

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO**

**ISABELA MORAES AMORIM**

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL FORRAGEIRO DE HÍBRIDOS DE SORGO  
PARA ENSILAGEM ADAPTADOS À REGIÃO NORTE FLUMINENSE**

**ORIENTADOR: PROF. RICARDO AUGUSTO MENDONÇA VIEIRA**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES**

**2022**

**ISABELA MORAES AMORIM**

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL FORRAGEIRO DE HÍBRIDOS DE SORGO  
PARA ENSILAGEM ADAPTADOS À REGIÃO NORTE FLUMINENSE**

Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Ciência Animal, na área de concentração Zootecnia.

**ORIENTADOR: PROF. RICARDO AUGUSTO MENDONÇA VIEIRA**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES**

**2022**

**FICHA CATALOGRÁFICA**

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pela autora.

A524 Amorim, Isabela Moraes.

Avaliação do potencial forrageiro de híbridos de sorgo para ensilagem adaptados à região Norte Fluminense / Isabela Moraes Amorim. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2022.

80 f.  
Inclui bibliografia.

Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2022.  
Orientador: Ricardo Augusto Mendonça Vieira.

1. ruminantes . 2. modelos. 3. silagem. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

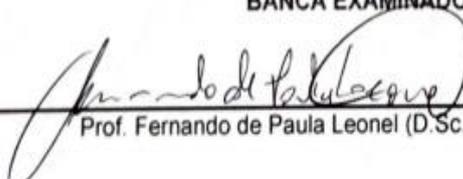
CDD - 636

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL FORRAGEIRO DE HÍBRIDOS DE  
SORGO PARA ENSILAGEM ADAPTADOS À REGIÃO NORTE  
FLUMINENSE**

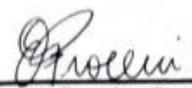
Tese apresentada ao Centro de Ciências e  
Tecnologias Agropecuárias da  
Universidade Estadual do Norte  
Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das  
exigências para obtenção do título de  
Doutor em Ciência Animal, na área de  
concentração Zootecnia.

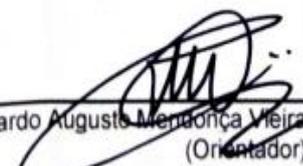
Aprovada em 24 de fevereiro de 2022.

**BANCA EXAMINADORA**

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Fernando de Paula Leonel (D.Sc., Zootecnia) – UFSJ

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Luciano da Silva Cabral (D.Sc., Zootecnia) – UFMT

  
\_\_\_\_\_  
Dr.ª Elizabeth Fonsêca Processi (D.Sc., Ciência Animal) – UFRRJ

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Ricardo Augusto Mendonça Meira (D.Sc., Zootecnia) – UENF  
(Orientador)

Aos meus pais, Alair e André Luiz.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus;

Aos meus pais, André Luiz e Alair, pelo amor, por me ensinarem o caminho certo, me ajudar a percorrer e nunca desistir e, em especial, à minha mãe, por ser incansável na realização dos meus sonhos;

Com muito amor, aos meus irmãos André e Mariá, em especial à minha irmã, melhor amiga, companheira de vida, trabalho e minha inspiração;

Ao meu sobrinho Matheus, obrigada por existir, e ao meu cunhado Dennis, pela ajuda;

Ao Thor, meu fiel companheiro, pelo amor incondicional;

Ao meu orientador Prof. Ricardo Augusto Mendonça Vieira, pelo exemplo, orientação, amizade, confiança, e ensinamentos, serei eternamente grata;

À minha coorientadora, Dra. Elizabeth Processi, pela parceria, ensinamentos, paciência e confiança;

Aos colegas de pós graduação, Arthur, Nardele, Marcos, Jhone e bolsistas, Davi, Victor e Matheus, pela ajuda na condução dos experimentos;

Aos amigos que tornaram essa caminhada mais leve: Elon, Leonardo, Camila, Bruna, Debora, Michele, Luana e Mariana, obrigada por tudo;

À Marilyn, por cuidar da minha saúde, durante essa caminhada, não me permitindo desistir;

Às minhas amadas amigas da vida toda, Amanda Justino, Amanda Tristão, Sara, Kariane e Renata, por tudo, sempre;

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro pela oportunidade, e ao CNPq pela concessão da bolsa;

Aos funcionários da UENF, em especial à Jovana, Conceição, Robson de Carvalho, Alcir Manhães e aos funcionários da UFRRJ;

Aos professores Rita e Alberto;

Ao Prof. Luciano Cabral, Prof. Fernando Leonel e Dra Elizabeth Processi por aceitarem fazer parte desta banca e pelas contribuições dadas a este trabalho;

A toda minha família Moraes e Amorim;

E a todos que de alguma maneira contribuíram para a realização deste trabalho. Muito obrigada!

*“Science is the attempt to make the chaotic  
diversity of our sense- experience  
correspond to a logically uniform system of  
thought” (Einstein, A)*

## RESUMO

**AMORIM, Isabela Moraes, D.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Fevereiro de 2022. Avaliação do potencial forrageiro de híbridos de sorgo para ensilagem adaptados à Região Norte Fluminense. Orientador: Ricardo Augusto Mendonça Vieira.**

O objetivo deste estudo foi avaliar a adaptabilidade e o valor nutricional dos sorgos forrageiro e biomassa nas condições edafoclimáticas do Município de Campos dos Goytacazes – RJ, e a utilização como alternativa para alimentação de ruminantes no período seco. O arranjo experimental foi o de blocos ao acaso, com seis blocos, compostos por 22 híbridos experimentais e três testemunhas de sorgo forrageiro, e 25 de sorgo biomassa, sendo 21 híbridos experimentais e quatro testemunhas. Os híbridos foram simultaneamente avaliados em relação ao potencial forrageiro e à composição nutricional por dois anos consecutivos. Inicialmente, foi analisado o acamamento das plantas nas parcelas, considerando-se a função densidade de probabilidade binomial. Os híbridos que apresentaram probabilidade de acamamento maior do que 0,4 foram excluídos do estudo (total de 20 híbridos excluídos). Os híbridos que passaram por esta seleção foram analisados quanto à composição nutricional, variável considerada Beta distribuída, e para os rendimentos foi considerada a distribuição normal. O ajuste dos modelos aos dados foi efetuado pelo procedimento GLIMMIX do programa SAS. As variáveis avaliadas apresentaram diferenças estatísticas entre tipo (se forrageiro ou biomassa), híbridos, e anos, bem como para as interações entre estes fatores. O teor de matéria seca sofreu efeito de híbrido dentro de tipo, enquanto os teores de cinzas, gordura bruta, nutrientes solúveis em detergente neutro, lignina e proteína bruta tiveram efeito da interação tipo x ano. As proporções de parte vegetativa e de panícula sofreram influência de tipo, ano, e híbrido dentro de tipo. Toda as variáveis relativas ao rendimento sofreram influência da interação híbrido dentro de tipo, enquanto os rendimentos forrageiros na matéria natural, na matéria seca, da parte vegetativa, gordura bruta, matéria orgânica fibrosa, proteína bruta, e matéria orgânica, também foram influenciadas pelo ano e os rendimentos de lignina e nutrientes solúveis em detergente neutro pela interação tipo x ano. Os híbridos 15F26022, 14F21028 e 15F30005 do tipo forrageiro, e 201737B016 e 201737B008 do tipo biomassa

se destacam como potenciais genótipos para a produção de silagem no Norte do Rio de Janeiro. A produção e a composição nutricional tiveram influência do ambiente de crescimento, de modo que as interações observadas podem ter ocorrido devido às diferenças nas condições ambientais de crescimento entre os anos, o que gerou diferentes respostas dos híbridos. A presença de interações duplas significativas implica em variabilidade entre os híbridos, o que sugere a necessidade de se avaliar os mesmos por mais anos em outros locais, a fim de se selecionar os de maior rendimento e qualidade nutricional para a ensilagem na região de escopo.

**Palavras chave:** ruminantes, modelos, silagem

## ABSTRACT

**AMORIM, Isabela Moraes, D.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. February 2022, Evaluation of the forage potential of sorghum hybrids for silage adapted to Northern Rio de Janeiro. Advisor: Ricardo Augusto Mendonça Vieira.**

The objective of this study was to evaluate the adaptability, nutritional value, and biomass of forage sorghum in the edaphoclimatic conditions of the county of Campos dos Goytacazes – RJ, and the use as an option for ruminant feeding in the dry period. The experiment was conducted in randomized blocks, with 6 blocks composed of 22 hybrids and three forage sorghum witnesses; and 25 of biomass sorghum, being 21 hybrids and 4 witnesses. Hybrids were simultaneously evaluated for forage potential and nutritional composition for two consecutive years. Initially, we analyzed the bedding plants in the plots considering the binomial probability density function. Hybrids with a bedding probability higher than 0.4 were excluded from the study (20 hybrids were excluded). The hybrids that underwent this selection were analyzed for nutritional composition, variable considered as Beta distribution, and we considered the normal distribution for yields. The adjustment of the models to the data was carried out by the GLIMMIX procedure from the SAS program. The variables presented statistical differences between type (whether forage or biomass), hybrids, years, and interactions between these factors. The dry matter content had hybrid effect within type, whereas the ash, crude fat, neutral detergent soluble nutrients, lignin, and crude protein had the effect of interaction type x year. The vegetative part and panicle proportions were influenced by the type, year, and hybrid within type. All variables related to yield were influenced by hybrid interaction within type. In contrast, forage yields in as-fed, dry matter, vegetative part, crude fat, fibrous organic matter, crude protein, and organic matter were also influenced by the year. The yields of lignin and soluble nutrients in neutral detergent were influenced by the interaction type x year. Hybrids 15F26022, 14f21028, and 15f30005 of the forage type; and 201737b016 and 201737b008 of the biomass type stand out as potential genotypes for silage production in Northern Rio de Janeiro. The environment influenced the production and

nutritional composition, so the interactions may have occurred due to differences in the environmental conditions of growth between the years, which generated different responses from the hybrids. The presence of significant double interactions implies variability among hybrids, which suggests the need to evaluate them for more years in other locations in order to select those with higher yields and nutritional quality for silage in each region.

**Keywords:** ruminants, models, silage.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Descrição dos 22 híbridos experimentais e 3 testemunhas de sorgo forrageiro e 21 híbridos experimentais e 4 testemunhas de sorgo biomassa utilizados nos experimentos dos anos agrícolas 2017/2018 e 2018/2019.....	30
Tabela 2. Análise da composição química, pH e matéria orgânica do solo dos dois locais utilizados no experimento.....	31
Tabela 3. Médias de mínimos quadrados (PredMuPA) de 21 híbridos experimentais e 4 testemunhas de sorgo biomassa e 22 híbridos experimentais e 3 testemunhas de sorgo forrageiro utilizados nos experimentos dos anos agrícolas 2017/2018 e 2018/2019.....	38
Tabela 4. Valores P referentes aos efeitos para a composição química de planta inteira para o tipo de sorgo ( $\alpha_i$ ), híbrido ( $\beta_{j(i)}$ ), ano ( $\tau_l$ ), as respectivas interações tipo x ano ( $\alpha\tau_{il}$ , $\beta\tau_{jl(i)}$ ) e estimativas para os componentes de variância ( $\hat{\sigma}_b^2$ e $\hat{\phi}$ ) para a composição química e teores de parte vegetativa e panícula na planta inteira. ....	41
Tabela 5. Intervalos de confiança a 95 % para as médias de mínimos quadrados registradas para a interação tipo x ano e valores P correspondentes, para os teores de MM, GB, aFDNmo, NDA, LDA e PB, em g/kg. ....	42
Tabela 6. Médias de mínimos quadrados e intervalos de confiança a 95 % registrados para o efeito do tipo, para as variáveis parte vegetativa na planta inteira (Vegp) e parte de panícula na planta inteira (Pancp), em g/kg. ....	44
Tabela 7. Valores de P para o rendimento forrageiro e de nutrientes para os efeitos do tipo de sorgo ( $\alpha_i$ ), híbrido ( $\beta_{j(i)}$ ), ano ( $\tau_l$ ), as respectivas interações $\alpha\tau_{il}$ , $\beta\tau_{jl(i)}$ e estimativas para os componentes de variância. Os subscritos das variâncias indicam as respectivas interações aleatórias e variâncias residuais homogêneas ou heterogêneas, consoante o caso. ....	49
Tabela 8. Médias de mínimos quadrados (t/ha) e intervalos de confiança a 95 % registrados para o efeito de ano. ....	50

Tabela 9. Médias de mínimos quadrados e intervalos de confiança a 95 % registradas para a interação tipo x ano e valores P correspondentes, para os rendimentos de LDA e NDA, em t/há.....50.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. OBJETIVO.....	16
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	17
3.1. A CULTURA DO SORGO .....	17
3.1.1. Fatores antinutricionais.....	18
3.1.2. Mutação BMR ( <i>Brown-midrib</i> ) .....	20
3.2. SORGO FORRAGEIRO .....	21
3.3. SORGO BIOMASSA.....	22
3.4. QUALIDADE E VALOR NUTRITIVO DA SILAGEM DE SORGO.....	23
3.5. SELEÇÃO DE HÍBRIDOS DE SORGO .....	25
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	29
4.1. AVALIAÇÃO DOS HÍBRIDOS: ANOS AGRÍCOLAS 2017/2018 e 2018/2019.....	29
4.1.2. Colheita e características avaliadas.....	32
4.1.3. Processamento das amostras e estimação do valor nutricional..	32
4.2. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	33
5. RESULTADOS.....	37
5.1. ACAMAMENTO.....	37
5.2. COMPOSIÇÃO QUÍMICA.....	39
5.3. RENDIMENTO FORRAGEIRO.....	46
6. DISCUSSÃO.....	56
7. CONCLUSÃO.....	65
8. REFERÊNCIAS.....	66

## 1. INTRODUÇÃO

A estacionalidade de produção de forrageira é vista como o principal fator responsável pela queda de produtividade da pecuária leiteira e de corte. Neste contexto, a silagem se torna uma opção de conservação de alimentos volumosos para ser utilizado no período seco, que consiste na conservação de plantas forrageiras a partir de fermentação anaeróbica.

