

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
FACULDADE DE AGRONOMIA E ZOOTECNIA
Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical

ENSILAGEM DE SORGO CULTIVADO EM DIFERENTES
ESPAÇAMENTOS E DENSIDADES DE SEMEADURA

DAYENNE MARIANE HERRERA

CUIABÁ – MT

2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
FACULDADE DE AGRONOMIA E ZOOTECNIA
Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical

**ENSILAGEM DE SORGO CULTIVADO EM DIFERENTES
ESPAÇAMENTOS E DENSIDADES DE SEMEADURA**

DAYENNE MARIANE HERRERA

Engenheira Agrônoma

Orientador: Prof. Dr. JOADIL GONÇALVES DE ABREU

Coorientador: Prof. Dr. RAFAEL HENRIQUE PEREIRA DOS REIS

Dissertação apresentada à Faculdade de
Agronomia e Zootecnia da Universidade
Federal de Mato Grosso, para obtenção
do Título de Mestre em Agricultura
Tropical.

CUIABÁ – MT

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

H565e Herrera, Dayenne Mariane.
Ensilagem de sorgo cultivado em diferentes espaçamentos e densidades de semeadura / Dayenne Mariane Herrera. -- 2018
38 f. ; 30 cm.

Orientador: Joadil Gonçalves de Abreu.

Co-orientador: Rafael Henrique Pereira dos Reis.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, Cuiabá, 2018.

Inclui bibliografia.

1. Sorghum bicolor. 2. composição bromatológica. 3. panícula. 4. silagem. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
FACULDADE DE AGRONOMIA E ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL
Av. Fernando C. da Costa, nº 2367 – Cidade Universitária- 78060-900 – Cuiabá – MT.
Telefone/Fax (65) 3615.8618. E-mail: agritrop@ufmt.br

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

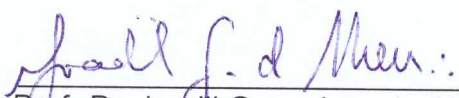
TÍTULO: ENSILAGEM DE SORGO CULTIVADO EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS
E DENSIDADES DE SEMEADURA

Autora: Dayenne Mariane Herrera

Orientador: Prof. Dr. Joadil Gonçalves de Abreu

- Aprovada em 07 de março de 2018.

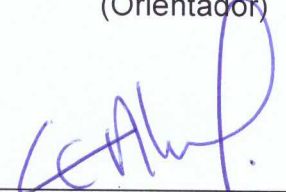
Comissão Examinadora:



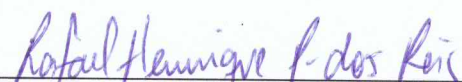
Prof. Dr. Joadil Gonçalves de Abreu
UFMT
(Orientador)



Profª. Drª. Livia Vieira de Barros
UFMT
(Membro interno)



Prof. Dr. Carlos Eduardo Avelino
Cabral
UFMT
(Membro Interno)



Prof. Dr. Rafael Henrique Pereira dos
Reis
IFRO
(Membro Externo)

AGRADECIMENTO

A Deus, pela Fé que tem me sustentado.

À minha amada e “guerreira” mãe Margarete Carvalho dos Santos, pelo exemplo de respeito e amor ao próximo, por sempre acreditar em mim. Ao meu pai José Cláudio Herrera, pelo carinho e apoio. Que Deus me permita retribuir todo o esforço dedicado. Amo vocês!

À minha irmã Larah Drielly Santos Herrera, pela paciência, incentivo e por estar presente em todas as minhas conquistas, sempre me ajudando.

Aos meus avós maternos Anelito Rodrigues dos Santos e Maria Raquel Carvalho dos Santos pelo companheirismo e carinho. Aos meus tios Edinólia e Roberto Luiz, por estarem presentes em todos os momentos da minha vida, servindo de estímulo para o meu crescimento pessoal e profissional.

Ao meu orientador Prof. Dr. Joadil Gonçalves de Abreu, pela confiança ao me permitir ser sua orientada. Obrigada pela paciência, atenção, dedicação e ensinamentos. O senhor é um exemplo a ser seguido, como pessoa, professor e orientador. Gratidão por tudo!

Ao coorientador Prof. Dr. Rafael Henrique Pereira dos Reis, pela orientação desde a graduação, estando sempre presente. Foi e é um grande exemplo de inspiração profissional. Obrigada pela amizade e por tantos ensinamentos.

Aos professores Dr. Carlos Eduardo Avelino Cabral e Dra. Lívia Vieira de Barros, pelo carinho e por auxiliarem na composição deste trabalho, fazendo parte da banca de avaliação.

Aos companheiros Maiara, Dienice, Patrícia, Padilha, Wender, Gean e Otávio (desculpem-me se esqueci de alguém), que de alguma forma auxiliaram nas atividades, sem os quais este trabalho não teria sido possível.

Aos meus amigos “Coifas”, além dos já citados acima, que fizeram parte desta etapa de minha jornada. Obrigada por podermos compartilhar bons momentos, mesmo que nem sempre fisicamente juntos.

A todos os membros, conterrâneos ou não, dos grupos de pesquisa Sistemas Integrados de Produção Agropecuária na Amazônia Ocidental (INTEGRA) e Estratégias de Produção e Conservação de Forragem para Seca em Rondônia (GEFOS), pelo carinho, ajuda e por compartilharem deste momento junto comigo.

À Universidade Federal de Mato Grosso e ao Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical, pela oportunidade de realizar o mestrado e pelo crescimento pessoal e profissional.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, *Campus* Colorado do Oeste, na pessoa dos professores Dr. Ernando Balbinot e Dr. Fabiano Gama de Sousa, também exemplos de orientadores, por permitirem a realização deste trabalho.

Ao Laboratório de Bromatologia desta Instituição de Ensino, na pessoa das técnicas Camila Budim Lopes e Lizianne de Matos Emerick, pelo apoio de sempre e torcida para conclusão desta etapa.

À instituição de fomento CAPES, pela bolsa de mestrado, sem a qual não seria possível a obtenção deste título.

A todos aqueles que, de alguma forma, colaboraram e participaram da minha vida acadêmica e atuação profissional.

A TODOS, MUITO OBRIGADA!
Vocês fazem parte da minha história.

“Lembre-se de Deus em tudo o que fizer, e ele lhe mostrará o caminho certo”.

Provérbios 3.6

“Hoje é um bom dia para começar novos desafios. Onde você quer chegar? Viver. Sonhe alto, queira o melhor a você e aos outros, queira coisas boas para a vida. Pensamentos assim trazem para nós aquilo que desejamos”.

Paulo Roberto Gaefke

ENSILAGEM DE SORGO CULTIVADO EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS E DENSIDADES DE SEMEADURA

RESUMO – O sorgo possui tendência de alteração morfológica quando submetido a diferentes condições de cultivo, sendo esperada, para ensilagem, boa quantidade de massa verde e grãos. Assim, objetivou-se avaliar as características agronômicas e de produtividade, perdas de matéria seca na ensilagem e a composição bromatológica da forragem e silagem de sorgo cultivado em diferentes arranjos. O estudo foi realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, *Campus* Colorado do Oeste. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram dispostos em esquema de parcela subdividida: a parcela correspondeu a três espaçamentos entre linhas (0,45; 0,60 e 0,75 metros); e a subparcela correspondeu a quatro densidades de semeadura (105.000; 120.000; 135.000 e 150.000 plantas ha⁻¹). Foram avaliadas as características agronômicas e de produtividade do sorgo; perdas de matéria seca na ensilagem e recuperação de matéria seca; e as características fermentativas e bromatológicas da forragem e silagem. As plantas de sorgo apresentaram maior altura de plantas (ALT), produtividade de massa verde (PMV) e seca (PMS) com a elevação da densidade (P<0,05). Para a variável diâmetro de colmo (DIAM), observou-se o efeito isolado de espaçamento e densidade, com redução da espessura em condições de elevada densidade e redução do espaçamento. Não foi observado influência dos fatores (P>0,05) para os componentes morfológicos da planta e perdas de MS na ensilagem. Os teores de matéria mineral (MM) da forragem e silagem possuem efeito da combinação de espaçamento e densidade. Na silagem, maiores espaçamentos promoveram elevado teor de matéria seca (MS). Para a proteína bruta (PB) da silagem, elevadas porcentagens foram obtidas em menor espaçamento e maior densidade. O cultivo de sorgo em condições adensadas é indicado, haja vista o desempenho positivo em produtividade e composição bromatológica.

