e alimentação adequadas, possibilitam melhor desempenho dos animais e por consequência, melhor retorno econômico (CARDOSO et al., 2006), devido o melhor uso do recurso forrageiro e suas implicações na variabilidade do suprimento de nutrientes ao animal ao longo de sua permanência na propriedade.

Dessa forma, é fundamental importância o conhecimento da dieta consumida pelos animais para que se possa atender a suas exigências nutricionais

2.4 Sistema de produção de ovinos no semiárido

A região semiárida brasileira (SAB) prolonga-se por uma área de 928 km² pelo qual abrange uma parte do norte dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, os sertões da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará e Piauí e mais 45 municípios do sudeste do Maranhão (CORREIA et al., 2011). Os solos são característicos por serem solos rasos e assentados sobre o substrato cristalino, cobertos predominantemente pela vegetação caducifólia das caatingas, típica da região. O tipo climático é Bsh, segundo a classificação de

Köppen, caracterizando-se por temperaturas elevadas, baixa umidade do ar, alta insolação e elevadas taxas de evaporação, mas especialmente pela escassez e irregularidade acentuada na distribuição de chuvas, tanto no tempo quanto no espaço, com a predominância de longos períodos de estiagem possuindo estação chuvosa curta e mais concentrada nos meses de verão com precipitação que situa-se entre 250 e 600 mm/ano, podendo atingir até 800 mm/ano (FERREIRA et al., 2009).

Essas condições em conjunto a alta demanda evaporativa da atmosfera, resulta em um balanço hídrico negativo na maior parte do ano, ocasionando a escassez hídrica e o fenômeno das secas (CUNHA et al., 2015), pelo qual tende a agravar os sistemas de produções locais apresentando acentuada redução na capacidade de suporte de pastagens, em virtude da redução na disponibilidade e qualidade da forragem, decorrente de sua lignificação (ARAÚJO FILHO et al., 1998).

O semiárido brasileiro é caracterizado por uma alta irregularidade da distribuição das chuvas no espaço e no tempo. Possuindo duas estações distintas, a estação chuvosa, pelo qual corresponde a um curto período de chuvas, errático e de intenso; e a estação seca, correspondendo a um período crítico de estiagem prolongada, quando as espécies da Caatinga expressam sua fisionomia mais marcante, a caducifólia. Diante dessas condições, as espécies vegetais apresentam dinâmica de crescimento e desenvolvimento em forma de pulsos com os eventos de chuva (ANDRADE et al., 2020).

Levando em consideração que grande parte dos sistemas de produção de ruminantes é feita a pasto, a existente variação nos aspectos quantitativos e qualitativos do pasto, em consequência das diversidades climáticas, solos e disponibilidade de água podem influenciar na estacionalidade produtiva do rebanho (DEMINICS et al., 2009). Visto que, a alimentação dos rebanhos se fundamenta na utilização de forrageiras cultivadas e no uso da vegetação nativa, predominantemente a caatinga aspecto que imprime características estacionais à produção nesta região (FERREIRA et al., 2009).

No Nordeste brasileiro, a principal, fonte de alimento para os ruminantes em sua maioria é a vegetação nativa do Bioma Caatinga, que é composta por uma imensa diversidade de espécies com potencial forrageiro e ainda há poucas informações e grande variação na composição química e produção de forragem,

durante o ano, devido à influência da sazonalidade e irregularidade das chuvas. O que acaba dificultando o real conhecimento da nutrição dos rebanhos (SOUZA et al., 2013).

2.5 Pasto nativo do semiárido nordestino

O Nordeste do Brasil possui grande diversidade de pastagens, no qual se destaca como sendo um bioma exclusivamente brasileiro, encontrando-se totalmente inserido no semiárido, com exceção da região leste de Minas Gerais (SANTOS et al., 2010). O bioma Caatinga ocupa uma área de aproximadamente 734.478 km² do Nordeste brasileiro, se caracteriza principalmente pelas diversas adaptações às multiplicidades do meio em que está inserido, possui um patrimônio biológico bastante diversificado, com ocorrência de diversas espécies nativas. (LOPES et al., 2021).

A caatinga possui um complexo vegetacional de porte arbóreo, composto principalmente por leguminosas arbustivas, utilizadas como suporte forrageiro em sistemas de criação extensiva de pequenos ruminantes. As condições edafoclimáticas da Caatinga favorecem o desenvolvimento de espécies vegetais bem adaptadas a região (SOUZA et al., 2019). No qual, os habitantes deste ambiente apesar da escassez de água desenvolveram adaptações que permitem a sua sobrevivência no clima semiárido (ANDRADE et al., 2020).

De acordo com um levantamento florístico de todo o território brasileiro, o Bioma apresentou um total de 4.322 espécies de plantas com sementes, sendo 744 endêmicas deste bioma, o que corresponde a 17,2% do total de táxons registrados (FORZZA et al., 2012), pertencentes principalmente às famílias *Caesalpiniaceae*, *Mimosaceae*, *Euphorbiaceae*, *Fabaceae* e *Cactaceae* (ARAÚJO FILHO, 2006).

Diante da existente extensão territorial e dos diversos ambientes em que pode ser encontrada, a caatinga possui enorme variabilidade fitogeográfica, evidenciada principalmente pelas diferenças fisionômicas, de densidades, de composição de espécies e de aspectos fenológicos (PEREIRA et al., 2001). Estudos demonstram que acima de 70% das espécies botânicas da caatinga participam de forma considerável da composição da dieta dos pequenos ruminantes. Em termos de grupos de espécies botânicas, as gramíneas e dicotiledôneas herbáceas perfazem

acima de 80% da dieta dos ruminantes, durante o período chuvoso (MOREIRA et al., 2007).

O bioma é considerado um ecossistema frágil devido aos escassos recursos hídricos e às pressões antrópicas, principalmente a exploração intensiva da região pela agricultura e pecuária sendo altamente dinâmica e sua vegetação responde rapidamente às condições climáticas devido às adaptações morfológicas e fisiológicas à aridez compreendendo a plantas que retêm suas folhas durante todo o ano e outras que ficam sem folhas durante sete meses no ano (LOPES, 2021).

De acordo com (SILVA, 2017) na estação das águas, a camada herbácea ressurgue na, apresentando uma variedade de plantas nativas e exóticas naturalizadas. Dentre os quais, podem apresentar características forrageiras, podendo ser exploradas pelos animais através do pastejo direto. Entretanto, na estação seca, as folhas das espécies lenhosas passam a compor a maior parte da dieta dos animais, no decorrer do ano, no qual as forrageiras sob pastejo sofrem grande influência de variáveis climáticas, o que causa oscilações na quantidade de massa produzida, afetando diretamente na qualidade da forragem disponível ao animal.

Dentre as espécies forrageiras nativas que são usadas na alimentação animal, podemos destacar: o angico (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth)), o pau-ferro (*Caesalpinia ferrea* Mart. ex. Tul.), a catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul.), a canafistula (*Senna spectabilis* var. *excelsa* (Sharad) H.S.Irwine & Barnely), a jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret), o sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* (Benth.), e o juazeiro (*Zizyphus joazeiro* Mart.), entre as espécies arbóreas; o mororó (*Bauhinia* sp.), o engorda-magro (*Desmodium* sp.), a marmelada-decavalo (*Desmodium* sp.), o feijão-bravo (*Capparis flexuosa* L.), o mata pasto (*Senna* sp.) entre as espécies arbustivas e subarbustivas; e as mucunãs (*Stylobium* sp.) e as cunhãs (*Centrosema* sp.), entre as lianas e rasteiras. Pelo qual a produção total de fitomassa da folhagem das espécies lenhosas e da parte aérea das herbáceas na caatinga atinge, em média, 4.000 kg/ha, constituindo-se em forragem na alimentação dos ruminantes (DRUMOND et al., 2000).

2.6 Valor nutritivo do pasto

A produção de ruminantes em pastejo é determinada pelo consumo de forragem, valor nutritivo, e pelo potencial genético dos animais. O consumo assume prioridade, pois determina a qualidade de suprimento de nutrientes: carboidratos, proteínas, lipídeos e minerais (OLIVEIRA, 2008). O valor nutritivo de uma espécie forrageira é influenciado pela fertilidade do solo, condições climáticas, idade fisiológica e pelo manejo em que está submetida. Contudo, o valor nutritivo é avaliado pela digestibilidade, pelos teores de proteína bruta e de parede celular, características estreitamente relacionadas com o consumo de matéria seca. O baixo valor nutritivo das forrageiras, por sua vez geralmente está associado ao reduzido teor de proteína bruta, de minerais, e elevado conteúdo de fibra o que implica em baixa digestibilidade da matéria seca (SILVA et al., 2009).