A cultura do sorgo vem ganhando espaço no processo de silagem devido à sua grande versatilidade, sendo uma cultura que apresenta uma facilidade de manejo, semeadura, colheita e armazenamento e, ainda, seu alto valor nutritivo e elevada concentração de carboidratos solúveis, que são essenciais para uma boa fermentação e altos rendimentos de massa seca (NEUMANN et al., 2002).

O sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) é uma planta originária de regiões de clima tropical do continente africano, mas algumas evidências também indicam que possam ter ocorrido duas regiões de dispersão independentes: África e Índia.

O sorgo é o quinto cereal mais produzido no mundo, sendo superado apenas pelo milho, trigo, arroz e cevada (ANDRADE JUNIOR, 2010). Segundo a CONAB, a produção do sorgo em 2020/2021 foi de 2,320 milhões de toneladas, em 835,4 mil hectares. Existem cinco tipos de sorgo cultivados: o granífero, voltado para a produção de grãos; o forrageiro, para a produção de feno, silo e pastejo; o vassoura, utilizado em fabricação de utensílios domésticos e produtos artesanais; o sorgo sacarino, matéria prima para a produção de bioenergia; e o sudanense, que é de ciclo menor e, também, utilizado na alimentação animal (DINIZ, 2010).

Diante do exposto, a identificação de cultivares de sorgo adaptadas a cada região torna-se essencial à medida que a cultura se expande para plantio em diferentes épocas e regiões edafoclimáticas.

## **2. OBJETIVO**

Avaliar a adaptabilidade e o valor nutricional de 25 cultivares de sorgo forrageiro e 25 cultivares de sorgo biomassa nas condições edafoclimáticas do Município de Campos dos Goytacazes (RJ) e o seu potencial valor nutricional para alimentação de ruminantes no período seco.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. A CULTURA DO SORGO

A planta de sorgo pertence à família Poaceae, gênero *Sorghum*, e a espécie cultivada é *Sorghum bicolor* (L.) Moench. O gênero *Sorghum* é caracterizado por espigas que nascem aos pares. Trata-se de uma planta anual, embora seja uma erva perene e, nos trópicos, possa ser feita a sua colheita várias vezes ao ano (FAO, 1995). Em 1753, Linnaeus descreveu três espécies de sorgo cultivado: *Holcus sorghum*, *Holcus saccharatus* e *Holcus bicolor*. Em 1794, Moench distinguiu o gênero *Sorghum* do gênero *Holcus*. Mais tarde, em 1805, Person propôs o nome de *Sorghum vulgare* para *Holcus sorghum* (L.). Em 1961 Clayton propôs o nome *Sorghum bicolor* (L.) Moench como o correto para o sorgo cultivado, nome que se utiliza atualmente (FAO, 1995).

As plantas de sorgo apresentam metabolismo C4 e se caracterizam pela alta eficiência fotossintética, produzindo grande quantidade de matéria seca (WHEELER, 1980; MAY et al., 2014). Também apresentam pontos positivos como a adaptação aos diferentes tipos de fertilidade do solo e em comparação ao milho, possui uma maior resistência ao déficit hídrico e às altas temperaturas, sendo estes fatores responsáveis pela sua produção em áreas que são acometidas por veranicos e com menores precipitações (MAGALHÃES et al., 2012), e coligada a essas características há a alta probabilidade de aproveitamento da rebrota, podendo produzir de 40 a 60 % da quantidade de matéria seca do primeiro corte (SOUZA et al., 2013).

Segundo Ribas (2010), embora de origem tropical, o sorgo também vem sendo cultivado em latitudes de até 45° Norte ou 45° Sul, em virtude dos trabalhos de melhoramento que desenvolveram cultivares com adaptação fora da zona tropical.

Sans et al. (2003) e Sans & Santana (2007) afirmam que as plantas de sorgo necessitam de 380 a 600 mm de precipitação acumulada durante seu ciclo,

ao passo que o milho necessita de 500 a 800 mm. Portanto, tal característica faz com que as plantas de sorgo sejam mais indicadas para regiões onde o período das águas seja mais curto, ou aquelas onde os veranicos são frequentes e podem afetar a produção de culturas mais exigentes em precipitação como o milho.

O uso de sorgo na safrinha também pode ser favorecido pela sua menor exigência hídrica, desde que não ocorra restrição em relação à temperatura e radiação solar. De acordo com Rosa (2012), o sorgo necessita de temperaturas médias diárias acima de 18°C na fase de florescimento, sendo que as melhores condições térmicas se situam entre 26 e 30° C.

Em relação ao seu valor agrônômico e nutricional, o sorgo é uma planta que pode ser comparada ao milho, apresentando em torno de 85 a 90% do seu valor nutritivo (ARAÚJO et al., 2007; RODRIGUES et al., 2002). Além disso, o cultivo do sorgo tem menor custo de produção, tendo em vista o menor consumo e preço das sementes, produzindo maior quantidade de forragem do que o milho (PINHO et al., 2007). Os grãos do sorgo são úteis na alimentação humana, em rações para bovinos, peixes, aves, produção de farinha para panificação, amido industrial e de álcool, e a planta pode ser utilizada também como forragem ou cobertura de solo (RODRIGUES & SANTOS, 2007).

Segundo Colombini et al. (2015), a emissão de gases de efeito estufa na bovinocultura leiteira pode ser significativamente reduzida quando a fonte de alimento é a silagem de sorgo em relação à silagem de milho. Tais resultados se devem principalmente à maior rusticidade do sorgo, que demanda menor quantidade de água e fertilizantes químicos para obtenção de resultados satisfatórios.

### **3.1.1. Fatores antinutricionais**

São definidos como qualquer composto químico presente na forragem (lignina, alcaloides, fitormônios ou toxinas) que podem afetar negativamente o animal, incluindo sua fisiologia, saúde, bem-estar, reprodução, consumo e o atendimento das demandas nutricionais (ALLEN et al., 2011).

O sorgo possui basicamente três fatores antinutricionais: o tanino, o glicosídeo cianogênico e o nitrato (ETUK, 2012; PEDERSEN & ROONEY, 2004).

O tanino, resultante do metabolismo secundário dos vegetais, pode ser encontrado nos vacúolos celulares das folhas e nos grãos (CABRAL FILHO, 2004). De acordo com Rodrigues et al. (2015), o tanino apesar de ser um composto antinutricional, apresenta algumas vantagens agronômicas, como conferir a resistência da cultura ao ataque de pássaros e ocorrência de doenças no grão, porém, ocasiona problemas na digestão dos animais, pelo fato de formarem complexos com proteínas da dieta ou da saliva, diminuindo a aceitabilidade e digestibilidade.

Cabral Filho (2004) destaca que o tanino é indesejável para a alimentação de aves e suínos, devido ao seu efeito negativo na digestão proteica desses animais. No entanto, em ruminantes há amenização dos efeitos do tanino devido à ação dos microrganismos do rúmen, porém, alguns estudos demonstraram que podem ocorrer variações na absorção de aminoácidos, na retenção de nitrogênio e, também, no consumo de matéria seca. Além disso, o animal pode apresentar um estado de toxidez, devido à absorção de compostos fenólicos.

Os glicosídeos cianogênicos são um grupo de carboidratos que se encontram ligados ao ácido cianídrico (HCN), princípio ativo das plantas cianogênicas que as protegem contra a predação por herbívoros e insetos (AMORIM et al., 2006; BUSH et al., 2007).

Os sorgos forrageiros podem provocar alta taxa de mortalidade em animais herbívoros, por conter elevados teores de glicosídeos cianogênicos na sua fase inicial de crescimento, ou quando rebrotam facilmente em condições favoráveis, o que corresponde ao momento em que as plantas apresentam menos de 20 cm de altura, ou após sete semanas de plantio (AMORIM et al., 2006).

Bush et al. (2007) destacam que o ácido cianídrico pode causar disfunções no sistema nervoso central e nos sistemas respiratório e cardíaco dos animais. A concentração de HCN no sorgo varia de acordo com a cultivar e com as condições que influenciam o crescimento, mas geralmente diminui com o avanço na idade das plantas. A conservação da forragem pode destruir totalmente a ação dos compostos cianogênicos, devido à sua hidrólise e volatilização (ETUK, 2012).

De acordo com Pedersen & Rooney (2004) o sorgo também é um acumulador de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). As principais causas para o acúmulo de nitrato nas

plantas são a seca e adubação excessiva com nitrogênio. Essas condições juntas são ideais para acumulação de quantidades tóxicas de nitrato. Os ruminantes convertem o nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) em nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) no fígado até atingir a corrente sanguínea. Assim, a elevada concentração de nitrato na forragem pode ocasionar um excesso de nitrito no sangue, alterando a hemoglobina para metahemoglobina, composto incapaz de transportar oxigênio (PEDERSEN & ROONEY, 2004).

### 3.1.2 Mutação BMR (*Brown-midrib*)

As plantas mutantes BMR são fenotipicamente caracterizadas pela presença de pigmentos amarronzados na nervura central das folhas e no colmo. Esses pigmentos estão fortemente associados à lignina, pois persistem na parede celular após a remoção de celulose e hemicelulose. O fenótipo BMR é característico de plantas diploides e pode ocorrer de forma espontânea na natureza ou ser provocado por engenharia genética (BARRIÈRE et al., 2004). No caso do sorgo, a mutação foi provocada a partir do tratamento químico das sementes com di-etil sulfeto, em que foram gerados 19 mutantes BMR de ocorrência independente identificados em progênies segregadas. Alguns desses mutantes apresentam redução significativa do conteúdo de lignina e aumento da digestibilidade da parede celular (FRITZ et al., 1988).

CASLER et al. (2003) avaliaram as alterações provocadas pela mutação *bmr-6* em dois diferentes cultivares de capim-sudão. Os fenótipos BMR apresentaram aumento no valor nutricional quando comparados aos materiais normais, porém, a produtividade foi reduzida. No primeiro corte, na média dos locais, dos anos agrícolas e das cultivares utilizadas, apresentou redução na produtividade de, aproximadamente, 15% e, no segundo corte (rebrote), de 30%. Outras características agronômicas como: capacidade de rebrote, porcentagem de germinação e altura de planta também foram reduzidas significativamente pela mutação BMR. Alguns mutantes BMR também apresentam melhor palatabilidade, no entanto, a razão para essa preferência de pastejo não é clara. Possivelmente, algum fator sensorial no material BMR o torna mais palatável e mais atrativo ao animal. Seja qual for a razão, essa maior aceitação pelos

animais pode aumentar o valor nutricional das plantas mutantes BMR, por ter o potencial de aumentar o consumo (RIBAS, 2010).

O programa de melhoramento genético de plantas forrageiras desenvolvido pela Embrapa Milho e Sorgo tem selecionado novos híbridos de sorgo com capim-sudão, incluindo genótipos portadores da mutação bmr, que devem ser avaliados para utilização na alimentação de ruminantes. Comercialmente no Brasil, o mais comum é o BMR 800, comercializado pela Nuseed Brasil.

### 3.2. SORGO FORRAGEIRO

O sorgo forrageiro, com aproximadamente 40% do total da área de sorgo cultivada, sinaliza para que a bovinocultura possa tornar-se, em curto prazo, o grande mercado consumidor para forragem e grãos de sorgo, proporcionando incentivo à consolidação da cultura no país (COELHO et al., 2002). Nessa categoria tem-se o sorgo-sudão, da espécie *Sorghum sudanense*, e híbridos de *S. bicolor* com o capim-sudão (*S. sudanense*) (RODRIGUES et al., 2014; RODRIGUES et al., 2015).

O sorgo forrageiro constitui uma opção viável para atender à demanda dos pecuaristas, em razão das suas características bromatológicas que, à semelhança do milho, possibilitam fermentação adequada e consequente conservação desse alimento sob a forma de silagem, pelos teores elevados de proteína bruta em algumas variedades (WHITE et al., 1991) e pelas características agrônômicas, como maior tolerância à seca (CUMMINS, 1981).

Os sorgos do tipo forrageiro são adaptados para produção de silagem e para corte verde, com altura entre dois e três metros, muitas folhas, panículas abertas, com poucas sementes. A produtividade de matéria seca do sorgo forrageiro está, geralmente, correlacionada à altura da planta (MAY et al., 2011).

Existem cultivares de duplo propósito (forragem e grão) com grande potencial para utilização, já que possuem elevada produtividade, boa adequação à mecanização e grande versatilidade. Podem ser utilizados como feno, pastejo, corte direto e ensilagem. O uso de pastagens cultivadas de estação quente,

como o sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* L. Moench), pode auxiliar a produção pecuária de bovinos de corte e aumentar a produtividade dos sistemas de produção, especialmente por se tratar de uma espécie do tipo C4, com altas taxas fotossintéticas (WHEELER, 1980; MAGALHÃES et al., 2003).

A cultura se adapta a uma variedade de ambientes e produz razoavelmente bem sob condições desfavoráveis, apresenta níveis de PB entre 8% e 16% e entre 50% e 70% de NDT (GOBETTI, 2010). Dessa forma o sorgo pode apresentar um amplo espectro de qualidade forrageira e se apresenta como importante recurso forrageiro (NEUMANN et al., 2010).

### 3.3. SORGO BIOMASSA

Dentre os tipos de sorgo, o biomassa, híbrido, que possui a particularidade de ser sensível ao fotoperíodo, faz com que este tenha um maior período vegetativo, com alta eficiência hídrica e maior produção de massa verde e massa seca, podendo atingir até cinco ou seis metros de altura. Se destaca também por atender às necessidades de mercado, tais como: baixo custo de implantação, ciclo curto, ampla adaptabilidade, além de ser uma cultura totalmente mecanizável (CASTRO, 2014).