Palavras-chave: *Sorghum bicolor*, composição bromatológica, panícula, silagem

SILAGE OF SORGHUM GROWN UNDER DIFFERENT SOWING DENSITIES AND SPACINGS

ABSTRACT – Sorghum tends to morphologically alter when submitted to different cultivation conditions, and a good amount of green matter and grains is expected for ensiling. The objective of this study was to evaluate the agronomic and productivity characteristics, dry matter losses in the silage and the bromatological composition of forage and sorghum silage grown in different arrangements. The study was conducted at the Federal Institute of Education, Science and Technology of Rondônia, *Campus* Colorado do Oeste. The experimental design was a randomized block design, with four replications. The treatments were arranged in a subdivided plot scheme: the plot corresponded to three spacing's between rows (0.45, 0.60 and 0.75 meters); and the subplot corresponded to four sowing densities (105,000, 120,000, 135,000 and 150,000 plants ha⁻¹). The agronomic and yield characteristics of sorghum were evaluated; losses of dry matter in silage and dry matter recovery; and the fermentative and bromatological characteristics of forage and silage. The sorghum plants presented higher plant height (ALT), green mass (PMV) and dry mass (PMS) productivity with density increase ($P < 0.05$). For the stem diameter variable (DIAM), we observed the isolated effect of spacing and density, with reduction of thickness under high density conditions and reduction of spacing. It was not observed influence of the factors ($P > 0.05$) for the morphological components of the plant and losses of DM in silage. The mineral matter (MM) contents of the forage and silage have an effect of the combination of spacing and density. In the silage, larger spacing's promoted high dry matter (DM) content. For the crude protein (CP) of the silage, high percentages were obtained in smaller spacing and higher density. Cultivation of sorghum under densified conditions is indicated, given the positive performance in productivity and bromatological composition.

Key-words: *Sorghum bicolor*, bromatological composition, panicle, silage

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
1 REVISÃO DE LITERATURA	12
1.1 Ensilagem	12
1.2 Sorgo para produção de silagem	13
1.3 Influência do arranjo espacial sobre a produção de sorgo para silagem	15
2 MATERIAL E MÉTODOS	17
2.1 Condições experimentais	17
2.2 Estabelecimento do experimento e tratamentos	17
2.3 Avaliações agronômicas	18
2.4 Ensilagem	18
2.5 Análises laboratoriais	19
2.6 Perdas de matéria seca na ensilagem	20
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
3.1 Características agronômicas e de produtividade	23
3.2 Características da forragem	25
3.3 Perdas de matéria seca na ensilagem	27
3.4 Características da silagem	28
CONCLUSÕES	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

INTRODUÇÃO

A alimentação do rebanho bovino nacional tem como base o pasto formado por gramíneas forrageiras. Apesar do potencial produtivo de massa seca, essas gramíneas forrageiras apresentam sazonalidade de produção, com maior disponibilidade de volumoso nos meses de elevada precipitação e escassez no período seco do ano (Santos et al., 2009).

Na estação seca, para minimizar a falta de atendimento às necessidades nutricionais dos animais em função da baixa disponibilidade e qualidade de volumoso, são necessárias alternativas para produção e conservação de forragens. Sobre essa perspectiva, o uso de silagem pode reduzir o período de carência alimentar, preservando matéria seca, energia e nutrientes da planta produzida na estação chuvosa para uso no período seco (Der Berdrosian et al., 2012).

Embora várias plantas forrageiras possam ser utilizadas para produção de silagem, o milho possui destaque por apresentar alta produção de forragem e composição da planta que resulta em adequada fermentação dentro do silo, além de silagem de elevado valor nutritivo. A cultura do sorgo, por sua vez, apresenta valor nutricional que representa cerca de 80 e 90% do milho, assim como grande potencial produtivo, maior tolerância ao déficit hídrico e de fertilidade de solo, amplitude da época de plantio e capacidade de rebrota (Machado et al., 2012).

O sorgo utilizado para produção de silagem é selecionado de acordo com o seu rendimento de massa verde, e sua qualidade como volumoso é influenciada pela proporção de grãos. Verifica-se que esses fatores de produção são afetados diretamente pelas condições de semeadura (Avelino et al., 2011a) às quais a cultura é submetida, como o arranjo de plantas, definido pelo espaçamento e densidade.

A combinação do espaçamento entre linhas e densidade de plantas na linha influencia positivamente a produção de grãos, principalmente por meio do número de panículas (Viana et al., 2001). A população de plantas por hectare determina a distribuição de plantas por área e, por consequência, a eficiência da interceptação de luz solar e o aproveitamento de água e nutrientes.

No que diz respeito à qualidade da silagem, considerando um alimento com a maior fonte de energia presente nos grãos, vale destacar a exigência de uma elevada participação de grãos em relação à matéria seca total. Maiores produções de grãos geralmente são obtidas em espaçamentos menores e em maiores

densidades de semeadura (Baumhardt e Howell, 2006), desde que em condições de bom suprimento de água e de nutrientes. Para as cultivares de porte alto, recomendam-se espaçamentos de 0,70 a 0,80 m e densidades de 120.000 a 140.000 plantas ha⁻¹.

Sobre essa perspectiva, estudos apontam alterações na composição física da planta de sorgo submetida a variações de espaçamento e densidade de semeadura, podendo influenciar na composição química da forragem e silagem (Avelino et al., 2011a; Viana et al., 2012), por meio da participação fibrosa e proteica (Avelino et al., 2011b; Neumann et al., 2010). Contudo, ainda faltam estudos acerca das características fermentativas e qualitativas da silagem de sorgo cultivado em diferentes combinações desses fatores, assim como a influência de possíveis alterações estruturais na planta.

Assim, o objetivo desse trabalho foi verificar se o arranjo de plantas modifica as características agronômicas, perdas de matéria seca na ensilagem e composição bromatológica da forragem e da silagem de sorgo.

1 REVISÃO DE LITERATURA

1.1 Ensilagem

A ensilagem é um processo de conservação de forragem, cujo princípio básico é a fermentação de açúcares por bactérias, com produção de ácidos orgânicos e consequente redução do pH da massa ensilada. Nesse processo há um destaque para o ácido lático que, sendo o maior responsável pela redução do pH, mantém os microrganismos com baixa atividade durante o período de armazenamento. Silagem é a denominação feita ao volumoso conservado e silo, por sua vez, é o local de armazenamento (Ohmomo et al., 2002).

Os processos fermentativos são divididos em quatro fases: fase aeróbica, que ocorre na presença de oxigênio, desde a morte dos tecidos das plantas, enchimento do silo e até poucas horas depois do seu fechamento; fase de fermentação, quando ocorre a redução do pH da silagem devido à formação de ácidos orgânicos; fase de estabilidade, período em que o pH ácido da silagem e a condição de anaerobiose evitam a ação de microrganismos prejudiciais na ensilagem; e fase de abertura, que ocorre no momento do fornecimento da silagem aos animais (Jobim e Nussio, 2013).

Para que ocorra adequada fermentação da forragem no interior do silo, a planta forrageira deverá apresentar teor de matéria seca (MS) entre 28 a 34%, teor de carboidratos solúveis (CHOS) de 15% na MS e a capacidade tampão (CT) menor que 20 eq. mg HCl/100g MS (McCullough, 1977; McDonald et al., 1991).

De acordo com Pitt et al. (1991), valores abaixo de 28% de MS aumentam as perdas por efluentes, além de favorecer a atuação de microrganismos indesejáveis na massa ensilada. Quando a forragem apresenta valores superiores a 34%, os problemas são relacionados à compactação inadequada.

Também são exigidos fatores relacionados ao processo, como adequado momento de colheita, tamanho de partículas na picagem, rápido enchimento do silo, compactação para efetiva expulsão de oxigênio do interior do material e a perfeita vedação do silo (Andrade e Levezzo, 1998).

Com relação aos carboidratos fermentescíveis, em concentrações adequadas, as condições são mais favoráveis para o estabelecimento e crescimento de bactérias do gênero *Lactobacillus*, diretamente ligadas à produção do ácido lático, que apresenta maior potencial de acidificação em relação aos outros ácidos

orgânicos produzidos no processo fermentativo, como o ácido acético e propiônico (McDonald et al., 1991).

Aliado aos teores recomendados de MS e CHOS, uma baixa capacidade tampão da forragem é favorável. No contexto da ensilagem, a capacidade tampão é entendida como a resistência da massa de forragem ao abaixamento do pH e depende basicamente da composição da planta, no que se refere ao teor de proteína bruta, íons inorgânicos (Ca, K, Na) e presença de ácidos orgânicos (McDonald et al., 1991; Muck et al., 1991).

O teor de MS, a concentração de CHOS e a CT determinam em grande parte a qualidade de fermentação no interior do silo e, por consequência, a capacidade de fermentação. Quando uma planta forrageira apresenta esses três fatores adequados, é então classificada de alta capacidade de fermentação; caso contrário, em baixa capacidade de fermentação, cuidados especiais devem ser tomados para que a ensilagem ocorra com menores perdas.