A qualidade da forragem produzida pela população de plantas é determinada pelo estágio de crescimento e suas condições durante a colheita. No qual, o potencial biológico das espécies adaptadas depende do clima de cada ecossistema. A temperatura, a disponibilidade de água, a fertilidade do solo e a quantidade de radiação solar são os fatores determinantes a quantidade e o valor nutritivo da forragem produzida (FONTANELI et al., 2009).

Um dos fatores que é determinantes aos baixos índices zootécnicos é a estacionalidade da produção das plantas forrageiras tropicais, característica marcante das pastagens no qual ocorre com a maioria das espécies forrageiras tropicais e está relacionada principalmente a fatores climáticos, como a ocorrência de longos períodos com baixos índices pluviométricos associados ao fotoperíodo mais curto e às baixas temperaturas durante os meses de maio a setembro (VITOR et al., 2009).

Nas regiões semiáridas, um dos principais desafios tem sido a nutrição adequada do rebanho, devido essa variação da qualidade da forragem ao longo do ano, observada nos teores proteicos e, energéticos. Essa flutuação na qualidade nutricional se dá devido as condições ambientais, pois nestas regiões o desenvolvimento do pasto está atrelado a variabilidade espacial e temporal das chuvas (ANDRADE et al., 2020).

Durante os períodos de transição seca-águas, águas e transição águas-seca a forragem disponível ao pastejo do ponto de vista nutricional não pode ser considerada estável, pois aspectos como a forma do crescimento vegetal se altera durante estes períodos justamente com interação do animal com a massa disponível podem levar a alterações na qualidade do material consumido pelo animal. No período de transição seca-águas pode-se presumir que após as primeiras chuvas as forragens apresentam altas proporções de nitrogênio não proteico na proteína bruta (PB) e alta digestibilidade da matéria orgânica (MO), durante o período seco do ano, os baixos teores de proteína e a elevada lignificação da fração fibrosa insolúvel, tendem a implicar em baixos níveis de consumo e digestibilidade (PAULINO et al., 2006), conseqüentemente, limita a atividade dos microrganismos ruminais, o que pode comprometer a utilização de energia disponível da forragem, e diminuição na digestibilidade da fibra, resultando na redução do consumo de matéria seca e baixo desempenho animal (SAMPAIO, 2009).

Portanto, a avaliação da produtividade e qualidade das forrageiras disponíveis é uma necessidade para qualquer sistema de produção de ruminantes, pois irá auxiliar nas tomadas de decisões e no estabelecimento de metas de pastejo e assim propor estratégias de suplementação mais adequadas caso necessário.

2.7 Sistemas de avaliação de alimentos

Várias técnicas têm sido utilizadas para obter uma amostragem representativa da dieta selecionada pelos animais, dentre elas incluem a amostragem formada pela simulação de pastejo, o uso de gaiolas de exclusão e o uso de animais fistulados no esôfago ou rúmen (CARVALHO et al., 2007). Porém, em razão da diversidade de espécies forrageiras em outras regiões da caatinga, e as mudanças climáticas ao longo dos anos, seria necessário a realização de numerosos estudos, em diferentes sítios de vegetação. No entanto, estas metodologias são laboriosas, necessitando do desenvolvimento de técnicas mais rápidas, simples e dinâmicas para o monitorar a qualidade da dieta de ruminantes em pasto nativo.

Dentre as mais diversas técnicas, espectroscopia de reflectância do infravermelho próximo (NIRS) associada ao uso da quimiometria vem sendo utilizada para avaliar a qualidade da dieta de forma indireta, pelo qual se destaca em relação

as demais técnicas por suas características de precisão e agilidade, evita a geração de resíduos químicos possuindo a capacidade de predição química das dietas através do método indireto, análise fecal. (LANDAU et al., 2005; LANDAU et al., 2016; LYONS & STUTH, 1992).

A técnica NIRS para a determinação da qualidade da dieta de animais em pastejo teve como pioneiros LYONS & STUTH (1992) na utilização do NIRS, determinando indiretamente a qualidade das dietas de bovinos e caprinos, respectivamente. Desde então, surgiram diversos estudos com o uso da técnica, pelo qual tem demonstrado sua eficiência de previsão de forma acurada e simples. No qual evoluiu de forma rápida em resposta à necessidade de análises rápidas e não destrutivas no local e devido à flexibilidade de adaptação a diferentes tipos de amostras. Com isso, a indústria passou a investir cada vez mais na modernização do NIRS tornando-o cada vez mais práticos e eficiente, menores, alguns portáteis tornando a tecnologia cada vez mais acessível. (REGO et al., 2020).

2.8 Espectroscopia de reflectância do infravermelho próximo (NIRS)

A busca pelo conhecimento do conteúdo nutricional de cada alimento, relacionado ao seu aproveitamento digestivo e metabólico, tem crescido cada vez mais levando a necessidade de buscas por técnicas eficazes, rápidas e de baixo impacto ambiental (ALMEIDA et al., 2018). Em 1800, o astrônomo e músico inglês Frederick William Hersche executou um estudo no qual utilizou papelão e termômetros com bulbos pretos, com o objetivo de medir as temperaturas sob diferentes cores do prisma. O pesquisador observou um aumento da temperatura à medida que movia o termômetro do violeta para o vermelho no espectro criado pela luz do sol atravessando o prisma, sendo esta região, mais tarde, chamada de infravermelho próximo (CIENFUGOS, 2003).

Após a descoberta da tecnologia passou-se quase um século e meio até que as primeiras aplicações analíticas da radiação NIRS fossem desenvolvidas, devido a falta de seletividade dos espectros de absorção na região NIRS. Até a década de 1960, não havia espectrofotômetros comerciais capazes de obter um espectro com qualidade na região NIRS. Foi aí que, Karl Norris do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, iniciou-se à investigação de novos métodos para determinação

da umidade em produtos agrícolas. Aplicando o NIRS para análise desses produtos, reconhecendo assim o seu grande potencial da medição da reflectância difusa na região NIRS para análise rápida de grãos, verificando que estes materiais agrícolas exibiam bandas de absorção específicas na região NIRS. No qual desde então a tecnologia vem sendo aplicada em diversas áreas como uma técnica, rápida, simples e precisa. (TIBOLA et al., 2018).

Espectroscopia de reflectância infravermelha próxima (NIRS) é uma técnica bem estabelecida na análise de forragem e rações para animais. A técnica NIRS fornece informações rápidas sobre alimentos a serem usados na ração formulação, ou sobre forragem em oferta em um pasto e informações sobre a qualidade da dieta selecionada pelo animal. (SHOWERS et al., 2006). A sigla NIRS significa espectroscopia da reflectância no infravermelho próximo. A palavra espectroscopia é derivada do latim *spectrum* (aparência, imagem) e *skopia* vêm do grego (vista aspecto). É uma técnica baseada na espectroscopia vibracional, que emprega energia nos comprimentos de onda no intervalo de 750 a 2.500 nm envolvendo a interação da luz com a matéria, onde a radiação eletromagnética ocorre na forma de ondas, no qual se fundamenta no desenvolvimento de modelos de regressão multivariada, onde se estuda correlações entre os espectros variáveis independentes e a dieta selecionada, a qual irá gerar os valores de referência variáveis dependentes (STUTH et al., 2003).

A energia radiante do infravermelho é usada para caracterizar as substâncias orgânicas bem como para estudar a quantidade e o tipo de ligação química presente na substância das amostras. A energia pode ser transmitida por ondas eletromagnéticas efetuando análises em qualquer molécula que apresente, principalmente, ligações C-H, OH, N-H, S-H e C=O. No qual, a absorção de luz é quantificada pela diferença entre a quantidade de luz emitida pelo equipamento e a quantidade de luz refletida pela amostra. Essa interação da radiação eletromagnética com a matéria são características dos átomos presentes nas moléculas, bem como da região do espectro envolvida, onde ocorrem combinações e sobretons de transições vibracionais (PASQUINI, 2003).