As cultivares de sorgo biomassa são capazes de produzir mais de cinco toneladas de matéria seca por hectare/mês, segundo o tipo de tecnologia empregada, e podendo alcançar 60 toneladas de massa seca por hectare/ano (MAY et al., 2011). Apresentam caule fibroso e porte alto (EMPRAPA, 2014). As plantas do biomassa são caracterizadas pelo rápido estabelecimento, crescimento, estabilidade, e não exigem grandes quantidades de irrigação, fertilizantes e pesticidas (MAY et al., 2011). Por ser uma cultura estabelecida por meio de semeadura, apresentar ciclo curto (cinco a seis meses) e resistir à seca, pode ser cultivada estrategicamente por fornecedores de cana-de-açúcar às usinas, quando o sorgo biomassa pode ser semeado na primavera e colhido durante a entressafra da cana, o que diminui o período de desocupação das termelétricas por falta de matéria-prima para produção de energia (PARRELA et al., 2010).

Pesquisas voltadas para obtenção de variedades que apresentem maior produção de biomassa estão sendo realizadas no Brasil, como o programa de

melhoramento de sorgo da Embrapa Milho e Sorgo. Esse programa possui acessos genéticos de sorgo de alta biomassa que, em média, podem chegar a mais de 30 t/ha em matéria seca, no entanto, alguns materiais experimentais já apresentam produtividade acima de 50 t/ha em matéria seca (PARRELLA et al., 2010, 2011).

O sorgo registrado como BRS 716 é o primeiro híbrido de sorgo biomassa, apresenta elevada produção de MS (120 a 150 t/ha), com um ciclo curto de produção de aproximadamente seis meses. A planta é caracterizada pelo seu porte alto (cinco a seis metros), resistente ao acamamento e adaptação ampla às diferentes regiões do Brasil (PARRELLA, 2011).

O sorgo biomassa vem sendo adicionado às dietas dos animais, por serem altamente energéticos e tolerantes ao déficit hídrico, ciclo curto. Possui colmos suculentos com açúcares totalmente fermentáveis e com produção de massa verde variando de 40 a 60 t/ha (LOURENÇO et al., 2010), além de ser uma cultura muito produtiva e responder bem à irrigação e adubação, podendo superar as produtividades em grãos e massa seca normalmente obtidas para a cultura do milho (PEREIRA et al., 2012).

#### 3.4. QUALIDADE E VALOR NUTRITIVO DA SILAGEM DE SORGO

A estacionalidade na produção forrageira e a necessidade de produzir leite e carne durante todo o ano têm levado os pecuaristas a adotarem práticas de conservação de forragens, principalmente na forma de silagem.

A qualidade da forragem foi descrita por muito tempo como resultado da sua composição química, desconsiderando-se o efeito do consumo voluntário sobre o desempenho (NASCIMENTO JÚNIOR et al., 2013).

Moore (1994) apontou diferença entre os termos “valor nutritivo da forragem” e “qualidade da forragem”, ao indicar que ambos não são sinônimos, considerando que valor nutritivo se refere apenas às características inerentes ao alimento consumido, e não à ingestão. Todavia, Van Soest (1994) argumenta que o valor nutricional é dado pelo produto entre o consumo, a digestibilidade e a eficiência de utilização.

Atualmente, a capacidade de gerar desempenho animal em função da ingestão de nutrientes e conversão em carne e leite se relaciona à qualidade da planta forrageira (NASCIMENTO JÚNIOR et al., 2013).

A qualidade da forragem está relacionada diretamente às características da planta, como anatomia e morfologia, e esses fatores estão sob o controle genético, mas também sofrem considerável influência do ambiente em que a planta é cultivada (FALES & FRITZ, 2004).

De acordo com Nascimento Júnior et al. (2013), um fator importante que determina a fenologia da planta e sua rota fotossintética (C3 e C4) é a genética. Neste sentido, a parede celular vegetal de plantas de metabolismo C4, como o sorgo, tende a ser mais rígida, com maiores quantidades de fibras que se tornam recalitrantes ao processo de digestão ruminal, principalmente quando comparada às plantas de metabolismo C3.

A presença dos grãos contribui consideravelmente para a redução do conteúdo total de fibras e aumento do teor de carboidratos não fibrosos, representados principalmente pelo amido (OLIVEIRA et al., 2016).

As plantas de sorgo, principalmente as de porte alto, apresentam elevada quantidade de colmos na massa de forragem e, automaticamente, são mais fibrosas e mais ricas em lignina. Isso faz com que muitas plantas de sorgo silageiro apresentem menor digestibilidade do que plantas de cultivares graníferos. As panículas incluem os grãos e são a parte mais digestível da forragem (ZAGO, 1997).

Nesse sentido, genótipos de sorgo silageiro com boa proporção de panículas, além de proporcionarem elevada produção de forragem para alimentação do rebanho, fornecerão grãos que, em certa medida, não precisarão ser fornecidos em sua totalidade na forma de concentrado (RODRIGUES, 2018).

Muitas das características do sorgo que causam impacto na qualidade da forragem são poligênicas ou quantitativas, ao contrário de caracteres morfológicos e qualitativos como cor da planta, suculência e inflorescência (RODRIGUES, 2018). Em contrapartida, a mutação "*brown midrib*" (bmr), portadores da nervura marrom, é monogênica e tem efeito marcante na qualidade da forragem do sorgo (PEDERSEN & ROONEY, 2004).

As escolhas da densidade de semeadura e do melhor arranjo de plantas estão entre os fatores de manejo considerados mais importantes para a cultura

do sorgo (ALBUQUERQUE et al., 2011). Coelho et al. (2002) inferem que as cultivares de sorgo mais precoces, de menor porte e folhas mais eretas, possibilitam o uso de densidades de semeadura maiores, com espaçamentos entre linhas menores. De acordo com os autores, existe uma tendência de aumento de produtividade da cultura do sorgo nessas condições, onde o espaçamento é reduzido e a densidade populacional é maior, devido ao fato de a cultura apresentar vantagens potenciais quanto ao aumento na eficiência de utilização de luz solar, água, nutrientes e melhor controle de plantas daninhas. A maturação das plantas também deve ser levada em consideração quando se trata de qualidade da forragem.

Na planta imatura, a qualidade das partes vegetativas é alta e, com o amadurecimento, começa a diminuir (VAN SOEST, 1965). Nesse contexto, avaliar o ponto de colheita correto do sorgo para ensilagem também é uma forma de interferir na qualidade final da planta.

De acordo com Rodrigues et al. (2014), o ponto ideal para ensilagem é no estágio leitoso/pastoso, quando a planta atinge em torno de 30 a 35% de matéria seca. Dantas et al. (2016) avaliaram a composição bromatológica do sorgo em dois pontos de colheita diferentes, sendo uma na fase R3 (grãos leitosos), e outra na fase R4 (grãos pastosos). Os autores relataram que para todas as variáveis (PB, FDN, FDA, hemicelulose e celulose) não houve diferença significativa para a fase R3 e R4, e seria mais viável ao produtor realizar a época de corte no estágio R3.

Machado (2009) avaliou a composição bromatológica de três híbridos de sorgo (BRS 610, BRS665 E BR700) e observou que os valores de proteína bruta não apresentaram diferenças significativas com o avanço dos estádios de maturação das plantas, que apresentaram valores médios de 5,99%, 5,70% e 5,65% nos estádios leitoso, pastoso e farináceo, respectivamente. O mesmo fato ocorreu para o FDN, com valores entre 53,03% e 57,41%, e para o FDA que apresentou teores entre 32,16% e 35,06%. O aumento do teor de amido nos grãos compensou o aumento das frações fibrosas.

### 3.5. SELEÇÃO DE HÍBRIDOS DE SORGO

O sorgo tornou-se uma cultura de grande importância em vários estados do Oeste dos EUA, principalmente após o descobrimento da machoesterilidade citoplasmática (STEPHENS & HOLLAND, 1954), o que possibilitou o aproveitamento da heterose para a produção comercial de sementes híbridas (SANTOS et al., 2005). Após longo período de adaptação da cultura, várias experiências e trabalhos de melhoramento foram realizados visando atender às novas modalidades de utilização e diferentes métodos culturais. Dessa forma, foi nos EUA que, por meio do melhoramento genético de cultivares antigas, chegou-se aos diferentes tipos cultivados hoje (PINHO & VASCONCELOS, 2002).

Atualmente, o Banco Ativo de Germoplasma de Sorgo (BAG -Sorgo), encontra-se na Embrapa Milho e Sorgo e foi criado a partir de materiais provenientes de diversos países. As principais instituições fornecedoras de recursos genéticos foram: *InternationalCrops Research Institute for the Semi-Arid Tropics* (ICRISAT), situada no Sul da Índia, e instituições americanas como o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), a Universidade de Purdue, *Texas A&M University*, *Kansas State University* e *Oklahoma State University*. Além destas, foram obtidas outras doações de países da África, Rússia, China e Colômbia (pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT).

Um fator positivo para a expansão da cultura do sorgo no Brasil, deve-se à possibilidade de realizar a safra de sucessão (safrinha). Como o sorgo possui importantes mecanismos morfológicos e bioquímicos que lhe conferem características xerófitas, essa cultura se mostra como uma interessante alternativa para ambientes com restrições hídricas. Para suprir a demanda por cultivares de sorgo adaptadas, programas de melhoramento avaliam, anualmente, vários genótipos que são promissores para o cultivo em várias regiões do Brasil.

Na literatura, existem vários trabalhos sobre os percalços da interação de genótipos com ambientes, no entanto, a alternativa mais recomendada para lidar com a interação é a seleção de materiais estáveis e com ampla adaptabilidade (RAMALHO et al., 1993; CRUZ e REGAZZI, 1997).

O conceito mais bem aceito sobre estabilidade e adaptabilidade foi o proposto por Mariotti et al. (1976). Segundo estes autores, a estabilidade está

associada à previsibilidade do desempenho fenotípico e à adaptabilidade e capacidade de responder, vantajosamente, às condições ambientais submetidas. Além do uso da introdução de materiais genéticos, o melhoramento do sorgo pode ser obtido com todas as metodologias utilizadas para as plantas autógamas.

Geralmente se utilizam as técnicas de melhoramento de autógamas em sorgo a partir de uma população oriunda de um cruzamento biparental dirigido manualmente (SANTOS et al., 2005).

A demanda maior de cultivares de sorgo se concentra nos híbridos simples. De acordo com Tardin et al. (2010), os híbridos simples predominam devido à sua elevada produtividade associada a um rendimento estável, tendo como qualidades exploradas, tanto no melhoramento genético como pelos produtores: tolerância aos períodos de déficit hídrico, principalmente em pós-florescimento, resistência ao acamamento e ao quebramento, ausência de tanino nos grãos (o uso de cultivares com tanino está restrito ao Rio Grande do Sul), boa produção de massa residual, ciclo precoce a médio e resistência às doenças predominantes na região de plantio.

A recomendação de cultivares com base em apenas uma ou em poucas características, pode não ser a opção mais viável, pois o produto da seleção pode ser superior em relação a algumas características selecionadas e inferior em relação a outras características não analisadas (CRUZ et al., 2012).

As empresas de melhoramento desenvolveram híbridos com bom equilíbrio entre colmo, folha e panícula, com o objetivo de aliar a boa produtividade de matéria seca ao bom valor nutritivo (ZAGO, 1991). Estudos revelam que é possível caracterizar os diferentes híbridos de sorgo para silagem por meio da participação percentual e da composição bromatológica das principais estruturas anatômicas da planta, definindo um perfil médio da planta de sorgo para silagem (NEUMANN et al., 2003; GONTIJO NETO et al., 2004).

A diversificação das opções de cultivares de sorgo é fundamental para uma boa competitividade na cadeia produtiva. Neste processo, as melhores cultivares previamente identificadas na população base são avaliadas em ensaios regionais, que permitirão visualizar aquelas que possuem maior adaptação geral ou específica, direcionando o processo de lançamento.

Ensaio de competição entre cultivares são realizados todos os anos em diversas regiões do país pela Embrapa Milho e Sorgo, objetivando analisar vários híbridos simples de sorgo para suprir a demanda de cultivares e informações sobre esta cultura (ALMEIDA FILHO et al., 2014). Dentre os principais trabalhos realizados com ensaios de competição de cultivares, podemos citar os estudos de Almeida Filho et al. (2014), Albuquerque et al. (2011), Silva et al. (2005), e Heckerler (2002).

O rendimento forrageiro do sorgo e o valor nutritivo das cultivares são características que devem ser levadas em consideração na escolha do tipo de sorgo a ser cultivado, porém, tais características são altamente influenciadas pelas condições ambientais da região de cultivo (PORTUGAL et al., 2003).

Uma alternativa é o uso dos índices de seleção, que se baseiam em análises multivariadas que agregam as informações relativas aos vários caracteres de interesse agrônômico com as propriedades genéticas da população avaliada.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. AVALIAÇÃO DOS HÍBRIDOS: ANOS AGRÍCOLAS 2017/2018 E 2018/2019

O experimento foi implantado na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro/Campus Campos dos Goytacazes (UFRRJ/CCG), no município de Campos dos Goytacazes – RJ, nos anos agrícolas de 2017/2018 e 2018/2019. O município está situado a 21° 45' 16" de latitude Sul, e 41° 19' 28" de longitude Oeste e 11 m de altitude, apresenta clima tropical, chuvas mais frequentes no verão do que no inverno. A classificação do clima é Aw e 23.9 °C é a temperatura média em Campos dos Goytacazes (Kottek et al., 2006; Beck et al., 2018). Foram avaliados vinte e cinco (25) híbridos de sorgo forrageiro, sendo vinte e dois (22) híbridos experimentais resultantes do programa de melhoramento da EMBRAPA Milho e Sorgo, três (3) testemunhas e vinte e cinco (25) cultivares de sorgo biomassa, sendo vinte e um (21) híbridos experimentais e quatro (4) testemunhas, descritos na Tabela 1. As sementes e materiais genéticos foram cedidos pela EMBRAPA Milho e Sorgo, por meio de uma parceria com a UFRRJ/CCG. O experimento foi implantado em um delineamento em blocos ao acaso, compostos por seis repetições e 25 parcelas por bloco. Cada parcela foi composta por duas linhas de cinco metros cada, com espaçamento entre linhas de 0,7 m.

Tabela 1. Descrição dos 22 híbridos experimentais e 3 testemunhas de sorgo forrageiro, e 21 híbridos experimentais e 4 testemunhas de sorgo biomassa utilizados nos experimentos dos anos agrícolas 2017/2018 e 2018/2019.