Uma vez atendidos os requisitos para adequada fermentação, deve-se avaliar também a qualidade da silagem, que pode indicar uma possível falha no processo de ensilagem. Dentre os parâmetros mensurados, a acidez é um bom indicativo de qualidade da silagem.

A acidez na silagem é importante no processo de conservação, já que atua no controle do desenvolvimento de microrganismos indesejáveis, como as bactérias do gênero *Clostridium*. O valor de pH para uma silagem de boa qualidade é entre 3,5 e 4,2 (McDonald et al., 1991).

Nesse sentido, para obter uma silagem de qualidade, deve-se buscar uma forrageira que apresente as características desejáveis de MS, CHOS e CT, assim como empregar tecnologia apropriada em todas as fases do processo de ensilagem (Siqueira e Bernardes, 2013).

1.2 Sorgo para produção de silagem

O sorgo é uma planta recomendada ao processo de ensilagem pelo bom valor nutricional e teores adequados de MS, CHOS e CT, essenciais para a fermentação láctica (Neumann et al., 2002). As características da planta favorecem o processo fermentativo, além de apresentar menor sensibilidade à deficiência de água,

adaptabilidade a solos de baixa fertilidade, janela de semeadura mais tardia e boa capacidade de rebrota (Machado et al., 2012).

A qualidade da forragem é determinada pelas características estruturais e químicas das plantas forrageiras. Diferentes metodologias de análise de alimentos têm sido desenvolvidas para definição da qualidade desses volumosos, como a composição bromatológica, que depende de fatores como estágio de maturação no momento do corte e do processo fermentativo (Dias et al., 2001).

A variabilidade genética para as características nutricionais, nessa espécie, tem permitido um eficiente trabalho de melhoramento para fins forrageiros. Um aspecto importante a ser ressaltado é a diferença entre os híbridos disponíveis no mercado, como o sorgo forrageiro, que apresenta elevados rendimentos de MS, (Berenji e Dahlberg, 2004).

O sorgo forrageiro, utilizado para produção de silagem, é selecionado pela combinação de seu rendimento de massa seca e pela proporção de grãos na forragem. Possui porte elevado, com alta produtividade de MS e, em geral, com proporção de colmo maior que 50% (Neumann et al., 2002), assim com elevado teor da fração fibrosa. Yosef et al. (2009) verificaram maiores valores de FDN, hemicelulose, lignina, CHOS e menores teores de PB nas silagens de sorgo de porte alto, provavelmente devido ao maior acúmulo de tecidos de sustentação nas plantas.

A cultura do sorgo apresenta baixa capacidade tampão, o que facilita a diminuição do pH dentro do silo durante a ensilagem. As plantas de sorgo forrageiro apresentam entre 12 e 20% de CHOS com base na MS (Kaiser et al., 2004; Thomas et al., 2013), e teores de MS entre 24 e até 43% (Machado et al., 2014), variável em função do ponto de colheita.

A adequada conservação de forragem na ensilagem depende da produção de ácido láctico para redução e estabilização do pH (França et al., 2011). Machado et al. (2012), avaliando a qualidade da silagem de híbridos de sorgo forrageiro, observaram adequada fermentação na massa ensilada, com valores médios de pH entre 3,88 a 4,22; e N-amoniaco entre 1,36 e 2,25% do N total.

Além disso, os teores de fibra e PB na silagem de sorgo, por exemplo, têm sido diretamente influenciados pela composição física da planta. Colombini et al. (2012), comparando a qualidade de silagem entre sorgos de diferentes aptidões, observaram maior teor da fração fibrosa e menor teor de PB na silagem de sorgo forrageiro, atribuindo tal condição em virtude da baixa proporção de grãos na massa

ensilada. Teores médios de 52% de FDN foram reportados por Resende et al. (2003).

A digestibilidade da forragem normalmente está relacionada com o teor de fibra. Conforme Paciullo et al. (2001), altos teores de FDN, lignina e o baixo conteúdo de compostos solúveis, ou seja, o incremento dos componentes estruturais da planta, junto com a redução do teor de PB, compromete a atividade microbiana, causando a diminuição na digestibilidade da forragem. Valores médios de 43 a 55% de digestibilidade têm sido verificados para o sorgo (Machado et al., 2014).

1.3 Influência do arranjo espacial sobre a produção de sorgo para silagem

O sorgo é uma das espécies de importância agrícola que apresentam grande potencial de utilização da radiação solar por meio da fotossíntese para a conversão de carbono mineral em carbono orgânico na forma de grãos e de forragem. De maneira geral, a fotossíntese é afetada pela quantidade de luz fotossinteticamente ativa, proporção da luz interceptada pela estrutura da planta e sua distribuição ao longo do dossel (Magalhães e Durães, 2003).

As plantas de sorgo possuem certa sensibilidade ao ajuste do arranjo espacial, definido pelo espaçamento entre linhas e densidade de semeadura. Para cada sistema de produção, existem determinados espaçamentos e densidades, de modo a maximizar a produção de matéria seca e a participação de grãos em relação à massa seca total (Viana et al., 2001).

De acordo com Albuquerque et al. (2011), há uma tendência no uso de cultivos adensados, mas ainda existe uma dependência dessas condições de cultivo quanto à cultivar e a condição climática. A partir da combinação do espaçamento e densidade de semeadura, é possível aperfeiçoar a eficiência da interceptação de luz, dado o aumento do índice foliar, melhorando o aproveitamento de água e nutrientes, proporcionando rápida cobertura do solo e consequente supressão de plantas invasoras (Mantovani, 2003).

De acordo com Viana et al. (2001), para a produção de silagem de sorgo são utilizados os materiais forrageiros de porte muito alto, maior que 2,8 metros de altura e os de porte alto, em torno de 2,5 m. Para o sorgo forrageiro de porte muito alto, adotam-se maiores espaçamentos entre linhas, 0,9 a 1,0 m, e menor densidade de

plântio, geralmente entre 90.000 a 110.000 plantas ha⁻¹. Para as cultivares de porte alto, existe a possibilidade de espaçamentos menores, 0,7 a 0,8 m, e densidades de 120.000 a 140.000 plantas ha⁻¹, haja vista o menor risco de acamamento.

O sorgo possui compensação de rendimento de grãos quando submetido à redução da população inicial e o componente do rendimento mais afetado pela redução da população inicial é o número de grãos por panícula (Montagner et al., 2004). Sobre esse aspecto, Berniz (1976) aponta que o espaçamento entre linhas e a densidade de semeadura, quando combinados, podem influenciar positivamente a produção de grãos.

Sendo a silagem um alimento volumoso e sua maior fonte de energia presente nos grãos da planta forrageira, ressalta-se a importância de uma boa participação de grãos em relação à matéria seca total. Montagner et al. (2004) citam que o raciocínio de incremento e adequação da produção por parte da combinação do espaçamento e densidade é válido sobretudo em condições de bom suprimento de água e de nutrientes.

Além das alterações de produtividade, modificações morfológicas têm sido evidenciadas pelo sorgo forrageiro em cultivo adensado (Avelino et al., 2011a; Montagner et al., 2004). Por consequência, a composição química da planta pode ser influenciada sobre o aspecto de modificação da estrutura da planta (Albuquerque et al., 2011; Avelino et al., 2011b; Bolaños-Aguilar et al., 2011).

A respeito da composição química, Avelino et al. (2011a) apontam que o adensamento de plantio tende a melhorar o valor nutritivo das silagens, haja vista o aumento do teor de PB e redução da FDN. A redução de FDN também foi verificada por Leskem e Wernke (1981) que, em maiores densidades de plantas, obtiveram colmos mais finos e tenros.

Por outro lado, Albuquerque et al. (2011) não evidenciaram efeito de espaçamentos e densidades sobre a qualidade da forragem de sorgo. Os mesmos autores apontam que trabalhos considerando a produção e a qualidade de forragem de sorgo ainda são escassos no que se refere ao arranjo de plantas.

Assim, a determinação do melhor espaçamento entre linhas e densidade de semeadura, entre outros fatores, são primordiais para aperfeiçoar a produtividade, haja vista a adequação aproveitamento de luz ao longo do ciclo. Ao mesmo tempo, a validação do arranjo espacial mais apropriado acontece *in loco*, na propriedade, haja vista os maquinários e práticas disponíveis.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Condições experimentais

O experimento de campo foi desenvolvido no Setor de Produção Vegetal do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, *Campus Colorado do Oeste*. As análises de padrão fermentativo, perdas de matéria seca na ensilagem e composição bromatológica da forragem e da silagem foram processadas no Laboratório de Bromatologia dessa Instituição de Ensino. O clima da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo Awa. O solo foi classificado como Argissolo Vermelho Eutrófico, com topografia plano-ondulada (Embrapa, 2013).

