

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS**

**QUALIDADE DA SILAGEM DO ALGODOEIRO ARBÓREO [*Gossypium  
hirsutum* L. r. *marie-galante* (Watt) Hutch.]**

Autor: Luiz Henrique Torres Figueira  
Orientador: Prof. Dr. Airon Aparecido Silva de Melo

**GARANHUNS  
PERNAMBUCO-BRASIL  
2019**

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS**

**QUALIDADE DA SILAGEM DO ALGODOEIRO ARBÓREO [*Gossypium  
hirsutum* L. r. *marie-galante* (Watt) Hutch.]**

Autor: Luiz Henrique Torres Figueira  
Orientador: Prof. Dr. Airon Aparecido Silva de Melo  
Co-orientador: Prof. Dr. André Luiz Rodrigues Magalhães

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 – Unidade Acadêmica de Garanhuns. Área de Concentração: Produção Animal.

**GARANHUNS  
PERNAMBUCO-BRASIL  
2019**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE  
Biblioteca Ariano Suassuna, Garanhuns - PE, Brasil

F475q Figueira, Luiz Henrique Torres  
Qualidade da silagem do algodoeiro arbóreo [*Gossypium hirsutum* L. r. *marie-galante* (Watt) Hutch.] / Luiz Henrique Torres Figueira. – 2019.  
56 f. : il.

Orientador: Airon Aparecido Silva de Melo.

Coorientador: André Luiz Rodrigues Magalhães.

Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens)-  
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-  
-Graduação em Ciência Animal e Pastagens, Garanhuns, BR -  
PE, 2019.

Inclui referências.

1. Algodão 2. Alimentação dos animais 3. Forragem  
4. Regiões áridas I. Melo, Airon Aparecido Silva de, orient.  
II. Magalhães, André Luiz Rodrigues, coorient. III. Título

CDD 633.51

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS**

**QUALIDADE DA SILAGEM DO ALGODOEIRO ARBÓREO [*Gossypium  
hirsutum* L. r. *marie-galante* (Watt) Hutch.]**

Autor: Luiz Henrique Torres Figueira  
Orientador: Prof. Dr. Airon Aparecido Silva de Melo

TITULAÇÃO: Mestre em Ciência Animal e Pastagens  
APROVADO: 18/07/2019

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Dulciene Karla de Andrade Silva, D.Sc.  
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE  
Unidade Acadêmica de Garanhuns  
(Examinador)

---

Pesquisador Dr. Francisco Abel Lemos Alves  
Instituto Agrônômico de Pernambuco-IPA  
(Examinador)

---

Prof. Dr. Airon Aparecido Silva de Melo, D.Sc.  
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE  
Unidade Acadêmica de Garanhuns  
(Orientador)

*Epígrafe*

“Passarinho que acorda cedo bebe água limpa”

Ditado popular.

Aos meus pais Luiz Cordeiro Figueira e Antônia Torres Figueira, que sempre apoiaram as minhas decisões e pelos ensinamentos que contribuíram para minha formação como cidadão, meu infinito agradecimento.

Aos meus irmãos Gabriel Torres Figueira e Luiza Gabriele Torres Figueira, pelo nosso amor, carinho, união e pelo apoio.

À Todos os meus familiares pelo amor, apoio e incentivo, em especial a Iaponira Cordeiro Ciarinelli, Daniela Ciarinelli, Lucas Ciarinelli, Leandro Ciarinelli, Iara Cordeiro Leite, Fernando Henrique Cordeiro, Luzinha, Iolanda Cordeiro, Edivonaldo Torres, Edileuza Torres e Edigeuza Torres.

**DEDICO!**

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, por conceber o dom da vida e por sempre me conceber proteção e discernimento para tomar as decisões mais corretas em minha vida.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco-Unidade Acadêmica de Garanhuns, pela oportunidade e apoio concedidos para a realização do mestrado.

Aos meus orientadores, Prof. Airon Aparecido Silva de Melo, Prof.<sup>a</sup> Daniela Moreira de Carvalho e Dulciene Karla de Andrade Silva que contribuíram para a minha formação profissional.

Ao meu coorientador Prof. André Luiz Rodrigues Magalhães e ao professor Mácio Farias de Moura pela disponibilidade de contribuir no desenvolvimento desse trabalho.

À meu amigo Paulo Fernando de Andrade Godoy, pela grandiosa amizade, prestatividade e pelos momentos de descontração.

À Jéssica Rodrigues pela amizade, companheirismo, momentos agradáveis, prestatividade e confiança.

Aos membros da banca examinadora, pelas contribuições que auxiliaram na melhoria desse trabalho.

À todos os professores do curso de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens, pelos valiosos ensinamentos.

À todos os meus amigos da Pós - Graduação, Grupo de Pesquisa em Gestão Rural-LEITE e funcionários da UAG, pela amizade de sempre.

Enfim, a todos aqueles que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização desse trabalho.

**AGRADECIDO!**

## **BIOGRAFIA**

Luiz Henrique Torres Figueira, filho de Luiz Cordeiro Figueira, Tipógrafo; e Antônia Torres dos Santos, Rendeira. Nasceu na cidade de Pesqueira - PE, em 03 de março de 1992. Estudou o ensino fundamental no colégio Educandário Imaculada Conceição e o ensino médio no colégio Santa Doroteia. Em 2010 ingressou no curso de Zootecnia na Universidade Federal Rural de Pernambuco - Unidade Acadêmica de Garanhuns (UFRPE / UAG). Na oportunidade foi monitor voluntário em duas disciplinas e seu interesse acadêmico – científico ficou concentrado na área de nutrição de ruminantes e assistência técnica e gerencial a propriedades de bovinocultura leiteira. Em agosto de 2017, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens (UFRPE / UAG), intensificando seus estudos na área de Produção e Nutrição de Ruminantes, e submetendo-se a defesa pública do trabalho de dissertação para a obtenção do título de Mestre em Ciência Animal e Pastagens no dia 18 de Julho de 2019.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	9
LISTA DE TABELAS .....	10
RESUMO .....	11
ABSTRACT .....	12
1. INTRODUÇÃO GERAL .....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	14
2.1. Produção animal no Semiárido brasileiro .....	14
2.2. Algodão arbóreo como alternativa forrageira .....	18
2.3. Importância dos aditivos nas silagens.....	21
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	24
4. OBJETIVOS.....	30
4.1. Geral .....	30
4.2. Específicos.....	30
CAPÍTULO 1 .....	31
CHAPTER 1 .....	32
INTRODUÇÃO.....	33
MATERIAL E MÉTODOS.....	34
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	38
CONCLUSÃO.....	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	53

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Volume de gases produzidos durante incubação <i>in vitro</i> nos diferentes tratamentos aplicados as silagens <i>in natura</i> e pré-seca do algodão arbóreo [ <i>Gossypium hirsutum</i> L. r. <i>marie-galante</i> (Watt) Hutch.] .....	50
--	----

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Composição químico-bromatológica das duas formas do algodão arbóreo [*Gossypium hirsutum* L. r. *marie-galante* (Watt) Hutch.] antes da ensilagem..... 35
- Tabela 2. Características fermentativas dos diferentes tratamentos aplicados a silagem do algodão arbóreo [*Gossypium hirsutum* L. r. *marie-galante* (Watt) Hutch.]..... 39
- Tabela 3. Composição químico-bromatológica e nutrientes digestíveis totais dos diferentes tratamentos aplicados à silagem do algodão arbóreo [*Gossypium hirsutum* L. r. *marie-galante* (Watt) Hutch.]..... 433
- Tabela 4. Fracionamento de carboidratos dos diferentes tratamentos aplicados as silagens *in natura* e pré-seca do algodão arbóreo [*Gossypium hirsutum* L. r. *marie-galante* (Watt) Hutch.]..... 47
- Tabela 5. Fracionamento dos compostos nitrogenados dos diferentes tratamentos aplicados as silagens *in natura* e pré-seca do algodão arbóreo [*Gossypium hirsutum* L. r. *marie-galante* (Watt) Hutch.]..... 48
- Tabela 6. Parâmetros de produção de gases *in vitro* e digestibilidade *in vitro* da matéria seca dos diferentes tratamentos aplicados as silagens *in natura* e pré-seca do algodão arbóreo [*Gossypium hirsutum* L. r. *marie-galante* (Watt) Hutch.]..... 51

## RESUMO

Existem várias espécies de plantas com potencial forrageiro na região Semiárida do Brasil, mas que geralmente não se conhece a composição química e o valor nutricional. Com isso, objetivou-se caracterizar a silagem da parte aérea do algodão arbóreo [*Gossypium hirsutum* L. r. *marie-galante* (Watt) Hutch.] quanto aos aspectos químico-bromatológicos, parâmetros qualitativos da ensilagem, fracionamento de carboidratos e compostos nitrogenados, digestibilidade *in vitro* da matéria seca e cinética de degradação ruminal utilizando metodologias *in vitro*. A área de cultivo desta forrageira é localizada na Fazenda Experimental da UFRPE / Unidade Acadêmica de Garanhuns.

Para ensilagem o algodão arbóreo foi coletado quando atingiu uma altura de 50 centímetros (120 dias após um corte). Após a coleta, o material foi picado em máquina picadora de forragem para redução do tamanho de partícula. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com arranjo fatorial 4x2, sendo os quatro tratamentos com cinco repetições cada. Duas formas do material foram ensiladas, sendo um material que não passou por pré-secagem, e um que passou por pré-secagem (4h). Cada forma de silagem recebeu quatro tratamentos, 1- sem aditivos (SA); 2- com inoculante bacteriano (CI); 3- com 2% milho moído (CMM) e 4- com inoculante bacteriano + 2% milho moído (CMM + I). O inoculante bacteriano utilizado foi cepas de *Lactobacillus plantarum* e *Pediococcus pentosaceus* (1g / tonelada de massa de forragem). E após 30 dias de ensilagem, o silo foi aberto. Realizaram-se análises químico-bromatológicas, parâmetros qualitativos da ensilagem, fracionamento de carboidrato e proteína, determinação da digestibilidade *in vitro* da matéria seca e cinética de fermentação ruminal através da técnica *in vitro* de produção de gases. Os teores de matéria seca da silagem pré-seca foram superiores ao da silagem *in natura*. Os teores de proteína bruta na silagem *in natura* foram superiores nos tratamentos sem aditivo e com inoculante. Na digestibilidade *in vitro* da matéria seca, tanto da silagem *in natura*, quanto na silagem pré-seca, os tratamentos com inoculante, com milho moído e com milho moído mais inoculante apresentaram os maiores valores. Todos os tratamentos da silagem pré-seca foram superiores em relação aos da silagem *in natura* para a variável nutrientes digestíveis totais. O volume total de gás observado foi maior no tratamento com milho moído da silagem pré-seca. Em decorrência do valor nutricional apresentado, independentemente da adição ou não de aditivos, a silagem do algodão arbóreo demonstra potencial para ser utilizada na alimentação de ruminantes.

**Palavras-chaves:** alimentação, forragem, ruminantes, Semiárido

## ABSTRACT

There are several species of plants with forage potential in the semiarid region of Brazil, but the chemical composition and nutritional value are generally unknown. The objective of this study was to characterize the silage of the arboreal cotton [*Gossypium hirsutum* L. r. *marie-galante* (Watt) Hutch.] regarding chemical-bromatological aspects, qualitative parameters of silage, fractionation of carbohydrates and nitrogen compounds, *in vitro* dry matter digestibility and ruminal degradation kinetics using *in vitro* methodologies. The cultivation area of this forage is located in the Experimental Farm of UFRPE / Garanhuns Academic Unit. For ensiling the arboreal cotton was collected when it reached a height of 50 centimeters (120 days after a cut). After collection, the material was minced in a forage chopping machine to reduce particle size. The experiment was conducted in a completely randomized design with a 4x2 factorial arrangement, with four treatments, with five replications each. Two forms of the material were ensiled, one that did not go pre-dried, and one that went through pre-drying (4h). Each form of silage received four treatments, 1- without additives (SA); 2- with bacterial inoculant (CI); 3- with 2% ground corn (CMM) and 4- with bacterial inoculant + 2% ground corn (CMM + I). The bacterial inoculant used were strains of *Lactobacillus plantarum* and *Pediococcus pentosaceus* (1g / ton of forage mass). And after 30 days of ensilage, the silo was opened. Took place Chemical-bromatological analyzes, qualitative parameters of ensilage, carbohydrate and protein fractionation, *in vitro* digestibility of dry matter and ruminal fermentation kinetics were determined by *in vitro* gas production technique. The dry matter contents of the pre-dry silage were higher than the *in nature* silage. The crude protein contents *in nature* silage were higher in the treatments without additive and inoculant. In the *in vitro* digestibility of dry matter, both *in nature* silage and pre-dry silage, the inoculant treatments, ground corn and the most inoculant ground corn presented the highest values. All treatments of pre-dry silage were superior to those of *in nature* silage for the variable total digestible nutrients. The total volume of gas observed was higher in the pre-dry silage treatment with ground corn. Due to the presented nutritional value, regardless of the addition or not of additives, the arboreal cotton silage shows potential to be used in the feeding of ruminants.

**Keywords:** feeding, forage, ruminants, Semi-arid

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Segundo a classificação de Köppen, o clima predominante na região Semiárida nordestina é do tipo BSw'h', ou seja, tropical seco, que é caracterizado por apresentar variáveis climáticas, como: temperaturas elevadas ao longo do ano; baixa umidade do ar; alta insolação; elevadas taxas de evaporação; e regime de chuvas marcado pela escassez e irregularidade, tanto no tempo quanto no espaço (FERREIRA et al., 2009a; ANDRADE et al., 2010; SILVA et al., 2010; CAMPOS et al., 2017). E essas condições climáticas afetam a produção de forragem, ocasionando baixa oferta de alimento volumoso para os animais ruminantes criados nos sistemas de produção localizados nesta região do país.

Para contornar essa desfavorável situação, os produtores recorrem a uma maior utilização de concentrado na dieta dos animais, com a finalidade de tentar atender suas exigências nutricionais (ARAÚJO et al., 2005; BAYÃO et al., 2016). De acordo com Andrade et al. (2015), essa prática geralmente não é economicamente viável e sustentável para o sistema de produção, pois, devido aos frequentes reajustes monetários que os concentrados comerciais sofrem ao longo dos anos, a atividade pecuária na região está se tornando antieconômica.

Conforme Azevedo et al. (2006); Marques et al. (2013) e Longhi et al. (2013), um dos enfoques da pecuária é a busca por fontes de alimentos suplementares menos onerosos para utilização na alimentação dos animais, e que um conhecimento mais detalhado da composição química e do valor nutricional desses alimentos é indispensável, para saber a real aplicabilidade nos sistemas de produção. Também vale salientar que, além da composição química e valor nutricional, faz-se necessário avaliar as diferentes frações, bem como a cinética da fermentação ruminal dos alimentos (ROCHA et al., 2015). Dessa forma os alimentos são mais bem caracterizados, auxiliando na melhor exatidão nas formulações de dietas para os animais.

Uma das soluções para viabilizar a pecuária no Semiárido nordestino é a adoção de forrageiras adaptadas às condições edafoclimáticas regionais, que possam contribuir no complemento das exigências nutricionais dos animais com um baixo custo. Existem várias espécies de plantas com potencial forrageiro na região, mas que geralmente pouco se conhece sobre a composição química e o valor nutricional, como é o caso do algodão arbóreo [*Gossypium hirsutum* L. r. *marie-galante* (Watt) Hutch.], mais especificamente da silagem da parte aérea dessa planta. Diante disso, faz-se necessário o

conhecimento das características dessa espécie que apresenta potencial forrageiro, quanto à composição químico-bromatológica, parâmetros qualitativos da ensilagem, fracionamento de carboidratos e compostos nitrogenados, digestibilidade *in vitro* da matéria seca e cinética de degradação ruminal utilizando metodologias *in vitro*.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Produção animal no Semiárido brasileiro**

A produção animal é uma importante atividade econômica para a região Semiárida brasileira, no entanto, as limitações apresentadas para a produção animal em virtude das características edafoclimáticas, como: imprevisibilidade pluviométrica; distribuição irregular das chuvas; temperaturas elevadas ao longo do ano; elevados índices de radiação solar e evapotranspiração que aumentam durante a época seca do ano, dificultam o desenvolvimento da atividade pecuária nordestina. Segundo Ferreira e Urbano (2013), os sistemas produtivos dessa região estão sujeitos a colapsos devido às ocasiões climáticas desfavoráveis a produção animal.