Identificação	Híbrido Biomassa	Procedência	Híbrido Forrageiro	Procedência
1	201737B001	EMBRAPA	13F23019	EMBRAPA
2	201737B002	EMBRAPA	15F27005	EMBRAPA
3	201737B003	EMBRAPA	14F20005	EMBRAPA
4	201737B004	EMBRAPA	15F27006	EMBRAPA
5	201737B005	EMBRAPA	15F27011	EMBRAPA
6	201737B006	EMBRAPA	15F27012	EMBRAPA
7	201737B007	EMBRAPA	13F26005	EMBRAPA
8	201737B008	EMBRAPA	13F26006	EMBRAPA
9	201737B009	EMBRAPA	14F20019	EMBRAPA
10	201737B010	EMBRAPA	15F27013	EMBRAPA
11	201737B011	EMBRAPA	15F26005	EMBRAPA
12	201737B012	EMBRAPA	13F23005	EMBRAPA
13	201737B013	EMBRAPA	13F23020	EMBRAPA
14	201737B014	EMBRAPA	15F26006	EMBRAPA
15	201737B015	EMBRAPA	15F26022	EMBRAPA
16	201737B016	EMBRAPA	15F26019	EMBRAPA
17	201737B017	EMBRAPA	15F26027	EMBRAPA
18	201737B018	EMBRAPA	14F21021	EMBRAPA
19	201737B019	EMBRAPA	14F21028	EMBRAPA
20	201737B020	EMBRAPA	15F30005	EMBRAPA
21	201737B021	EMBRAPA	15F30006	EMBRAPA
22	BRS716 **	comercial	13F03034	EMBRAPA
23	N52K1009 **	comercial	BRS 658 **	comercial
24	BRS655 **	comercial	BRS 655 **	comercial
25	VOLUMAX **	comercial	VOLUMAX **	comercial

\*\*Testemunhas

A Embrapa forneceu envelopes lacrados contendo as sementes para serem distribuídas em cada linha de 5 m. As sementes foram depositadas uniformemente a uma profundidade de 3 a 4 cm. Durante o plantio, foi realizada, mediante análise de solo prévia da área (Tabela 2), adubação com nitrogênio, fósforo e potássio. De 30 a 35 dias após a emergência, foi realizada adubação de cobertura com nitrogênio e potássio. O nitrogênio foi fracionado em 1/3 no plantio e 2/3 em cobertura.

Tabela 2. Análise da composição química, pH e matéria orgânica do solo dos dois locais utilizados no experimento.

Identificação		pH	P*	K*	Ca	Mg	Al	H+Al	Na	C	MO	SB	T	t	m	V	Fe	Cu	Zn	Mn	S	B
Lab.	Int.	água	mg dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				%	gdm <sup>-3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			%	mg dm <sup>-3</sup>							
657	.1-20	6,0	33	69	6,9	3,9	0,0	3,3	0,21	1,71	29,5	11,2	14,5	11,2	0,0	77,2	61,2	3,5	7,2	34,2	10,0	,026
658	.2-40	6,1	22	45	7,1	3,9	0,0	2,9	0,21	1,51	26,0	11,3	14,2	11,3	0,0	79,6	64,2	3,4	6,7	24,6	10,1	0,26

pH em água; P, Fósforo; K, Potássio; Ca, Cálcio; Mg, Magnésio; Al, Alumínio; H+Al Hidrogênio + Alumínio; Na, sódio; C, carbono orgânico; MO, Matéria orgânica; SB, Soma de Bases; T, CTC a pH 7; t, CTC efetiva; m, Índice de Saturação de Alumínio; V, Índice de Saturação de Bases; Fe, Ferro; Cu, Cobre; Zn, Zinco; Mn, Manganês; B, Boro.

O desbaste foi realizado de 10 a 15 dias após a emergência das plantas, mantendo-se 13 plantas por metro, para o sorgo forrageiro, e oito plantas por metro, para o sorgo biomassa.

#### **4.1.2. Colheita e características avaliadas**

A colheita foi realizada quando os cultivares estavam no ponto ideal para a ensilagem, quando o grão se encontrava no estágio leitoso/pastoso. Foram avaliadas as seguintes características: *stand* final; número de plantas colhidas em cada parcela; número de plantas acamadas de cada parcela; massa verde total, em que todo o material de cada parcela foi cortado a 10 cm da superfície do solo e pesado, anotando-se a massa, em kg, excluindo-se as panículas; massa de panículas, todas as panículas de cada parcela foram pesadas em balança digital de duas casas decimais, em kg. Também foram calculadas a produtividade, em kg/ha; o rendimento forrageiro em matéria natural (MN, g); a proporção de parte aérea na planta (g/kg); e a proporção de panícula na planta (g/kg).

#### **4.1.3. Processamento das amostras e estimação do valor nutricional**

Após as medições, contagens e pesagens, cinco plantas e cinco panículas, separadamente de cada parcela, foram picadas em picadeira/forageira, acondicionadas em sacos de papel, identificadas e secas em estufa a 55°C por 72 horas. Em seguida, processadas em moinho de facas a 1 mm e avaliadas quanto aos teores de matéria seca (MS) (AOAC 967.03; AOAC, 1990) da planta e da panícula. Foram analisados quanto ao valor nutricional potencial, apenas os híbridos que apresentaram porcentagem de acamamento menor do que 40% nos dois anos agrícolas.

Após determinação da matéria seca (MS), foi confeccionada uma amostra composta (panícula + parte vegetativa) com base nos seus teores na MS. Essas amostras compostas foram submetidas à análise para avaliação quanto aos

teores de matéria mineral (Método 942.05; AOAC, 1990), matéria orgânica (MO; AOAC 967.03; AOAC, 1990), proteína bruta (PB; THIEX et al., 2002), gordura bruta (GB; AOAC 2003.06; THIEX et al., 2003), matéria orgânica fibrosa (aFDNmo, Método AOAC 2002.04; MERTENS, 2002) e lignina (LDA, MÖLLER, 2009). O teor dos constituintes solúveis em detergente neutro (NDS) foi obtido por meio da subtração  $NDS = DM - aFDNmo$ .

#### 4.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para o *ranking* e seleção pela porcentagem de plantas acamadas dos híbridos avaliados, a função densidade de probabilidade utilizada foi a distribuição binomial (STROUP, 2015) do procedimento GLIMMIX do pacote estatístico SAS (SAS *Studio University Edition*, SAS® *System Inc.*, Cary, NC, USA)

Considerando que o número de plantas acamadas é uma contagem, assumiu-se que:

$$E[y_{ijkl}] = p_{ijkl} = n_{ijkl}/N_{ijkl} \quad \text{Eq. (1)}$$

$$y_{ijkl} | b_{j(i)} \sim \text{Binomial}(N, p_{ijkl}) \quad \text{Eq. (2)}$$

$$b_{j(i)} \sim \text{Normal}(0, \sigma_b^2) \quad \text{Eq. (3)}$$

$$\eta_{ijkl} = \log(p_{ijkl}/(1 - p_{ijkl})) = \eta + \alpha_i + \beta_{j(i)} + b_{k(i)} + \tau_l + \alpha\tau_{il} + \beta\tau_{jl(i)} \quad \text{Eq. (4)}$$

Nas equações descritas anteriormente,  $p_{ijkl}$  é o valor esperado da probabilidade da proporção de acamamento,  $n_{ijkl}$  corresponde ao número de plantas acamadas registrada na respectiva parcela contida no k-ésimo bloco, correspondente ao j-ésimo cultivar, dentro do i-ésimo tipo de sorgo ( $i = 1$  corresponde ao sorgo forrageiro;  $i = 2$  ao sorgo biomassa), colhido no l-ésimo ano. O  $N_{ijkl}$  corresponde ao número total de plantas contadas nas respectivas parcelas de cada bloco. O  $\sigma_b^2$  corresponde à variância de bloco. O parâmetro  $\eta_{ijkl}$  é o preditor linear, onde  $\eta$  é uma constante inerente ao modelo,  $\alpha_i$  é o efeito

do  $i$ -ésimo tipo de sorgo,  $\beta_{j(i)}$  corresponde ao efeito do  $j$ -ésimo cultivar do  $i$ -ésimo tipo de sorgo,  $b_{k(i)}$  corresponde ao efeito aleatório do  $k$ -ésimo bloco dentro do  $i$ -ésimo tipo de sorgo,  $\tau_l$  corresponde ao efeito do  $l$ -ésimo ano e os efeitos  $\alpha\tau_{il}$  e  $\beta\tau_{jl(i)}$  correspondem às respectivas interações. Nas descrições anteriores, letras gregas minúsculas correspondem aos efeitos fixos, e as latinas minúsculas aos efeitos aleatórios. Esta terminologia foi adotada ao longo do texto.

Para a composição química dos híbridos avaliados, os teores foram computados com base na MS (g/kg). Uma vez que esses resultados podem ser convertidos em proporções contínuas ( $0.001 \times \text{g/kg}$ ), a função densidade de probabilidade mais adequada para tais variáveis é a distribuição Beta (MOOD et al., 1974; FERRARI e CRIBARI-NETO, 2004; CARLTON e DEVORE, 2014; STROUP, 2015). Portanto, a composição química em termos de MS, GB, MO, PB, aFDN<sub>mo</sub>, Lignina (ADL), proporção de lignina na aFDN<sub>mo</sub> (ADL/aFDN<sub>mo</sub>), compostos solúveis em detergente neutro (NDS), proporção de MS da parte vegetativa da planta (PV) e a proporção de MS na panícula (PP) na planta foram estimadas usando o seguinte modelo estatístico:

$$E[y_{ijkl}] = \pi_{ijkl} \quad \text{Eq. (5)}$$

$$y_{ijkl} | b_{j(i)} \sim \text{Beta}(\pi_{ijkl}, \phi) \quad \text{Eq. (6)}$$

$$b_{j(i)} \sim \text{Normal}(0, \sigma_b^2) \quad \text{Eq. (7)}$$

$$\eta_{ijkl} = -\log[-\log(p_{ijkl})] = \eta + \alpha_i + \beta_{j(i)} + b_{k(i)} + \tau_l + \alpha\tau_{il} + \beta\tau_{jl(i)} \quad \text{Eq. (8)}$$

Uma constante geral  $\eta$  é associada à média transformada  $\eta_{ijkl}$ , a qual está ligada, por meio de uma função logarítmica, a um preditor linear (VONESH, 2012; STROUP, 2015). O valor esperado dos constituintes químicos, que é  $\pi_{ijkl} \in (0,1)$ , é estimado com base na função “link” inversa, como a seguir:

$$E[p_{ijkl}] = \pi_{ijkl} = 1 / \left( (1 + \exp(\hat{\eta}_{ijkl})) \right) \quad \text{Eq. (9)}$$

Na qual  $\hat{\eta}_{ijkl}$  é o preditor linear esperado e  $\pi_{ijkl}$  é a proporção de massa fracionada do constituinte químico esperado. A  $p_{ijkl} \in (0,1)$  observada é a proporção correspondente ao constituinte químico (ex.: MS/1000, PB/1000, etc.) do j-ésimo híbrido, do i-ésimo tipo de sorgo, no l-ésimo ano no k-ésimo bloco. Onde  $\pi$  é a proporção do nutriente com base na matéria seca e  $\phi > 0$  é um parâmetro de escala que completa a variância da distribuição beta.

As análises relativas ao rendimento de matéria verde (t/ha), produção de MS total (MS t/ha), rendimento de parte vegetativa (t/ha), rendimento de panícula (t/ha) e do rendimento por unidade de área em constituintes químicos PB (PB t/ha), aFDNmo (aFDNmo t/ha), ADL (ADL t/ha), GB (t/ha), MO (t/ha) e NDS (NDS t/ha) foram descritos quantitativamente, pressupondo normalidade para estas variáveis. Assim, foi adotado o seguinte modelo estatístico:

$$y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_{j(i)} + b_{k(i)} + \tau_l + \alpha\tau_{il} + \beta\tau_{jl(i)} + e_{ijkl} \quad \text{Eq. (10)}$$

$$b_{j(i)} \sim \text{Normal} (0, \sigma_b^2) \quad \text{Eq. (11)}$$

$$e_{ijkl} \sim \text{Normal} (0, \sigma^2) \quad \text{Eq. (12)}$$

Em que  $y_{ijkl}$  corresponde à produção observada do i-ésimo tipo de sorgo, registrada para o j-ésimo cultivar, colhido na parcela correspondente ao k-ésimo bloco, no l-ésimo ano de experimento;  $\mu$  é a média geral;  $\alpha_i$  é efeito do tipo de sorgo ( $i = 1, 2$ ),  $\beta_{j(i)}$  corresponde ao efeito do híbrido ( $j = 1, 2, 3, 4, \dots, 30$ ) dentro do tipo de sorgo,  $b_{k(i)}$  corresponde ao efeito aleatório do bloco dentro do tipo de sorgo,  $\tau_l$  corresponde ao efeito do ano ( $l = 1, 2$ ) e os efeitos  $\alpha\tau_{il}$  e  $\beta\tau_{jl(i)}$  correspondem às respectivas interações.

Os efeitos de tipo, híbrido e ano foram considerados fixos, enquanto o efeito de bloco foi considerado aleatório. O ajuste desse modelo aos dados também foi

efetuado pelo procedimento GLIMMIX do programa SAS. O nível de significância adotado foi o de 0.005 para forte evidência de efeito; para valores de P entre 0.01 e 0.005, o efeito foi considerado existente, e para valores P entre 0.05 e 0.01, foi considerada fraca evidência de efeito. As médias de tratamentos e interações foram comparadas por meio de teste de comparações múltiplas no qual o controle para a inflação do erro tipo I é protegido por meio de procedimento de simulação, quando realizadas comparações múltiplas entre tratamentos (LITTELL et al., 2006). Assim foi possível minimizar os riscos de serem encontrados falsos positivos (JOHNSON, 2013).