Toda matéria orgânica que se deseja analisar é formada por um conjunto complexo de átomos, principalmente, carbono, oxigênio, nitrogênio, hidrogênio, os quais se combinam por meio de ligações covalentes para formar as moléculas que

absorvem várias frequências de radiação eletromagnética na região do infravermelho, sendo que, cada molécula absorve determinado comprimento de onda único podendo se distinguir das demais moléculas presentes (FOLEY et al., 1998).

Por meio dessa ferramenta podem ser obtidas informações qualitativas e quantitativas dos constituintes químicos da biomassa decorrente da interação da onda eletromagnética do infravermelho próximo com a amostra (PASQUINI, 2003).

A determinação da qualidade da dieta com o uso do NIRS pode ser feita pelo método direto ou indireto. O método direto consiste em coletar o espectro da dieta e fazer a análise química da mesma para ser usada como valores de referência, enquanto o método indireto coleta-se os espectros das amostras fecais e realizam-se as análises químicas da dieta e, a partir dos espectros das fezes tenta-se prever a qualidade da dieta, tendo como base os valores de referência (WALKER & TOLLESON, 2010).

O NIRS fecal é um método que consiste na coleta dos espectros das amostras de fezes no qual associado a técnicas quimiométricas, é possível estimar os a proteína e a digestibilidade dieta. A quimiometria auxilia nesta técnica a partir de métodos matemáticos, estatísticos e químicos (GELADI & KOWALSKI, 1996), usada como uma ferramenta para quantificar e classificar diferentes alimentos.

Como limitações, a técnica apresenta dependência de metodologias analíticas bem estabelecidas na determinação de cada parâmetro durante o procedimento de calibração e custo com equipamento que pode variar de equipamento para e equipamento (MUÑIZ et al., 2012).

Glasser et al. (2008) conduziu um estudo em Israel onde utilizou também o NIRS fecal para determinação da qualidade das dietas de cabras, utilizando como meio de coleta da dieta o pastejo simulado. No Brasil, Leite et al. (2002), utilizaram esta técnica para determinar a variação sazonal na qualidade da dieta e o balanço nutricional de ovelhas ao longo do ano em pastagem nativa com diferentes níveis de manejo na região de Sobral-CE. No qual tem demonstrado acurácia, permitindo assim o desenvolvimento de estratégias de suplementação para diferentes épocas do ano.

Vários trabalhos foram realizados com esta tecnologia como o de Lyons e Stuth (1992) e Boval et al. (2004) para bovinos; Leite & Stuth (1995), Landau et al.

(2004) e Walker et al. (2007) para caprinos e Li et al. (2007) para ovinos. Aplicação similar também foi feita na Austrália para bovinos por Coates (1999).

2.9 Instrumentação

O espectrômetro NIRS é um instrumento de alta precisão composto por uma fonte de luz, um monocromador, um suporte de amostra e um detector que permite a captação de transmitância ou reflexão. Sem que, a escolha e combinação desses dispositivos em um instrumento determinam sua faixa de operação, características espectrais e eficiência (METROHM, 2013).

A escolha do instrumento deve ser baseada pela aplicação final. Instrumentos de baixo custo, baseados em filtros e LEDs, suficiente para muitos laboratórios dedicados e rotina em campo formulários. Instrumentos baseados em óptica dispersiva fixa e matrizes de sensores provaram ser uma solução robusta quando dados espectrais de vários comprimentos de onda para aplicações em campo é requerido (PASQUINI, 2003).

Os equipamentos de NIRS podem apresentar algumas variações de acordo com o fabricante ou quanto ao tipo de equipamento, podendo ser portátil ou fixo de bancada. Ao longo dos anos, a tecnologia NIRS tem avançado de forma considerável com a miniaturização e a portabilidade dos instrumentos. Apresentando uma série de vantagens, dentre elas destaca-se o seu baixo custo de aquisição, tamanho, peso, à robustez e à possibilidade de análises in situ e em tempo real (PASQUINI, 2003). Com isso, a disponibilização de espectrômetros portáteis de baixo custo, que podem se conectar via bluetooth à smartphones ou tablets, pode revolucionar a abordagem dos futuros procedimentos analíticos, além de tornar a tecnologia NIRS mais acessível a um público em geral. (TIBOLA et al., 2018).

2.10 Proteína

Dentre os nutrientes constituintes que compõem a dietas dos ruminantes, a proteína apresenta grande interesse na nutrição animal, devido seu alto custo e seu potencial limitante no sistema de produção (VALADARES FILHO et al., 2006).

As proteínas são substâncias compostas por uma sequência de aminoácidos unidos por ligações covalentes, cuja extensão pode ultrapassar milhares de aminoácidos em conformações bastante complexas, pelo qual exerce um papel fundamental no organismo animal, participa na formação e manutenção de tecidos, contração, transporte de nutrientes e hormônios e enzimas síntese (ARC, 1980; Kirton, 1986; AFRC, 1993)

A deficiência prolongada deste nutriente pode causar redução de volume no sangue, fígado e músculos podendo prejudicar a imunidade animal e a eficiência do uso de alimentos, devido a alterações nas funções do rúmen. O seu excesso pode causar perda energética e econômica. O conteúdo de energia é considerado crítico ao ajustar dietas para ruminantes, especialmente os ricos em fibras, isso significa que a disponibilidade de energia é regulada por um fornecimento de proteína na dieta. Atrasos por deficiência energética diminui o crescimento animal, fertilidade, ganho de peso, produção de leite e outros parâmetros produtivos (SILVA et al., 2010).

As estimativas de exigências em proteína bruta sofrem variações em função dos alimentos, devido a diferenças na eficiência de utilização, podem ser afetadas pelo sexo, raça, ganho de peso, estágio de desenvolvimento e pela composição corporal e, à medida que a idade avança, aumenta o conteúdo de gordura e diminui o de proteína no corpo (ARC, 1980).

Em condições onde os animais são criados sob pastagem, o teor proteico da pastagem verde é geralmente suficiente para atender ao requisito de proteína de ovelhas. No entanto, ainda é necessário um sistema para definir requisitos proteicos, para identificar e quantificar a necessidade de suplementar com proteína, especialmente para animais de alta produção ou para animais em que estão sob forragem de menor qualidade (DOVE, 2010).

2.11 Digestibilidade

A eficiência dos sistemas de produção animal depende diretamente do consumo de alimentos e de seu aproveitamento por parte do animal, dessa forma, ter o conhecimento da composição química dos alimentos e sua digestibilidade é

fundamental para a formulação de dietas balanceadas que irão proporcionar maiores ganhos produtivos (CAMPOS et al., 2010).

O valor nutricional de um alimento é dado em função de sua composição química, de sua digestibilidade e da natureza dos produtos da digestão desse alimento. Com base nisso, a digestibilidade de MO é uma das características mais importantes utilizadas para avaliar a qualidade nutricional na alimentação (FANCHONE et al., 2010). Visto que, a estimativa da digestibilidade é reconhecida como um parâmetro do valor nutricional do alimento, sendo definida como a fração do alimento ingerido que pode ser absorvida no trato digestivo e não recuperada na excreção fecal (GOULARTE et al., 2011).

Existem vários fatores que podem influenciar a digestibilidade, bem como a composição e preparo dos alimentos da dieta, além de fatores dependentes dos animais e do nível nutricional do alimento (ALVES, 2003).

A estimativa da digestibilidade é um dos parâmetros muito importantes a ser avaliado na estimativa do valor nutricional dos alimentos (FERREIRA et al., 2009). Um dos primeiros sistemas para avaliação de alimentos foi desenvolvido por Henneberg, em 1894, na Estação Experimental de Weende, na Alemanha (SALMAN et al., 2010), usado na determinação das diferentes concentrações de umidade, compostos nitrogenados, cinzas, extratos solúveis em éter e porções fibrosas insolúveis em ácido e álcali (CHURCH, 2006). Destaca-se também método de Van Soest, em 1967, na Cornell University, baseado na solubilidade dos alimentos em soluções detergentes, que permite identificar os constituintes vegetais em conteúdo celular e parede celular, obtendo-se a fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose, celulose e lignina. Entretanto, experimentos deste tipo são relativamente caros, trabalhosos e demandam tempo para a obtenção de resultados.