Nesse cenário, a produção de ruminantes é afetada, já que, o ciclo produtivo desses animais exige constância na produção e oferta de forragem, tanto em quantidade, quanto em qualidade. De acordo com Silva et al. (2015), a produção de forragem na região é comprometida devido às características ambientais. Pinho et al. (2013), comentam que, a escassez de alimentos, combinado ao baixo valor nutritivo das forrageiras na estação seca do ano, acaba impactando negativamente a pecuária da região.

Segundo Vieira et al. (2005), a irregularidade pluviométrica do Nordeste brasileiro, compromete a produtividade dos rebanhos manejados em regime de pastejo, devido, as limitações das fontes proteicas e energéticas disponíveis, exigindo suplementação alimentar, dessa forma elevando os custos de produção. Para Pereira et al. (2010), a escassez do alimento volumoso no período da seca, além de refletir na baixa produtividade animal, ocasiona diminuição na margem bruta dos produtores, podendo até deixá-la negativa. Com margem bruta negativa, os produtores não conseguem remunerar os custos variáveis, indicando que a atividade não se sustenta ao menos em curto prazo, favorecendo com isso, a descapitalização dos produtores e, posteriormente a saída da atividade pecuária.

Segundo Bayão et al. (2016), a variação na produção de alimentos ao longo do ano, bem como, sua qualidade é um problema característico no Semiárido brasileiro, pois até mesmo as forrageiras mais adaptadas sofrem com os longos períodos de estiagem em função das condições ambientais, e isso, prejudica a sustentabilidade dos sistemas de produção animal. O maior problema para resolver é a oferta constante de alimento volumoso para todo o rebanho ao longo do ano, sendo agravante a falta de conhecimento, ou o desuso de espécies botânicas, com elevado potencial produtivo presentes na vegetação da Caatinga (ANDRADE et al., 2010). Estas plantas participam significativamente da composição da dieta dos ruminantes (FERREIRA, et al., 2009a). Posteriormente a resolução da questão da quantidade de alimento, os produtores devem pensar em melhorar a qualidade, e uma das alternativas é a utilização de alimentos alternativos que auxiliem na complementação da dieta dos animais, como é o caso do algodão arbóreo.

As condições edafoclimáticas do Semiárido que afetam a produção animal é um ponto que tem despertado o interesse dos técnicos e produtores em buscar estratégias de alimentação para os animais, no qual se deve considerar a necessidade de produção de volumoso suplementar e a utilização racional de concentrados proteicos e energéticos, bem como o uso de forma racional das forragens nativas como suplementos (SOUZA, 2015).

Com isso, a utilização de alimentos alternativos, adaptados as condições climáticas, e/ou a substituição de fontes dos diferentes nutrientes, especialmente proteína e energia, objetivando diminuir os custos de produção é uma boa opção (MELO et al., 2003). Segundo Bispo et al. (2007), o enfoque das pesquisas é em alimentos forrageiros alternativos que são adaptados à região, visando o atendimento das exigências nutricionais dos animais, mantendo a atividade pecuária com viabilidade econômica, mesmo na época mais crítica do ano.

Na época de estiagem, o desafio é maior para produção animal no Semiárido, havendo a necessidade de se buscar alternativas que supram as necessidades alimentares dos animais, para que, o rebanho não apresente deficiências nutricionais. Segundo Ferreira e Urbano (2013), para superar as adversidades ambientais, faz necessário a utilização de co-produtos industriais, restos de cultura, além de forrageiras nativas e/ou adaptadas a região.

Nessa época mais crítica do ano, os produtores recorrem a maior utilização de concentrado na dieta para atender as exigências nutricionais dos rebanhos, devido a isso

os custos de produção aumentam. Em estudo com propriedades leiteiras no Agreste pernambucano, Oliveira et al. (2016), encontrou participação de 51,21% de custos com alimentos concentrados/ renda bruta do leite, havendo um grande impacto financeiro dos sistemas analisados, influenciando na diminuição da sustentabilidade econômica, já que, a alimentação tem forte impacto nos custos de produção nestes sistemas. Com isso, deve-se atentar para a necessidade de aumentar a eficiência na produção de forragem, tanto em quantidade, como em qualidade.

A suplementação é uma estratégia importante para corrigir dietas desbalanceadas, com o intuito de complementar os requerimentos nutricionais dos animais, para que possam desenvolver todo seu potencial genético. Conforme Andrade et al. (2010), a suplementação do rebanho durante principalmente o período seco faz-se necessária, mas deve se atentar para o fornecimento de volumoso potencialmente digestível, dando destaque a materiais conservados, como fenos e silagens de plantas nativas, adaptadas e, ou, resíduos da agroindústria. Com a utilização desses materiais, segue-se a tendência da pecuária atual, de oferecer aos animais, fontes de alimentos menos onerosos para o sistema de produção. A suplementação alimentar dos rebanhos no Semiárido deve ser voltada para alternativas que diminuam os custos de produção, como o cultivo de plantas forrageiras de reconhecido valor nutritivo, sendo isso, uma importante estratégia com finalidade de aumentar a margem de ganho dos produtores rurais (VIEIRA et al., 2005).

A Caatinga apresenta boa disponibilidade de fitomassa no período chuvoso, mas, parte significativa desse material não é utilizada na alimentação dos animais, isso geralmente ocorre devido ao não conhecimento das características desses materiais. Nesse ponto, o papel das instituições de pesquisas é de fundamental importância para a realização de estudos que visem o conhecimento das características químico-bromatológica e nutricionais desses materiais, que podem apresentar potencial forrageiro (MOREIRA et al., 2006). Os autores também comentam que o conhecimento mais detalhado desses materiais que geralmente apresentam potencial forrageiro poderá contribuir para formas de manejo dessa vegetação, de forma a garantir uma utilização mais racional desse material na alimentação dos animais.

No período chuvoso do ano o cenário é outro, a oferta de forragem é maior, e o excedente geralmente não é guardado para ser utilizado na época seca, que apresenta baixa oferta de forragem. Na maioria das vezes, por falta de conhecimento, os produtores acabam não utilizando métodos de conservação de forragens quando tem o

excedente de alimento, como as técnicas de ensilagem e fenação, o que acaba comprometendo a produção animal durante o período do ano em que se tem escassez de alimento volumoso, aumentando os custos de produção nessa época do ano. Além dos métodos de conservação de alimentos, Santos et al. (2017), relatam que o uso de alimentos alternativos tem sido frequentemente recomendado com o objetivo de suprir as deficiências nutricionais dos animais.

A vegetação que ocupa a maior parte do território do Semiárido brasileiro é adaptada às condições climáticas de semiaridez, de fisionomia variada denominada Caatinga (SILVA et al., 2010). A Caatinga apresenta composição diversificada formada por plantas lenhosas e herbáceas de pequeno porte, cactáceas, bromeliáceas e xerófilas resistentes ao clima seco e baixa umidade (CAMPOS et al., 2017). A vegetação da Caatinga é alvo de exploração antrópica intensiva, em que se desenvolve atividade agrícola, extrativismo na extração de madeira e lenha e pelo uso da pecuária extensiva (MOREIRA et al., 2006). Segundo Ferreira et al. (2009a), a Caatinga apresenta espécies forrageiras em seus três estratos, herbáceo, arbustivo e arbóreo, e que grande parte dessas plantas presentes na Caatinga apresentam potencial forrageiro para utilização na alimentação animal.

Apesar de ser caracterizada pela existência de ecossistemas não-equilibrados, que apresentam flutuações acentuadas na disponibilidade de forragem ao longo do ano, o Semiárido brasileiro apresenta condições para o desenvolvimento da pecuária, pois existem inúmeras práticas de manejo da Caatinga que possibilitam o incremento da disponibilidade de forragem nas épocas secas do ano, como 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; uso de bancos de proteína; uso de espécies com potencial de produção na seca; suplementação alimentar (com misturas múltiplas, restolhos culturais e agroindustriais); utilização de lavouras xerófilas, principalmente na forma de forragem conservada (ANDRADE et al., 2010). Também, vale salientar as técnicas de conservação de forragens, que auxiliam na alimentação dos animais na época mais seca do ano.

Ainda, conforme os autores, a exploração das potencialidades do Semiárido de forma sustentável e economicamente viável, exige compreensão e respeito à natureza, já que ela é quem determina a forma e a época em que as atividades agrícolas podem ser executadas. Segundo Andrade et al. (2006), para explorar as potencialidades do

Semiárido é necessário aprender com a diversidade da natureza desta região, pensando conceitualmente a semiaridez como vantagem e não como desvantagem.

A pecuária presente no Semiárido brasileiro apresenta importância no contexto econômico e social, e para superar os desafios impostos é necessário um esforço em conjunto de várias instituições, governos, organizações e instituições de pesquisas que possam angariar recursos, conhecimentos, ferramentas e tecnologias capazes de proporcionar a sustentabilidade ambiental e econômica da atividade pecuária da região (ARAÚJO et al., 2015).

## **2.2. Algodão arbóreo como alternativa forrageira**

O algodão arbóreo [*Gossypium hirsutum* L. r. *marie-galante* (Watt) Hutch.] é pertencente a família das Malváceas e classe das Dicotiledôneas. No Brasil a cultura do algodoeiro teve início nas regiões Norte e Nordeste, sendo o Estado do Maranhão o primeiro grande produtor, posteriormente a produção seguiu para todo o Nordeste, tornando-se a primeira grande região produtora do país (SOUSA, 2010). Ainda sobre o autor, a região se dedicou ao plantio do algodão arbóreo perene que possui fibras mais longas, outro motivo para seu plantio é a resistência às condições climáticas do Semiárido.

A cultura do algodão e sua cadeia produtiva representam uma das principais atividades geradoras de emprego e renda para a região Nordeste (BELTRÃO, 2003). Nesta região se cultiva principalmente duas espécies de algodão, o algodão arbóreo [*Gossypium hirsutum* L. r. *marie-galante* (Watt) Hutch.] e o herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch.). Em termos de volume de produção e de área cultivada, o algodão arbóreo, conhecido popularmente por algodão mocó era pioneiro no Nordeste (SOUSA, 2012), sua predominância decorre de sua rusticidade, adaptação às condições semiáridas e da qualidade da fibra, que é caracterizada por ser longa e resistente (PONTE e SILVA, 1972).

Ao longo do tempo o algodão mocó foi sendo substituído por outras espécies do gênero (*Gossypium* sp.), representado principalmente pelo gênero (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch.) que apresenta maior volume de produção de pluma (fibra), que é um dos principais produtos extraído do algodoeiro. Segundo Silva et al. (2013), atualmente o algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch.) é o mais cultivado no Brasil. Mas em relação a utilização na alimentação de animais ruminantes,

o algodão mocó apresenta maior potencial forrageiro, devido sua maior produção de massa de forragem.

A cultura do algodoeiro no Nordeste foi por muito tempo uma das principais culturas geradoras de renda e mão de obra para a região, por aspectos relacionados a problemas de políticas econômicas e surgimento de pragas como o bicudo do algodoeiro (*Anthonomus grandis* Boheman), no início da década de 80, houve uma decadência na produção de algodão no Nordeste (SILVA et al., 2009). Segundo Beltrão et al. (2010), essa decadência na produção do algodão provocou inúmeros prejuízos econômicos e sociais, desempregando muitos trabalhadores rurais. Atualmente o Nordeste é o segundo maior produtor de algodão do país, e segundo dados da CONAB (2018), a tendência é de aumento na área plantada, saindo de 230,8 mil hectares na safra do ano de 2017, para 296,8 mil hectares, no ano de 2018, aumento de 28,6 % em relação à safra anterior.

Praticamente todo o algodoeiro é aproveitável, segundo Sousa (2010), o produto colhido é denominado de caroço e é composto pela pluma (fibra) e pelo caroço (sementes com “línter”), que são os principais produtos aproveitados pela indústria. Segundo o mesmo autor a utilização do algodão se concentra na indústria de fiação e tecelagem e na indústria de alimentação animal (farelo) e humana (óleo). Outro importante ponto do algodoeiro é a utilização do resto da cultura (caule, capulhos e folhas) na alimentação animal, principalmente na região Semiárida do país. De acordo com Beltrão (2003), as sementes, ramos e folhas (ricas em proteínas de elevado valor biológico) servem de alimento para o gado.

Uma das estratégias para amenizar a situação de escassez de forragem durante o período da seca no Semiárido é a utilização de espécies arbustivas e arbóreas (VIEIRA et al., 2005). Entre às alternativas forrageiras adaptadas as condições semiáridas que auxiliam no complemento das exigências nutricionais dos animais ruminantes, destaca-se a utilização do (*Gossypium hirsutum* L. r. *marie-galante* (Watt) Hutch.), e de suas formas conservadas (silagem e/ou feno). Mas, como pouco se conhece sobre sua composição químico-bromatológica e o valor nutricional, sua utilização é ainda é limitada. Com o conhecimento das características dessa espécie, que apresenta potencial forrageiro, a sua utilização na alimentação dos ruminantes criados nos sistemas de produção animal da região poderá ser viabilizada.

Segundo Beltrão et al. (2010), em anos de secas intensas, o algodoeiro é utilizado na alimentação dos ruminantes que são criados na região Semiárida do Brasil. Uma das

estratégias que pode ser usada é a conservação da parte aérea do algodoeiro na época das chuvas, que é o período que ocorre o excedente de forragem na região, dessa forma o material conservado será utilizado na alimentação dos animais na época seca do ano, favorecendo uma constância no fornecimento de alimento para os animais e contribuindo para a sustentabilidade dos sistemas de produção da região.

Segundo Vieira et al. (2005), para suprir parte da deficiência de nutrientes dos animais nos períodos de estiagem e a custos relativamente baixos, faz-se necessário o uso de forrageiras existentes no Semiárido, que podem ser fornecida aos animais nas formas *in natura*, fenada ou ensilada. E diante de seu potencial forrageiro, o algodão arbóreo torna-se uma alternativa forrageira segura para ser adicionada a dietas de ruminantes de forma exclusiva e/ou associado com outras forrageiras, como a exemplo, a palma forrageira. Essa associação principalmente, com a palma forrageira visa corrigir as deficiências em matéria seca, fibra fisicamente efetiva e proteína bruta que essa forrageira possui.

Segundo Bispo et al. (2007), a associação da palma a alimentos com teores consideráveis de fibra fisicamente efetiva, é fundamental para manter a normalidade funcional das atividades, como ruminação, movimentação ruminal, homogeneização do conteúdo ruminal e secreção salivar. Em trabalho com ovinos, Wanderley et al. (2012), relatam que a associação de palma forrageira com silagens (sorgo, girassol) e fenos (leucena, feijão guandu e capim-elefante) não altera o consumo de matéria seca e energia, o pH e amônia ruminais. Os autores, ainda, comentam que as silagens utilizadas apresentaram melhores resultados na digestibilidade aparente, em relação a fenos usados no estudo, portanto; silagens e/ou fenos associadas à palma forrageira apresentam-se como boa alternativa alimentar para ovinos na região Semiárida do Brasil, contribuindo para o aumento da produtividade animal e melhoria na renda dos produtores desta região.

O cultivo do algodão arbóreo pode ser uma alternativa forrageira viável para ser utilizado na alimentação de ruminantes da região, este pode ser utilizado na dieta desses animais na forma *in natura* ou conservado (silagem e/ou feno). Em relação à silagem da parte aérea do algodão arbóreo é pertinente se conhecer sua composição químico-bromatológica, valor nutricional e cinética da digestão dos nutrientes no trato gastrintestinal dos ruminantes. Segundo Mizubuti et al. (2014), o valor nutricional de um alimento está dependente da composição químico-bromatológica e do aproveitamento dos nutrientes presentes no alimento pelos animais, e em relação aos

animais ruminantes este aproveitamento é resultante da simbiose entre o animal e os microrganismos presente em seu trato gastrointestinal.

Costa et al. (2005), relatam que, além da composição bromatológica dos alimentos, se faz necessário o conhecimento da capacidade de utilização dos nutrientes pelo animal, e isso pode ser conseguido com estudos de digestão. Rocha et al. (2015), comentam que apenas a composição química dos alimentos não permite uma adequada formulação de dietas para os animais, sendo pertinente para uma formulação mais precisa, também se avaliar as diferentes frações, assim como a cinética da fermentação ruminal dos alimentos. Ainda, os autores, relatam que, a técnica *in vitro* de produção de gases apresenta potencial e pode auxiliar para descrever a cinética da fermentação no rúmen, fornecer as taxas de degradação dos alimentos utilizados na alimentação dos ruminantes, bem como, medir os produtos da fermentação de partes solúveis e insolúveis de substratos.