2.2 Estabelecimento do experimento e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram dispostos em esquema de parcelas subdivididas: a parcela correspondeu a três espaçamentos entre linhas (0,45; 0,60 e 0,75 metros) e as subparcelas corresponderam a quatro densidades de semeadura (105.000; 120.000; 135.000 e 150.000 plantas ha⁻¹).

Utilizou-se o híbrido de sorgo BRS 655, de porte alto, comumente indicado para produção de forragem e silagem. A semeadura foi realizada manualmente, com adubação nas doses de 20 kg ha⁻¹ de N; 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅; 60 kg ha⁻¹ de K₂O, utilizando-se ureia, superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente (Tabela 1). A unidade experimental foi constituída de cinco linhas de 5,0 m de comprimento, sendo a área útil as três fileiras centrais, desconsiderando-se 1,0 m das extremidades.

Tabela 1. Caracterização granulométrica do solo da área experimental entre 10 e 20 cm de profundidade.

pH	P	K	Ca	Mg	Al	H	CTC	M.O	Areia	Silte	Argila
CaCl ₂	mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³				g dm ⁻³	g kg ⁻¹		
5,3	3,6	116,0	4,2	1,1	0,0	2,0	5,6	18,0	600,0	98,0	302,0

Aos cinco dias após a semeadura, observou-se que a emergência das plântulas foi uniforme, e aos 17 dias após a emergência (DAE) foi realizada a adubação nitrogenada em cobertura na dose de 100 kg ha^{-1} .

Foi realizado o monitoramento de pragas, doenças e plantas invasoras e, quando atingido o nível de controle, práticas de manejo foram empregadas. Para controle da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) e cigarrinha verde (*Empoasca kraemeri*) foi necessária a aplicação de inseticida a base de Tiametoxam e Lambda-cialotrina, na dose de $0,15 \text{ L ha}^{-1}$. O controle de plantas daninhas foi realizado por meio de capinas manuais.

2.3 Avaliações agronômicas

A avaliação das características agronômicas se deu no momento anterior à colheita das plantas para ensilagem e, para isso, foram utilizadas dez plantas na área útil, sendo determinada a altura de plantas (ALT), do solo até a inserção da folha bandeira, dada em metros; o diâmetro do colmo a 20 cm do solo (DIAM), utilizando paquímetro, dado em centímetros; o tamanho de panícula (TP), da inserção da primeira ramificação na ráquis principal até o ápice da panícula, usando régua graduada, em centímetros.

Posteriormente, estas plantas foram cortadas a 20 cm do solo com auxílio de facão e, para determinação da proporção de folha verde (PFV), matéria morta (PMM), colmo (PCOL) e panícula (PPAN), os componentes foram fracionados e pesados separadamente, relacionando-os à massa seca de cada perfilho (planta).

Baseado na massa dos componentes, estimou-se a produtividade por hectare, conforme arranjo espacial empregado em cada tratamento.

2.4 Ensilagem

A colheita das plantas de sorgo foi realizada de acordo com a recomendação do ponto de ensilagem, estágio de grão pastoso-farináceo, aos 95 DAE. O corte foi realizado de forma manual, a 20 cm acima da superfície do solo, simulando a altura de corte da plataforma de uma ensiladeira mecanizada. A forragem foi triturada em picador estacionário, com tamanho de partículas entre 2 a 3 cm.

Para proceder à produção de silagem, as unidades experimentais passaram a constituir de silos experimentais (potes de vidro), com volume de 2,5 L, dotados de tampa rosqueável e adaptada com válvula tipo “sifão”, que permite a saída e evita a entrada de gases no interior do silo. No fundo de cada silo experimental foram colocados 600 g de areia, separados da forragem por um tecido tule de nylon, a fim de coletar e quantificar os efluentes produzidos.

Os silos experimentais foram preenchidos com forragem por meio de compactação manual, obtendo-se a densidade real de massa verde de 640 kg m^{-3} . Após o enchimento, os silos foram fechados e vedados com silicone acético nas bordas da tampa a fim de manter o ambiente em anaerobiose. As válvulas “sifão” foram completadas com água, impossibilitando a entrada de gases. Os silos permaneceram armazenados durante 30 dias.

2.5 Análises laboratoriais

No momento da ensilagem foi coletada uma amostra da forragem verde picada, homogeneizada e acondicionada em sacos plásticos em duas subamostras, que foram armazenadas congeladas. Posteriormente, a primeira subamostra foi utilizada para proceder à secagem, moagem e análises da composição bromatológica e a segunda subamostra para determinação da capacidade tampão.

Também foram coletadas amostras da silagem na abertura dos silos experimentais. Para isso foram desprezadas as porções superior e inferior dos silos, coletando-se amostras de silagem no centro geométrico dos potes. A silagem foi removida e recolhida em bandeja de plástico para homogeneização, sendo alocada em sacos plásticos em duas subamostras, e armazenadas congeladas, assim como a forragem.

A primeira subamostra da forragem e silagem foi utilizada para determinação da porcentagem de matéria seca (MS) por liofilização, pela técnica de sublimação a -58°C , por 72 horas, sendo determinada a MS por diferença de massa. Em seguida, as amostras pré-secas foram moídas em moinho estacionário do tipo Willey, em peneiras com malha de 1 mm, sendo levadas à secagem em estufa de secagem a 105°C por 8h (AOAC, 1990), obtendo-se a amostra seca em estufa (ASE).

As amostras moídas foram guardadas em recipientes de polietileno para posteriores determinação da composição bromatológica. Utilizando a metodologia

proposta por AOAC (1990), foram determinados os teores de proteína bruta (PB) e matéria mineral (MM).

Para as análises de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) foram utilizadas soluções descritas por Van Soest et al. (1991), extração em autoclave de acordo com Pell e Shofield (1993), sendo esta realizada com sacos de TNT (tecido não-tecido).

Para determinação da capacidade tampão (CT), foi utilizada a segunda subamostra de forragem congelada. Macerou-se 20 g da amostra em 250 mL de água destilada, adicionou-se HCl na concentração de 0,1 N até reduzir o pH do extrato a 3,0 e, em seguida, elevou-se o pH a 6,0 com adição de NaOH a concentração de 0,1 N (Mizubuti et al., 2009).

A segunda subamostra de silagem foi utilizada para confecção de extrato aquoso, a partir da liquidificação por um minuto, de 50 gramas da silagem congelada e 100 mL de água destilada (Kung Júnior et al., 1996). Posteriormente o material foi filtrado em papel-filtro e submetido à determinação de nitrogênio amoniacal (N-NH₃), pela destilação com hidróxido de potássio (KOH) 2 N em aparelho do tipo micro-kjeldahl e, em seguida, titulado com ácido clorídrico (HCl) 0,02 N, de acordo a metodologia descrita por Mizubuti et al. (2009).

No momento da ensilagem e abertura dos silos experimentais, foi realizada análise do pH, onde coletaram-se amostras *in natura* de aproximadamente 25 g, às quais foram adicionados 100 mL de água destilada e, após repouso por duas horas, efetuou-se leitura do pH, utilizando-se um peagâmetro de bancada (Silva e Queiroz, 2002).

2.6 Perdas de matéria seca na ensilagem

Para quantificação das perdas por gases (PGas), perdas por efluentes (PEflu) e recuperação de matéria seca (RMS), foram adicionados aos silos experimentais areia e tule de nylon, com o objetivo de quantificar o efluente.

Os componentes dos silos foram pesados antes da ensilagem: pote de vidro, tampa rosqueável + válvula “sifão”, areia seca e tule de nylon. Após o enchimento dos silos com a forragem, realizou-se nova pesagem. Na abertura dos silos experimentais, estes foram pesados cheios. Depois de retirada a silagem do interior

do silo, os componentes foram novamente pesados, quantificando as perdas por efluente.

Utilizou-se equações adaptadas de Jobim et al. (2007) para determinação das perdas e recuperação de matéria seca. As perdas sob a forma de gases (% MS) foram quantificadas por diferença de massa, segundo a equação abaixo:

$$PGas (\% MS) = [(P_{schf} - P_{scha}) / (MV_{fi} \times MS_{fi})] \times 1000, \text{ onde:}$$

PGas (% MS): perdas por gases, em porcentagem de MS;

Pschf: massa do silo cheio de forragem (kg) no fechamento do silo;

Pscha: massa do silo cheio de silagem (kg) na abertura do silo;

MVfi: massa verde (kg) de forragem ensilada;

MSfi: teor de matéria seca (%) da forragem ensilada.