## 5. RESULTADOS

### 5.1. ACAMAMENTO

Os ajustes do modelo binomial possibilitaram classificar os híbridos para a variável desejada (acamamento), considerando os critérios de informação adotados, que podem ser depreendidos da Tabela 3. Os híbridos que não acamaram foram selecionados para as análises posteriores. Híbridos de sorgo forrageiro apresentaram maiores índices de acamamento quando comparados aos do sorgo biomassa. Híbridos de sorgo biomassa apresentaram valores baixos ou nulos para acamamento, incluindo os híbridos teste e os comerciais. Apenas seis híbridos biomassa foram excluídos pelo critério de seleção e, por outro lado, houve a exclusão de 14 híbridos de sorgo forrageiro.

Tabela 3. Médias de mínimos quadrados (PredMuPA) de 21 híbridos experimentais e 4 testemunhas de sorgo biomassa e 22 híbridos experimentais e 3 testemunhas de sorgo forrageiro utilizados nos experimentos dos anos agrícolas 2017/2018 e 2018/2019 \*\*híbridos selecionados

Biomassa	Year	PredMuPA	Biomassa	Year	PredMuPA	Forrageiro	Year	PredMuPA	Forrageiro	Year	PredMuPA
1**	1	0.00000	1	2	0.21076	1	1	0.68443	1	2	0.00004
2**	1	0.00000	2	2	0.25682	2	1	0.47820	2	2	0.08652
3**	1	0.00000	3	2	0.10795	3	1	0.69270	3	2	0.00003
4**	1	0.01547	4	2	0.38559	4	1	0.59286	4	2	0.00002
5**	1	0.03212	5	2	0.17283	5	1	0.78357	5	2	0.00010
6	1	0.12784	6	2	0.45089	6	1	1	6	2	0.00716
7**	1	0.00000	7	2	0.19964	7**	1	0.00000	7	2	0.06674
8**	1	0.27098	8	2	0.27288	8	1	1	8	2	0.06464
9**	1	0.00000	9	2	0.24454	9**	1	0.01717	9	2	0.15658
10	1	0.39189	10	2	0.44602	10	1	0.65942	10	2	0.02538
11**	1	0.10470	11	2	0.13717	11**	1	0.00000	11	2	0.30662
12**	1	0.21936	12	2	0.10745	12**	1	0.00000	12	2	0.03691
13	1	0.22990	13	2	0.55651	13**	1	0.29560	13	2	0.07513
14**	1	0.00357	14	2	0.30882	14	1	0.41926	14	2	0.05511
15**	1	0.00000	15	2	0.31294	15**	1	0.00000	15	2	0.09156
16*	1	0.01490	16	2	0.40001	16**	1	0.15765	16	2	0.09186
17**	1	0.06245	17	2	0.33952	17	1	0.61068	17	2	0.07631
18	1	0.02658	18	2	0.49963	18	1	1	18	2	0.00011
19	1	0.23445	19	2	0.53235	19**	1	0.38436	19	2	0.01151
20	1	0.09122	20	2	0.65680	20**	1	0.11942	20	2	0.23000
21**	1	0.37153	21	2	0.40003	21	1	0.08370	21	2	0.59747
22**	1	0.00000	22	2	0.16014	22	1	0.00000	22	2	0.48200
23**	1	0.03531	23	2	0.18501	23**	1	0.00000	23	2	0.12916
24**	1	0.06095	24	2	0.00000	24	1	0.00000	24	2	0.46917
25**	1	0.00000	25	2	0.00000	25**	1	0.00001	25	2	0.11510

## 5.2. COMPOSIÇÃO QUÍMICA

Os ajustes dos modelos utilizando a função densidade de probabilidade beta possibilitaram estudar o efeito dos fatores principais tipo, híbrido e ano, bem como as interações entre estes fatores sobre as proporções relativas à composição química dos híbridos em avaliação (Tabela 4).

O efeito híbrido dentro de tipo foi significativo sobre o teor de MS (Figura 1). O híbrido 11 do tipo forrageiro apresentou menor proporção de MS (Figura 1 A) quando comparado aos outros híbridos do tipo forrageiro e de sorgo biomassa. Dentro do tipo de sorgo forrageiro, houve contraste significativo, onde o híbrido 14 apresentou maior teor de MS, enquanto o híbrido 22, menor teor (Figura 1 B). Os componentes de variância estimadas foram para a interação bloco dentro de tipo, e o parâmetro de escala para distribuição beta.

O teor de MM foi influenciado pela interação tipo x ano (Tabela 5), em que o teor de MM foi maior nos híbridos do tipo 1 (sorgo forrageiro) no ano I, e menores para o sorgo do tipo 1 no ano II. O sorgo biomassa (tipo 2) apresentou teores similares no ano I e II para essa variável (Tabela 5). Os componentes de variância estimados foram a interação bloco dentro de tipo, e o parâmetro de escala para distribuição beta (Tabela 4).

Os teores de GB, aFDN<sub>mo</sub>, LDA, PB e NDS também sofreram influência significativa da interação tipo x ano (Tabela 5). Para tais teores, os componentes de variância estimados foram a interação bloco dentro de tipo, e o parâmetro de escala para distribuição beta. Os valores de P relativos à aFDN<sub>mo</sub> e NDS são iguais, uma vez que uma variável é o complemento da outra (Tabela 4).

Para o teor de GB foi observada diferença significativa entre os anos I e II para o tipo de sorgo 1 (forrageiro), em que os híbridos apresentaram maior teor no ano I. Para o sorgo biomassa, não houve diferença no teor de GB entre os híbridos nos anos I e II.

Em relação ao teor de aFDN<sub>mo</sub>, foi observada diferença significativa entre os anos I e II para o tipo de sorgo 1 (forrageiro), em que os híbridos apresentaram maior teor no ano I. Para o sorgo biomassa, não houve diferença no teor de aFDN<sub>mo</sub> entre os híbridos nos anos I e II, entretanto, também foi registrada diferença nos teores, quando comparados os tipos 1 e 2, em que os híbridos de

sorgo biomassa (tipo 2) apresentaram maior teor de aFDN<sub>mo</sub> nos dois anos de cultivo (Tabela 5).

Para a LDA, foi observada diferença significativa entre os anos I e II para o tipo de sorgo 1 (forrageiro), em que os híbridos apresentaram maior teor no ano I. Para o sorgo biomassa, foi registrada baixa evidência de efeito na diferença do teor de LDA entre os híbridos nos anos I e II.

Em relação ao teor de PB, foi observada diferença significativa entre os anos I e II para o tipo de sorgo 1 (forrageiro) e 2 (biomassa), em que os híbridos apresentaram maior teor no ano I. Em relação ao tipo, no ano II, o sorgo biomassa apresentou diferença significativa no teor de PB em relação aos híbridos de sorgo tipo I.

Para a NDS, foi observada diferença significativa entre os anos I e II para o tipo de sorgo 1 (forrageiro), em que os híbridos apresentaram maior teor no ano I. Para o sorgo biomassa, não houve diferença no teor de NDS entre os híbridos nos anos I e II, entretanto, tanto no ano I quanto ano II, os híbridos de sorgo forrageiro apresentaram maior teor de NDS quando comparados aos do sorgo biomassa.

Para o teor de Lig(aFDN<sub>mg</sub>), foi registrada baixa evidência de efeito para o ano de cultivo ( $P = 0,016$ ), onde o teor de Lig(aFDN<sub>mo</sub>) foi maior no ano I, isto é 157,4 (133; 185,4) g/kg; enquanto no ano II, foi registrado 136,1 (114,6; 161) g/kg.

Para os teores de Vegp e Pancp, foi observada influência do tipo (Tabela 6). Para a Vegp foi observada fraca evidência de efeito para o ano ( $P = 0,041$ ), com maior teor no ano I, i.e., 843,2 (817,1; 865,8) e 825,5 (796,8; 850,4) g/kg no ano II. Foi registrado também efeito de híbrido dentro de tipo (Figura 2), com destaque para os contrastes entre os híbridos 14 e 25 do tipo forrageiro, que apresentaram menor e maior teor de Vegp, respectivamente (Figura 2 A).

Também foi registrada para Pancp, fraca evidência de efeito para o ano ( $P = 0,053$ ), com médias ligeiramente superiores no ano II. Para o efeito híbrido dentro de tipo (Figura 3), o destaque foi para os híbridos 14 e 15 do tipo forrageiro, que apresentaram maiores teores de Pancp, quando contrastados com os demais híbridos (Figura 3).

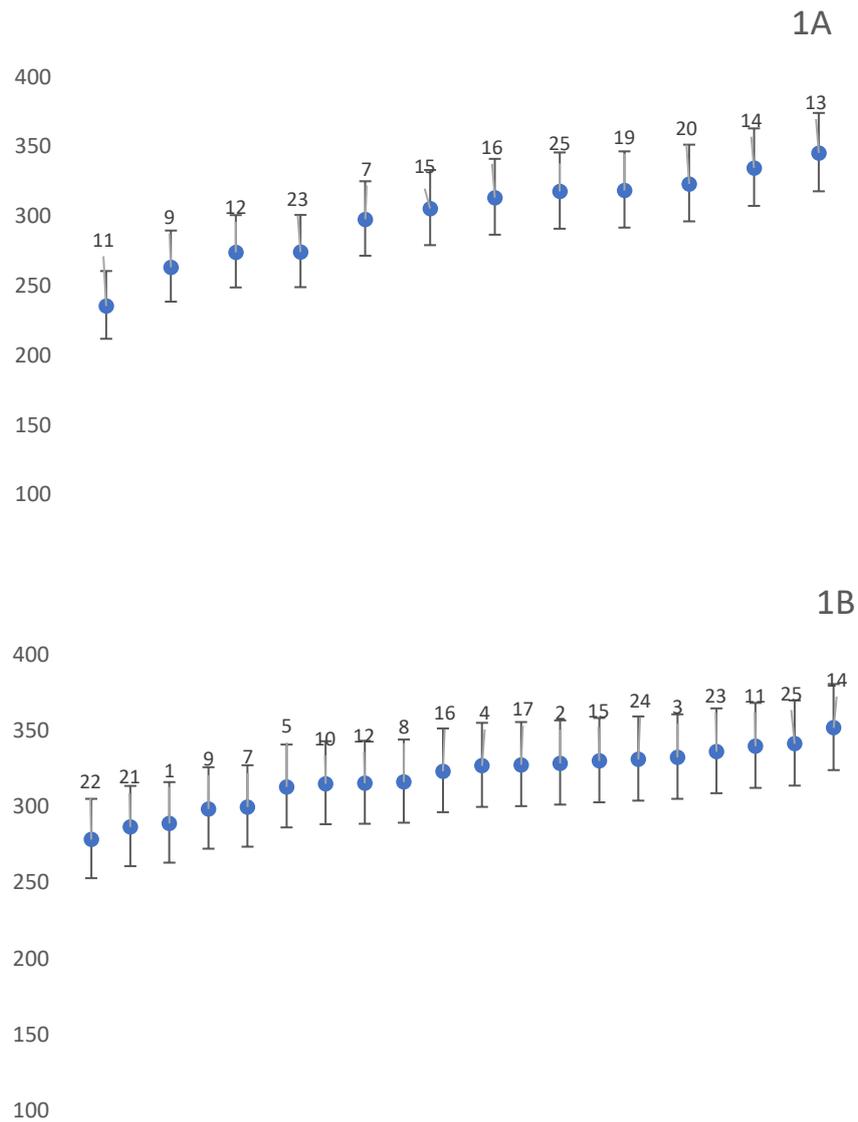
Tabela 4. Valores P referentes aos efeitos para a composição química de planta inteira para o tipo de sorgo ( $\alpha_i$ ), híbrido ( $\beta_{j(i)}$ ), ano ( $\tau_l$ ), as respectivas interações tipo x ano ( $\alpha\tau_{il}$ ,  $\beta\tau_{jl(i)}$ ) e estimativas para os componentes de variância ( $\hat{\sigma}_b^2$  e  $\hat{\phi}$ ) para a composição química e teores de parte vegetativa e panícula na planta inteira.

Variável	Distribuição	Valor P efeitos fixos					Componente de Variância
		$\alpha_i$	$\beta_{j(i)}$	$\tau_l$	$\alpha\tau_{il}$	$\beta\tau_{jl(i)}$	
<b>MS</b>	Beta	0.3319	<.0001	0.6901	0.1287	0.269	$\hat{\sigma}_b^2 = 0.0034$ , $\hat{\phi}=256,58$
<b>MM</b>	Beta	0.7362	0.6915	0.0019	0.0008	0.2617	$\hat{\sigma}_b^2 = 0.0065$ , $\hat{\phi}=138.68$
<b>GB</b>	Beta	0.4514	0.6721	0.0009	0.0035	0.7988	$\hat{\sigma}_b^2 = 0.0009$ , $\hat{\phi}=354.89$
<b>aFDNmo</b>	Beta	0.0116	0.8328	0.0107	0.0007	0.7298	$\hat{\sigma}_b^2 = 0,0170$ , $\phi=19,25$
<b>LDA</b>	Beta	0.8754	0.1673	<.0001	<.0001	0.3438	$\hat{\sigma}_b^2 = 0,0046$ , $\hat{\phi}=35,36$
<b>PB</b>	Beta	<.0001	0,7747	<.0001	<.0001	0,816	$\hat{\sigma}_b^2 = 0,0002$ , $\hat{\phi}=1471,47$
<b>LDA (aFDNmo)</b>	Beta	0.1096	0.1172	0.0165	0.3813	0.537	$\hat{\sigma}_b^2 = 0,0235$ , $\hat{\phi}=35,36$
<b>NDS*</b>	Beta	0.0116	0.8328	0.0107	0.0007	0.7298	$\hat{\sigma}_b^2 = 0,0170$ , $\hat{\phi}=19,25$
<b>Vegp</b>	Beta	0.0077	0.0031	0.0412	0.4099	0.6877	$\hat{\sigma}_b^2 = 0.0183$ , $\hat{\phi}=39.71$
<b>Pancp</b>	Beta	0.0068	0.0029	0.0528	0.6165	0.65	$\hat{\sigma}_b^2 = 0,0044$ , $\hat{\phi}=39,5144$

MS, teor de matéria seca; MM, teor de matéria mineral; GB, teor de gordura bruta; aFDNmo, matéria orgânica fibrosa; LDA, teor de lignina detergente ácido; PB, teor de proteína bruta; LDA/aFDNmo, proporção de lignina na fibra, NDS, sólidos solúveis em detergente neutro; Vegp, parte vegetativa na planta inteira e Pancp, parte de panícula na planta inteira.