Os sistemas de avaliação de alimentos que podem compor as dietas para animais ruminantes, também necessitam de informações sobre suas características a respeito do fracionamento dos nutrientes, com intuito de melhor caracterizá-los (SNIFFEN et al., 1992), bem como, das taxas de digestão dos nutrientes; com isso haverá uma maior exatidão na formulação de dietas, contribuindo no desempenho dos animais e maximizando a eficiência de utilização dos nutrientes (MOREIRA et al., 2010).

As informações sobre esses alimentos, como é o caso do algodão arbóreo, mais especificamente da silagem da parte aérea da planta, que apresenta potencial forrageiro, são fundamentais para uma adequada utilização na alimentação dos animais. Com isso, os produtores ganham mais uma opção forrageira, favorecendo a sustentabilidade dos sistemas de produção animal no Semiárido brasileiro, contribuindo para o fortalecimento da pecuária.

### **2.3.Importância dos aditivos nas silagens**

A redução na disponibilidade de forragem, aliada à queda do valor nutritivo das forrageiras no período seco do ano, que em conjunto com as frequentes variações nos preços dos alimentos concentrados, acarretam prejuízos à produtividade animal, fazendo aumentar o interesse por alimentos alternativos (FERREIRA et al., 2009b). E para viabilizar a produção de ruminantes no Semiárido, a utilização de alimentos alternativos, como é o caso do algodão arbóreo, em formas conservadas torna-se uma importante estratégia gerencial para os sistemas produtivos. Segundo Evangelista et al.

(2005), a conservação do excedente de forragem produzida no período chuvoso é uma prática indispensável, constituindo como uma técnica importante para suplementar os animais na época de escassez de alimentos.

A técnica da ensilagem é um processo que tem o objetivo de realizar a conservação do alimento, e ela compreende o armazenamento da forragem em condições de anaerobiose, através do desenvolvimento de bactérias produtoras de ácido láctico, utilizando substratos como, açúcares solúveis, ácidos orgânicos e compostos nitrogenados solúveis. Durante este processo ocorre diminuição do pH, aumento de temperatura e conteúdo de nitrogênio amoniacal, favorecendo a conservação da massa ensilada (SANTOS et al., 2010).

Segundo 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 e tamanho de partícula que permita uma boa compactação da massa. De acordo com Tomich et al. (2003), dentre os principais parâmetros na avaliação da qualidade no processo fermentativo estão relacionadas com os teores de matéria seca, pH, e nitrogênio amoniacal em porcentagem do nitrogênio total. Um bom processo fermentativo, o teor de umidade deve estar entre 66 e 72%, os teores de carboidratos em torno de 12%, e não apresentar resistência a redução do pH (baixo poder tampão) (MCCULLOUGH, 1977). Para McDonald (1981), a faixa ideal do pH para que haja adequada fermentação é de 3,8 a 4,2. Segundo Benacchio (1965), a silagem apresenta qualidade muito boa, quando os teores de N-NH<sub>3</sub> representam entre 0,0 a 10% do nitrogênio total (NT); em boa, quando de 10 a 15% do NT; regular de 15 a 20% do NT; e ruim, quando o N-NH<sub>3</sub> ultrapassa 20% do NT.

Bergamaschine et al. (2006), comentam que as gramíneas forrageiras tropicais não apresentam teores satisfatórios de matéria seca, carboidratos solúveis e valores de poder tampão que favoreçam um eficiente processo fermentativo. Já Arcanjo et al. (2016), relatam que as leguminosas utilizadas para ensilagem apresentam alto teor proteico e matéria seca abaixo de 30%, o que favorece alta atividade de microrganismos do gênero *Clostridium*, que promovem fermentação butírica, ocorrendo alto teor de nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) e um alto pH na ensilagem. Já que apresenta essas características supracitadas, o processo de ensilagem do algodão arbóreo pode apresentar esses fatores que promovem uma fermentação ineficiente, havendo a necessidade de se utilizar aditivos que melhorem as condições durante o processo fermentativo na ensilagem.

Os aditivos utilizados em silagens podem ser produtos naturais ou industrializados, e são usados com a finalidade de melhorar a composição de nutrientes na silagem, reduzir as perdas durante o processo de fermentação, promovendo uma maior atividade de microrganismos benéficos, em contraste aos microrganismos indesejáveis (YITBAREK e TAMIR, 2014). De acordo com Kaiser (1999), existem cinco tipos de aditivos que são empregados no método da ensilagem, como os que estimulam a fermentação, através do crescimento da população de bactérias lácticas, adicionando-se carboidratos solúveis e/ou inoculantes bacterianos; os que inibem a fermentação, reduzindo o crescimento de microrganismos indesejáveis, com a utilização de ácidos (ácido fórmico, ácido acético, ácido lático); os que diminuem a deteriorização aeróbica, após abertura do silo, como a adição de ácido propiônico, ácido acético, ácido caprótico e amônia; os que adicionam nutrientes, com intuito de melhorar o valor nutritivo da silagem (uréia, grãos, minerais, polpas de frutas); e os absorventes, que apresentam função de elevar o teor de matéria seca, como grãos, farelos e palhas.

Em trabalho com silagem de amendoim forrageiro [(*Arachis pintoi*) cv. Belmonte], Paulino et al. (2009), concluiu que, a adição de fubá na proporção de 10% e/ou a utilização da técnica de emurchecimento podem favorecer o processo de armazenamento do amendoim na forma de silagem. Além do uso de aditivos, práticas como o emurchecimento da forragem a ser ensilada, auxiliam na diminuição de processos indesejáveis durante a fermentação. Os autores, ainda, comentam que o aditivo comercial não promoveu melhoria na qualidade fermentativa das silagens estudadas. Em trabalho com silagens de capim [(*Brachiaria decumbens*) cv. Basilisk] com inclusão de farelo de arroz, Negrão et al. (2016), verificou que a inclusão de 10g/kg de farelo de arroz garante um bom processo fermentativo da silagem de [(*Brachiaria decumbens*) cv. Basilisk], proporcionando diminuição das perdas por gases e efluentes, aumentando a recuperação de matéria seca e promovendo melhorias na composição química do alimento.

Rezende et al. (2008), estudaram a influência da adição de aditivos na diminuição das perdas no processo de ensilagem do capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum). No presente trabalho, os autores, utilizaram o capim elefante, juntamente a outros aditivos (7% de polpa cítrica; 7% raspa de batata; 7% milho desintegrado com palha e sabugo, 7% de farelo de trigo e aditivo biológico, contendo cepas de *Lactobacillus plantarum* e *Pediococcus pentosaceus*), e concluíram, que os aditivos

melhoraram a qualidade da silagem do capim elefante, mas que o aditivo biológico não foi eficiente na redução das perdas de componentes nutritivos durante a ensilagem.

Segundo Santos et al. (2010), o emurchecimento da massa a ser ensilada, dificulta o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis, através da diminuição do conteúdo de água ou elevação da pressão osmótica, contribuindo também nas perdas por efluentes; já elevados tempos de emurchecimento podem, contribuir para o consumo de carboidratos solúveis da forragem, conseqüentemente diminuindo a qualidade, bem como aumentar o número de microrganismos indesejáveis no material a ser ensilado. Os autores também comentam que o emurchecimento em plantas, como a [*Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp] pode reduzir por volatilização determinados metabólitos secundários, que são fatores antinutricionais a medida que o material é exposto ao sol.

Segundo Paulino et al. (2009), independentemente de ser submetido ou não ao emurchecimento, a silagem de amendoim forrageiro em seu estudo apresentou ótimas características nutricionais, com elevado teor proteico e baixo teor de fibras. Tavares et al. (2009), descreveram, que a técnica do emurchecimento antes de realizar a ensilagem, diminuiu as perdas por efluentes em seu estudo, com silagem de capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia). No estudo de Bergamaschine et al. (2006), com (*Brachiaria brizantha*) cv. Marandu], a adição de polpa cítrica e a realização do emurchecimento da forragem antes da ensilagem, melhorou a qualidade da silagem. Essas ações visam à melhoria do material ensilado, a fim, de prover um alimento de qualidade aos animais, contribuindo para melhoria dos sistemas de produção.

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A. P.; SOUSA, E. S.; SILVA, D. S.; SILVA, I. F.; LIMA, J. R. S. Produção Animal no Bioma Caatinga: Paradigmas dos 'Pulsos - Reservas'. **R. bras. Zoot.**, v. 35, n. Suplemento, p.138-155, 2006.

ANDRADE, A. P de.; COSTA, R. G. de.; SANTOS, E. M.; SILVA, D. S. da. Produção animal no semiárido: o desafio de disponibilizar forragem, em quantidade e com qualidade, na estação seca. **Tecnol. & Ciên. Agropec.**, v.4, n.4, p.01-14, dez. 2010.

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. **Hortic. bras.**, v. 32, n. 1. 2014.

ANDRADE, B. M. da.; SOUZA, S.; S. F. de.; SANTOS, C. M. C.; MEDEIROS, S. S.; MOTA, P. S. S. da.; CURADO, F. F. Uso da gliricídia (*Gliricidia sepium*) para alimentação animal em Sistemas Agropecuários Sustentáveis. **Sci. Plena**, v.11, 2015.

ARAÚJO, L. F.; OLIVEIRA, L. S. C.; NETO, A. P.; ALSINA, O. L. S.; SILVA, F. L. H. Equilíbrio higroscópico da palma forrageira: Relação com a umidade ótima para fermentação sólida. **R. Bras. Eng. Agrí. Ambi.**, v.9, n.3, p.379-384, 2005.

ARAÚJO, G. G. L. Os impactos das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos e a produção animal em regiões semiáridas. **R. bras. Geogr. Fís.**, V. 08, número especial IV, p.598-609, 2015.

ARCANJO, A. H. M.; SOARES, N. A.; OLIVEIRA, A. R.; PEREIRA, K. A.; ANÉSIO, A. H.C. Silagem de leguminosas: revisão de literatura. **Nutri. R. Eletr. On-line**, v.13, n.3, p.4702-4710, 2016.

AZEVEDO, E. B. DE.; NÖRNBERG, J. L.; KESSLER, J. D.; BRÜNING, G.; DIEGO.; DAVID, B.de.; FALKENBERG, J.R.; CHIELLE, Z.G. Silagem da parte aérea de cultivares de mandioca. **Ci. Rural**, v.36, n.6, 2006.

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

BELTRÃO, N. E. M. **Breve história do algodão no Nordeste do Brasil**. 17p (Embrapa Algodão, documentos, 117), 2003.

BELTRÃO, N. E. M.; VALE, L.S.; MARQUES, L.F.; CARDOSO, G.D.; SILVA, F.V.F.; ARAÚJO, W.P. O cultivo do algodão orgânico no semiárido brasileiro. **R. Verde**, v.5, n.5, p.008-013, 2010.

BENACCHIO, S. Níveis de melaza em silo experimental de milho crioulo (*Sorghum vulgare*). **Agron. Trop.**, v.14, p.651-658, 1965.

BERGAMASCHINE, A. F.; PASSIPIÉRI, M.; FILHO, W. V. V.; ISEPON, O. J.; CORREA, L. A. Qualidade e valor nutritivo de silagens de capim-marandu (*B. brizantha* cv. Marandu) produzidas com aditivos ou forragem emurhecida. **R. bras. Zoot.**, v.35, n.4, p.1454-1462, 2006.

BISPO, S. V.; FERREIRA, M. A.; VÉRAS, A. S. C.; BATISTA, Â. M. V.; PESSOA, R. A. S.; BLEUEL, M. P. Palma forrageira em substituição ao feno de capim-elefante. Efeito sobre consumo, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos. **R. bras. Zoot.**, v.36, n.6, p.1902-1909, 2007.

CAMPOS, F. S.; GOIS, G. C.; VICENTE, S. L. A.; MACEDO, A. de.; MATIAS, A. G. S. Alternativa de forragem para caprinos e ovinos criados no semiárido. **Nutri. R. Eletr. On-line**, v.14, n.2, p.5004-5013, 2017.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Monitoramento agrícola: Safra 2017/2018**. Acomp. safra bras. grãos, v. 10 Safra 2017/18 - Décimo levantamento, p. 1-178, 2018.

COSTA, M. A. L.; FILHO, S. C. V.; VALADARES, D. R. F.; PAULINO, M. F.; CECON, P. R.; PAULINO, P. V. R.; CHIZZOTTI, M. L.; PAIXÃO, M. L. Validação das Equações do NRC (2001) para Predição do Valor Energético de Alimentos nas Condições Brasileiras. **R. bras. Zoot.**, v.34, n.1, p.280-287, 2005.

EVANGELISTA, A. R.; ABREU, J. G. DE.; AMARAL, P. N. C.; PEREIRA, R. C.; SALVADOR, F. M.; LOPES, J.; SOARES, L. Q. Composição bromatológica de silagens de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] aditivadas com forragem de leucena [*Leucaena leucocephala* (Lam.) Dewit]. **Ci. Agrot.**, v. 29, n. 2, p. 429-435, 2005.

FERREIRA, M. A.; SILVA, F. M. da.; BISPO, S. V.; AZEVEDO, M. de. Estratégias na suplementação de vacas leiteiras no semi-árido do Brasil. **R. bras. Zoot.**, v.38, p.322-329, 2009a.

FERREIRA, A. C. H.; NEIVA, J. N. M.; RODRIGUEZ, N. M.; CAMPOS W. E.; BORGES, I. Avaliação nutricional do subproduto da agroindústria de abacaxi como aditivo de silagem de capim-elefante. **R. bras. Zoot.**, v.38, n.2, p.223-229, 2009b.

FERREIRA, M. A.; URBANO, S. A. Novas Tecnologias para Alimentação de Bovinos Leiteiros na Seca. **R. Cient. Prod. Anim.**, v.15, n.1, p.42-52, 2013.

KAISER, A.G. **Silage Additives**. Department of Primar Industries, Wagga Wagga Agricultural Institute, 1999.

LONGHI, R. M.; DOMINGUES, F. N.; MOTA, D. A.; OAIGEN, R. P.; CALONEGO, J. C.; ZUNDT, M. Composição bromatológica e pH da silagem de diferentes frações da parte aérea da mandioca tratada com doses crescentes de óxido de cálcio. **Com. Sci.**, v.4, n.4, p.337-341, 2013.

MARQUES, K. M. S.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; REIS, S. T.; SOUZA, V. M.; PIRES, D. A. A.; PALMA, M. N. N.; SILVA, G. W. V. S.; ANTUNES, A. P. S. Cinética de fermentação *in vitro* de silagens da parte aérea de mandioca. **Rev. bras. Saúde Prod. Anim.**, v.14, n.1, p.233-247, 2013.

McCULLOUGH, M. E. Silage and silage fermentation. **Feedstuffs**. p. 49-52. 1977.

McDONALD, P. **The biochemistry of silage**. New York: John Wiley & Sons, 1981. 207p.

MELO, A. A. S. de.; FERREIRA, M. A.; VÉRAS, A. S. C.; LIRA, M. A.; LIMA, L. E.; VILELA, M. S.; MELO, E. O. S.; ARAÚJO, P. R. B. Substituição Parcial do Farelo de Soja por Uréia e Palma Forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) em Dietas Para Vacas em Lactação. I. Desempenho. **R. bras. Zoot.**, v.32, n.3, p.727-736, 2003.

MIZUBUTI, I. Y.; RIBEIRO, E. L. A.; PEREIRA, E. S.; PEIXOTO, E. L. T.; MOURAS, E. S.; PRADO, O. P. P.do.; JUNIOR, V. H. B.; SILVA, L. D. F. da.; CRUZ,

J. M. C. Cinética de degradação ruminal de alimentos proteicos pela técnica in vitro de produção de gases. **Sem.: Ci. Agr.**, v. 35, n. 1, p.555-566, 2014.

MOREIRA, J. N.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; FERREIRA, M. A.; ARAÚJO, G. G.; FERREIRA, L. C.; SILVA, G. C. Caracterização da vegetação de Caatinga e da dieta de novilhos no Sertão de Pernambuco. **Pesq. agropec. bras.**, v.41, n.11, p.1643-1651, nov. 2006.

MOREIRA, P. C.; REIS, R. B.; REZENDE, P. L. P.; WASCHECK, R. C.; MENDONÇA, A. C.; DUTRA, A. R. Produção cumulativa de gases e parâmetros de France avaliados pela técnica semiautomática in vitro de fontes de carboidratos de ruminantes. **R. bras. Saúde Prod. Anim.**, v. 11, n. 2, p.452-462, 2010.