Com isso, vários marcadores vêm sendo empregados em estudos de metabolismos animal, no entanto, uma série de variedade pode influenciar os resultados de estudos realizados para medir o desaparecimento ruminal e o fluxo de nutrientes para o intestino, entre eles a ingestão de alimentos, o marcador utilizado, a coleta de amostra, o delineamento estatístico (BERCHIELLI et al., 2005). Com base nas problemáticas de estimar o valor nutricional dos alimentos, busca-se cada

vez mais por técnicas precisas não destrutivas que de forma rápida e eficaz consiga estimar o valor nutritivo do pasto.

2.12 Formulação de dietas com o uso do NIRS

O Brasil em decorrência da sua grande expansão territorial apresenta grande potencial para atividade pecuária a pasto. As pastagens constituem as principais fontes de nutrientes para os ruminantes, como proteína e energia, além de fornecer a fibra que é essencial para proporcionar a mastigação, ruminação e o funcionamento adequado do rúmen (FERREIRA, 2007).

No entanto, as pastagens sofrem grandes variações ao longo do ano, tanto em quantidade quanto em qualidade, podendo isso afetar o desempenho dos animais, podendo coincidir com períodos de maiores exigências nutricionais dos ovinos. Durante o período seco as pastagens podem apresentar menos de 7% de proteína bruta (PB) na matéria seca (VAN SOEST, 1994), podendo afetar o funcionamento normal do rúmen, não atendendo as exigências dos animais, afetando a digestibilidade e o consumo da forragem, tendo como consequência menores índices produtivos (PAULINO et al., 1996; REIS et al., 1997).

Dessa forma, é necessário estabelecer estratégias de suplementação para que possa suprir as deficiências nutricionais dos animais. Diante disto, a suplementação é feita com o intuito de suprir as deficiências nutricionais quando o pasto não consegue suprir tal demanda (FARINATTI et al., 2006).

A diversidade de suplementos para animais criados em sistemas de pasto, permitiu a correção de dietas desequilibradas, com reflexo no aumento da eficiência de conversão das pastagens e do desempenho, encurtando os ciclos reprodutivos e aumentando a capacidade de suporte dos sistemas produtivos (FIGUEIREDO et al., 2007).

3 – OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Estimar a proteína bruta e a digestibilidade da dieta de ovinos criados em pasto nativo na estação seca e águas utilizando a técnica da espectroscopia e reflectância do infravermelho próximo (NIRS).

3.2 Objetivos Específicos

- Quantificar os níveis de proteína bruta e digestibilidade do pasto através de amostras fecais de ovinos criados em pasto nativo utilizando a tecnologia NIRS;
- Identificar a variação dos teores de proteína bruta e digestibilidade ao longo da estação seca e águas

4 METODOLOGIA

O experimento foi realizado nos municípios de Paulistana Piauí, localizada na Mesorregião do Sudeste Piauiense sendo o maior da microrregião do alto Médio Canindé. no qual localiza-se a uma latitude 08°09'19" sul e a uma longitude 41°09'14" oeste, estando a uma altitude de 359 metros no qual o clima predominante na região é Bsh Semiárido quente (segundo a definição de Köppen) com chuvas de dezembro a março, possuindo uma média anual de precipitação 5 mm com média anual de temperatura de 23 °C (Köppen, 1928).

Para as previsões dos teores de proteína bruta (PB) e digestibilidade (DMO) foi coletado amostras fecais na ampola retal dos ovinos criados sob regime alimentar em pasto nativo, os animais utilizados para o experimento fazem parte do projeto do Serviço de Assessoria Nutricional Remota para Pequenos Ruminantes (AssessoNutri) conduzido pela equipe da Embrapa caprinos e ovinos, que é uma tecnologia que tem como base o desenvolvimento de modelos de Espectroscopia no Infravermelho Próximo da Fezes (NIRS fecal) para estimar a composição do pasto selecionado pelos animais, com propósito de oferecer serviço de assessoramento nutricional para produtores em diferentes microrregiões do nordeste brasileiro,

disponibilizando orientações mais precisas para suplementação estratégica de pequenos ruminantes em pastagem de Caatinga, a partir desta ferramenta de nutrição de precisão. Na primeira parte do trabalho, modelos NIR para previsão dos teores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e proteína bruta da dieta, foram desenvolvidos em equipamento NIR portátil (MicroNIR® 1700, VIAVI), utilizando o banco de amostras e dados do LABNIR, coletados no desenvolvimento do projeto “Uso da espectroscopia da refletância do infravermelho próximo (NIRS) para o monitoramento da nutrição de pequenos ruminantes em pasto nativo”.

Para o desenvolvimento dos modelos, os dados passaram por análises exploratórias de agrupamento a análise de componentes principais (PCA), visando detectar amostras anômalas (outliers). Após a análise exploratória dos dados e a construção dos modelos de classificação, será utilizada a ferramenta de seleção “Evenly Distributed Samples” do software The Unscrambler®, para seleção de um subconjunto amostral de 25% para ser utilizado como banco de validação.

O desenvolvimento dos modelos foi realizado utilizando o software Unscrambler versão 10.5 (Camo Inc, AS, Norway) por meio de Regressão por Mínimos Quadrados Parciais (PLS). O número de fatores PLS será determinado pela validação cruzada (cross-validation) procedimento “leave-one-out”.

O desempenho dos modelos gerados para cada parâmetro será avaliado de acordo com a raiz quadrada do erro médio da calibração (RMSEC), da validação cruzada (RMSECV) e da predição (RMSEP), bem como do coeficiente de determinação (R^2) dos valores previstos em relação aos valores de referência (Windham et al., 1989; Williams e Sobering, 1993; Williams, 2001) e o número de fatores utilizados na calibração, como propõe Pasquini (2003).

Para a realização do estudo foram pré-selecionadas 20 propriedades pilotos, dessas 20 propriedades 5 foram selecionadas pois apresentaram similaridade entre os espectros NIR em relação ao banco de dados dos modelos. Foram realizadas coletas fecais de 10% do rebanho total de pequenos ruminantes das espécies *Ovis aries* (ovinos), sendo a propriedade A; localizada em Paulistana Piauí, propriedade B; localizada em Acauã Piauí, ;propriedade C localizada em Paulistana Piauí, propriedade D; localizada em Paulistana- PI, propriedade E; localizada em Betânia Piauí, as coletas totalizando um total de 57 amostras fecais. Todos os ovinos eram alimentados com pasto nativo.

As coletas foram feitas em duas estações do ano (seca e águas), nos meses de agosto e outubro (2021) e março (2022).

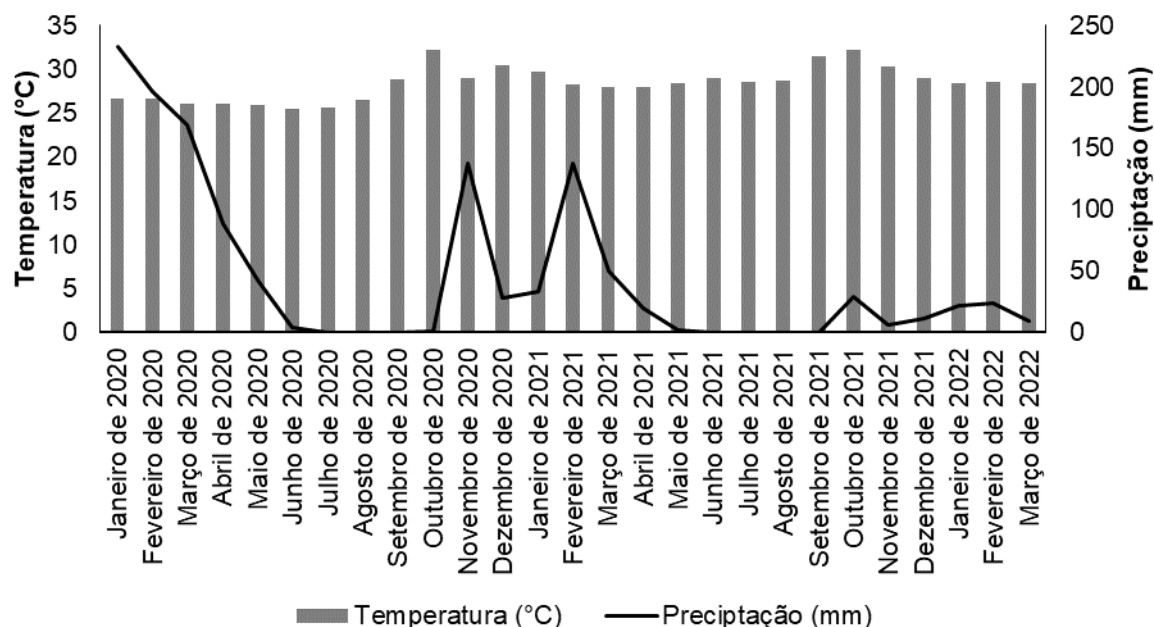


Figura 01: Dados meteorológicos durante o período experimental.