As perdas por efluente foram calculadas pela equação a seguir, baseada na diferença de massa da areia e relacionada com a massa de forragem no fechamento do silo.

$$PEflu (\text{kg ton}^{-1} MV) = [(P_{svaa} - T_s) - (P_{sa} - T_s)/MV_{fi}] \times 1000, \text{ onde:}$$

PEflu: perdas por efluente, em kg ton^{-1} de MV;

Psvaa: massa do silo com areia úmida (kg) após a retirada da silagem;

Ts: massa do silo vazio (kg);

Psa: massa do silo com areia seca (kg) antes de colocar a forragem verde picada;

MVfi: massa verde de forragem (kg) utilizada na confecção da silagem.

Para determinar a recuperação da matéria seca (%) utilizou-se a equação:

$$RMS (\%) = [(MV_{fo} \times MS_{fo}) / (MS_i \times MS_{si})] \times 100, \text{ onde:}$$

RMS: recuperação de matéria seca, em porcentagem;

MVfo: massa de forragem (kg) utilizada na ensilagem;

MSfo: teor de matéria seca da forragem (%) no momento da ensilagem;

MSi: massa de silagem (kg) na abertura do silo experimental;

MSsi: teor de matéria seca da silagem (%) na abertura dos silos.

2.7 Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade e todas as variáveis seguiram distribuição normal, exceto PMM e PGas, sendo realizada transformação por arco-seno. Posteriormente os dados foram submetidos à análise de variância e as médias agrupadas pelo teste Scott-Knott, adotando o nível de 5% de probabilidade de erro, por meio do software estatístico Sisvar (Ferreira, 2014), versão 5.6.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características agronômicas e de produtividade

A densidade, isoladamente, alterou a ALT, PMV e PMS. O DIAM foi influenciado pelo efeito isolado de ambos os fatores, espaçamento e densidade (Tabela 2). Essas observações corroboram com a ideia de que o sorgo é sensível em resposta ao ajuste da população de plantas. Entretanto, não foi verificado efeito para as variáveis da composição morfológica das plantas: TP, PFV, PMM, PCOL e PPAN, que apresentaram os valores médios de 23,89 cm; 11,73%; 2,76%; 41,47% e 44,04%, respectivamente.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para as características agronômicas e de produtividade de sorgo cultivado em diferentes espaçamentos e densidades de semeadura.

Variável	Média	Efeito		E x D	CV ^a (%)	CV ^b (%)
		Espaçamento entre linhas (E)	Densidade de semeadura (D)			
ALT	2,23	ns	*	ns	3,77	2,20
DIAM	1,76	*	*	ns	4,02	4,12
TP	23,89	ns	ns	ns	16,11	21,12
PFV	11,73	ns	ns	ns	20,35	19,22
PMM ¹	2,76	ns	ns	ns	20,28	11,86
PCOL	41,47	ns	ns	ns	13,67	15,28
PPAN	44,04	ns	ns	ns	9,02	16,54
PMV	46,31	ns	*	ns	8,34	5,72
PMS	14,16	ns	*	ns	6,45	8,78

ALT: Altura de plantas (m). DIAM: Diâmetro de colmo (cm). TP: Tamanho de panícula (cm). PFV: Proporção de folha verde (%). PMM: Proporção de material morto (%). PCOL: Proporção de colmo (%). PPAN: Proporção de panícula (%). PMV: Produtividade de massa verde (ton ha⁻¹). PMS: Produtividade de massa seca (ton ha⁻¹). *: Significativo a 5% de probabilidade. ns: Não significativo. CV^a, CV^b: Coeficiente de variação da parcela e subparcela, respectivamente. PMM¹: Variável transformada por arco-seno.

As diferentes combinações de adensamento não alteraram a participação dos componentes morfológicos, assim como observado por outros autores (Neumann et al., 2010; Avelino et al., 2011), definindo bom potencial de manutenção do perfil das plantas de sorgo nessas condições de cultivo.

A planta de sorgo deve apresentar bom equilíbrio entre colmo, folha e panícula, haja vista a boa produtividade e valor nutritivo. O valor médio da PPAN

(44,04%) apresentou destaque sobre os demais componentes da planta, estando de acordo com a porcentagem recomendada (40%) para produção de silagem de alta qualidade (Silva et al., 1999).

Maiores densidades de semeadura (135.000 e 150.000 plantas ha⁻¹) proporcionaram valores superiores de altura de plantas (Tabela 3).

Tabela 3. Altura total, diâmetro de colmo e produtividade do sorgo cultivado em diferentes espaçamentos e densidades de semeadura.

Espaçamento entre linhas (m)	Densidade de semeadura (plantas ha ⁻¹)				Média
	105.000	120.000	135.000	150.000	
Altura de plantas (ALT, m)					
0,45	2,21	2,15	2,27	2,26	2,22
0,60	2,20	2,22	2,25	2,27	2,24
0,75	2,20	2,25	2,26	2,26	2,25
Média	2,20 B	2,21 B	2,26 A	2,27 A	
Diâmetro de colmo (DIAM, cm)					
0,45	2,03	1,98	1,83	1,78	1,90 a
0,60	1,78	1,76	1,67	1,66	1,72 b
0,75	1,78	1,60	1,63	1,59	1,65 c
Média	1,86 A	1,78 B	1,71 C	1,68 C	
Produtividade de massa verde (PMV, ton ha ⁻¹)					
0,45	43,67	45,54	49,03	50,99	47,31
0,60	41,45	46,00	45,73	48,63	45,45
0,75	42,87	43,85	46,21	51,78	46,18
Média	42,66 D	45,13 C	46,99 B	50,46 A	
Produtividade de massa seca (PMS, ton ha ⁻¹)					
0,45	12,86	13,60	15,27	15,09	14,20
0,60	12,17	13,34	13,98	16,20	13,92
0,75	12,34	14,06	14,34	16,67	14,35
Média	12,45 D	13,67 C	14,53 B	15,99 A	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P > 0,05$).

A altura média observada caracteriza o presente sorgo como material de porte alto, permitindo o ajuste de espaçamentos mais reduzidos quando comparado ao sorgo de porte muito alto (maior que 2,80 m), conforme indicação realizada por Viana et al. (2001).

De maneira geral, o incremento na altura de plantas em maiores densidades é devido ao efeito combinado da competição intraespecífica por luz, estímulo da dominância apical e a realocação de recursos (Sangoi et al., 2001). Os mesmos

autores apontam que o crescimento prolongado da planta pode afetar o diâmetro de colmo, como evidenciado pelo presente estudo, onde maiores diâmetros foram observados na densidade de 105.000 plantas ha⁻¹, seguido de valor intermediário em 120.000 plantas ha⁻¹, e valores inferiores nas densidades de 135.000 e 150.000 plantas ha⁻¹ (Tabela 3).

Adicionalmente, foram observados maiores diâmetros de colmo de acordo com a redução do espaçamento entre linhas. Segundo Strieder et al. (2008), os menores espaçamentos otimizam a interceptação da radiação em função da melhor distribuição espacial das plantas na área e ocupação dos espaços entre plantas pelas folhas, fato que pode justificar o desenvolvimento de colmo nas plantas sobre essas condições de cultivo.

A produtividade de massa verde e seca apresentou estreita relação com a densidade de semeadura. Verificou-se um incremento contínuo em função do adensamento de plantas, com maiores rendimentos na densidade de 150.000 plantas ha⁻¹ (Tabela 3).

O incremento na produtividade de massa verde e seca em função do adensamento caracteriza a adaptabilidade do presente sorgo à maior densidade de semeadura. Sobre as mesmas condições foi observado maior altura de plantas, fato que pode ter contribuído para o incremento em massa, além da maior quantidade de plantas por área em condições adensadas.

Por outro lado, Albuquerque et al. (2011) observaram efeito contrário ao obtido no presente estudo, onde citam redução na produtividade de massa seca em maiores densidades de semeadura, enquanto Avelino et al. (2011) não encontrou efeito da densidade sobre a produtividade.

3.2 Características da forragem

Na forragem, observou-se o efeito isolado do espaçamento para as variáveis MM (Tabela 4). No entanto, não foi verificado efeito dos fatores para CT, pH, PB, FDN e FDA.

O valor médio da CT (1,79 eq. mg HCl/100 g de MS) está adequado às características de planta forrageira indicada para ensilagem (McDonald et al., 1991), possibilitando a redução do pH da forragem a partir dos processos fermentativos no interior do silo.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para as características da forragem e de perdas de matéria seca na ensilagem de sorgo cultivado em diferentes espaçamentos e densidades de semeadura.

Variável	Média	Efeito				
		Espaçamento entre linhas (E)	Densidade de semeadura (D)	E x D	CV ^a (%)	CV ^b (%)
CT	1,79	ns	ns	ns	9,54	13,17
pH	5,94	ns	ns	ns	2,60	0,97
MS	30,57	ns	ns	ns	8,48	7,27
PB	8,25	ns	ns	ns	8,80	8,17
FDN	51,73	ns	ns	ns	6,54	8,69
FDA	33,51	ns	ns	ns	14,09	14,54
MM	7,38	*	ns	ns	1,66	8,17

CT: Capacidade tampão (eq. mg HCl/100 g de MS). pH: potencial hidrogeniônico. MS: Matéria seca (%). PB: Proteína bruta (% MS). FDN: Fibra em detergente neutro (% MS). FDA: Fibra em detergente ácido (% MS). MM: Matéria mineral (%). *: Significativo a 5% de probabilidade de erro. ns: Não significativo. CV^a, CV^b: Coeficiente de variação da parcela e subparcela, respectivamente.