NEGRÃO, F. M.; ZANINE, A. M.; SOUZA, A. L.; CABRAL, L. S.; FERREIRA, D. J.; DANTAS, C. C. O. Perdas, perfil fermentativo e composição química das silagens de capim *Brachiaria decumbens* com inclusão de farelo de arroz. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.*, Salvador, v.17, n.1, p.13-25, 2016.

OLIVEIRA, M. C. de; CAMPOS, J. M. S.; OLIVEIRA, A. S. de; FERREIRA, M. A.; MELO, A. A. S. *Benchmarks* for milk production systems in the Pernambuco Agreste region, northeastern Brazil. **R. Caat.**, v. 29, n. 3, p. 725-734, 2016.

PAULINO, V. T.; JÚNIOR, E. F.; POSSENTI, R. A.; LUCENAS, T. L. Silagem de amendoim forrageiro [*arachis pintoi*] cv. belmonte] com diferentes aditivos. **B. Industr.anim.**,v.66, n.1, p.33-43, 2009.

PEREIRA, E. S.; PIMENTEL, P. G, DUARTE, L. S.; MIZUBUTI, I. Y.; ARAÚJO, G. G. L. de.; CARNEIRO, M. S. S.; FILHO, J. G. L. R.; MAIA, I. S. G. Determinação das frações proteicas e de carboidratos e estimativa do valor energético de forrageiras e subprodutos da agroindústria produzidos no Nordeste Brasileiro. **Sem.: Ci. Agr.**, Londrina, v. 31, n. 4, p. 1079-1094, out./dez. 2010.

PINHO, R. M. A.; SANTOS, E. M.; RODRIGUES, J. A. S.; MACEDO, C. H. O.; CAMPOS, F. S. RAMOS, J. P. F.; BEZERRA, H. F. C.; PERAZZO, A. F. Avaliação de genótipos de milho para silagem no semiárido. **Rev. bras. Saúde Prod. Anim.**, Salvador, v.14, n.3, p.426-436, 2013.

PONTE, J. J. da.; SILVA, M. S. S. FONTES DE RESISTÊNCIA, NO ALGODOEIRO MOCÓ, *Gossypium hirsutum marie-galante*, À MURCHA FUSARIANA. **Pesq. agro. bens., Sér. Agrmu.**, v.7, p.95-97. 1972.

ROCHA, W. J. B.; JÚNIOR, V. R. R.; REIS, D. T.; PALMA, M. N. N. de.; OLIVEIRA, L. M. Cinética de fermentação ruminal da matéria seca e dos carboidratos de silagens de cana-de-açúcar com aditivos. **R. Caat.**, v. 28, n. 1, p. 228-238, 2015.

REZENDE, A. V.; JUNIOR, A. L. G.; VALERIANO, A. R.; CASALI, A.O.; MEDEIROS, L. T.; RODRIGUES, R. Uso de diferentes uso de diferentes aditivos em silagem de capim-elefante aditivos em silagem de capim-elefante. **Ciênc. agrotec.**, v. 32, n. 1, p. 281-287, 2008

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. **Arch. Zoot.**, v.59, p.26, 2010.

SANTOS, K. C.; MAGALHÃES, A. L. R.; SILVA, D. K. A.; ARAÚJO, G. G. L.; FAGUNDES, G. M.; YABARRA, N. G.; ABDALLA, A.L.; Nutritional potential of forage species found in Brazilian Semiarid region. **Liv. Sci.**, v.195, p.118–124, 2017.

SILVA, M. N. B. da.; ALVES, S. G. da.; ALVES, J. S. **Manejo Cultural do Algodoeiro Agroecológico no Semiárido Brasileiro.** (Circular técnica 126, Embrapa algodão), 2009.

SILVA, P. C. G. da.; MOURA, M. S. B. de.; KILL, L. H. P.; BRITO, L. T. L.; PEREIRA, L. A.; SÁ, I. B.; CORREIA, R. C.; TEIXEIRA, A. H. C.; CUNHA, T. J. F.; FILHO, C.G. **Caracterização do Semiárido Brasileiro: fatores naturais e humanos.** In: Sá & Silva. Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação. Petrolina: Embrapa Semiárido, Cap. 1. p.19-48, 2010.

SILVA, C. A. D.; RAMALHO, F. S.; MIRANDA, J. E.; ALMEIDA, R. P.; RODRIGUES, S.M. M.; ALBUQUERQUE, F. A. **Sugestões Técnicas para o Manejo Integrado de Pragas do Algodoeiro no Brasil.** (Circular Técnica 135 da EMBRAPA), 2013.

SILVA, M. D. A.; CARNEIRO, M. S. S.; PINTO, A. P.; POMPEU, R. C. F. F.; SILVA, D. S.; COUTINHO, M. J. F.; FONTENELE, R. M. Avaliação da composição químico-bromatológica das silagens de forrageiras lenhosas do semiárido brasileiro. **Sem.: Ci. Agr.**, v.36, n.1, p.571-578, 2015.

SOUSA, L. B. de. O algodoeiro: alguns aspectos importantes da cultura. **R. Verde**, v.5, n.4, p.19-26, 2010.

SOUSA, F.F. **Diversidade genética de uma população de algodão arbóreo (*Gossypium hirsutum* L., raça Marie galante Hutch).** Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Agroecologia da Universidade Estadual da Paraíba. 21p., 2012.

SOUZA, J. S. R. **Caracterização bromatológica de espécies com potencial forrageiro disponíveis para ruminantes no semiárido.** Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens). Universidade Federal Rural de Pernambuco-Unidade Acadêmica de Garanhuns. Pernambuco, 2015.

SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J.; FOX, D. G.; RUSSEL, J. B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: carbohydrate and protein availability. **J. Anim. Sci.**, v. 70, n. 12, p.3562-3577, 1992.

TAVARES, V. B.; PINTO, J. C.; EVANGELISTA, A. R.; FIGUEIREDO, H. C. P.; ÁVILA, C. L. S.; LIMA, R. F. Efeitos da compactação, da inclusão de aditivo absorvente e do emurchecimento na composição bromatológica de silagens de capim-tanzânia. **R. bras. Zoot.**, v.38, n.1, p.40-49, 2009.

TOMICH, T.R.; PEREIRA, L.G.R.; GONÇALVES, L.C. et al. **Características para avaliação do processo fermentativo de silagens: uma proposta para qualificação da fermentação.** (Embrapa Pantanal-Documents, n.57), 20p., 2010.

VIEIRA, E. L.; CARVALHO, F. F. R.; BATISTA, A. M. V.; FERREIRA, R. L. C.; SANTOS, M. V. F. dos; LIRA, M. de A.; SILVA, M. J. da; SILVA, E. M. B. da. Composição química de forrageiras e seletividade de bovinos em bosque de Sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.) nos períodos chuvoso e seco. **R. bras. Zoot.**, v.34, n.5, p.1505-1511, 2005.

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

YITBAREK, M. B.; BIRHAN TAMIR, B. Silage Additives: Review. **Open J. Appli. Sci.**, v.4, p.258-274, 2014.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1. Geral

- Caracterizar a composição químico-bromatológica da silagem do algodoeiro arbóreo (*Gossypium hirsutum* L. r. *marie-galante* (Watt) Hutch.).

### 4.2. Específicos

- As características qualitativas da ensilagem do algodão arbóreo;
- Estimar o fracionamento de carboidratos totais e do nitrogênio total;
- Estimar de energia (NDT);
- Digestibilidade *in vitro* da MS;
- E estimar a cinética de fermentação ruminal através da técnica *in vitro* de produção de gases *in vitro*.

## CAPÍTULO 1

### **Composição químico-bromatológica, parâmetros qualitativos da ensilagem, fracionamento de carboidratos e proteínas, nutrientes digestíveis totais e cinética de fermentação *in vitro* da silagem do algodão arbóreo [*Gossypium hirsutum* L. r. *marie-galante* (Watt) Hutch.]**

Objetivou-se caracterizar a silagem da parte aérea do algodão arbóreo [*Gossypium hirsutum* L. r. *marie-galante* (Watt) Hutch.] quanto aos aspectos químico-bromatológicos, parâmetros qualitativos da ensilagem, fracionamento de carboidratos e compostos nitrogenados, digestibilidade *in vitro* da matéria seca e cinética de degradação ruminal utilizando metodologias *in vitro*. Duas formas de tratamento do material foram ensiladas, sendo um material que não passou por pré-secagem e um que passou por pré-secagem (4h). Cada forma de silagem recebeu quatro tratamentos, 1- sem aditivos (SA); 2- com inoculante bacteriano (CI); 3- com 2% milho moído (CMM) e 4- com inoculante bacteriano + 2% milho moído (CMM + I). O inoculante bacteriano utilizado foi cepas de *Lactobacillus plantarum* e *Pediococcus pentosaceus* (1g / tonelada de massa de forragem). E após 30 dias de ensilagem, o silo foi aberto. Realizaram-se análises químico-bromatológicas, parâmetros qualitativos da ensilagem, fracionamento de carboidrato e proteína, determinação da digestibilidade *in vitro* verdadeira da matéria seca e cinética de fermentação ruminal através da técnica *in vitro* de produção de gases. Os teores de matéria seca da silagem pré-seca foram superiores ao da silagem *in natura*. Os teores de proteína bruta na silagem *in natura* foram superiores nos tratamentos sem aditivo e com inoculante. A concentração de fibra em detergente neutro foi maior na silagem pré-seca, no tratamento sem aditivo. O maior teor de fibra em detergente ácido foi encontrado na silagem *in natura*, no tratamento com milho moído. Os teores de nutrientes digestíveis totais foram maiores na silagem pré-seca, sendo o maior valor encontrado no tratamento com inoculante. Na digestibilidade *in vitro* da matéria seca, tanto da silagem *in natura*, quanto na silagem pré-seca, os tratamentos com inoculante, com milho moído e com milho moído mais inoculante apresentaram os maiores valores. Na concentração de carboidratos totais foi observado maior valor no tratamento com milho moído mais inoculante da silagem *in natura*. Para a fração C (fração mais indisponível dos carboidratos), o maior valor foi encontrado no tratamento com milho moído da silagem *in natura*. Na fração C (fração mais indisponível dos compostos nitrogenados), os maiores teores foram observados no tratamento sem aditivo nas duas formas de silagem. O volume total de gás observado foi maior no tratamento com milho moído da silagem pré-seca. Em decorrência de seu valor nutricional, a silagem do algodão arbóreo demonstra potencial para ser utilizada na alimentação de ruminantes.

**Palavras-chaves:** alimentação, dieta, pecuária, Semiárido

## CHAPTER 1

### **Chemical and bromatological composition, qualitative parameters of ensilage, carbohydrate and protein fractionation, total digestible nutrients and in vitro fermentation kinetics of arboreal cotton silage [*Gossypium hirsutum* L. *marie-gallante* (Watt) Hutch.]**

The objective was to characterize the silage of the aerial part of the arboreal cotton [*Gossypium hirsutum* L. r. *marie-galante* (Watt) Hutch.] regarding the aspects chemical-bromatological, qualitative parameters of silage, fractionation of carbohydrates and nitrogen compounds, in vitro dry matter digestibility and ruminal degradation kinetics using in vitro methodologies. Two forms of material treatment were ensiled, one that did not undergo pre-drying and one that underwent pre-drying (4h). Each form of silage received four treatments, 1- without additives (SA); 2- with bacterial inoculant (CI); 3- with 2% ground corn (CMM) and 4- with bacterial inoculant + 2% ground corn (CMM + I). The bacterial inoculant used were strains of *Lactobacillus plantarum* and *Pediococcus pentosaceus* (1g / ton of forage mass). After 30 days of ensilage, the silo was opened. Took place chemical-bromatological analysis, qualitative parameters of ensilage, carbohydrate and protein fractionation, total digestible nutrients, determination of in vitro digestibility of dry matter and ruminal fermentation kinetics through in vitro gas production technique were performed. The dry matter contents of the pre-dry silage were higher than the *in nature* silage. The crude protein contents the *in nature* silage were higher in the treatments without additive and inoculant. The concentration of neutral detergent fiber was higher in pre-dry silage, in the treatment without additive. The highest acid detergent fiber content was found *in nature* silage in the treatment with ground corn. Total digestible nutrient contents were higher in pre-dry silage, being the highest value found in inoculant treatment with. In the in vitro digestibility of dry matter, both *in nature* silage, and pre-dry silage, the treatments with inoculant, ground corn and the most inoculant ground corn presented the highest values. In the total carbohydrate concentration, a higher value was observed in the treatment with the most inoculant ground corn of *in nature* silage. For fraction C (the most unavailable of carbohydrates fraction), the highest value was found in the treatment with corn ground of the *in nature* silage. In fraction C (most unavailable fraction of nitrogen compounds), the highest levels were observed in the treatment without additive in both forms of silage. The total volume of gas observed was higher in the pre-dry silage treatment with ground corn. Due to its nutritional value, arboreal cotton silage show potential to be used in ruminant feeding.

**Keywords:** food, diet, livestock, Semi-arid

## INTRODUÇÃO

A produção de ruminantes na região Nordeste apresenta-se como uma importante atividade geradora de renda para a população local, dessa forma contribuindo para o desenvolvimento econômico e social da região. A pecuária presente em regiões como a do Nordeste brasileiro, que apresenta em quase sua totalidade clima semiárido, estão sendo agravada significativamente por mudanças climáticas, e os principais impactos são baixa oferta hídrica, queda na produção e disponibilidade de forragens, diminuição do bem-estar animal, causadas por alterações da temperatura, radiação solar, aumento da evapotranspiração, baixa pluviosidade e umidade do solo (ARAÚJO, 2015).

De acordo com Silva et al. (2014), a disponibilidade e a qualidade da forragem é afetada em função da região apresentar escassez e irregularidades de chuvas, elevada evaporação anual, e solos rasos com baixa capacidade de retenção de umidade. Essas questões influenciam negativamente o desenvolvimento da produção animal, já que a água é fator limitante para produção de alimento, por ser a principal variável que controla o processo de transformação de nutrientes individuais disponíveis para as plantas (RAMOS et al., 2016).

Esses fatores contribuem para a redução da disponibilidade de forragem na região nos períodos do ano em que o déficit hídrico, radiação solar e a evapotranspiração são maiores. Diante deste cenário, as pesquisas devem ser direcionadas para alimentos alternativos que sejam adaptados as condições do ambiente. Segundo Campos et al. (2017), no Semiárido não existe uma alternativa forrageira perfeita, portanto saídas para amenizar a situação dos produtores no período de estiagem são procuradas, como a produção e conservação de espécies forrageiras nativas ou introduzidas adaptadas, com o objetivo de aumentar a eficiência produtiva.

Entre as alternativas forrageiras adaptadas às condições climáticas do semiárido brasileiro que auxiliam no aporte de nutrientes para o atendimento das exigências nutricionais dos animais ruminantes criados nessa região, destaca-se a utilização de várias espécies de plantas que apresentam potencial forrageiro, mas que geralmente não se conhece as características nutricionais, como é o caso do algodão arbóreo [*Gossypium hirsutum* L. r. *marie-galante* (Watt) Hutch.]. De acordo com Beltrão et al. (2010), em anos de secas intensas, após a colheita das plumas os produtores colocavam os animais para se alimentarem do algodoeiro arbóreo, contribuindo no complemento nutricional de suas dietas.

A silagem da parte aérea do algodão arbóreo pode apresentar bom potencial para ser utilizada, principalmente associada à palma forrageira em dieta para ruminantes, visando corrigir a deficiência de fibra em detergente neutro, matéria seca e proteína bruta que a palma possui (FERREIRA et al., 2009), para isso, deve-se previamente conhecer suas características nutritivas. A literatura não apresenta dados sobre a qualidade da silagem do algodão arbóreo, com isso, faz-se necessário o conhecimento da sua qualidade nutricional para correta utilização na dieta dos animais ruminantes. Diante do exposto, o presente estudo objetivou-se avaliar os atributos químicos–bromatológicos, parâmetros qualitativos da ensilagem, fracionamento de carboidratos e de compostos nitrogenados, bem como a produção de gases *in vitro* da silagem do algodão arbóreo [*Gossypium hirsutum* L. r. *marie-galante* (Watt) Hutch.].