As amostras fecais coletadas nas propriedades eram colocadas em sacos plásticos identificados com nome da propriedade e data da coleta e posteriormente conduzidas ao laboratório de agropecuária localizado no IFPI Campus Paulistana, no qual eram submetidas a secagem em estufa a 55 °C, por no mínimo 16 horas e moídas em moinho micro tipo cyclone com peneira com crivos de 1 mm, sendo acondicionadas em envelopes de papel devidamente etiquetados e identificados com nome da propriedade e data da coleta, seguindo para estufa por no mínimo 6 horas, após essa etapa as amostras foram conduzidas ao dessecador durante 30 minutos, no qual foram colocadas no vial para que assim possa ser feita leitura no NIRS portátil (MicroNIR® 1700, VIAVI) a leitura foi feita em três pontos do vial para obter a completa leitura das amostras, seguindo o protocolo de amostras de Lyons e Stuth (1992).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se a existência de variações nos valores médios de PB, DIVMS e DIVMO (Tabela 1), que pode ser explicado pela existente variação da composição botânica de plantas nativas existentes na região do Território da Chapada do Vale do Itaim, sendo que, a composição da planta tende a variar conforme material coletado ou selecionado pelo animal. Isso também foi observado por Pereira Filho et al. (2013) que puderam verificar diferenças químicas de algumas espécies dos componentes arbóreo e herbáceo (monocotiledôneas e dicotiledôneas), com valores máximos de PB de 9,14, 14,42 e 21,1% para as gramíneas, dicotiledôneas e arbóreas, respectivamente.

LANDAU et al. (2008) utilizaram o a técnica NIRS para estimar proteína e digestibilidade com cabras no mediterrâneo encontraram o valor de DMS de 67,5%, já COX et al. (2000) utilizaram a técnica com ovinos no Nordeste e obtiveram resultados para DIVMO entre 14,7 e 44,77%, com uma média de 30,07% na pastagem nativa, demonstrando a existência dessa variação entre os valores devido a existente variação na composição química de cada forrageira.

Tabela 01. Estimativa da proteína bruta do alimento e da digestibilidade da matéria orgânica e da matéria seca de diferentes propriedades na região do Território da Chapada do Vale do Itaim

	DIVMO	DIVMS	PB
Propriedade A			
Média	51,50	37,69	20,53
Desvio padrão	4,28	3,44	3,15
Máximo	63,41	50,86	28,79
Mínimo	43,03	27,30	8,66
Propriedade B			
Média	51,63	39,24	16,81
Desvio padrão	3,47	3,13	2,42
Máximo	62,88	52,29	21,55
Mínimo	43,28	31,72	6,63
Propriedade C			
Média	46,26	34,51	18,68
Desvio padrão	2,69	3,30	1,91
Máximo	51,75	41,02	22,88
Mínimo	40,74	27,27	13,57
Propriedade D			
Média	45,14	33,69	18,76
Desvio padrão	3,75	4,89	1,37
Máximo	51,20	42,43	23,00
Mínimo	34,28	19,98	15,41
Propriedade E			
Média	53,65	37,89	20,79
Desvio padrão	4,46	5,85	1,83
Máximo	68,02	57,23	26,61
Mínimo	45,56	25,81	16,27

DIVMS – Digestibilidade da Matéria Seca;

DIVMO – Digestibilidade da Matéria Orgânica;

PB – Proteína Bruta do Alimento.

As variações na disponibilidade de forragem ao longo do ano têm efeitos marcantes no desempenho de rebanhos criados na caatinga. No qual é ser observado uma diminuição nos teores de PB, DVMO e DVMS (Tabela 2) ocorrendo uma diminuição na qualidade dos alimentos disponíveis, em consequência do elevado processo de lignificação da parede celular.

Dentre as variáveis climáticas, a temperatura e a pluviosidade são as que mais afetam o valor nutritivo das forrageiras (HASSEN et al., 2007), o que faz com que em altas temperaturas aumente os componentes da parede celular, tais como a lignina, enquanto reduz a proteína, vitaminas, minerais, carboidratos solúveis e digestibilidade (SANTOS et al., 2011), fator observado nos meses em que predominava a seca (agosto e outubro) caracterizado por maiores temperaturas e menores índices pluviométricos (Tabela 3).

Uma das características de plantas nativas da caatinga é o elevado teor de proteína (COSTA et al., 2010) visto que, os maiores valores de proteína no período chuvoso (Tabela 2) podem estar relacionados com a maior capacidade de realização do processo de fotossíntese, em razão da maior disponibilidade de água, o que vai aumentar a fixação biológica do nitrogênio (CALDAS et al., 2010).

No entanto, alguns autores relatam que apesar das plantas nativas do bioma Caatinga apresentar altos teores de PB, muitas vezes estas possuem baixa digestibilidade, em razão das concentrações de lignina ou de taninos, as quais podem estar ligadas a fração proteica, deixando indisponível a sua utilização pelo animal (GONÇALVES, 2018). Santos et al. (2009) avaliaram a composição da dieta de ovinos alimentados com pasto nativo na caatinga e encontraram valores de taninos variando de 1,28 a 5,29% no período seco e de 3,68 a 6,24% no período chuvoso.

Tabela 02. Estimativa da proteína bruta do alimento e da digestibilidade da matéria orgânica e da matéria seca nas estações da seca e das águas na região do Território da Chapada do Vale do Itaim

	DIVMO	DIVMS	PB
Seca			
Média	50,04	36,62	18,97
Desvio padrão	4,11	4,00	2,49
Máximo	64,56	52,29	26,61
Mínimo	40,74	25,81	6,63
Águas			
Média	51,29	37,84	20,23
Desvio padrão	6,39	5,93	3,08
Máximo	68,02	57,23	28,79
Mínimo	34,28	19,98	13,57

DIVMS – Digestibilidade da Matéria Seca;
 DIVMO – Digestibilidade da Matéria Orgânica;
 PB – Proteína Bruta do Alimento.

4 CONCLUSÃO OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os resultados da pesquisa foi possível estimar a variação da PB, DVMO e DVMS ao longo das estações secas e águas nas plantas do Bioma caatinga do vale Itaim que compõe a alimentação dos ovinos na região, o NIRS se mostrou uma importante ferramenta para determinação da composição da dieta de ruminantes sob pastagem nativa.

REFERÊNCIAS

- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC. **Necesidades energéticas y proteicas de los rumiantes**. Zaragoza: Acribia, 175p. 1993.
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. **The nutrient requirements of ruminant livestock**. Farnham Royal: Commonwealth Agricultural Bureaux, 351p. 1980.
- Albertini, T. Z.; de Medeiros, S. R.; GOMES, R. D. C.; FELTRIN, G. Exigências nutricionais, ingestão e crescimento de bovinos de corte. **Embrapa Gado de Corte- Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2015.
- Almeida, M. T. C.; Delphino, T. R.; Paschoaloto, J. R.; Carvalho, V. B.; Perez, H. L.; D'Aurea, E. M. O.; Ezequiel, J. M. B. Predições da espectroscopia no infravermelho próximo podem determinar a digestibilidade e o consumo alimentar de cordeiros confinados. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70, p. 597-605, 2018.
- Alves, K.S.; De Carvalho, F.F.R.; Vêras, A.S.C.; Ferreira, M. De A.; Costa, R.G.; Dos Santos, E.P.; De Freitas, C.R.G.; Dos Santos Júnior, C.M.; De Andrade, D.K.B. Níveis de energia em dietas para ovinos santa inês: digestibilidade aparente. **R Bras Zootec**, 2003, 32(6):1962-1968
- ANDRADE, A. D.; COSTA, R. D.; SANTOS, E. M. & SILVA, D. D. 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. 1-4, 2010.
- 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.
- ANDRADE, J. C. de. Percepção do consumidor brasileiro em relação à carne ovina e produtos derivados. 2017. 236 f. **Tese** (Doutorado em Ciências de Alimentos) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- ANUALPEC. **Anuário da Pecuária Brasileira**. São Paulo: Instituto FNP, Disponível em: <http://anualpec.com.br/>. Acesso em: 19 junho. 2020.