Tabela 5. Médias de mínimos quadrados e intervalos de confiança a 95 % registrados para a interação tipo x ano e valores P correspondentes para os teores de MM, GB, aFDNmo, NDS, LDA e PB, em g/kg.

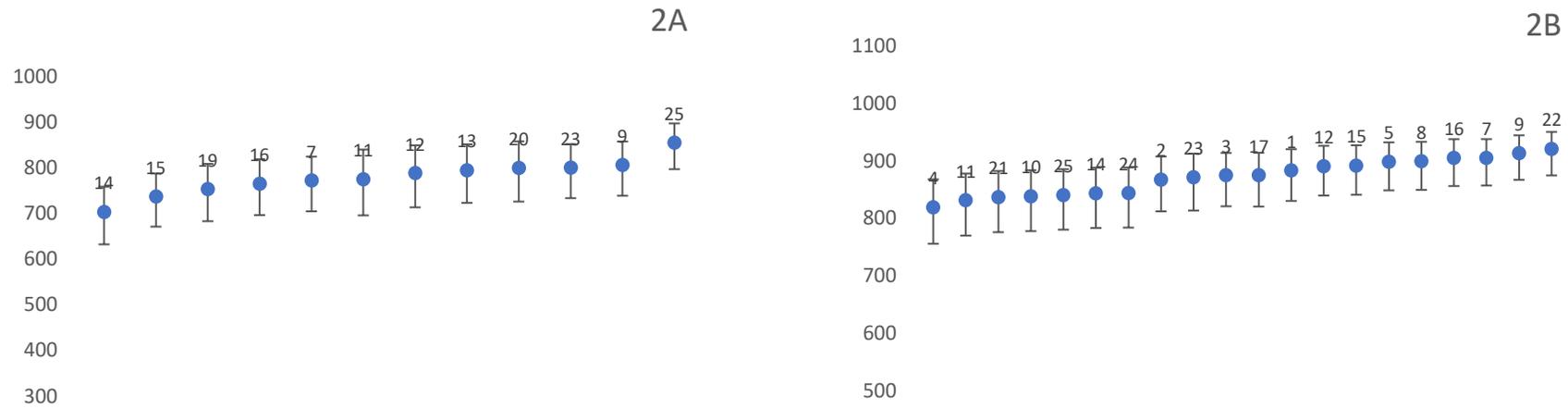
	<b>Tipo I</b>	<b>Tipo II</b>	<b>Valor P</b>
<b>MM (g/kg)</b>			
Ano I	81,3 (69,9; 94,2)	71,4 (61,3;82,9)	0,185
Ano II	59,8 (51,0;70,0)	72,1 (62,0;83,8)	0,079
P-valor	<.0001	0,8451	
<b>GB (g/kg)</b>			
Ano I	29,66 (9,0;72,2)	29,05 (9,7;66,7)	0,881
Ano II	21,77 (5,6;58,4)	28,45 (9,5;65,7)	0,263
P-valor	0,0001	0,7072	
<b>aFDNmo (g/kg)</b>			
Ano I	467,3 (407;528,6)	550,6 (489,7;609,9)	0,055
Ano II	367,8 (312,5;426,8)	564,6 (504;623,2)	0,001
P-valor	0,0002	0,4868	
<b>NDS (g/kg)</b>			
Ano I	532,7 (471,4;593)	449,4 (390,1;510,3)	0,055
Ano II	632,2 (573,2;687,5)	435,4 (376,7;496)	0,001
P-valor	0,0002	0,4868	
<b>LDA (g/kg)</b>			
Ano I	84,9 (63,9;111,7)	73,93 (54;98,3)	0,432
Ano II	52,09 (37,3;72,6)	66,03 (47,4;88,5)	0,219
P-valor	<.0001	0,0385	
<b>PB (g/kg)</b>			
Ano I	37,9 (35,3;40,7)	39,5 (37,0;42,1)	0,411
Ano II	22,5 (20,6;24,5)	36,7 (34,3;39,2)	<.0001
P-valor	<.0001	0,0024	



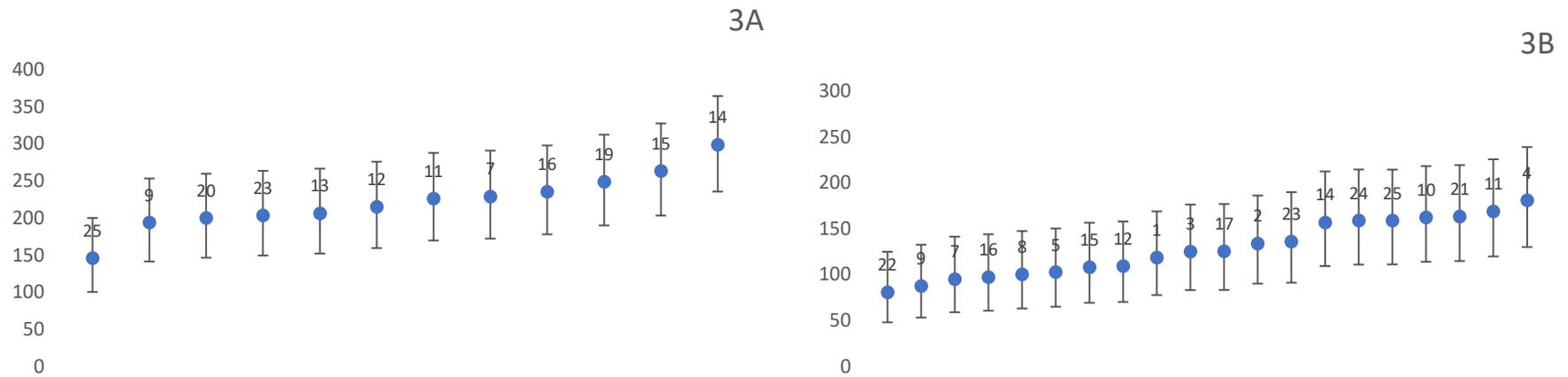
**Figura 1.** Teor de matéria seca na planta inteira (g/kg) por híbrido e seus respectivos intervalos de confiança a 95%. A, sorgo forrageiro; B, sorgo biomassa.

Tabela 6. Médias de mínimos quadrados e intervalos de confiança a 95 % registrados para o efeito do tipo, para as variáveis parte vegetativa na planta inteira (Vegp) e parte de panícula na planta inteira (Pancp), em g/kg.

<b>Variável</b>	<b>Tipo I</b>	<b>Tipo II</b>
<b>Vegp</b>	781,3 (729,4; 824,5)	875,8± (844,2;901,4)
<b>Pancp</b>	221± (182,5;262)	126,6± (96,5;160,8)



**Figura 2.** Teor de parte vegetativa na planta inteira (g/kg) por híbrido e seus respectivos intervalos de confiança a 95%. A, sorgo forrageiro; B, sorgo biomassa.



**Figura 3.** Teor de parte de panícula na planta inteira (g/kg) por híbrido e seus respectivos intervalos de confiança a 95%. A, sorgo forrageiro; B, sorgo biomassa

### 5.3. RENDIMENTO FORRAGEIRO

Assim como para a composição química, foram estudados os efeitos dos fatores tipo, híbrido, e ano, bem como as interações entre estes fatores sobre o rendimento forrageiro (Tabela 7) e, neste caso, a distribuição normal (Gauss) possibilitou a interpretação dos efeitos de tais variáveis.

Para o Yha, houve efeito de híbrido dentro de tipo (Figura 4), de modo que houve diferença entre os híbridos avaliados. Dentro do tipo 1 (sorgo forrageiro) os híbridos 15 e 19 se destacaram quanto ao Yha, pois diferiram significativamente do restante dos híbridos (Figura 4A). Dentro do tipo 2 (sorgo biomassa), os híbridos 23 e 24 apresentaram menores Yha, diferindo do híbrido 16, que se destacou com maior Yha (Figura 4B). Houve também efeito do ano de cultivo, quando se verificou maior rendimento forrageiro na matéria natural (t/ha) no ano I (Tabela 8). Os componentes de variância estimados foram as interações ano x bloco, e as interações individuais para cada ano (Tabela 7).

A MSha foi influenciada pela interação híbrido dentro de tipo (Figura 5). Apesar do efeito significativo, não foi possível detectar contrastes entre os híbridos, devido ao alto número de comparações e pelo uso do teste de simulação protegido para a inflação do erro do tipo I.

Houve efeito de ano, onde os híbridos apresentaram maior produção forrageira na matéria seca durante o ano I (Tabela 8). Os componentes de variância estimados foram as interações individuais para cada ano e as variâncias residuais ajustadas para a função de variância denominada potência da média (Tabela 7).

A Vegha sofreu influência da interação híbrido dentro de tipo (Figura 6), e do ano de cultivo, com maior produção no ano 1 (Tabela 8). Os componentes de variância estimados foram a interação bloco x tipo e as variâncias residuais, ajustadas para a função de variância denominada potência da média (Tabela 7).

A PANha sofreu influência do tipo de sorgo, em que o tipo 1 (sorgo forrageiro) registrou maior rendimento de panícula (4,383 t/ha), quando comparado ao tipo 2 (sorgo forrageiro) com produção de 2,632 t/ha. Houve

também interação híbrido dentro de tipo (Figura 7), com destaque para o híbrido 15 do tipo forrageiro, com maior produção de panículas (Figura 11 A). Os componentes de variância estimados foram a interação bloco x tipo e as variâncias residuais ajustadas para a função de variância denominada potência da média (Tabela 7).

A produção de aFDN<sub>mo</sub> por área foi influenciada pela interação híbrido dentro de tipo (Figura 8). Apesar do efeito significativo, não foi possível detectar contrastes significativos entre os híbridos, devido ao alto número de comparações e pelo uso do teste de simulação protegido para a inflação do erro tipo I. Houve efeito do ano, em que a produção global de aFDN<sub>mo</sub> foi menor no ano II quando comparada ao ano I (Tabela 8). Os componentes de variância estimados foram a interação bloco x tipo e as variâncias residuais ajustadas para a função de variância denominada potência da média (Tabela 7).

A ADL<sub>ha</sub> foi influenciada pela interação híbrido dentro de tipo (Figura 9), e tipo x ano (Tabela 9). A ADL<sub>ha</sub> foi menor no ano II para os dois tipos de sorgo. No entanto, de maneira geral, o sorgo forrageiro produziu menor quantidade de lignina por área quando comparado ao sorgo biomassa.

A Gb<sub>ha</sub> foi influenciada pelo ano de cultivo, em que os tipos de sorgo (1 e 2) apresentaram maior produção de gordura bruta no ano I (Tabela 8). Os componentes de variância estimados foram a interação bloco x tipo e as variâncias residuais ajustadas para a função de variância denominada potência da média (Tabela 7).

A Moha foi influenciada pela interação híbrido dentro de tipo, em que apesar da fraca evidência de efeito, foi encontrada diferença significativa entre os híbridos 12 e 129 do tipo forrageiro (Figura 10 A), com menores e maiores produções de Moha, respectivamente. Foi detectado também efeito de ano, com maior produção de matéria orgânica por área no ano I (Tabela 8). Os componentes de variância estimados foram a interação bloco x tipo e as variâncias residuais, ajustadas para a função de variância denominada potência da média (Tabela 7).

A Pb<sub>ha</sub> sofreu influência da interação híbrido dentro de tipo (Figura 11), em que apesar do efeito significativo, não foi possível detectar contrastes entre os híbridos, devido ao alto número de comparações e pelo uso do teste de simulação protegido para o erro tipo I. Foi registrado também efeito de ano

(Tabela 8), em que houve menor produção de proteína bruta no segundo ano de cultivo. Os componentes de variância estimados foram a interação bloco x tipo e as variâncias residuais ajustadas para a função de variância potência da média (Tabela 7).

A NDS<sub>h</sub> foi influenciada pelas interações híbrido dentro de tipo (Figura 12) e tipo x ano (Tabela 9), onde a produção de NDS por área foi maior no ano I, enquanto o sorgo forrageiro foi superior ao sorgo biomassa nos dois anos de cultivo. Os componentes de variância estimados foram a interação bloco x tipo e as variâncias residuais ajustadas para variância potência da média (Tabela 7).

Tabela 7. Valores de P para o rendimento forrageiro e de nutrientes para os efeitos do tipo de sorgo ( $\alpha_i$ ), híbrido ( $\beta_{j(i)}$ ), ano ( $\tau_l$ ), as respectivas interações  $\alpha\tau_{il}$ ,  $\beta\tau_{jl(i)}$  e estimativas para os componentes de variância. Os subscritos das variâncias indicam as respectivas interações aleatórias e variâncias residuais homogêneas ou heterogêneas, consoante o caso.