## MATERIAL E MÉTODOS

As amostras para realização do processo de ensilagem do algodoeiro arbóreo [*Gossypium hirsutum* L. r. *marie-galante* (Watt) Hutch.] foram coletadas em uma área de cultivo dessa forrageira, localizada na fazenda experimental da Universidade Federal Rural de Pernambuco / Unidade Acadêmica de Garanhuns, no município de Garanhuns-PE. Segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (2018), o município situa-se em coordenadas geográficas 08° 58' 43'' de latitude sul, e 36° 27' 15'' de longitude oeste e apresenta altitude de 822,76 m. De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima é tropical de altitude tipo (Cs'a). O experimento também foi conduzido no Laboratório de Nutrição Animal (LANA), localizado no Centro Laboratorial de Apoio à Pesquisa (CENLAG) da Unidade Acadêmica de Garanhuns (UFRPE / UAG).

O ponto da coleta foi realizado após 120 dias da realização de um corte em todas as plantas da área, com esse tempo após o corte, às plantas apresentavam aproximadamente 50 cm de altura. Para ensilagem do algodoeiro arbóreo coletou-se a parte aérea da planta (folhas e ramos). Posteriormente a fase da coleta, o material foi picado em máquina picadora de forragem (LABOREMUS® - Modelo: MC1n 2.0e), para redução do tamanho das partículas do material, em que, se atingiu aproximadamente 1 cm de tamanho de partícula. O material que não passou pelo emurchecimento, foi ensilado com seus respectivos tratamentos logo em seguida a picagem. O outro

material, após a picagem, foi exposto ao sol durante quatro horas para evaporação parcial da água, para seguidamente realizar o processo ensilagem.

Os tratamentos utilizados para ensilagem foram o material *in natura* (controle), material pré-seco (controle), material *in natura* + inoculante bacteriano, material pré-seco + inoculante bacteriano, material *in natura* + milho moído (2%), material pré-seco + milho moído (2%), material *in natura* + milho moído (2%) + inoculante bacteriano, e o material pré-seco + milho moído (2%) + inoculante bacteriano. O inoculante bacteriano utilizado era composto por cepas de (*Lactobacillus plantarum* e *Pediococcus pentosaceus*), e a quantidade utilizada foi de 1g/tonelada de massa de forragem. Na tabela 1, é apresentada a composição químico-bromatológica das duas formas do algodão arbóreo, antes da realização do processo de ensilagem.

Tabela 1. Composição químico-bromatológica das duas formas do algodão arbóreo [*Gossypium hirsutum* L. r. *marie-galante* (Watt) Hutch.] antes da ensilagem

Variáveis	Formas do algodão arbóreo	
	Algodão <i>in natura</i>	Algodão pré-seco
MS <sup>1</sup>	222,25	357,76
MM <sup>2</sup>	95,60	94,98
PB <sup>2</sup>	244,81	239,83
EE <sup>2</sup>	15,74	19,77
FDN <sup>2</sup>	510,27	495,26
FDA <sup>2</sup>	269,82	239,26

MS= matéria seca; MM= matéria mineral; PB= proteína bruta; EE= extrato etéreo; FDN= fibra em detergente neutro; FDA= fibra em detergente ácido.

<sup>1</sup>g / kg de matéria natural;

<sup>2</sup>g / kg de MS.

A massa de forragem foi homogeneizada com os aditivos dos respectivos tratamentos, e posteriormente realizou-se a ensilagem em silos experimentais de cano PVC, contendo válvula do tipo Bunsen na parte superior e areia na parte inferior, as medidas dos canos foram de 53 cm comprimento por 10 cm de diâmetro. A compactação foi realizada com o auxílio de um soquete de madeira. A quantidade de matéria natural por metro cúbico (m<sup>3</sup>) foi realizada de acordo com as fórmulas de volume do cilindro [ $V = \pi * (\text{diâmetro}/2)^2 * \text{altura}$ ] e de densidade [ $d = (\text{massa}/\text{volume})/1000$ ], no qual, se atingiu densidade entre 650 a 700 kg de matéria natural por metro cúbico (m<sup>3</sup>). Por fim, os silos foram lacrados, identificados e armazenados em ambiente de sombra no Laboratório de Nutrição Animal (LANA) até o momento da abertura.

As pesagens foram feitas antes e depois da fermentação para quantificação das perdas por gases e a areia também foi pesada para quantificação das perdas de efluentes. A abertura dos silos foi realizada com 30 dias após a ensilagem. A silagem foi prensada, em que se utilizou uma prensa manual para extração do líquido, no qual foi mensurado o potencial hidrogeniônico (pH) e o nitrogênio amoniacal. Um PHmetro digital de bancada (BEL Engineering® - modelo: W3B) foi utilizado para mensurar o pH e o nitrogênio amoniacal foi quantificado pelo método calorimétrico com formação do indofenol, de acordo com a metodologia de Chaney e Marbach (1962).

Posteriormente ao processo de ensilagem, a silagem foi homogeneizada e amostrada, no qual se desprezou 10 cm da parte inferior e superior do silo. Seguidamente realizou-se a pré-secagem das amostras em estufa de ventilação forçada à temperatura de 55 °C por 72 horas. Após essas etapas, as amostras foram moídas em moinho de facas (Marconi® - tipo Wiley, modelo: MA340), com peneiras de crivos de 1mm e 2mm, e em seguida, armazenadas em potes plásticos previamente identificados.

As análises referentes à composição bromatológica: matéria seca (MS) (930.15), matéria orgânica (MO) (942.05), matéria mineral (MM) (942.05), proteína bruta (PB) (954.01) e o extrato etéreo (EE) (Soxhlet) (920.39) foram realizadas conforme a metodologia descrita pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1990). As análises de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram elaboradas conforme metodologia proposta por Van Soest et al. (1991), com alterações propostas por Senger et al. (2008). Na determinação da lignina, o resíduo de FDA foi imerso em ácido sulfúrico a 72%, visando à solubilização da celulose, e obtendo a lignina digerida em ácido (LDA), em que se seguiu a metodologia de Van Soest et al. (1991), e as frações de hemicelulose (HEM) e celulose (CEL) foram estimadas pelas equações:  $HEM = FDN - FDA$  e  $CEL = FDA - LDA$ , respectivamente.

As frações dos carboidratos totais foram estimadas conforme a metodologia proposta por Sniffen et al. (1992), em que, os carboidratos totais (CHOT) =  $100 - (PB + EE + MM)$ , e fracionados em A+B1, B2 e C, sendo os carboidratos não-fibrosos (CNF) representados pelas frações A+B1, que foram obtidos pela diferença entre os CHOT e a fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína bruta (FDNcp). A fração B2 correspondente à fração disponível da fibra, e foi obtida pela diferença entre a FDNcp e a fração C. A fração C que corresponde a FDN indigestível foi obtida através da equação:  $C = (100 * FDN (\% MS) * 0,01 * LIGNINA (\% FDN) * 2,4) / CHT(\% MS)$ .

Os teores de nitrogênio não proteico (NNP), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) foram determinados conforme a 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 calculada a partir da equação:  $B1+B2 = 100 - (A + B3 + C)$ . A fração B3 foi obtida pela diferença entre o NIDN e o NIDA, e a fração C foi considerada como o NIDA.

Os valores de nutrientes digestíveis totais (NDT) foram estimados de acordo com o (NRC, 2001). A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi obtida de acordo com a metodologia dos dois estágios descrita por Tilley e Terry (1963) com alterações propostas por Holden (1999), em que se utilizou 1g de amostra seca ao ar para realizar a incubação em frascos de vidro de 160 mL, adicionou-se em cada recipiente 80 mL de solução tampão (pH 6,8), mais 20 mL de líquido ruminal coletado de dois bovinos fistulados no rúmen e filtrado sob quatro camadas de gaze, posteriormente, injetou-se gás carbônico para manter o meio anaeróbico. Após 48 horas de incubação em estufa a 39 °C, adicionou-se 2 mL de ácido clorídrico (6 Molar) e 1 mL de pepsina (0,4g de pepsina/mL de solução) em cada frasco e, após 24 horas de incubação, realizou-se a filtração a vácuo em cadinhos filtrantes (gooch) com placa porosa (LABORGLAS® - porosidade: 1), posteriormente, realizou-se a secagem e pesagem dos resíduos, e por fim, os cálculos de DIVMS.

Para cinética de produção de gás, utilizou-se a técnica *in vitro* com uso do transdutor de pressão, proposta pelos pesquisadores Theodorou et al. (1994), no qual, realizou-se a incubação de 1g de amostra seca ao ar (moída a 2 mm) em frascos (160 mL), juntamente com 90 mL de meio nutritivo, de acordo com os autores Goering e Van Soest (1970), seguidamente, injetou-se CO<sub>2</sub> e adicionou-se 10 mL de líquido ruminal de dois bovinos fistulados no rúmen. Em seguida, os frascos foram vedados com rolhas de borracha e lacres de alumínio. Posteriormente, os frascos foram incubados em uma estufa que simula um rúmen com temperatura constante de 39 °C. A produção cumulativa dos gases foi estimada por meio da mensuração da pressão dos gases produzidos no decorrer do processo fermentativo, no qual se usou transdutor de pressão (Datalogger Universal - LOGGER AG100), nos tempos 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 18, 21, 24, 30, 36, 42 e 48 horas pós-incubação.

A pressão por polegada (psi) foi transformada em (mL) através da equação: Produção de gás em mL =  $5,1612 * \text{PSI} - 0,3017$ ,  $r^2 = 0,9873$ , pertencente ao Laboratório

de Produção de Gases da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns (-8°90'77" S, -36°49'49" W, altitude de 844 metros), e ajustada em relação ao branco e a matéria seca incubada. Para estimativa dos parâmetros, foi utilizado o modelo Logístico Bicompartimental (SCHOFIELD et al., 1994):

$$V_t = \frac{V_{f1}}{1 + e^{[2-4*kd1*(T-L)]}} + \frac{V_{f2}}{1 + e^{[2-4*kd2*(T-L)]}} + \varepsilon$$

Onde:

**V<sub>t</sub>**= volume acumulado no tempo t;

**V<sub>f1</sub>**= volume de gases produzido pela degradação da fração A+B1 do Sistema de Cornell (CNF), de rápida fermentação;

**Kd1 (h<sup>-1</sup>)**= taxa de degradação da fração de rápida digestão (CNF);

**L**= latência ou tempo de colonização em horas;

**T**= tempo (h);

**V<sub>f2</sub>**= volume de gases produzido pela degradação da fração B2 do Sistema de Cornell (CF), de lenta degradação;

**kd2 (h<sup>-1</sup>)**= taxa específica de produção de gases pela degradação da fração B2 (CF).

O ensaio foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com arranjo fatorial 4x2, no qual, se utilizou quatros tratamentos para cada forma da silagem (1-sem aditivos; 2-com inoculante bacteriano; 3-com 2% de milho moído e 4-com inoculante bacteriano+2% de milho moído) e duas formas de silagem (*in natura* e pré-seca), com cinco repetições. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância por meio do programa estatístico Sisvar<sup>®</sup> 5.6 (FERREIRA, 2014).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a variável nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>), expressa em porcentagem do nitrogênio total (% N-Total) houve diferença estatística (P<0,05) entre os tratamentos na forma da silagem *in natura*, no qual o tratamento com milho moído (CMM) (1,02% N-Total) foi superior aos demais tratamentos (Tabela 2). Na forma da silagem pré-seca também houve diferença estatística (P<0,05) entre os tratamentos, em que o sem aditivo (SA) (1,24% N-Total) e o com milho moído (CMM) (1,20% N-Total) foram superiores aos tratamentos com inoculante (CI) e ao com milho moído mais inoculante (CMM+I) (Tabela 2).

A relação do N-NH<sub>3</sub> / N-Total indica a quantidade da proteína bruta que foi degradada durante a fermentação do material ensilado (PIGURINA, 1991). Os teores aqui descritos indicam que houve reduzida degradação da proteína bruta, portanto, boa

preservação das proteínas e compostos nitrogenados nos dois materiais analisados. Benacchio (1965) e Muck (1988) relatam que concentrações menores que 10% nesta relação, a silagem é classificada como de ótima qualidade.

Os valores de pH na silagem *in natura* foram todos estatisticamente diferentes ( $P < 0,05$ ), sendo que o tratamento SA (5,25) foi o maior, e o tratamento CMM+I o menor (4,46) (Tabela 2). Na forma da silagem pré-seca também apresentou diferença estatística ( $P < 0,05$ ) em todos os tratamentos, o SA (5,20) foi o maior e o tratamento CI (4,51) foi o menor. Os valores de pH em todos os tratamentos aqui descritos foram maiores em relação a faixa ideal que varia de 3,8 a 4,2 para uma boa fermentação proposta por (McDONALD, 1981). Os valores de pH acima da faixa ideal supracitada indica possivelmente maior produção de ácido acético e butírico, ácidos característicos de fermentações indesejáveis (VAN SOEST, 1994).

Tabela 2. Características fermentativas dos diferentes tratamentos aplicados a silagem do algodão arbóreo [*Gossypium hirsutum* L. r. *marie-galante* (Watt) Hutch.]

Variáveis	Silagem	Tratamentos			
		CI	CMM	CMM+I	SA
N-NH <sub>3</sub>	<i>In natura</i>	0,61Ba	1,02Aa	0,63Bb	0,75ABb
	Pré-seca	0,79Ba	1,20Aa	0,86Ba	1,24Aa
pH	<i>In natura</i>	4,69Ca	5,16Ba	4,46Db	5,25Aa
	Pré-seca	4,51Db	4,90Bb	4,63Ca	5,20Aa
PG <sup>1</sup>	<i>In natura</i>	1,06Ab	1,26Ab	1,05Ab	1,28Ab
	Pré-seca	2,16Ba	2,59Aba	2,11Ba	3,04Aa
PEF <sup>2</sup>	<i>In natura</i>	2,46ABa	2,31Ba	2,59ABa	3,08Aa
	Pré-seca	2,20Aa	2,18Aa	2,17Aa	2,35Ab

N-NH<sub>3</sub>= nitrogênio amoniacal (% do N-Total); pH= potencial hidrogeniônico; PG= Perdas por gases; PEF= perdas por efluentes. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CI= com inoculante; CMM= com milho moído; CMM+I= com milho moído + inoculante; SA= sem aditivo.

<sup>1</sup> porcentagem da matéria seca (% MS);

<sup>2</sup> kg / tonelada de matéria natural ensilada (kg/ton MN).

Os tratamentos que receberam inoculante bacteriano obtiveram os menores valores de pH, indicando que nesses tratamentos houve uma maior população de bactérias produtoras de ácido láctico (LAB), favorecendo uma maior redução no pH devido ao maior conteúdo de ácido láctico presente em relação aos tratamentos que não receberam inoculação bacteriana, devido ao maior poder de acidificação em relação aos ácidos acético e butírico.

Não houve diferença estatística ( $P>0,05$ ) para variável perda por gases na silagem *in natura*, já na silagem pré-seca o tratamento SA (3,04 % MS) foi o maior e os tratamentos CI (2,16 % MS) e CMM+I (2,11 % MS) obtiveram os menores valores ( $P<0,05$ ). Entre as duas formas da silagem houve diferença estatística ( $P<0,05$ ) em todos os tratamentos, no qual os da silagem pré-seca foram superiores aos tratamentos da silagem *in natura* (Tabela 2). A menor produção de gases na silagem *in natura* pode ter ocorrido em virtude da menor presença durante fermentação de bactérias do gênero *Clostridium*, esses microrganismos produzem ácido butírico e  $CO_2$ , e sua presença no processo fermentativo não é desejada. Os valores apresentados pelas duas silagens com seus respectivos tratamentos são considerados baixos, pois de acordo Pupo (2002), as perdas por gases podem atingir de 2 a 5% da MS.

A perda por efluente foi maior no tratamento SA (3,08 kg/ ton MN) da silagem *in natura* ( $P<0,05$ ), podendo esse resultado ser atribuído ao maior conteúdo de umidade presente neste tratamento (Tabela 3). O menor valor de perda por efluente foi no tratamento CMM (2,31 kg/ ton MN) ( $P<0,05$ ), constatando a funcionalidade do milho moído utilizado como aditivo absorvente de umidade, favorecendo a diminuição das perdas do material ensilado. Segundo Andrade et al. (2010), a utilização de aditivos absorventes ou sequestrantes de umidade é uma das principais técnicas utilizadas para amenizar a produção de efluentes no material ensilado, pois, favorecem o aumento no teor de matéria seca.