Araújo Filho, J.A.; Carvalho, F.C.; Silva, N.L. Criação de ovinos a pasto no semi-árido nordestino. Sobral, **Circular Técnica**: Embrapa Caprinos. 1999.

ARAÚJO FILHO, J. A. Aspectos zooecológicos e agropecuários do caprino e do ovino nas regiões Semiáridas. Sobral, CE: **Embrapa-CNPC**, 2006, 28 p.

ARAÚJO FILHO, J. A. DE; CARVALHO, F. C. DE. Criação de ovinos a pasto no semiárido Nordeste In: congresso nordestino de produção animal. 1, 1998, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SNPA, 1998. p. 143 -149.

ARAÚJO FILHO, J. A. **Manejo pastoril sustentável da Caatinga**. 22. ed. Recife, PE: Projeto Dom Helder Câmara, 2013.

ARAÚJO FILHO, J. A.. [S.l.]: Virtual Books, 2000. Disponível em: . Acesso em: 10 jan. 2002, 16:30:30.

ARAÚJO, G.G.L. Alternativas Alimentares para Caprinos e Ovinos no Semiárido In:PECNORDESTE-2003, 04, Fortaleza, CE. **Anais...** Fortaleza, 2003. 18p.

BERCHIELLI, T. T.; OLIVEIRA, T. T.; CARVALHO, E. N. V. M.; FEITOSA, J. V.; LOPES, A. D. Comparação de marcadores para estimativas de produção fecal e de fluxo de digesta em bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.987-996, 2005

BOVAL, M.D.B.; COATES, P.; LECOMTE, V. et al. Faecal near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to assess chemical composition, in vivo digestibility and intake of tropical grass by Creole cattle. **Animal Feed Science and Technology**, v. 114, p. 19- 29, 2004.

BRODERICK, G. A.; WALLACE, R. J.; ØRSKOV, E. R. Control of rate and extent of protein degradation. In: TSUDA, T., SASAKI, Y., KAWASHIMA, R. (Ed.) Physiological aspects of digestion and metabolism in ruminants. New York, **Academic Press**, 1991. p. 542-592.

CABRAL, L. D. S.; Neves, E. D. O.; Zervoudakis, J. T., Abreu, J. D.; Rodrigues, R. C.; Souza, A. D.; OLIVEIRA, I. D. Estimativas dos requisitos nutricionais de ovinos em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 9, n. 3, p. 529-542, 2008.

CALDAS, G. G.; DOS SANTOS, M., JUNIOR, L.; FERREIRA, R., DA CUNHA, M.; LIRA, M. D. A.;Galdino, A. C. Caracterização morfológica e química de Mimosa

caesalpiniifolia submetida à adubação com P. **Archivos de Zootecnia**, v. 59, n. 228, p. 529-538, 2010.

Campos, P.R.S.S.; Valadares Filho, S.C.; Detmann, E.; Cecon, P.R.; Leão, M.I.; Lucchi, B.B., De Souza, S.M.; Pereira, O.G. Consumo, digestibilidade e estimativa do valor energético de alguns volumosos por meio da composição química. **Revista Ceres**, v. 57, p. 79-86, 2010.

CARDOSO, A. R.; CARVALHO, S.; GALVANI, D. B.; PIRES, C. C.; GASPERIN, B. G. Comportamento ingestivo de cordeiros alimentados com dietas contendo diferentes níveis de fibra em detergente neutro. **Ciência Rural**, v. 36, n. 2, p. 604-609, 2006.

CARVALHO, P. C. F. et al. Avanços metodológicos na determinação do consumo de ruminantes em pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 151- 170, 2007.

Church, S.M. The history of food composition databases. *Nutri Bull*, 2006, 31:15-20.

CIENFUGOS, F. Análise instrumental: conceitos e avanços da análise no infravermelho. 2003. **Revista Química e Derivados**, São Paulo, v.38, n.413, p.40-46, mar.

Correia, R. C., Kiill, L. H. P., de Moura, M. S. B., Cunha, T. J. F., de Jesus Júnior, L. A., & Araújo, J. L. P. A região semiárida brasileira. **Embrapa Semiárido-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2011.

COSTA, et al. Tannins and their use in small ruminants. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, v.10, n.4, p.108-116, 2010.

COUGHENOUR, M. B.; MAKKAR, H. P. S. FAO: Conducting national feed assessments. **Animal Production and Health Manual**, n.15, 2012.

COX, M.; VASCONCELOS, V. R.; LEITE, E. R. Utilização da técnica da espectroscopia e reflectância do infravermelho próximo (NIRS) na determinação do valor nutricional da dieta de ovinos em caatinga. **Revista Científica de Produção Animal**, v.2, n.1, p.31-40, 2000.

CUNHA, A. P. M.; ALVALÁ, R. C.; NOBRE, C. A.; CARVALHO, M. A. Monitoring vegetative drought dynamics in the Brazilian semiarid region. **Agricultural and Forest Meteorology**. v.214-215, p. 494-505, 2015.

DEMINICIS, B. B.; ARAÚJO, S. A.; JARDIM, J.G. Nutrição e alimentação de ovinos e caprinos: visão geral e análise econômica. **A lavoura**, v.112, n.675, p.29-34, 2009.

DOVE, H. Balancing nutrient supply and nutrient requirements in grazing sheep. **Small Ruminant Research**, v. 92, n. 1-3, p. 36-40, 2010.

Drumond, M. A.; Kiill, L. H. P.; Lima, P. C. F.; Oliveira, M. C.; Oliveira, V. R.; Albuquerque, S. G.; Cavalcanti, J. Estratégias para o uso sustentável da biodiversidade da caatinga. **Embrapa Semiárido**, 2000.

Fanchone, A.; Archimède, H.; Boval, M.. Comparison of fecal crude protein and fecal near-infrared reflectance spectroscopy to predict digestibility of fresh grass consumed by sheep. **Journal of animal science**, v. 87, n. 1, p. 236-243, 2009.

FERREIRA, MA; SILVA, FM; BISPO, SV; AZEVEDO, M. Estratégias na suplementação de vacas leiteiras no semi-árido do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.322-329, 2009.Supl. especial

Foley, J.F.; McIlwee, A.; Lawler, I.; Aragones, L.; Woolnough, A.P.; Berding, N. Ecological applications of near infrared reflectance spectroscopy—a tool for rapid, cost-effective prediction of the composition of plant and animal tissues and aspects of animal performance. **Oecologia**, v. 116, n. 3, p. 293-305, 1998.

Fontaneli, R. S.; Fontaneli, R. S.; Dürr, J. W. Qualidade e valor nutritivo de forragem. Forrageiras para ILPF-integração lavoura pecuária-floresta na região Sul-brasileira. Brasília: **Embrapa Trigo**, p. 27-129, 2012.

Forzza, R. C.; Baumgratz, J. F. A.; Bicudo, C. E. M.; Canhos, D. A.; Carvalho Jr, A. A., Coelho, M. A. N.; Zappi, D. C. New Brazilian floristic list highlights conservation challenges. **BioScience**, v. 62, n. 1, p. 39-45, 2012.

GELADI, P.; KOWALSKI, B.R.; Partial least regression: a tutorial, **Analytica Chimica Acta**, 185:1, 1986.

GONÇALVES, Juliete de Lima et al. Monitoramento da nutrição de pequenos ruminantes na caatinga cearense, utilizando a espectroscopia NIR. 2018.**Tese** (Doutorado Integrado em Zootecnia), Universidade Federal da Paraíba.

GONZAGA NETO, S.; SILVA SOBRINHO, A. G. D.; RESENDE, K. T. D.; ZEOLA, N. M. B. L.; SILVA, A. M. D. A.; MARQUES, C. A. T.; LEÃO, A. G. Composição corporal e exigências nutricionais de proteína e energia para cordeiros Morada Nova. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 2446-2456, 2005.