Para McCullough (1977) a fermentação ideal no silo é esperada quando a forragem ensilada apresenta teor de matéria seca entre 28 e 34%, indicando, portanto, adequação do teor médio de MS obtido no presente estudo. Valor inferior à amplitude recomenda pode implicar em perdas por fermentações indesejáveis.

O teor médio de PB (8,25%) obtido pela forragem está de acordo com as exigências nutricionais dos bovinos, dado o fornecimento de nitrogênio suficiente ao desenvolvimento adequado do rúmen. Para Reis et al. (2004) se a forragem tem conteúdo de PB menor que 7%, o animal apresentará deficiência de nitrogênio, enquanto valores entre 7 e 12% permitem atendimento dos requerimentos para produção adequada.

Os valores médios encontrados para os teores de FDN (51,73%) e FDA (33,51%) estão próximos dos dados reportados por Albuquerque et al. (2011) e Avelino et al. (2011), que também não observaram efeito de espaçamento e densidade no cultivo de sorgo forrageiro.

O aumento do espaçamento entre linhas proporcionou menor MM da forragem (Tabela 5). O espaçamento de 0,75 m resultou em menor valor de MM e maior em MO, seguido por valores intermediários a 0,60 m, e maior valor de MM em 0,45 m. O contínuo decréscimo dos teores de MM apresentou a mesma tendência verificada pelo diâmetro de colmo, que também reduziu em função dos espaçamentos entre linhas (Tabela 3).

Tabela 5. Matéria mineral e orgânica da forragem de sorgo cultivado em diferentes espaçamentos e densidades de semeadura.

Espaçamento entre linhas (m)	Densidade de semeadura (plantas ha ⁻¹)				Média
	105.000	120.000	135.000	150.000	
Matéria mineral (MM, % MS)					
0,45	7,99	7,57	8,04	8,10	7,92 a
0,60	7,05	7,18	7,54	7,07	7,21 b
0,75	7,10	6,44	7,26	7,24	7,01 c
Média	7,38	7,07	7,61	7,47	

CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P > 0,05$).

De acordo com Elseed et al. (2007), na planta de sorgo, o colmo apresenta menores teores de cinza e sílica. Por esse motivo, em menores espaçamentos entre linhas de cultivo, os colmos mais espessos podem ter contribuído para os resultados de MM.

3.3 Perdas de matéria seca na ensilagem

Não foi verificado efeito dos fatores para as variáveis de perdas de matéria seca na forma de PGas, PEflu e RMS (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo da análise de variância para as características da forragem e de perdas de matéria seca na ensilagem de sorgo cultivado em diferentes espaçamentos e densidades de semeadura.

Variável	Média	Efeito				
		Espaçamento entre linhas (E)	Densidade de semeadura (D)	E x D	CV ^a (%)	CV ^b (%)
PGas*	2,27	ns	ns	ns	17,0	27,0
PEflu	48,76	ns	ns	ns	23,13	22,91
RMS	88,17	ns	ns	ns	5,22	11,15

(%). PGas: Perdas na forma de gases (%). PEflu: Perdas na forma de efluente (kg ton⁻¹ MV). RMS: Recuperação de matéria seca (%). ns: Não significativo. CV^a, CV^b: Coeficiente de variação da parcela e subparcela, respectivamente.

A produção de gases é uma forma importante de perda de MS durante a fermentação, intermediada por microrganismos indesejáveis que consomem os carboidratos. Um ponto favorável à elevada PGas é a presença de oxigênio no interior do silo. Entretanto, a proporção de PGas obtida no presente trabalho foi

pequena, o que pode indicar a ocorrência de condições inevitáveis do processo, como a própria respiração vegetal (McDonald, 1981).

O volume de efluente produzido no silo é influenciado por vários fatores, destacando-se o baixo teor de MS (Jobim et al., 2007). O efluente possui uma grande quantidade compostos orgânicos como açúcares, ácidos, proteína e minerais, sendo uma perda indesejável e evitada à medida que o teor de MS da forragem está adequado (Nussio et al., 2002). Sobre esses aspectos, visto o adequado teor de MS obtido para forragem, não foram observados valores elevados de PEflu, que apresentou uma média de 48,76 kg ton⁻¹ MV de silagem.

As baixas porcentagens de RMS indicam a ocorrência de perdas ao longo do processo de obtenção da silagem, haja vista porcentagens superiores de MS para as forragens (30,57%), comparadas às silagens (28,60%).

3.4 Características da silagem

Na silagem, observou-se o efeito isolado do espaçamento para a variável MS, e interação entre espaçamento e densidade para PB e MM (Tabela 7). Por outro lado, não foi observada diferença para N-NH₃, pH, FDN e FDA, que apresentaram os valores médios de 3,61%; 3,83; 56,21% e 48,53%, respectivamente.

Os valores de pH inferiores a 4,2 e N-NH₃ inferior a 12% do N total, indicam que ocorreu boa fermentação dentro do silo, com adequada redução do pH da forragem ensilada e baixa ação de microrganismos indesejáveis, como as bactérias do gênero *Clostridium*, que degradam a proteína (McDONALD et al., 1991). Os valores médios observados são semelhantes aos indicados por Tolentino et al. (2016) com o mesmo híbrido forrageiro, indicando que o padrão fermentativo não é influenciado pelas combinações do arranjo espacial de plantas.

A fração fibrosa, representada pela FDN e FDA, manteve participação semelhante a outros trabalhos com sorgo forrageiro (Machado et al., 2014; Tolentino et al., 2016). Avelino et al. (2011b), por outro lado, observaram efeito do adensamento sobre a redução do teor de FDN, associando tal efeito à diluição do colmo na composição total da planta.

Tabela 7. Resumo da análise de variância para as características da silagem de sorgo cultivado em diferentes espaçamentos e densidades de semeadura.

Variável	Média	Efeito				
		Espaçamento entre linhas (E)	Densidade de semeadura (D)	E x D	CV ^a (%)	CV ^b (%)
N-NH ₃	3,61	ns	ns	ns	28,45	31,75
Ph	3,83	ns	ns	ns	3,09	3,40
MS	28,60	*	ns	ns	4,82	10,04
PB	7,92	ns	*	*	10,06	8,24
FDN	56,21	ns	ns	ns	8,42	6,66
FDA	48,53	ns	ns	ns	14,06	8,01
MM	7,45	ns	ns	*	6,97	6,34

N-NH₃: Nitrogênio amoniacal (% NT). pH: potencial hidrogeniônico. MS: Matéria seca (%). PB: Proteína bruta (% MS). FDN: Fibra em detergente neutro (% MS). FDA: Fibra em detergente ácido (% MS). MM: Matéria mineral (%). *: Significativo a 5% de probabilidade de erro. ns: Não significativo. CV^a, CV^b: Coeficiente de variação da parcela e subparcela, respectivamente.

O aumento do espaçamento entre linhas proporcionou maior teor de MS da silagem (Tabela 8). Os espaçamentos 0,60 e 0,75 m apresentaram as maiores porcentagens de MS, enquanto o menor teor foi observado no espaçamento 0,45 m.

Avelino et al. (2011b) avaliando a silagem de sorgo sobre espaçamentos, obtiveram incremento do teor de MS em maiores espaçamentos, corroborando com o presente trabalho. Essa observação pode estar associada ao diâmetro de colmo mais espesso em menores espaçamentos, onde condiciona maior suculência nessas condições (Restle et al., 2002) e, portanto, influencia diretamente o teor de MS.

No espaçamento 0,45 m o teor de PB da silagem manteve-se semelhante independente da densidade utilizada. No espaçamento 0,60 m obteve-se uma redução do valor percentual de PB a partir do emprego de maiores densidades, como 135.000 e 150.000 plantas ha⁻¹. No espaçamento 0,75 m, observou-se redução percentual nas densidades de 105.000, 135.000 e 150.000 plantas ha⁻¹. Em contrapartida, nas densidades de 105.000 e 120.000 plantas ha⁻¹, o teor de PB foi semelhante independente do espaçamento adotado, enquanto na densidade de 135.000 plantas ha⁻¹ os espaçamentos 0,60 e 0,75 m promoveram redução do teor de PB, assim como na densidade de 150.000 plantas ha⁻¹ que, associada ao espaçamento 0,75 m, apresentou menor valor de PB (Tabela 8).