Na silagem pré-seca não houve diferença estatística ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos para perdas por efluentes (tabela 2). Já na comparação entre as silagens, houve diferença estatística ( $P<0,05$ ) no tratamento SA. O da silagem *in natura* (3,08 kg/ ton MN) foi superior ao da silagem pré-seca (2,35 kg/ ton MN). Os menores valores para perda por efluentes na silagem pré-seca pode ser relacionado ao emurhecimento que foi realizado antes da ensilagem. Em trabalho com capim-tanzânia, Loures et al. (2005), constataram que houve maior perda por efluentes na silagem que não foi emurhecida. A realização do emurhecimento é uma importante técnica que visa evitar perdas de nutrientes por percolação no material ensilado, além de, contribuir na diminuição do risco de poluição do meio ambiente. Segundo Corrêa et al. (2016), o emurhecimento é uma prática que auxilia no aumento do teor de MS e reduz a produção de efluentes.

Em relação aos teores de matéria seca (MS), na silagem *in natura* houve diferença estatística ( $P<0,05$ ), no qual, o tratamento com milho moído + inoculante (CMM+I) apresentou valor de (248,69 g/kg MN), sendo superior aos demais. Na silagem pré-seca

não houve diferença estatística entre os tratamentos. A comparação entre as duas formas de silagens mostrou diferença estatística ( $P < 0,05$ ) em todos os tratamentos utilizados, sendo os teores de MS da silagem pré-seca superiores ao da silagem *in natura*. Fato esse que pode ser atribuído a pré-secagem realizada antes da ensilagem (Tabela 3).

Para a variável matéria orgânica (MO) o tratamento com milho moído (CMM) (908,68 g/kg MS) foi superior ( $P < 0,05$ ) aos outros tratamentos na silagem *in natura*, quanto à forma pré-seca da silagem, os tratamentos CMM (907,53 g/kg MS) e CMM+I (907,35 g/kg MS) foram superiores ( $P < 0,05$ ) aos outros tratamentos. Houve diferença estatística ( $P < 0,05$ ) entre as duas formas de silagem, em que o tratamento CMM+I, da silagem pré-seca (907,35 g/kg MS) foi superior ao da silagem *in natura* (904,65 g/kg MS) (Tabela 3).

Os teores de proteína bruta (PB) na silagem *in natura* foram superiores ( $P < 0,05$ ) nos tratamentos sem aditivo (SA) (245,10 g/kg MS) e com inoculante (CI) (243,22 g/kg MS), e o tratamento CMM+I (227,68 g/kg MS) foi inferior ( $P < 0,05$ ) aos demais (Tabela 3). Na silagem *in natura* os tratamentos em que se adicionou o milho como aditivo o teor de proteína foi menor, em decorrência do menor teor de PB que o milho possui. Na silagem pré-seca, não houve diferença estatística entre os tratamentos. Já na comparação entre as silagens, os tratamentos SA (245,10 g/kg MS) e CI (243,22 g/kg MS) da silagem *in natura* foram superiores ( $P < 0,05$ ) aos da silagem pré-seca (Tabela 3). Em trabalho com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, Bergamaschine et al. (2006), observaram redução de 20,1% no teor de PB no material que passou por emurchecimento de quatro horas e o fato foi atribuído a perda de proteína solúvel em decorrência do extravasamento do conteúdo celular durante a pré-secagem ao sol, corroborando com os autores, essa explicação pode ser atribuída ao presente trabalho.

As concentrações de PB apresentadas (Tabela 3) foram superiores aos valores descritos por Silva et al. (2015), que trabalharam com silagens de espécies lenhosas presentes no Semiárido brasileiro, os valores de PB das silagens encontrados pelos autores foram de 165,80 g/kg MS na Algaroba (*Prosopis juliflora* (SW) DC.); 122,6 g/kg MS na Jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret); 140,40 g/kg MS no Sabiá (*Mimosa caesalpiiifolia* Benth.); 139,80 g/kg MS no Jucá (*Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul); 224,10 g/kg MS na Leucena (*Leucaena leucocephala*); e 193,70 g/kg MS na Gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.).

E também superiores aos relatados por Coutinho et al. (2015), que encontraram 117,00 g/kg MS de PB para silagem de feijão guandu (*Cajanus cajan* cv. BRS

Mandarim) e 145,00 g/kg MS de PB para a silagem de crotalária (*Crotalaria juncea*). Os teores de PB das duas formas de silagem do algodão arbóreo confirmam o potencial dessa forrageira na utilização como fonte de proteína na dieta de ruminantes criados na região Semiárida. Entretanto, deve-se atentar para a disponibilidade da PB no alimento.

Para os teores de fibra em detergente neutro (FDN), não houve diferença estatística ( $P > 0,05$ ), entre os tratamentos da silagem *in natura*. Na silagem que passou por pré-secagem, o tratamento SA (569,10 g/kg MS) foi superior ( $P < 0,05$ ), e o tratamento CI (523,62 g/kg MS) apresentou o menor teor de FDN ( $P < 0,05$ ) (Tabela 3). Comparando-se as duas formas das silagens não se observou diferença estatística ( $P > 0,05$ ). Os valores médios de FDN dos tratamentos nas duas formas das silagens foram menores em relação às espécies Cunhã (*Clitoria ternatea*) 604,1 g/kg MS; Leucena (*Leucaena leucocephala*) 553,10 g/kg MS; Mororó (*Bauhinia cheilanta* (BONG) STEND) 683,30 g/kg MS e Sabiá (*Mimosa caesalpiifolia* Benth.) 678,90 g/kg MS; e maiores do que as espécies Gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.) 510,40 g/kg MS e Maniçoba (*Manihot* ssp.) 434,40 g/kg MS, que foram estudadas por Santos et al. (2017) no Semiárido, e que fazem parte da alimentação dos ruminantes da região.

Os teores de FDN<sub>total</sub> propostos para bovinos leiteiros, segundo o NRC (2001), é de 25% da exigência diária de matéria seca, sendo que 19% (FDN<sub>fisicamente efetiva</sub>) desta exigência diária tem que ser proveniente da forragem. De acordo com Van Soest (1994), os níveis de FDN não devem ser superiores a 60% da exigência diária em matéria seca, as duas formas da silagem não apresentaram valores acima dos 60% de FDN na MS. De acordo com Mertens (1992), a FDN é um indicador de qualidade do alimento, altos teores de FDN na dieta reduz o consumo voluntário pelo efeito de enchimento. Van soest (1994) em trabalho com 13 ovinos alimentados com diferentes forragens, constatou que as frações fibrosas da dieta foram negativamente correlacionadas com a ingestão voluntária de matéria seca, e que os teores de fibra em detergente neutro obtiveram uma correlação mais negativa ( $r = -0,65$ ) para a ingestão de matéria seca em relação à fibra em detergente ácido ( $r = -0,53$ ).

Segundo Alves et al. (2016), a fibra quando não disponibilizada tanto em quantidade como em qualidade, pode comprometer o desempenho animal e interferir nas características dos seus produtos finais, além de, ocasionar distúrbios no metabolismo energético dos animais. Portanto, deve-se atentar para fornecer as quantidades exigidas de FDN aos animais, já que na nutrição de ruminantes a presença

de fibra na dieta dentro dos parâmetros nutricionais adequados é importante para manter a homeostasia fisiológica do rúmen.

Tabela 3. Composição químico-bromatológica e nutrientes digestíveis totais dos diferentes tratamentos aplicados à silagem do algodão arbóreo [*Gossypium hirsutum* L. r. *marie-galante* (Watt) Hutch.]

Variáveis	Silagem	Tratamentos			
		CI	CMM	CMM+I	SA
MS <sup>1</sup>	<i>In natura</i>	232,94Bb	228,46BCb	248,69Ab	217,71Cb
	Pré-seca	355,83Aa	355,20Aa	352,81Aa	344,39Aa
MO <sup>2</sup>	<i>In natura</i>	905,58Ba	908,68Aa	904,65Bb	903,53Ba
	Pré-seca	905,52ABa	907,53Aa	907,35Aa	904,99Ba
PB <sup>2</sup>	<i>In natura</i>	243,22Aa	236,72Aba	227,68Ba	245,10Aa
	Pré-seca	232,73Ab	233,06Aa	235,65Aa	231,81Ab
EE <sup>2</sup>	<i>In natura</i>	20,73Aa	22,25Aa	22,27Aa	16,20Aa
	Pré-seca	20,64Aa	19,78Aa	15,27Ab	19,77Aa
FDN <sup>2</sup>	<i>In natura</i>	540,39Aa	558,84Aa	529,15Aa	565,10Aa
	Pré-seca	523,62Ba	528,06Aba	557,32ABa	569,10Aa
FDN cp <sup>2</sup>	<i>In natura</i>	392,82Aa	393,92Aa	379,71Aa	396,91Aa
	Pré-seca	371,10Aa	383,06Aa	388,78Aa	406,88Aa
FDA <sup>2</sup>	<i>In natura</i>	314,94Ba	351,21Aa	332,33ABa	344,89Aa
	Pré-seca	294,50Ba	313,85Bb	297,52Bb	345,99Aa
CEL <sup>2</sup>	<i>In natura</i>	187,46Aa	189,77Aa	185,54Aa	198,06Aa
	Pré-seca	186,91Aa	196,96Aa	180,16Aa	198,04Aa
HEM <sup>2</sup>	<i>In natura</i>	225,45Aa	207,64Aa	196,82Ab	220,21Aa
	Pré-seca	229,12Aa	214,21Aa	259,79Aa	223,11Aa
LDA <sup>2</sup>	<i>In natura</i>	127,49Ba	161,43Aa	146,79ABa	146,83ABa
	Pré-seca	107,59Bb	116,89Bb	117,36Bb	147,95Aa
PIDN <sup>2</sup>	<i>In natura</i>	125,49Ba	133,66Aba	123,52Bb	140,19Aa
	Pré-seca	126,12Aa	126,07Aa	137,20Aa	134,41Aa
PIDA <sup>2</sup>	<i>In natura</i>	43,66Ca	55,77Aba	48,02BCa	56,78Aa
	Pré-seca	40,72Ba	41,25Bb	40,34Bb	52,05Aa
CNF <sup>2</sup>	<i>In natura</i>	248,81Ab	255,79Aa	274,99Aa	245,32Aa
	Pré-seca	281,06Aa	271,64Aa	267,64Aa	246,54Aa
CF <sup>2</sup>	<i>In natura</i>	392,82Aa	393,92Aa	379,71Aa	396,91Aa
	Pré-seca	371,10Aa	383,06Aa	388,78Aa	406,88Aa
NDT <sup>2</sup>	<i>In natura</i>	499,00Ab	458,70Cb	484,60Bb	456,50Cb
	Pré-seca	524,70Aa	516,30Ba	503,90Ca	464,90Da

MS= matéria seca; MM= matéria mineral; MO= matéria orgânica; EE= extrato etéreo; PB= proteína bruta; FDN= fibra em detergente neutro; FDNcp= FDN corrigida para cinzas e proteína; FDA= fibra em detergente ácido; CEL= celulose; HEM= hemicelulose; LDA= lignina digerida em ácido; PIDN= proteína insolúvel em detergente neutro; PIDA= proteína insolúvel em detergente ácido; CNF= carboidrato não fibroso; CF= carboidrato fibroso; NDT= nutrientes digestíveis totais; DIVMS= digestibilidade *in vitro* da matéria seca. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. CI= com inoculante; CMM= com milho moído; CMM+I= com milho moído + inoculante; SA= sem aditivo.

<sup>1</sup>g / kg de matéria natural;

<sup>2</sup>g / kg de MS.

As maiores concentrações de fibra em detergente ácido (FDA) foram encontradas nos tratamentos CMM (351,21 g/kg MS) e SA (344,89 g/kg MS) na silagem *in natura* ( $P<0,05$ ), e o menor teor foi encontrado no tratamento CI (314,94 g/kg MS) ( $P<0,05$ ). Na silagem pré-seca o maior teor foi encontrado no tratamento SA (345,99 g/kg MS), diferindo-se estatisticamente dos outros tratamentos ( $P<0,05$ ). E entre as duas formas da silagem observou-se diferença estatística ( $P<0,05$ ) nos tratamentos CMM e CMM+I, em que, os respectivos tratamentos da silagem *in natura* foram superiores em relação à outra forma da silagem (Tabela 3).

O consumo de matéria seca aumenta quando a forragem apresenta valores menores que 30% de FDA, e forragens que apresentam valores de FDA superiores a 40% diminuem o consumo por parte dos animais, por ser a fração mais indigestível do alimento (MERTENS, 1994). Os dois tratamentos da silagem obtiveram valores abaixo de 40% de FDA. A FDA se relaciona proporcionalmente com a digestibilidade do alimento, pois, teores mais elevados de FDA diminuem a digestibilidade dos alimentos pela maior quantidade de componentes indigestíveis presente no alimento.

A maior concentração de lignina digerida em ácido (LDA) foi observada no tratamento CMM (161,43 g/kg MS) na forma da silagem *in natura*, sendo superior ( $P<0,05$ ) aos outros tratamentos, o menor teor de LDA foi observado no tratamento CI (127,49 g/kg MS) ( $P<0,05$ ). E na forma da silagem pré-seca o tratamento SA (147,95 g/kg MS) foi superior ( $P<0,05$ ) aos demais. Na comparação entre as silagens houve diferença estatística ( $P<0,05$ ) nos tratamentos CI, CMM e CMM+I, no qual, os respectivos tratamentos da silagem *in natura* foram superiores aos da silagem pré-seca (Tabela 3).

Segundo, Jung e Deetz (1993) e Fukushima et al. (2000), a lignina é um dos componentes químicos associados a parede celular dos vegetais, que limita a digestão das plantas forrageiras no rúmen. Wanderley et al. (2012), relatam que a lignina apresenta baixa ou nula digestibilidade, e isso, influencia a digestibilidade dos componentes da parede celular dos vegetais. De acordo com Jung (1989), a depender de sua concentração e composição estrutural, a lignina pode limitar a digestão dos demais componentes da parede celular. Por ser um componente limitante na digestão, os teores aqui descritos podem implicar em diminuição da degradação no rúmen dos componentes da parede celular das duas formas das silagens avaliadas.

O teor da proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) do tratamento SA (140,19 g/kg MS) foi superior ( $P<0,05$ ) aos tratamentos CMM+I (123,52 g/kg MS) e CI

(125,49 g/kg MS) ( $P < 0,05$ ) na silagem *in natura* (Tabela 3). E na forma da silagem pré-seca não se observou diferença estatística ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos. Entre as duas formas da silagem, houve diferença estatística ( $P < 0,05$ ) no tratamento CMM+I, sendo o respectivo tratamento da silagem pré-seca superior ao da silagem *in natura*.

A concentração de proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) no tratamento SA foi superior (56,78 g/kg MS) ( $P < 0,05$ ) aos tratamentos CI (43,66 g/kg MS) e CMM+I (48,02 g/kg MS) na forma da silagem *in natura*. Na silagem pré-seca, o tratamento SA foi superior (52,05 g/kg MS) ( $P < 0,05$ ) aos demais tratamentos. Portanto, o tratamento SA nas duas formas da silagem apresentam as maiores concentrações da proteína bruta indisponível, que possui lenta degradação no rúmen, devido à parte dessa proteína está associada à parede celular, e isso pode influenciar negativamente na digestibilidade das silagens.

Entre as duas formas da silagem houve diferença estatística ( $P < 0,05$ ) nos tratamentos, CMM, CMM+I, em que as concentrações de PIDA foram maiores na silagem *in natura* em relação à silagem pré-seca (Tabela 3). Deve-se atentar para os teores de PIDA, pois, se parte considerável da proteína bruta do alimento estiver ligada a fração fibrosa, sua disponibilidade será diminuída, afetando a eficiência da síntese microbiana no rúmen. Para a manutenção das atividades normais dos microrganismos ruminais é necessário mínimo de 7% de PB na matéria seca da dieta (VAN SOEST, 1994), as duas formas de silagens atendem a essa exigência.

De acordo com Licitra et al. (1996), os teores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) estabelece relação com a fração nitrogenada indigestível. Esta parte da proteína está associada à lignina, a complexos tanino-proteína e também a produtos derivados da reação química de Maillard, portanto, se tornando resistentes as enzimas dos microrganismos e diminuindo a digestibilidade das forrageiras, afetando o desempenho animal. Os teores de PIDN e PIDA encontrados em forrageiras na região Semiárida pode ser um fator nutricional limitante para busca de resultados mais satisfatórios com a introdução dessas forrageiras na alimentação de ruminantes.