GONZÁLEZ, L. A.; KYRIAZAKIS, I.; TEDESCHI, L. O. Precision nutrition of ruminants: approaches, challenges and potential gains. **Animal**, v. 12, n. s2, p. s246-s261, 2018.

Goularte, S. R.; Ítavo, L. C. V.; Ítavo, C. C. B. F.; Dias, A. M.; Moraes, M. G.; Santos, G. T.; Oliveira, L. C. S. Comportamento ingestivo e digestibilidade de nutrientes em vacas submetidas a diferentes níveis de concentrado. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, n. 2, p. 414-422, 2011.

Hassen, A.; Rethman, N. F. G.; Van Niekerk, W. A.; Tjelele, T. J. Influence of season/year and species on chemical composition and in vitro digestibility of five Indigofera accessions. **Animal Feed Science and Technology**, v. 136, n. 3-4, p. 312-322, 2007.

INTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS (IBGE). Pesquisa da Pecuária Municipal. **Tabela 3939**: efetivo dos rebanhos, por tipo de rebanho. [Rio de Janeiro, 2020]. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939>. Acesso em: 06 març. 2022.

INTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS (IBGE). Pesquisa da Pecuária Municipal. **Tabela 74**: Produção de origem animal, por tipo de produto. [Rio de Janeiro, 2021]. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/74>. Acesso: 01 junho.2022.

INTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS (IBGE). **Tabela 3939**: Pesquisa da Pecuária Municipal: efetivo dos rebanhos, por tipo de rebanho. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939>. Acesso: 01 junho.2022.

INTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS (IBGE).Censo Demográfico 2015. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/ovino/br>. Acesso: 01 junho.2022.

INTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS (IBGE).Censo Demográfico 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/ovino/br>. Acesso: 01 junho.2022

KIRTON, A.H. **Animal Industries Workshop Lincoln College, Technical Handbook (lamb growth - carcass composition)**. 2.ed. Canterbury: Lincoln College, 1986. p.25-31.

LANDAU S.; REVERDIN, S. G.; RAPETTI, L.; DVASH, L.; DORLÉANS, M.; UNGAR, E. D. Data mining old digestibility trials for nutritional monitoring in confined goats with aids of fecal near infra-red spectrometry. **Small Ruminant Research**, v.77, n.2-3, p.146-158, 2008.

Landau, S. Y.; Dvash, L.; Roudman, M.; Muklada, H.; Barkai, D.; Yehuda, Y.; Ungar, E. D. Faecal near-IR spectroscopy to determine the nutritional value of diets consumed by beef cattle in east Mediterranean rangelands. **Animal**, v. 10, n. 2, p. 192-202, 2016.

LANDAU, S.; DVASH, M.; DECANDIA, A. et al. Determination of poly(ethylene glycol)-binding to browse foliage, as an assay of tannin, by near-reflectance spectroscopy. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, n. 52, p.638-642, 2004.

LANDAU, S.; GLASSER, T.; DVASH, L. Monitoring nutrition in small ruminants with the aid of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) technology: A review. **Small Ruminant Research**, v.61, n.1, p.1-11, 2006.

LANDAU, S.; GLASSER, T.; MUKLADA, H.; DVASH, L.; PEREVOLOTSKY, A.; UNGAR, E. D.; WALKER, J. W. Fecal NIRS prediction of dietary protein percentage and in vitro dry matter digestibility in diets ingested by goats in Mediterranean scrubland. **Small Ruminant Research**, v. 59, n. 2-3, p. 251-263, 2005.

Lazzarini, I.; Detmann, E.; Sampaio, C. B.; Paulino, M. F.; Valadares Filho, S. D. C.; Souza, M. A. D.; Oliveira, F. A. Rumen dynamics of neutral detergent fiber in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.560-569, 2009.

LEITE, E. R.; CÉSAR, M. F.; ARAÚJO FILHO, J. A. Efeitos do melhoramento da Caatinga sobre os balanços proteico e energético na dieta de ovinos. **Ciência Animal**, v. 12, n. 1, p. 67-73, 2002.

LEITE, E. R.; STUTH, J. W. Fecal NIRS equations to assess diet quality of free ranging goats. **Small Ruminant Research**, v. 15, n. 3, p. 223-230, 1995.

LEITE, G.G., EUCLIDES, V.P.B. Utilização de pastagens de *Brachiaria* spp. 1994. Em: Simpósio sobre manejo de pastagem, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: p.267-297, 1994.

- LI, H.; TOLLESON, D.; STUTH J. et al. Faecal near infrared reflectance spectroscopy to predict diet quality for sheep. **Small Ruminant Research**, v. 68, p.263-268, 2007.
- Lopes, D. C.; Steidle Neto, A. J.; Silva, T. G., Souza, L. S.; Zolnier, S.; Souza, C. A. Simulating Rainfall Interception by Caatinga Vegetation Using the Gash Model Parametrized on Daily and Seasonal Bases. **Water**, v. 13, n. 18, p. 2494, 2021.
- LOPES, D. C.; STEIDLE NETO, A. J.; SILVA, T. G.; SOUZA, L. S.; ZOLNIER, S.; SOUZA, C. A. Simulating Rainfall Interception by Caatinga Vegetation Using the Gash Model Parametrized on Daily and Seasonal Bases. **Water**, v. 13, n. 18, p. 2494, 2021.
- López, A.; Arazuri, S.; García, I.; Mangado, J., & Jarén, C. A review of the application of Near-Infrared Spectroscopy for the analysis of potatoes. **Agricultural Food Chemistry**, v. 61, n. 23, p. 5413-5424, 2013.
- LUZ, G. B.; DE MATOS, R. F.; CARDOSO, J. B.; BRAUNER, C. C. Exigências nutricionais, cálculos de dieta e mensuração de sobras no manejo nutricional de vacas leiteiras. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 25, n. 1/2, p. 16-31, 1 jul. 2019.
- LYONS, R.K.; STUTH, J.W. Fecal NIRS equations for predicting diet quality of free-ranging cattle. **Journal of RangeManagement**, v.45, n.3, p.238-244. 1992.
- MATZEMBACHER, D. E.; FAVIERO, C. M. C.; BARCELLOS, M. D. Cadeia de suprimento de carne ovina no brasil: proposta de estratégias de marketing para criação de valor e aumento da competitividade setorial. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 17, n. 2, 2021.
- Medeiros, S. R.; MARINO, C. Proteínas na nutrição de bovinos de corte. **Embrapa Gado de Corte-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2015.
- METROHM, A. G. NIRS Spectroscopy 'A guide to near-infrared spectroscopic analysis of industrial manufacturing processes,'. **CH-9101 Herisau, Switzerland**, v. 8, 2013.
- Monteiro, M. G.; Brisola, M. V.; Vieira Filho, J. E. R. **Diagnóstico da cadeia produtiva de caprinos e ovinos no Brasil**. Texto para Discussão, 2021.
- Moraes, E. H. B. K. D.; Paulino, M. F.; Moraes, K. A. K. D.; Valadares Filho, S. D. C.; Figueiredo, D. M. D.; Couto, V. R. M. Exigências de proteína de bovinos anelados em pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 3, p. 601-607, 2010.