Variável	Distribuição	Valor P efeitos fixos					Componente de Variância
		$\alpha_i$	$\beta_{j(i)}$	$\tau_l$	$\alpha\tau_{il}$	$\beta\tau_{jl(i)}$	
Yha	Normal	0.7629	<.0001	0.0002	0.6938	0.9906	$\hat{\sigma}_b^2 = 220.66$ , $\sigma_{l=1}^2 = 177.45$ , $\sigma_{l=2}^2 = 477.75$
Msha	Normal	0.4588	<.0001	0.0008	0.4509	0.9663	$\hat{\sigma}_{b_{j(i=1)}}^2 = 0.3162$ , $\hat{\sigma}_{b_{j(i=2)}}^2 = 29.5324$ , $\hat{\theta} = 2.6222$ , $\hat{\sigma}^2 = 0.0113$
Vegha	Normal	0.2104	<.0001	0.0007	0.3449	0.9346	$\hat{\sigma}_b^2 = 12.264$ , $\hat{\theta} = 2.655$ , $\hat{\sigma}^2 = 0.01429$
PANha	Normal	0.0097	<.0001	0.3299	0.5504	0.9103	$\hat{\sigma}_b^2 = 0.1661$ , $\hat{\theta} = 1.2664$ , $\hat{\sigma}^2 = 0.2628$
Gbha	Normal	0.2354	0.0278	<.0001	0.2316	0.8476	$\hat{\sigma}_b^2 = 0.0127$ , $\hat{\theta} = 1.6229$ , $\hat{\sigma}^2 = 0.1449$
aFDNmoha	Normal	0.102	0.0011	<.0001	0.2812	0.8504	$\hat{\sigma}_b^2 = 5.774$ , $\hat{\theta} = 2.4525$ , $\hat{\sigma}^2 = 0.0365$
LDAha	Normal	0.5957	0.0064	<.0001	0.0175	0.9448	$\hat{\sigma}_b^2 = 0.125$ , $\hat{\theta} = 2.0233$ , $\hat{\sigma}^2 = 0.1363$
Pbha	Normal	0.1197	0.0007	<.0001	0.1048	0.8637	$\hat{\sigma}_b^2 = 0.0261$ , $\hat{\theta} = 2.6297$ , $\hat{\sigma}^2 = 0.1316$
Moha	Normal	0.4732	<.0001	0.0018	0.3304	0.9735	$\hat{\sigma}_b^2 = 13.08$ , $\hat{\theta} = 2.7014$ , $\hat{\sigma}^2 = 0.0093$
NDSha	Normal	0.3499	0.0013	0.1574	0.047	0,9305	$\hat{\sigma}_b^2 = 2.8682$ , $\hat{\theta} = 1.4843$ , $\hat{\sigma}^2 = 0.4814$

Yha, produção total na matéria natural; Msha, produção total na matéria seca; Vegha, produção de parte vegetativa por área; PANha, produção de panícula por área; Gbha, produção de gordura bruta por área; aFDNmoha, produção de matéria orgânica fibrosa por área; LDAha, produção de lignina por área; Pbha, produção de proteína bruta por área; Moha, produção de matéria orgânica por área; NDSha, produção de sólidos solúveis em detergente neutro por área.

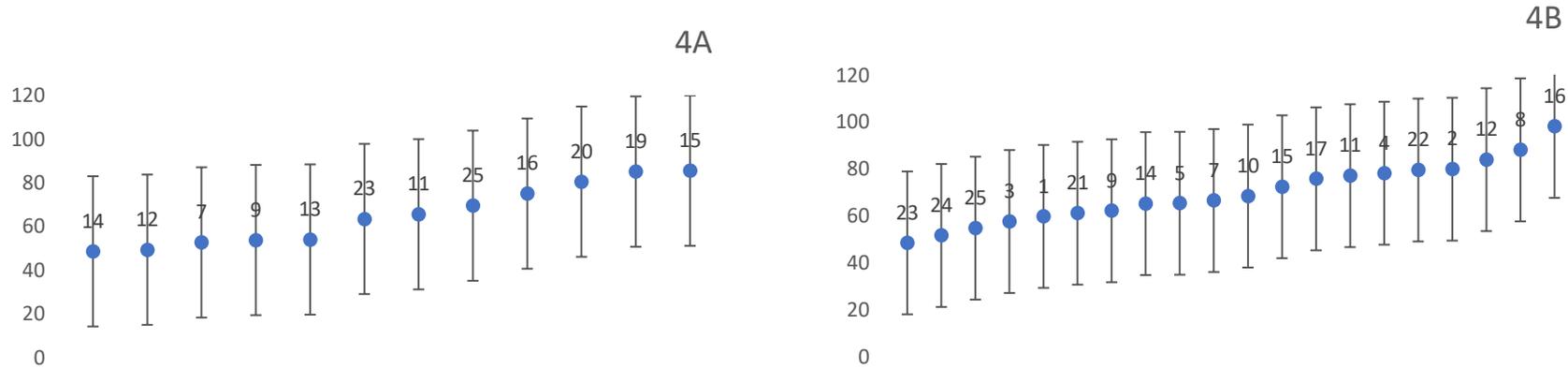
Tabela 8. Médias de mínimos quadrados (t/ha) e intervalos de confiança a 95 % registrados para o efeito de ano.

Variável	Ano I	Ano II
<b>Yha</b>	72,495 (38,571;106,42)	62,653 (28,729;96,577)
<b>Msha</b>	22,575 (19,157;25,992)	19,502 (16,185;22,82)
<b>Vegha</b>	18,980 (15,867; 22,093)	16,082 (13,075;19,1)
<b>Gbha</b>	0,664 (0,556; 0,771)	0,496 (0,395; 0,598)
<b>aFDNmoha</b>	11,437 (9,332; 13,542)	9,220 (7,183;11,253)
<b>Pbha</b>	0,895 (0,747; 1,043)	0,586 (0,45; 0,722)
<b>Moha</b>	20,828 (17,637; 24,019)	18,184 (15,081;21,287)

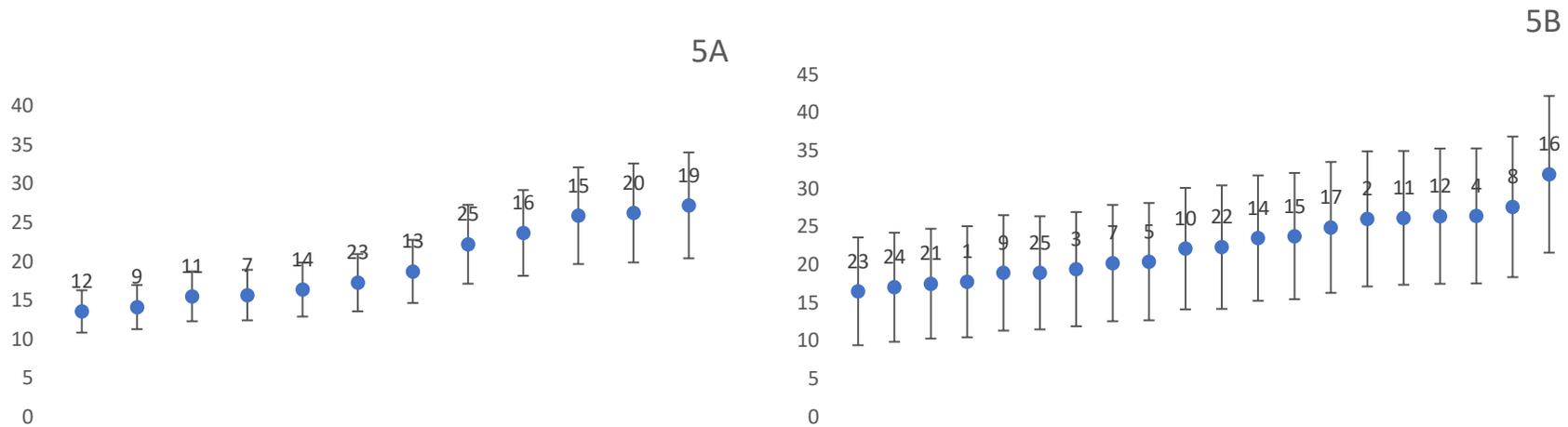
(Yha), produção total na matéria natural; (Msha), produção total na matéria seca; (Vegha), produção de parte vegetativa por área; (Gbha), produção de gordura bruta por área (aFDNmoha), produção de matéria orgânica fibrosa por área; (Pbha), produção de proteína bruta por área; (Moha); produção de matéria orgânica por área.

Tabela 9. Médias de mínimos quadrados e intervalos de confiança a 95 % registradas para a interação tipo x ano e valores P correspondentes, para os rendimentos de LDA e NDA, em t/ha.

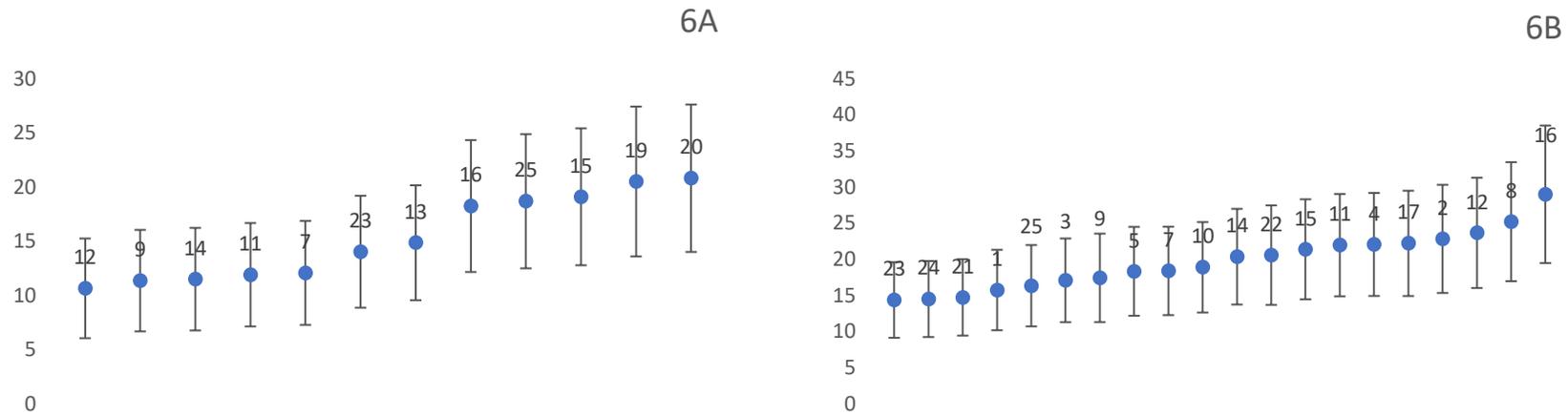
	Tipo I	Tipo II	Valor P
<b>LDA (t/ha)</b>			
Ano I	1,812 (1,345; 2,280)	1,776 (1,337; 2,215)	0,9112
Ano II	0,991 (0,567; 1,141)	1,374 (0,95; 1,8)	0,2086
P-valor	<.0001	0,0004	
<b>NDS (t/ha)</b>			
Ano I	11,318 (8,921;13,714)	10,956 (8,751;13,162)	0,8266
Ano II	11,703 (9,293; 14,112)	8,860 (6,723;11)	0,083
P-valor	0,7056	0,0035	



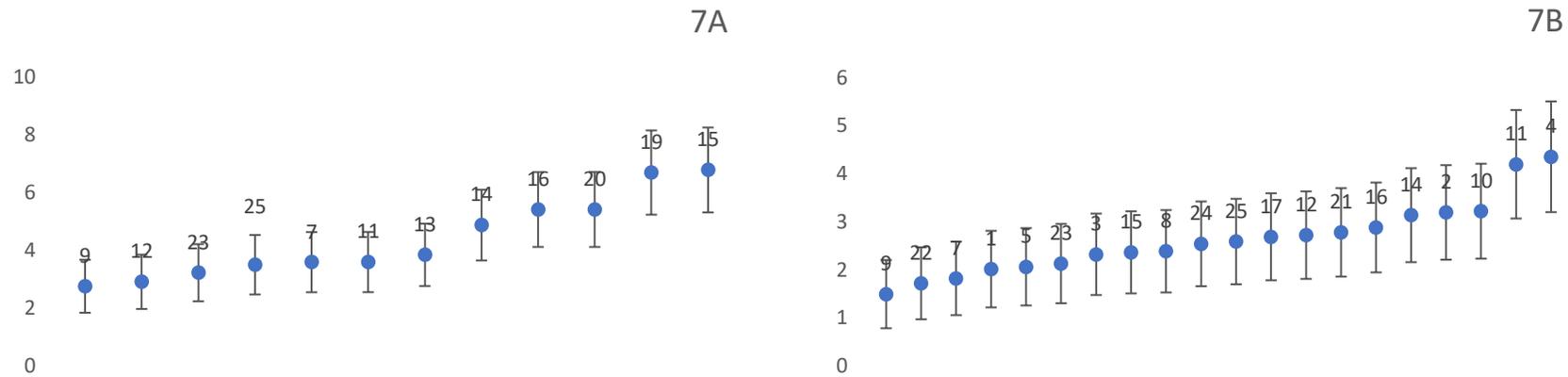
**Figura 4.** Rendimento forrageiro na matéria natural (t/ha) por híbrido e seus respectivos intervalos de confiança a 95%. A, sorgo forrageiro; B, sorgo biomassa.



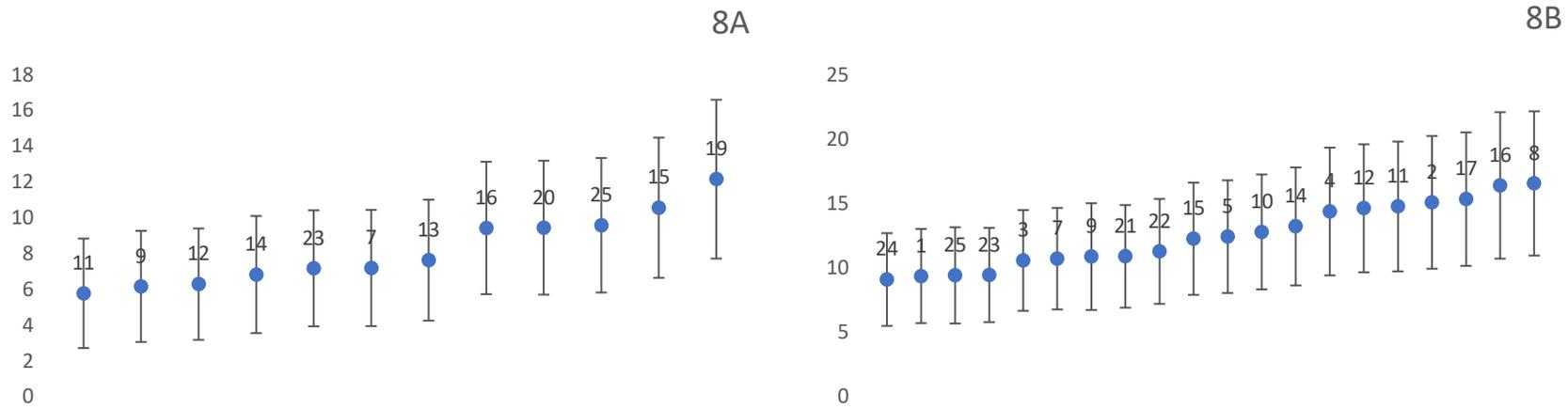
**Figura 5.** Rendimento forrageiro na matéria seca (t/ha) por híbrido e seus respectivos intervalos de confiança a 95%. A, sorgo forrageiro; B, sorgo biomassa.