O valor de nutrientes digestíveis totais (NDT) do tratamento CI (499,00 g/kg MS) foi superior ( $P < 0,05$ ) aos demais na forma da silagem *in natura* e na forma da silagem pré-seca o tratamento CI (524,70 g/kg MS) foi superior ( $P < 0,05$ ) aos outros tratamentos. Isso pode ser remetido aos menores teores na fração C dos carboidratos (CHOT'S) e também de PIDA encontrados no tratamento CI. Os CHOT'S são incluídos nas

equações propostas pelo NRC (2001) para estimar os valores de NDT dos alimentos destinados aos bovinos leiteiros, esses são divididos em frações, e a fração C é composta pelos carboidratos da parede celular que não são degradáveis (SNIFFEN et al., 1992). As frações da proteína também são computadas nas equações do NRC (2001) para estimar os valores de NDT, e o PIDA representa a fração c, sendo esta ligada a indisponibilidade da fração nitrogenada (LICITRA et al., 1996). Portanto, uma menor concentração nessas frações pode ter acarretado uma maior geração de energia para o tratamento CI.

Todos os tratamentos da silagem pré-seca apresentaram diferença estatística ( $P < 0,05$ ) em relação aos da silagem *in natura* para a variável NDT (Tabela 3). Os menores teores na fração C (Tabela 5) dos compostos nitrogenados da silagem pré-seca influenciaram sua superioridade na geração de energia em relação à silagem *in natura* para a variável NDT, pois além dos carboidratos e extrato etéreo, a proteína também é incluída nas equações do NRC (2001) para estimar os valores de NDT.

Assim como os carboidratos, a proteína bruta também é dividida em frações, e a fração C contém os compostos nitrogenados que estão mais indisponíveis (SNIFFEN et al., 1992). Assim sendo, uma menor concentração nessa fração pode ter promovido uma maior geração de energia na silagem pré-seca. Em estudos com o propósito de validar as equações do NRC (2001), que estimam o valor energético dos alimentos utilizados para alimentação animal em condições brasileiras Rocha Júnior et al. (2003) e Costa et al. (2005), comprovaram a eficácia das equações na determinação do NDT.

Na silagem *in natura*, a maior concentração de carboidratos totais (CHOT) foi observada no tratamento CMM+I (654,70 g/kg MS) ( $P < 0,05$ ), e a menor no tratamento CI (641,63 g/kg MS) ( $P < 0,05$ ). Na forma pré-seca não houve diferença estatística ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos. Entre as duas formas houve diferença estatística ( $P < 0,05$ ) nos tratamentos CI e SA, no qual nesses tratamentos a silagem pré-seca foi superior à silagem *in natura* (Tabela 4).

De acordo com Sniffen et al. (1992), os alimentos devem ser fracionados para serem melhor caracterizados, dessa forma, os carboidratos totais são subdivididos em (fração A), representada pelos açúcares de mais rápida degradação no rúmen; (fração B1), que corresponde ao amido e a substâncias pécicas, e apresentam valores de cinética de degradação intermediária; (fração B2), sendo composta pela porção potencialmente degradável da parede celular, apresentando valores de cinética de

degradação lenta; e a (fração C), que é correspondente a parte não degradável da parede celular, e a cinética de degradação é nula.

Tabela 4. Fracionamento de carboidratos dos diferentes tratamentos aplicados as silagens *in natura* e pré-seca do algodão arbóreo [*Gossypium hirsutum* L. r. *mariegalante* (Watt) Hutch.]

Variáveis	Silagem	Tratamentos			
		CI	CMM	CMM+I	SA
CHOT <sup>1</sup>	<i>In natura</i>	641,63Bb	649,71ABa	654,70Aa	642,22ABb
	Pré-seca	653,15Aa	654,70Aa	654,42Aa	652,42Aa
A + B1 <sup>2</sup>	<i>In natura</i>	387,70Aa	393,65Aa	420,57Aa	381,85Aa
	Pré-seca	430,92Aa	414,85Aa	407,77Aa	377,23Aa
B2 <sup>2</sup>	<i>In natura</i>	485,27Aa	441,04Aa	433,41Aa	475,83Aa
	Pré-seca	460,09Aa	459,01Aa	464,18Aa	476,33Aa
C <sup>2</sup>	<i>In natura</i>	127,03Ba	165,31Aa	146,02ABa	142,32ABa
	Pré-seca	107,99Bb	126,14ABb	130,05ABa	146,44Aa

CHOT= carboidratos totais; A+B1= fração solúvel; B2= fibra potencialmente degradável; C= fibra indigestível. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem a 5% de probabilidade entre si pelo teste de Tukey. CI= com inoculante; CMM= com milho moído; CMM+I= com milho moído + inoculante; SA= sem aditivo.

<sup>1</sup> g / kg de MS;

<sup>2</sup> g / kg de CHOT.

Não houve diferença estatística ( $P > 0,05$ ) nas frações A + B1 e B2 (Tabela 4). Sendo que a proporção da fração B2 foi maior em relação às frações A + B1 e C, e isso pode ser remetido aos maiores teores de celulose em relação aos carboidratos não fibrosos encontrados nas silagens avaliadas, e devido a isso, podem apresentar uma lenta taxa de degradação ruminal.

Em relação aos teores da fração C (fração mais indisponível dos carboidratos), o tratamento CMM (165,31 g/kg CHOT) foi o maior ( $P < 0,05$ ), e o menor valor foi encontrado no tratamento CI (127,03 g/kg CHOT) ( $P < 0,05$ ) na silagem *in natura*. Na silagem pré-seca, a maior concentração da fração C foi no tratamento SA (146,44 g/kg CHOT) ( $P < 0,05$ ), e a menor foi no tratamento CI (107,99 g/kg CHOT) ( $P < 0,05$ ). Entre as duas silagens, se observou diferença estatística ( $P < 0,05$ ) nos tratamentos CI e CMM, no qual, esses respectivos tratamentos na silagem *in natura* foram superiores ao da silagem pré-seca (Tabela 4). Valores mais baixos para essa fração são mais desejáveis, pois, a fração C está ligada aos carboidratos indisponíveis a digestão.

Em relação ao fracionamento dos compostos nitrogenados, a silagem *in natura* apresentou maior concentração na fração A, no tratamento CMM (174,62 g/kg PB) ( $P < 0,05$ ), e a menor concentração foi observada no tratamento CMM+I (125,90 g/kg

PB) ( $P < 0,05$ ). Na silagem pré-seca não se observou diferença estatística ( $P > 0,05$ ) na fração A entre os tratamentos. Entre as duas formas da silagem apenas o tratamento CI apresentou diferença estatística, no qual o da silagem *in natura* foi superior (162,79 g/kg PB) ( $P < 0,05$ ) ao da silagem pré-seca (118,92 g/kg PB) (Tabela 5).

Com relação aos compostos nitrogenados Sniffen et al. (1992), relatam que a proteína bruta (PB) do alimento pode ser subdividida em frações, no qual a (fração A) é constituída de compostos nitrogenados não-proteicos (NNP) de alta digestibilidade, ou seja, que não possuem ligação peptídicas; a divisão continua em (fração B1), que é de rápida degradação ruminal; em (fração B2 e B3) que representa os compostos nitrogenados de degradação intermediária e lenta no rúmen, e em (fração C), que corresponde aos compostos nitrogenados que estão indisponíveis.

Tabela 5. Fracionamento dos compostos nitrogenados dos diferentes tratamentos aplicados as silagens *in natura* e pré-seca do algodão arbóreo [*Gossypium hirsutum* L. r. *marie-galante* (Watt) Hutch.]

Variáveis	Silagem	Tratamentos			
		CI	CMM	CMM+I	SA
PB <sup>1</sup>	<i>In natura</i>	243,22Aa	236,72Aba	227,68Ba	245,10Aa
	Pré-seca	232,73Ab	233,06Aa	235,65Aa	231,81Ab
A <sup>2</sup>	<i>In natura</i>	162,79ABa	174,62Aa	125,90Ba	140,59ABa
	Pré-seca	118,92Ab	143,60Aa	126,72Aa	130,71Aa
B1 + B2 <sup>2</sup>	<i>In natura</i>	321,38ABa	265,57Bb	330,16Aa	287,46ABa
	Pré-seca	338,83Aa	315,09Aa	290,67Aa	289,04Aa
B3 <sup>2</sup>	<i>In natura</i>	336,39Aa	328,92Aa	332,76Ab	340,37Aa
	Pré-seca	367,26Aa	364,00Aa	411,53Aa	355,83Aa
C <sup>2</sup>	<i>In natura</i>	179,44Ba	230,89Aa	211,18ABa	231,58Aa
	Pré-seca	174,99Ba	177,31Bb	171,08Bb	224,42Aa

A= nitrogênio não proteico; B1+B2= fração nitrogenada de alta e média degradação ruminal; B3= fração nitrogenada de lenta degradação; C= fração nitrogenada indisponível. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem a 5% de probabilidade entre si pelo teste de Tukey. CI= com inoculante; CMM= com milho moído; CMM+I= com milho moído + inoculante; SA= sem aditivo.

<sup>1</sup> g / kg de MS;

<sup>2</sup> g / kg de PB.

O teor da fração A nos compostos nitrogenados obtido na silagem *in natura* no tratamento com milho moído, designa a melhor opção como fonte de nitrogênio prontamente disponível no rúmen, para utilização pelos microrganismos entre todos os tratamentos avaliados. Como já comentado, a fração A é constituída de compostos nitrogenados não-proteicos (NNP) que apresentam alta digestibilidade, sendo fundamental para um adequado funcionamento ruminal, pois os microrganismos

ruminais fermentadores de carboidratos estruturais utilizam a amônia como fonte primária de nitrogênio para seu crescimento (RUSSEL et al., 1992).

Para a fração B1 + B2 na silagem *in natura*, o tratamento CMM+I (330,16 g/kg PB) ( $P < 0,05$ ) obteve o maior valor, e o tratamento CMM (265,57 g/kg PB) ( $P < 0,05$ ) obteve o menor valor. Não se observou diferença estatística ( $P > 0,05$ ) para a fração B1 + B2 da proteína nos tratamentos da silagem pré-seca (Tabela 5). Entre os tratamentos avaliados, o CI na silagem pré-seca e o CMM+I na silagem *in natura* apresentaram os maiores teores na fração B1 + B2, dessa forma, possuindo maior potencial como fonte de proteína digestível no rúmen (PDR) em relação aos demais tratamentos.

As concentrações da fração B3 nas silagens *in natura* e pré-seca não diferiram estatisticamente ( $P > 0,05$ ). Na comparação entre as duas silagens, houve diferença estatística no tratamento CMM+I, no qual, o teor deste tratamento na silagem pré-seca (411,53 g/kg PB) ( $P < 0,05$ ) foi superior ao da silagem *in natura* (332,76 g/kg PB) (Tabela 5). O teor mais elevado na fração B3 obtido no tratamento CMM+I da silagem pré-seca, poderá interferir em uma menor degradação ruminal, porém, a proteína que escapar da degradação ruminal pode apresentar alta digestibilidade intestinal (proteína não degradada no rúmen). O tratamento CMM+I da silagem pré-seca se apresenta como fonte potencial de proteína de escape, devido aos aminoácidos que poderão ser disponibilizados no intestino dos ruminantes.

Na fração C os maiores teores na silagem *in natura* foram observados nos tratamentos SA (231,58 g/kg PB) e CMM (230,89 g/kg PB) ( $P < 0,05$ ). Na silagem pré-seca o maior teor foi observado no tratamento SA (224,42 g/kg PB) ( $P < 0,05$ ) (Tabela 5). As maiores concentrações na fração C obtida no tratamento SA, influenciaram negativamente a digestibilidade *in vitro* nas duas formas da silagem que não receberam aditivo. Esse resultado pode ser atribuído ao nitrogênio dessa fração que está mais indisponível, pois é constituído de proteínas e compostos nitrogenados ligados à lignina, aos compostos do metabolismo das plantas (taninos) e aos produtos derivados da reação química de Maillard, sendo estes, resistentes à digestão microbiana e a degradação (SNIFFEN et al., 1992).

Em relação ao volume total de gás observado ( $V_{t1}$ ) na silagem *in natura*, o tratamento CMM+I (135,95 mL/g MS) ( $P < 0,05$ ) foi superior, e o tratamento CI (114,28 mL/g MS) ( $P < 0,05$ ) foi inferior aos demais (Figura 1) (Tabela 6). O tratamento CMM+I da silagem *in natura* (143,28 mL/g MS) ( $P < 0,05$ ), também foi superior para as variáveis encontrada a partir do modelo bicompartimental ( $V_{t2}$ ), e o menor valor também foi

observado no tratamento CI (121,14 mL/g MS) ( $P < 0,05$ ) para o ( $V_{t_2}$ ). Sendo isso atribuído ao maior teor de carboidratos totais (CHOT) observado no tratamento CMM+I na silagem *in natura*, o qual produziu maior volume de gases. Já o tratamento CI produziu menor volume de gases, devido a menor quantidade de CHOT na silagem *in natura* (Tabela 4).

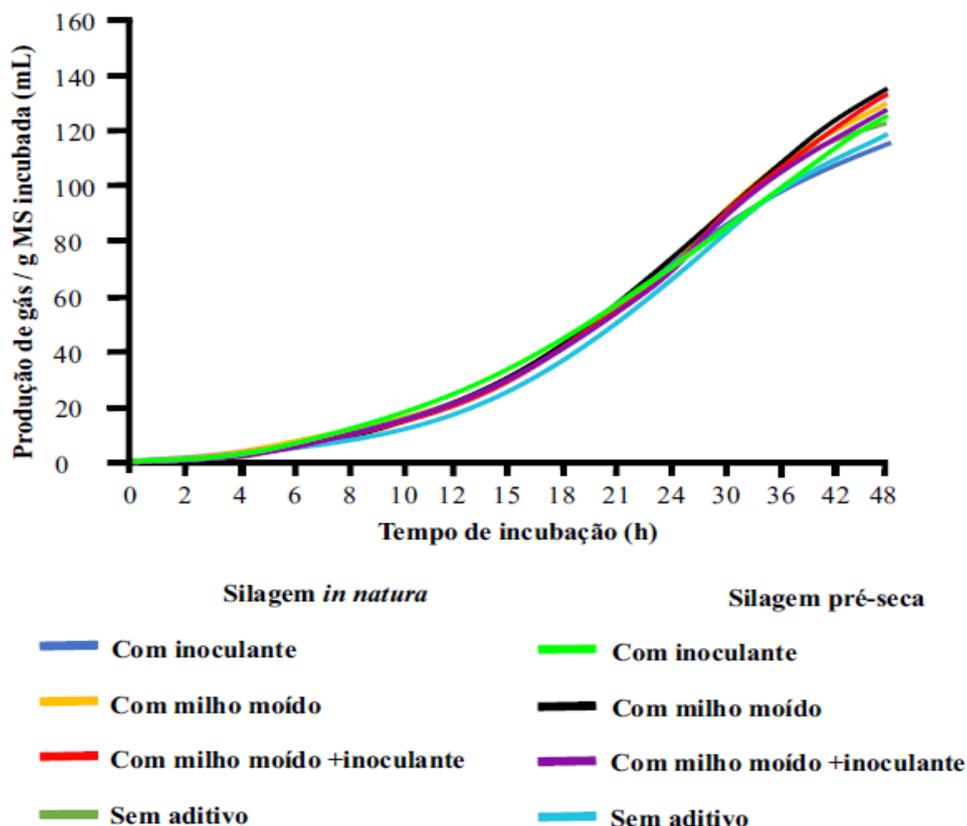


Figura 1. Volume de gases produzidos durante incubação *in vitro* nos diferentes tratamentos aplicados as silagens *in natura* e pré-seca do algodão arbóreo [*Gossypium hirsutum* L. r. *marie-galante* (Watt) Hutch.]

Na silagem pré-seca, o volume total de gás observado ( $V_{t_1}$ ) foi maior no tratamento CMM (137,19 mL/g MS) ( $P < 0,05$ ) e o tratamento SA (116,80 mL/g MS) ( $P < 0,05$ ) foi o menor (Figura 1) (Tabela 6). O comportamento para a variável ( $V_{t_2}$ ) também foi igual na silagem pré-seca, no qual, o tratamento CMM (145,56 mL/g MS) ( $P < 0,05$ ) também foi superior, e o SA (126,37 mL/g MS) ( $P < 0,05$ ) foi inferior. A maior quantidade de CHOT (Tabela 4) na silagem pré-seca foi encontrado no tratamento CMM, por isso produziu maior volume de gases na silagem pré-seca. E o tratamento SA produziu menor volume de gases por apresentar menor teor de CHOT na silagem pré-seca. O volume de gases da variável ( $V_{t_1}$ ) apresentou valores próximos da variável ( $V_{t_2}$ ), confirmando o ajuste do modelo aplicado (Tabela 6).