Tabela 8. Composição bromatológica da silagem de sorgo cultivado em diferentes espaçamentos e densidades de semeadura.

Espaçamento entre linhas (m)	Densidade de semeadura (plantas ha ⁻¹)				Média
	105.000	120.000	135.000	150.000	
Matéria seca (MS, %)					
0,45	27,99	27,76	26,47	28,09	27,58 b
0,60	28,42	28,14	29,28	29,43	28,82 a
0,75	28,83	29,46	30,04	29,34	29,42 a
Média	28,41	28,45	28,60	28,96	
Proteína bruta (PB, % MS)					
0,45	7,81 aA	7,89 aA	8,56 Aa	8,04 aA	8,08
0,60	8,59 aA	8,22 aA	7,52 bB	7,55 aB	7,97
0,75	7,82 aB	8,67 aA	7,58 bB	6,75 bB	7,71
Média	8,07	8,26	7,89	7,45	
Matéria mineral (MM, % MS)					
0,45	7,49 aB	8,02 aA	7,25 aB	6,97 aB	7,43
0,60	7,42 aA	7,67 aA	7,37 aB	7,55 aA	7,50
0,75	8,13 aA	6,70 bB	7,12 aB	7,67 aA	7,41
Média	7,68	7,46	7,25	7,39	

CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P > 0,05$).

Evidencia-se que a combinação de maiores espaçamentos e maiores densidades resultaram em redução da PB (6,35%). Nessas condições de cultivo, foram verificados alongamento do colmo, que apresenta baixo teor de PB. Neumann et al. (2002) observaram que dentre os componentes estruturais da planta de sorgo, a panícula apresenta o maior teor de proteína bruta, seguido das folhas e colmos, respectivamente.

No presente estudo, a silagem apresentou nível médio de PB de 7,92%, valor superior ao encontrado em outros trabalhos (Avelino et al., 2011b; Souza et al., 2003). O valor médio obtido apresenta-se dentro dos níveis considerados como mínimos para atendimento das necessidades de ruminantes (Reis et al., 2004).

Em todos os espaçamentos observou-se redução da porcentagem de MM quando utilizado a densidade de 135.000 plantas ha⁻¹, assim como baixos teores nas combinações de espaçamento 0,45 m e densidades 105.000 e 150.000 plantas ha⁻¹, e 0,75 m e 120.000 plantas ha⁻¹. A densidade de 120.000 plantas ha⁻¹ apresentou o menor valor de MM no espaçamento 0,75 m (Tabela 8).

Os menores teores de MM observados podem ser em decorrência da grande proporção de colmo comparada à panícula. De acordo com Elseed et al. (2007), o

colmo da planta de sorgo tende a apresentar menores teores de cinza e sílica. Ainda nesse sentido, o menor teor de MM é indicativo de melhor conservação da forragem, pois, quando há fermentação inadequada, ocorrem perdas de material orgânico, aumentando a participação relativa da matéria mineral na MS (Ashbell, 1995).

Diante das pesquisas já realizadas, faz conhecer que os espaçamentos nas entre linhas são ainda muito variados, mas a atual adaptação de colhedoras em espaçamentos de até 0,45 m permite a utilização de espaçamento mais reduzido por parte dos produtores, desde que possuam tal compatibilidade de maquinário.

No que se refere à densidade de semeadura, busca-se maximizar a produtividade agrícola e manter a sustentabilidade do sistema de produção, destacando a importância da participação dos componentes estruturais na ensilagem.

Sobre essa perspectiva, vale considerar a necessidade de verificação da viabilidade econômica da implantação e cultivo de diferentes espaçamento e densidades, e seu respectivo retorno quanto ao rendimento produtivo, variável em função do sistema de produção utilizado pela propriedade rural.

CONCLUSÕES

O sorgo forrageiro BRS 655 apresenta alteração somente em altura e diâmetro pela combinação de espaçamento e densidade de semeadura. Maior altura e menor diâmetro de colmo são observados em elevadas densidades.

A composição da forragem apresenta adequado perfil fermentativo, mostrando ser possível obter silagem de boa qualidade mesmo em condições de cultivo adensado.

Embora o arranjo de plantas não altere a morfologia do sorgo forrageiro BRS 655, influenciam diretamente nos teores de PB, MM e MS da silagem.

Os arranjos de semeadura mais adensados podem ser recomendados, haja vista incrementos positivos em produtividade e teor de PB do sorgo quando cultivado em 150.000 plantas ha⁻¹.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, C.J.B.; VON PINHO, R.G.; RODRIGUES, J.A.S.; BRANT, R.S. Espaçamento entre fileiras e densidade de semeadura do sorgo forrageiro para a região norte de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.3, p.494-501, 2011.
- ANDRADE, J.B.; LAVEZZO, W. Aditivos na ensilagem de capim-elefante. Composição bromatológica das forragens e das respectivas silagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.11, p.1859-1872, 1998.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analyses**. 15. ed. v.1, 1990. p.72-74.
- ASHBELL, G. Basic principles of preservation of forage, by-products and residues as silage or hay. Bet Dagan: Agricultural Research Organization, 1995. 58p.
- AVELINO, P.M.; NEIVA, J.N.M.; ARAUJO, V.L.; ALEXANDRINO, E.; SANTOS, A.C.; RESTLE, J. Características agronômicas e estruturais de híbridos de sorgo em função de diferentes densidades de plantio. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.2, p.534-541, 2011a.
- AVELINO, P.M.; NEIVA, J.N.M.; ARAUJO, V.L.; ALEXANDRINO, E.; BOMFIM, A.D.; RESTLE, J. Composição bromatológica de silagens de híbridos de sorgo cultivados em diferentes densidades de plantas. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.1, 2011b.
- BAUMHARDT, R. L.; HOWELL, T.A. Seeding practices, cultivar maturity and irrigation effects on simulated grain sorghum yield. **Agronomy Journal**, v. 98, n. 3, p.462-470, 2006.
- BERENJI, J.; DAHLBERG, J. Perspectives of Sorghum in Europe. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.190, p.332-338, 2004.
- BERNIZ, J.M.J. **Efeito do espaçamento, densidade de plantio e adubação sobre a produção de grãos e alguns caracteres agronômicos do sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1976. 27p.
- BOLAÑOS-AGUILAR, E.D.; EMILE, J.C.; Distancia entre surcos en el rendimiento y calidad de la materia seca de maíz y de sorgo. **Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias**, v.2, n.3, 2011.
- COLOMBINI, S.; GALASSI, G.; CROVETTO, G.M.; RAPETTI, L. Milk production, nitrogen balance, and fiber digestibility prediction of corn, whole plant grain sorghum, and forage sorghum silages in the dairy cow. **Journal of Dairy Science**, v.95, n.8, p.4457-4467, 2012.
- Der BEDROSIAN, M.C.; NESTOR JUNIOR, K.E.; KUNG, L. The effects of hybrid, maturity and length of storage on the composition and nutritive value of corn silage. **Journal of Dairy Science**, v.95, p.5115-5126, 2012.
- DIAS, A.M.A.; BATISTA, A.M.V.; FERREIRA, M.A.; LIRA, M.A.; SAMPAIO, I.B.M. Efeito do estágio vegetativo do sorgo (*Sorghum bicolor*, (L.) Moench) sobre a composição química da silagem, consumo, produção e teor de gordura do leite para

vacas em lactação, em comparação à silagem de milho (*Zea mays* (L.)). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, p.2086-2092, 2001.

ELSEED, A.M.A.F.; ELDAIM, N.I.N.; AMASAIB, E.O. Chemical composition and *in situ* dry matter degradability of Stover fractions of five sorghum varieties. **Journal of Applied Sciences Research**, v.3, n.10, p.1141-1145, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2013.

FERREIRA, D. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v.38, n.2, p.109-112, 2014.

FRANÇA, A.F.D.S.; OLIVEIRA, R.D.P.; MIYAGI, E.S.; SILVA, A.G.; PERÓN, H.J.M.C.; BASTO, D.D.C. Características fermentativas da silagem de híbridos de sorgo sob doses de nitrogênio. **Ciência Animal Brasileira**, v.12, n.3, p.383-391, 2011.

FLARESSO, J.A.; GROSS, C.D.; ALMEIDA, E.X. Cultivares de milho (*Zea mays* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench.) para ensilagem no Alto Vale do Itajaí, Santa Catarina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.1608-1615, 2000.

JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G. **Princípios básicos da fermentação na ensilagem**. In: REIS, R.A.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R. (Ed.). Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros. Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel, 2013. 714p.

JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, suplemento especial, p.101-119, 2007.

KAISER, A.G.; PLITZ, J.W.; BURNS, H.M.; GRIFFITHS, N.W. **Successful Silage**. Dairy Australia NSW Department of Primary Industries, 2004. 468p.