- MORAES, S. A.; COSTA, S. A. P.; ARAÚJO, G. G. L. Nutrição e exigências nutricionais. **Embrapa Semiárido-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2011.
- MOREIRA, J.N.; LIRA, M.A.; SANTOS, M.V.F.; ARAÚJO, G.G.L.; SILVA, G.C. Potencial de produção de capim buffel na época seca no semiárido pernambucano. **Revista Caatinga**, v.20, p.22-29, 2007.
- Muñiz, G. I. B. D.; Magalhães, W. L. E.; Carneiro, M. E.; Viana, L. C. Fundamentos e estado da arte da espectroscopia no infravermelho próximo no setor de base florestal. **Ciência Florestal**, v. 22, p. 865-875, 2012.
- OLIVEIRA, R. L.; PEREIRA, J. C.; JUNIOR, D. N.; VIEIRA, R. A. M.; FERREIRA, G. D. G.; BAGALDO, A. R.; RIBEIRO, M. D. Consumo, digestibilidade e n-uréico plasmático em novilhas recebendo suplementos com diferentes níveis de proteína não-degradável no rúmen. **Ciência Animal Brasileira**, v. 9, n. 3, p. 563-577, 2008.
- PASQUINI C. "Near Infrared Spectroscopy: Fundamentals, Practical Aspects and Analytical Applications", **Journal of Brazilian Chemical Society**, Vol 14, No. 2, 198 – 219, 2003.
- Pasquini C. Near infrared spectroscopy: A mature analytical technique with new perspectives—A review. **Analytica chimica acta**, v. 1026, p. 8-36, 2018.
- PAULINO, M. F.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C. Suplementação animal em pasto: energética ou protéica. **Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem**, v. 3, n. 2006, p. 359-392, 2006.
- PEREIRA FILHO, J. M. et al. Manejo da caatinga para produção de caprinos e ovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 14, n. 1, p. 77-90, 2013
- PEREIRA FILHO, J. M. et al. Manejo da caatinga para produção de caprinos e ovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 14, n. 1, p. 77-90, 2013.
- Pereira, I. M.; Andrade, L. A. D.; Costa, J. R. M.; Dias, J. M. Regeneração natural em um remanescente de caatinga sob diferentes níveis de perturbação, no agreste paraibano. **Acta Botânica Brasileira**, v.153, p.413-426, 2001.
- PRADO, D.E. **As caatingas da América do Sul**. In: LEAL, R.I.; TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. (Eds.) **Ecologia e conservação da caatinga**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2003. 823p.

REDDY, D. V.; KRISHNA, N. Precision animal nutrition: A tool for economic and eco-friendly animal production in ruminants. **Livestock Research for Rural Development**, v. 21, n. 3, p. 36, 2009.

REGO, G.; FERRERO, G.; VALLEDOR, M.; CAMPO, J.C.; FORCADA, S.; ROYO, L.J.; SOLDADO, A. A portable IoT spectroscopic system to analyze the quality of dairy farm forage. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.175, p.1-8, 2020.

Salman, A. K.;Ferreira, A. C. D.; Soares, J. P.G.; Souza, J. P. De. Metodologia para avaliação de alimentos para ruminante doméstico. **Embrapa Rondônia Documentos**: Embrapa Rondônia, 2010.

Santana, D. F. Y.; Lira, M. D. A., Santos, M. V. F. D.; Ferreira, M. D. A.; Silva, M. J. D. A.; Marques, K. A.;Santos, D. C. D. Caracterização da caatinga e da dieta de novilhos fistulados, na época chuvosa, no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 69-78, 2011.

SANTOS, G. R. A. Caracterização da vegetação e da dieta de ovinos em área de caatinga no sertão de Pernambuco. **Tese** (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2007.

Santos, G. R. D. A.; Batista, Â. M. V., Guim, A.; Santos, M. V. F. D.;Silva, M. J. D. A.;Pereira, V. L. A. Determinação da composição botânica da dieta de ovinos em pastejo na Caatinga. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 1876-1883, 2008.

Santos, M. V. F. D.; Lira, M. D. A.; Dubeux Junior, J. C. B.; Guim, A., Mello, A. C. L. D.; Cunha, M. V. D. Potential of Caatinga forage plants in ruminant feeding. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 204-215, 2010.

Showers, S. E.;Tolleson, D. R.;Stuth, J. W., Kroll, J. C.;Koerth, B. H. Predicting diet quality of white-tailed deer via NIRS fecal profiling. **Rangeland Ecology & Management**, v. 59, n. 3, p. 300-307, 2006.

SIDERSKY, P.R. **Sobre a cadeia produtiva da caprinovinocultura no Sertão do Piauí: um estudo centrado no Território da Chapada do Vale do Itaim (região de Paulistana)**. 1. ed. Brasília: FIDA – Fundo Internacional de Desenvolvimento Agrícola e IICA - Instituto Interamericano de Cooperação para Agricultura, 2017. 94 p. SBN 978-92-9072-828-3.

SILVA, A. M. D. A.; COSTA, R. G. D.; PEREIRA FILHO, J. M., BAKKE, I. A.; LÔBO, K. M. D. S.; LIRA FILHO, G. E.; NÓBREGA, G. H. D. Nutritional value of silk flower hay for lambs. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 12, p. 2739-2743, 2010.

SILVA, A. M. D. A.; SANTOS, E. M. D., PEREIRA FILHO, J. M.; BAKKE, O. A.; GONZAGA NETO, S.; COSTA, R. G. D. Body composition and nutritional requirements of protein and energy for body weight gain of lambs browsing in a tropical semiarid region. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 1, p. 210-216, 2010.

SILVA, D. A. M.; PEREIRA, G. F., NETO, J. V. E.; DA SILVA SANTOS, R.; GRACINDO, Â. P. A. C.; GURGEL, A. L. C.; BEZERRA, M. G. Respostas do capim-buffel a diferentes períodos de rebrotação e alturas de resíduo. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, p, 2020.

SILVA, F. F. D.; SÁ, J. F. D., SCHIO, A. R.; ÍTAVO, L. C. V.; SILVA, R. R.; MATEUS, R. G. Suplementação a pasto: disponibilidade e qualidade x níveis de suplementação x desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 371-389, 2009.

SILVA, M. J. S., SILVA, D. K. A., MAGALHÃES, A. L. R., PEREIRA, K. P., SILVA, E. C. L., CORDEIRO, F. S. B., NORONHA, C. T. & SANTOS, K. C. Influence of the period of year on the chemical composition and digestibility of pasture and fodder selected by goats in caatinga. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, 18(3), 402-416, 2017.

SOUZA, C.; BARRETO, HF; GURGEL, V.; COSTA. SOUZA, C.; BARRETO, HF; GURGEL, V.; COSTA. Disponibilidade e valor nutritivo da vegetação de Caatinga no Semiárido norte riograndense do Brasil. **Holos**, v. 3, p. 196-204, 2013.

SOUZA, M. T. C.; SILVA, A. M.; LIMA JÚNIOR, D. M.; ANDRADE, A. P. Variability of a vegetation in Caatinga areas in the Northeast of Brazil. **Revista Agrária Acadêmica**, v. 2, n. 3, p. 115-121, 2019.

STUTH, J.; JAMA, A.; TOLLESON, D. Direct and indirect means of predicting forage quality through near infrared reflectance spectroscopy. **Field Crops Research**, v. 84, n. 1-2, p. 45-56, 2003.

TIBOLA, C. S.; MEDEIROS, E. P.; SIMEONE, M. L. F.; OLIVEIRA, M. A. Espectroscopia no infravermelho próximo para avaliar indicadores de qualidade tecnológica e contaminantes em grãos. Brasília, DF: **Embrapa**, 2018. 200 p.

TOMICH, T. R.; MACHADO, F. S.; PEREIRA, L. G. R.; CAMPOS, M. M. Nutrição de precisão na pecuária leiteira. **Embrapa Gado de Leite**, 2015.

TRAN, H.; SALGADO, P.; TILLARD, E.; DARDENNE, P.; NGUYEN, X. T.; LECOMTE, P. Predictions of dairy diet nutritional quality using near infrared reflectance spectroscopy. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n. 10, p. 4961-4975, 2010.

VALADARES FILHO, S. D. C. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. UFV, 2006.

Viana, J. G. A.; Moraes, M. R. E.; Dorneles, J. P. Dinâmica das importações de carne ovina no Brasil: análise dos componentes temporais. Dinâmica das importações de carne ovina no Brasil: análise dos componentes temporais. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 1, p. 2223-2233, 2015.

VIANA, J.G.A. Panorama Geral da Ovinocultura no Mundo e no Brasil. **Revista Ovinos**, Ano 4, N° 12, Porto Alegre, março de 2008

VITOR, C. M. T.; FONSECA, D. M. D.; CÓSER, A. C.; MARTINS, C. E., Nascimento Júnior, D. D.; Júnior, J. I. Produção de matéria seca e valor nutritivo de pastagem de capim-elefante sob irrigação e adubação nitrogenada. **Revista brasileira de zootecnia**, v. 38, p. 435-442, 2009.

WALKER, J. W.; CAMPBELL, E. S.; LUPTON, C. J.; TAYLOR JR, C. A., WALDRON, D. F.; LANDAU, S. Y. Effects of breed, sex, and age on the variation and ability of fecal near-infrared reflectance spectra to predict the composition of goat diets. **Journal of Animal Science**, v. 85, n. 2, p. 518-526, 2007.