Tabela 6. Parâmetros de produção de gases *in vitro* e digestibilidade *in vitro* da matéria seca dos diferentes tratamentos aplicados as silagens *in natura* e pré-seca do algodão arbóreo [*Gossypium hirsutum* L. r. *marie-galante* (Watt) Hutch.]

Variáveis	Silagem	Tratamentos			
		CI	CMM	CMM+I	SA
Vt <sub>1</sub>	<i>In natura</i>	114,28Cb	130,26ABa	135,95Aa	121,09BCa
	Pré-seca	125,36ABa	137,19Aa	126,09ABa	116,80Ba
Vt <sub>2</sub>	<i>In natura</i>	121,14Cb	141,72ABa	143,28Aa	129,03BCa
	Pré-seca	133,39ABa	145,56Aa	134,40ABa	126,37Ba
Vf1	<i>In natura</i>	17,97Ba	20,50ABb	26,66Aa	22,79ABa
	Pré-seca	18,72Ba	28,86Aa	21,38Ba	18,70Ba
kd1	<i>In natura</i>	0,1770Aa	0,1186Aa	0,1204Aa	0,1175Aa
	Pré-seca	0,1447Aa	0,1138Aa	0,1355Aa	0,1424Aa
Vf2	<i>In natura</i>	103,17Cb	121,22Aa	116,62ABa	106,25BCa
	Pré-seca	114,68Aa	116,70Aa	113,03Aa	107,58Aa
kd2	<i>In natura</i>	0,0316Aa	0,0292Bb	0,0314Aa	0,0302ABa
	Pré-seca	0,0312Aa	0,0307Aa	0,0306Aa	0,0302Aa
L	<i>In natura</i>	13,21Aa	12,63Aa	12,29Aa	12,30Aa
	Pré-seca	12,92Aa	12,58Aa	12,64Aa	10,75Aa
DIVMS <sup>2</sup>	<i>In natura</i>	443,31Aa	444,76Aa	458,26Aa	427,94Ba
	Pré-seca	446,28Aa	446,15Aa	454,26Aa	427,53Ba

Vt<sub>1</sub> = volume (mL/g MS) total observado; Vt<sub>2</sub> = volume (mL/g MS) total encontrado a partir do modelo; Vf1 = volume (mL) de gases produzidos pela degradação da fração A+B1 do Sistema de Cornell (CNF), de rápida fermentação; Kd1 (% / h) = taxa de degradação da fração de rápida digestão (CNF); Vf2 = volume de gases produzido pela degradação da fração B2 do Sistema de Cornell (CF), de lenta degradação; kd2 (% / h) = taxa específica de produção de gases pela degradação da fração B2 (CF); L = latência ou tempo de colonização em horas. CI= com inoculante; CMM= com milho moído; CMM+I= com milho moído + inoculante; SA= sem aditivo.

<sup>2</sup>g / kg de MS.

Na silagem *in natura*, o tratamento CMM+I (26,66 mL) (P<0,05) foi superior e o CI (17,97 mL) (P<0,05) obteve o menor valor para a variável (Vf1) (Tabela 6), que representa a degradação da fração A+B1 do Sistema de Cornell (CNF). Isso pode ser atribuído ao maior teor da fração A+B1 dos carboidratos presente no tratamento CMM+I e o menor teor encontrado no CI (Tabela 4). Para a silagem pré-seca o tratamento CMM (28,86 mL) (P<0,05) foi superior e o menor valor observado foi o tratamento SA (18,70 mL) (P<0,05) para a variável (Vf1) (Tabela 6), esse resultado pode ter sido influenciado pelo tratamento CMM na silagem pré-seca apresentar um dos maiores teores para a fração A+B1 dos carboidratos e o tratamento SA ter um dos menores teores na mesma fração (Tabela 4).

O tratamento CMM na silagem *in natura* foi superior (121,22 mL) (P<0,05) e o CI foi inferior (103,17 mL) (P<0,05) para a variável (Vf2) (Tabela 6), que representa a degradação da fração B2 do Sistema de Cornell (carboidratos fibrosos potencialmente degradáveis). Com isso, os carboidratos presentes na fração B2 do tratamento CMM na

silagem *in natura* apresentaram maior potencial de degradação. Segundo Bezerra et al. (2005), as frações dos alimentos podem ser caracterizadas de rápida ou de lenta digestão, e que as diferenças quanto a natureza química podem ser responsabilizadas por diferentes graus de utilização dessas frações pelos microrganismos ruminais.

A menor taxa para produção de gases para a fração B2 (kd2) na silagem *in natura* foi observado no tratamento CMM (0,0292%/h) ( $P < 0,05$ ), e a maior taxa de degradação na variável (kd2) foi observado no tratamento CI (0,0316%/h) ( $P < 0,05$ ) (Tabela 6). Essa menor taxa de degradação para o tratamento CMM da silagem *in natura*, pode ser remetida a maior concentração de lignina digerida em ácido (LDA) observada para esse tratamento na silagem *in natura* (161,43 g/kg MS) (Tabela 3), e também maior teor entre os tratamentos na fração C (fração indigestível dos carboidratos) (165,31 g/kg CHOT) (Tabela 4), como são componentes dos alimentos de baixa ou nenhuma digestibilidade, acarretou em menor degradação da fração B2 para o tratamento CMM. Já a maior taxa de degradação dos carboidratos fibrosos (kd2) observada no tratamento CI da silagem *in natura*, pode ser atribuída aos menores teores de LDA (127,49 g/kg MS) (Tabela 3) e fração C dos carboidratos (127,03 g/kg CHOT) (Tabela 4) obtidos neste tratamento.

Na digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), o tratamento SA (427,94 g/kg MS) da silagem *in natura* diferiu estatisticamente ( $P < 0,05$ ) dos demais tratamentos. Na silagem pré-seca, o tratamento SA (427,53 g/kg MS) apresentou diferença estatística ( $P < 0,05$ ) em relação aos outros tratamentos (Tabela 6). Os menores valores de DIVMS nas duas silagens para o tratamento SA podem ser atribuídos aos maiores teores encontrados na fração C, tanto dos carboidratos, quanto dos compostos nitrogenados, essa fração influenciou negativamente na digestibilidade, por ser mais indisponível a digestão.

## CONCLUSÃO

As duas formas silagens do algodão arbóreo, com seus respectivos tratamentos, demonstram potencial para serem utilizadas na alimentação de ruminantes, principalmente na época do ano de maior escassez de alimentos. Com isso, auxiliando para o fortalecimento da pecuária em regiões Semiáridas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, A. R.; PASCOAL, L. A. F.; CAMBUÍ, G. B.; TRAJANO, J. S.; SILVA, C. M.; GOIS, G. C. Fibra para ruminantes: Aspecto nutricional, metodológico e funcional. **Publ. Med. Vet. Zoot.**, v.10, n.7, p.568-579, 2016.

ANDRADE, I. V. O.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; VELOSO, C. M. V.; BONOMO, P. Perdas, características fermentativas e valor nutritivo da silagem de capim elefante contendo subprodutos agrícolas. **R. bras. Zoot.**, v.39, n.12, p.2578-2588, 2010.

ARAÚJO, G. G. L. Os impactos das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos e a produção animal em regiões semiáridas. **R. bras. Geogr. Fís.**, V. 08, número especial IV SMUD, 598-609, 2015.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS-AOAC. **Official methods of analysis**. 15. ed., 1990. 771p.

BELTRÃO, N. E. M. **Breve história do algodão no Nordeste do Brasil**. 17p (Embrapa Algodão, documentos, 117), 2003.

BELTRÃO, N. E. M.; VALE, L.S.; MARQUES, L. F.; CARDOSO, G. D.; SILVA, F. V. F.; ARAÚJO, W.P. O cultivo do algodão orgânico no semiárido brasileiro. **R. Verde.**, v.5, n.5, p. 008-013, 2010.

BENACCHIO, S. Niveles de melaza en silo experimental de milho criollo (*Sorghum vulgare*). **Agron. Trop.**, v.14, p.651-658, 1965.

BERGAMASCHINE, A. F.; PASSIPIÉRI, M.; FILHO, W. V. V.; ISEPON, O. J.; CORREA, L. A. Qualidade e valor nutritivo de silagens de capim-marandu (*B. brizantha* cv. Marandu) produzidas com aditivos ou forragem emurcheada. **R. bras. Zoot.**, v.35, n.4, p.1454-1462, 2006.

BEZERRA, A. R. G. F.; MALAFAIA, P. A. M.; MANCINI, M. C.; BEZERRA, E. S.; VIEIRA, R. A. M. Parâmetros cinéticos da degradação in vitro de alimentos incubados com inóculo microbiano de diferentes espécies de ruminantes. **Arq. bras. Med. Vet. Zoot.**, v. 57, n. 4, p. 494-501, 2005.

CAMPOS, F. S.; GOIS, G. C.; VICENTE, S. L. A.; MACEDO, A. de.; MATIAS, A. G. S. Alternativa de forragem para caprinos e ovinos criados no semiárido. **Nutr. R. Eletr. on-line**, v.14, n.2, p.5004-5013, 2017.

CORRÊA, A. A.; BACKES, A. A.; FAGUNDES, J. L.; BARBOSA, L. T.; SOUSA, B. M. L.; OLIVEIRA, V. S.; MOREIRA, L. A. Caracterização da silagem da rama da batata doce emurcheada e adicionada de fubá de milho como aditivo. **Bol. Ind. Anim.**, v.73, n.4, p.272-280, 2016.

COSTA, M. A. L.; FILHO, S. C. V.; VALADARES, D. R. F.; PAULINO, M. F.; CECON, P. R.; PAULINO, P. V. R.; CHIZZOTTI, M. L.; PAIXÃO, M. L. Validação

das equações do NRC (2001) para predição do valor energético de alimentos nas condições brasileiras. **R. bras. Zoot.**, v.34, n.1, p.280-287, 2005.

COUTINHO, J. J. O.; Coura, R. A. N.; Rodrigues, L. M.; Athayde, A. A. R. Efeito de aditivo em silagens de leguminosas forrageiras. **Ci. et Pra.**, v. 8, n. 15, 2015.

CHANEY, A.L. e MARBACH, E.P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Cli. Chem.**, v.8, p.130-132, 1962.

FERREIRA, M. A.; SILVA, F. M. da.; BISPO, S. V.; AZEVEDO, M. de. Estratégias na suplementação de vacas leiteiras no semi-árido do Brasil. **R. bras. Zoot.**, v.38, p.322-329, 2009.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ci. Agrotec.**, vol.38, n.2, p. 109-112, 2014.

FUKUSHIMA, R. S.; Geraldo GARIPPO, G.; HABITANTE, A. M. Q. B.; LACERDA, R. S. Extração da lignina e emprego da mesma em curvas de calibração para a mensuração da lignina em produtos vegetais. **Rev. bras. zoot.**, v.29, n.5, p. 1302-1311, 2000.

GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. **Forage fiber analysis** (Apparatus, reagents, procedures and some applications). (Agricultural Handbook, 379). 24p. 1970.

HOLDEN, L. A. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. **J. Dairy Sci.**, v. 82, p. 1791-1794, 1999.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA-INMET **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa: Estação meteorológica de Garanhuns-PE.** Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/mesTempo>>. Acessado em 28 de Novembro de 2018.

JUNG, H.G. 1989. Forage lignins and their effects on fiber digestibility. **Agron. J.**, 81:33.

JUNG, H.G.; DEETZ, D.A. Cell wall lignification and digestibility. In: JUNG, H.G.; BUXTON, D.R.; HATFIELD, R.D. et al. (Eds.) **Forage cell wall structure and digestibility**. Madison: Wisconsin:ASA/CSSA/SSSA, 1993. p.315-346.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminants feeds. **Anim. Feed Sci. Tech.**, v. 57, n. 4, p. 347-358, 1996.

LOURES, D. R. S.; NUSSIO, L. N.; PAZIANI, S. F.; PEDROSO, A. F.; MARI, L. J.; RIBEIRO, J. L.; ZOPOLLATTO, M.; SCHMIDT, P.; JUNQUEIRA, M. C.; PACKER, I. U.; CAMPOS, F. P. Composição Bromatológica e Produção de Efluente de Silagens de Capim-Tanzânia sob Efeitos do Emurchecimento, do Tamanho de Partícula e do Uso de Aditivos Biológicos. **R. bras. Zoot.**, v.34, n.3, p.726-735, 2005.

- McDONALD, P. **The biochemistry of silage**. New York: John Wiley & Sons, 1981. 207p.
- MERTENS, D. R. Análise da fibra e sua utilização na avaliação de alimentos e formulações de rações. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1992. p.188-211.
- MERTENS, D. R. 1994. Regulation of forage intake. In: Fahey Jr., G.C. (Ed.). **Forage quality, evaluation and utilization**. American Society of Agronomy. p. 450-493.
- MUCK, R.E. Factors influencing silage quality and their implications for management. **J. Dairy Sci.**, v.71, n.11, p.2992-3002, 1988.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL-NRC. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. Washington, D.C., 2001. 381p.
- FIGURINA, F. Factores que afectan em valor nutritivo y la calidad de fermentacion de ensilajes. In: **Pasturas y producción animal de áreas organaderia intensiva**. Montevideo: Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, 1991. p. 77-92. (Serie Tecnica, 15).
- PUPO, N.I.H. **Manual de pastagens e forrageiras: formação, conservação, utilização**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 2002.
- RAMOS, J. P. F.; SANTOS, E. M.; SANTOS, A.P.M. dos; SOUZA, W. H. de; OLIVEIRA, J.S. **Ensiling of forage crops in Semiarid region**. DOI: 10.5772/65446, 2016.
- ROCHA JÚNIOR, V. R.; FILHO, S. C. V.; BORGES, Á. M.; DETMANN, E.; MAGALHÃES, K. A.; VALADARES, R. F. D.; GONÇALVES, L. C.; CECON, P. R. Estimativa do Valor Energético dos Alimentos e Validação das Equações Propostas pelo NRC (2001). **R. bras. Zoot.**, v.32, n.2, p.480-490, 2003.
- RUSSELL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.G.; VAN SOEST, P.J. and SNIFFEN, C.J. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. I. Ruminal fermentation. **J. Anim Sci.**, 70: 3351-3561.
- SANTOS, K. C.; MAGALHÃES, A. L. R.; SILVA, D. K, A.; ARAÚJO, G. G. L.; FAGUNDES, G. M.; YABARRA, N. G.; ABDALLA, A.L.; Nutritional potential of forage species found in Brazilian Semiarid region. **Liv. Sci.**, v.195, p. 118-124, 2017.
- SENGER, C. C. D.; KOZLOSKI, G. V.; SANCHEZ, L. M. B.; MESQUITA, F. R.; ALVES, T. P.; CASTAGNINO, D. S. Evaluation of autoclave procedures for fiber analysis in forage and concentrate feedstuffs. **Anim. Feed Sci. Tech.**, v. 146, p. 169-174, 2008.
- SILVA, M. D. A.; CARNEIRO, M. S. S.; PINTO, A. P.; POMPEU, R. C. F. F.; SILVA, D. S.; COUTINHO, M. J. F.; FONTENELE, R. M. Avaliação da composição químico-bromatológica das silagens de forrageiras lenhosas do semiárido brasileiro. **Sem.: Ci. Agr.**, v. 36, n. 1, p. 571-578, 2015.

SILVA, L. M. da.; FAGUNDES, J. L.; VIEGAS, P. A. A.; MUNIZ, E. N.; RANGEL, J. H. A.; MOREIRA, A. L.; ALFREDO ACOSTA BACKES, A. A. Produtividade da palma forrageira cultivada em diferentes densidades de plantio. **Ci. Rural**, v.44, n.11, p.2064-2071, 2014.

SCHOFIELD, P.; PITT, R. E.; PELL, A. N. Kinetics of fiber digestion from *in vitro* gas production. **J. Anim. Sci.**, v. 72, n. 11, p. 2980-2991, 1994.

SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J.; FOX, D. G.; RUSSEL, J. B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: carbohydrate and protein availability. **J. Anim. Sci.**, v. 70, n. 12, 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 feed. **Anim. Feed Sci. Tech.**, v. 48. n. 1, p. 185-197, 1994.

TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **J. Brit. Grass. Soc.**, v. 18, n. 2, p.104-111, 1963.

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

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **J. Dairy Sci.**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant. 2. ed.** New York: Cornell University, 1994. 476p.