KEPLIN, L.A.S. Recomendação de sorgo e milho (silagem) safra 1992/93. **Encarte Técnico da Revista Batavo**, n.8, p.16-19, 1992.

KUNG JUNIOR, L. **Preparation of silage water extracts for chemical analyses**. Standard operating procedure. Delaware: University of Delaware – Ruminant Nutrition Laboratory, 1996. 32p.

LESKEM, Y.; WERMKE, M. Effect of plant density and removal of ears, on the quality of forage mayse in a temperature climate. **Grass and Forage Science**, v.36, n.3, p.147-153, 1981.

MACHADO, F.S.; RODRÍGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S.; RIBAS, M.N.; LOBATO, F.C.L.; VEIGA, I.R.F.M. GUIMARÃES JUNIOR, R.; PEREIRA, L.G.R. Valor nutricional de híbridos de sorgo em diferentes estádios de maturação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.66, n.1, p.244-252, 2014.

MACHADO, F.S.; RODRÍGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S.; RIBAS, M.N.; PÔSSAS, F.P.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; JAYME, D.G.; PEREIRA, L.G.R. Consumo e digestibilidade aparente de silagens de sorgo em diferentes estádios de maturação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, n.6, p.1470-1478, 2011.

- MACHADO, F.S.; RODRÍGUEZ, N.M.; RODRIGUES, J.A.S.; RIBAS, M.N.; TEIXEIRA, A.M.; RIBEIRO JÚNIOR, G.O.; VELASCO, F.O.; GONÇALVES, L.C.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PEREIRA, L.G.R. Qualidade da silagem de híbridos de sorgo em diferentes estádios de maturação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, n.3, p.711-720, 2012.
- MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M. **Ecofisiologia da produção de sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa, 2003. (Comunicado técnico, 87).
- MANTOVANI, E.C. **Plantio e colheita de sorgo**. 1. Ed. Sete Lagoas: EMBRAPA CNPMS, 2003. 6p. (Comunicado técnico, 75).
- McCULLOUGH, M. E. **Silage and silage fermentation**. Feedstuffs, p.49-52, 1977.
- McDONALD, P. **The biochemistry of silage**. New York: John Wiley, 1981. 207p.
- McDONALD, P.; HENDERSON, N.; HERON, S. **The biochemistry of silage**. Marlow Bucks: Chalcombe Publications, 1991. 340p.
- MIZUBUTI, I.Y.; PINTO, A.P.; PEREIRA, E.S.; RAMOS, B.M.O. **Métodos laboratoriais de avaliação de alimentos para animais**. Londrina: EDUEL, 2009. 228p.
- MONTAGNER, D.; LOVATO, C.; GARCIA, D.C. Perdas aleatórias na população inicial e sua relação com o rendimento de grãos em sorgo. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.10, n.3, p.281-285, 2004.
- MUCK, R.E.; O'KIELY, P.; WILSON, R.K. Buffering capacities in permanent grass. **Irish Journal of Agricultural Research**, Dublin, v. 30, p.129-141, 1991.
- NEUMANN, M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D.C.; BRONDANI, I.L.; PELLEGRINI, L.D.; FREITAS, A.D. Avaliação do valor nutritivo da planta e da silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.293-301, 2002.
- NEUMANN, M.; RESTLE, J.; NÖRNBERG, J.L.; OLIBONI, R.; PELLEGRINI, L.G.; FARIA, M.V.; MARAFON, F. Influence of inter row spacing and plant densities in cultivate of Sorghum on cutting management. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, v.3, n.3, 2010.
- NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F.; NUSSIO, C.M.B. Ensilagem de capins tropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002. **Anais...** Recife, 2002. p.60-69.
- OHOMOMO, S.; TANAKA, O.; KITAMOTO, H.K.; CAI, Y. Silage and microbial performance, old history but new problem. **Japan Agricultural Research Quarterly**, v.36, n.2, p.59-71, 2002.
- PACIULLO, D.S.C.; GOMIDE, J.A.; QUEIROZ, D.S.; SILVA, E.D. Composição química e digestibilidade *in vitro* de lâminas foliares e colmos de gramíneas forrageiras, em função do nível de inserção no perfilho, da idade e da estação de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.964-974, 2001.
- PELL, A.N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.9, p.1063-1073, 1993.
- PITT, R.E.; MUCK, R.E.; PICKERING, N.B.; A model of aerobic fungal growth in silage. 2. Aerobic stability. **Grass and Forage Science**, v.46, p. 301-312, 1991.

REIS, R.A.; BERTIPAGLIA, L.M.A.; FREITAS, D.; MELO, G.M.P.; BALSALOBRE, M.A.A. Suplementação protéico-energética e mineral em sistema de produção de gado de corte nas águas e nas secas. In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA DE CORTE: PECUÁRIA DE CORTE INTENSIVA NOS TRÓPICOS, 5, 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004. p.171-226.

RESENDE, J.A.; PEREIRA, M.N.; PINHO, R.G.V.; FONSECA, A.H.; SILVA, A.R.P.D. Ruminal silage degradability and productivity of forage and grain-type sorghum cultivars. **Scientia Agricola**, v.60, n.3, p.457-463, 2003.

RESTLE, J.; NEUMANN, M.; BRONDANI, I.L.; ALVES FILHO, D.C.; BERNARDES, R.A.C.; ARBOITTE, M.Z.; ROSA, J.R.P. Manipulação do Corte do Sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) para Confecção de Silagem, Visando a Produção do Novilho Superprecoce. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 03, p. 1481-1490, 2002.

SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, A.F.; ALMEIDA, M.L.; HEBERLE, P.C. Influence of row spacing reduction on maize grain yield in regions with a short summer. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.6, p.861-869, 2001.

SANTOS, M.E.R.; FONSECA, D.M.; BALBINO, E.M.; MONNERAT, J.P.I.S.; SILVA, S.P. Caracterização dos perfilhos em pastos de capim-braquiária diferidos e adubados com nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.4, 2009.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. Análise de alimentos: **métodos químicos e biológicos**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2002. 178p.

SILVA, F.F.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S.; CORRÊA, C.E.S.; RODRIGUEZ, N.M.; BRITO, A.F.; MOURÃO, G.B. Qualidade de silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) de portes baixo, médio e alto com diferentes proporções de colmo+folhas/panícula. 2. Avaliação do valor nutritivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.1, p.21-29, 1999.

SIQUEIRA, G. R.; BERNARDES, T. F. Culturas destinadas à ensilagem. In: REIS, R. A.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R. (Eds.). Forragicultura: **ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros**. Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel, 2013. 714p.

SOUZA, V.G.; PEREIRA, O.G.; MORAES, S.A.; GARCIA, R.; VALADARES FILHO, S.C.; ZAGO, C.P.; FREITAS, E.V.V. Valor nutritivo de silagens de sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.3, p.753-759, 2003.

STRIEDER, M.L.; SILVA, P.R.F.; RAMBO, L.; BERGAMASCHI, G.A.D.; ENDRIGO, P.C.; JANDREY, D.B. Características de dossel e rendimento de milho em diferentes espaçamentos e sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.3, p.309-317, 2008.

THOMAS, M.E.; FOSTER, J.L.; McCUISTION, K.C.; REDMON, L.A.; JESSUP, R.W. Nutritive value, fermentation characteristics, and *in situ* disappearance kinetics of sorghum silage treated with inoculants. **Journal of Dairy Science**, v.96, n.11, p.7120-7131, 2013.

TOLENTINO, D.C.; RODRIGUES, J.A.S.; PIRES, D.A.A.; VERIATO, F.T.; LIMA, L.O.B.; MOURA, M.M.A. The quality of silage of different sorghum genotypes. **Acta Scientiarum**, v.38, n.2, p.143-149, 2016.

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. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p. 3583-3597, 1991.

VIANA, A.C.; RIBAS, P.M.; MIRANDA, J.E.C. Manejo cultural do sorgo forrageiro. In: CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; RODRIGUES, J.A.S.; FERREIRA, J.J. (Eds.). **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. 544p.

VIANA, P.T.; PIRES, A.J.V.; OLIVEIRA, L.B.; CARVALHO, G.G.P.; RIBEIRO, L.S.O.; CHAGAS, D.M.T.; NASCIMENTO FILHO, C.S.; CARVALHO, A.O. Fracionamento de carboidratos e de proteína das silagens de diferentes forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.2, p.292-297, 2012.

YOSEF, E.; CARMI, A.; NIKBACHAT, M.; ZENOU, A.; UMIEL, N.; MIRON, J. Characteristics of tall versus short-type varieties of forage sorghum grown under two irrigation levels, for summer and subsequent fall harvests, and digestibility by sheep of their silages. **Animal Feed Science and Technology**, v.152, n.1, p.1-11, 2009.