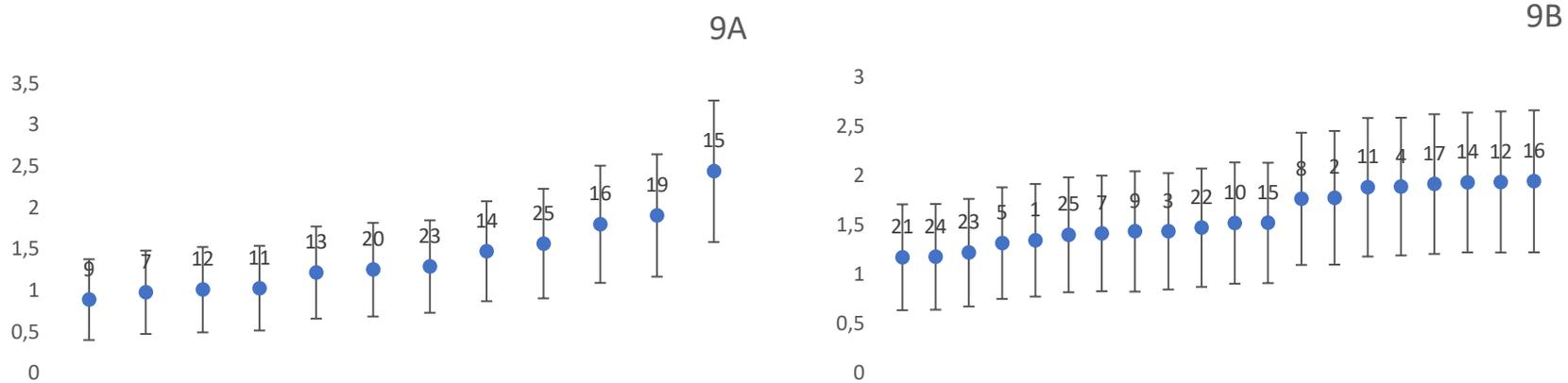
**Figura 6.** Rendimento de parte vegetativa na planta (t/ha) por híbrido e seus respectivos intervalos de confiança a 95%. A, sorgo forrageiro; B, sorgo biomassa.



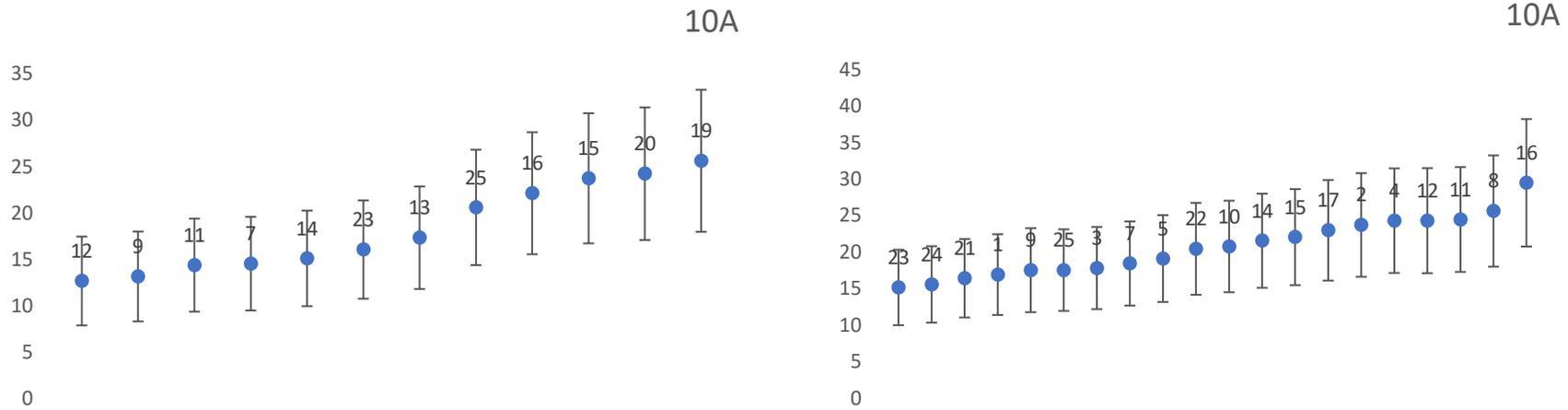
**Figura 7.** Rendimento de panícula na planta (t/ha) por híbrido e seus respectivos intervalos de confiança a 95%. A, sorgo forrageiro; B, sorgo biomassa.



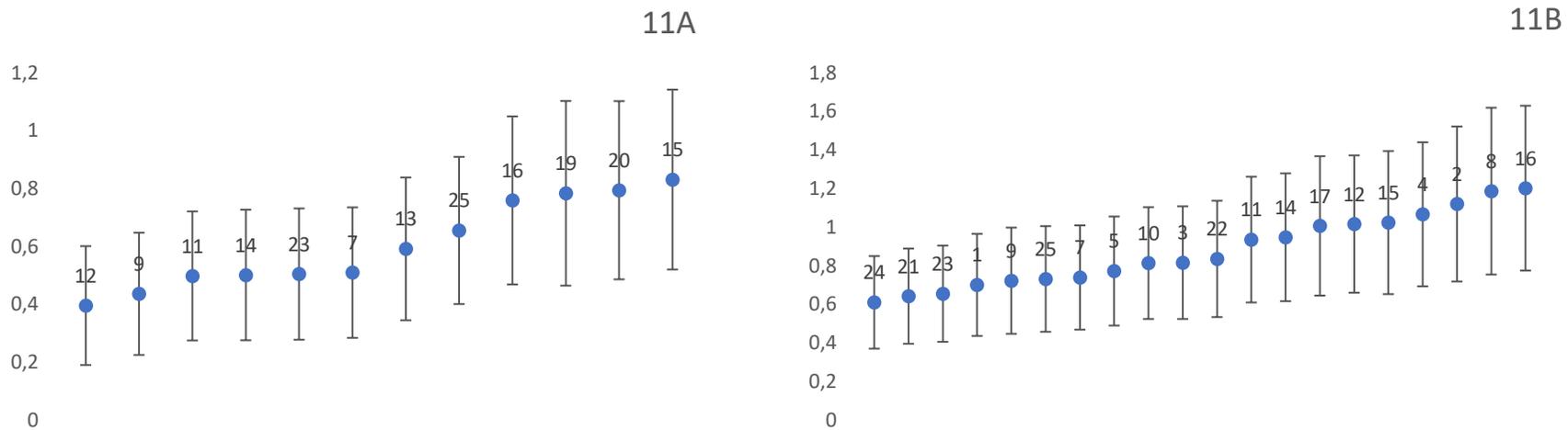
**Figura 8.** Rendimento de matéria orgânica fibrosa (aFDNmo) (t/ha) por híbrido e seus respectivos intervalos de confiança a 95%. A, sorgo forrageiro; B, sorgo biomassa.



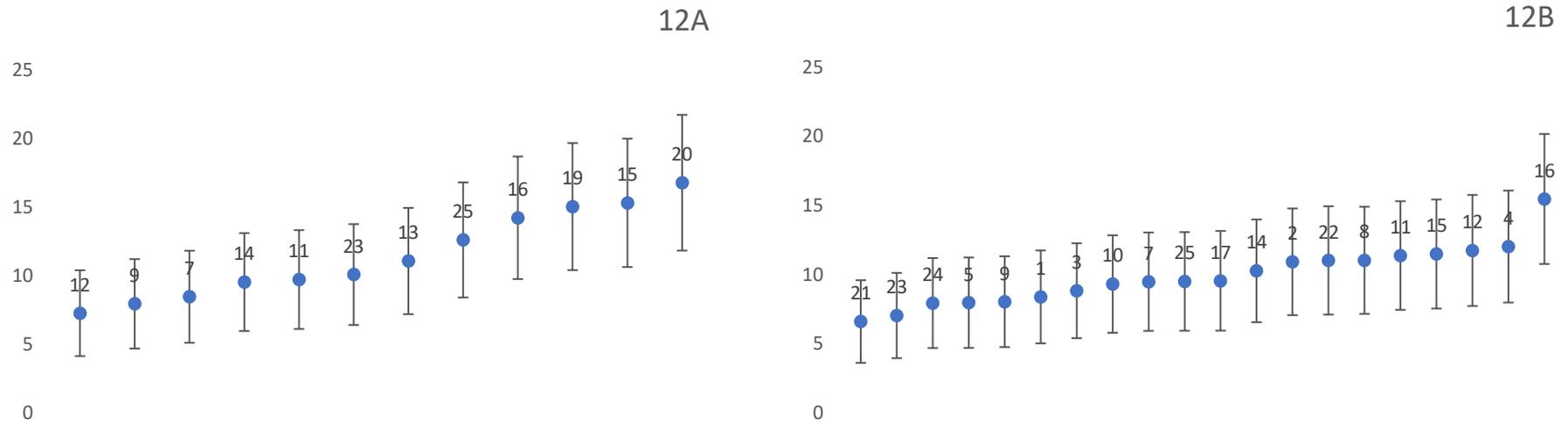
**Figura 9.** Rendimento de lignina detergente ácido (LDA) (t/ha) por híbrido e seus respectivos intervalos de confiança a 95%. A, sorgo forrageiro; B, sorgo biomassa.



**Figura 10.** Rendimento de matéria orgânica (t/ha) por híbrido e seus respectivos intervalos de confiança a 95%. A, sorgo forrageiro; B, sorgo biomassa.



**Figura 11.** Rendimento de proteína bruta (t/ha) por híbrido e seus respectivos intervalos de confiança a 95%. A, sorgo forrageiro; B, sorgo biomassa.



**Figura 12.** Rendimento de sólidos solúveis em detergente neutro (t/ha) por híbrido e seus respectivos intervalos de confiança a 95%. A, sorgo forrageiro; B, sorgo biomassa.

## 6. DISCUSSÃO

Embora as cultivares de sorgo apresentem atributos que os habilitam como alternativa na produção de silagens em função do seu elevado nível de produtividade, rendimento e características que beneficiam o perfil fermentativo desejável como elevado teor de carboidratos solúveis e baixo poder tampão, a produção final não depende exclusivamente das cultivares, mas da interação genótipo x ambiente. Para a escolha da espécie, híbrido ou variedade destinada à produção de silagem, deve ser levada em consideração as características agrônômicas, produtividade, além das características de fermentação, estabilidade de preservação e manutenção dos nutrientes da silagem e valor nutritivo (NUSSIO, 1992; DEMARCHI et al., 1995; BRONDANI & ALVEZ FILHO, 1998; SILVA et al., 1999).

Segundo Cândido et al. (2002), a caracterização do cultivar quanto ao porte, aptidão e ciclo, tem grande influência na produção e valor nutritivo da forragem, podendo destacar a resistência ao acamamento, importante no processo de seleção, uma vez que o acamamento reduz a eficiência de colheita da forragem de sorgo. As taxas de acamamento estão associadas às características como altura de planta, diâmetro dos entrenós mais baixos e dos pedúnculos das inflorescências (ESECHIE et al., 1977). A maior altura dos genótipos experimentais com perfil para silagem pode torná-los mais suscetíveis aos efeitos do vento e de outras características que influenciam o processo de tombamento.

No presente estudo, os híbridos de sorgo biomassa apresentaram menores índices de acamamento quando comparados aos híbridos de sorgo forrageiro, apesar de serem híbridos conhecidos pela altura superior aos demais.

Entretanto, híbridos de maior porte apresentam elevada quantidade de colmos e, conseqüentemente, de fibras, que se concentram neste órgão que exerce função de sustentação na planta. Por terem sido cultivados em uma região de planície e ventos frequentes, híbridos de sorgo biomassa se tornam uma opção viável, entretanto, o acamamento não pode ser uma característica avaliada de forma isolada, mas como um critério de seleção e/ou exclusão.

A produção de ruminantes depende, dentre outros fatores, da qualidade do alimento, o qual fornece os nutrientes necessários para atender às necessidades nutricionais, tanto dos ruminantes como dos microrganismos do rúmen. Como parte dos procedimentos utilizados no manejo da ensilagem, temos a escolha da forrageira a ser conservada, que deve possuir características como boa produtividade e valor nutritivo, alto teor de carboidratos solúveis, baixo poder tampão e adequado teor de umidade.

A produção de sorgo para silagem recebe destaque especialmente nas regiões que possuem particularidades edafoclimáticas que limitam o potencial produtivo da cultura do milho, como é o caso das regiões mais sujeitas à ocorrência de veranicos (OLIVEIRA et al., 2002; PITOMBEIRA et al., 2002; NEUMANN et al., 2005). Contudo, o sorgo tem grande inserção em toda a região tropical sendo adaptado aos locais onde a temperatura média é de cerca de 20°C (RIBAS, 2008)

O sorgo (*Sorghum bicolor*) se destaca pela maior tolerância à seca e menor exigência nutricional que culturas tradicionais ao processo de ensilagem. Ademais, a silagem de sorgo possui de 85 a 95% do valor nutritivo da silagem de milho (SEIFFERT & PRATES, 1978; VALENTE et al., 1984).

O valor nutritivo de uma forrageira é primeiramente determinado pela sua composição (VAN SOEST, 1994). O estágio de maturação é o principal fator a afetar a composição química, conseqüentemente, o valor nutricional das plantas forrageiras.

Nos anos de cultivo deste experimento, os híbridos avaliados pertenciam ao mesmo ciclo vegetativo e todos foram colhidos no ponto de maturação para ensilagem.

Além do estágio fisiológico, a individualidade de cada espécie forrageira e os fatores ambientais influenciam sua composição. Dentre os fatores ambientais que afetam a composição forrageira, em ordem decrescente de importância pode-se citar: temperatura, luz, água, fertilização e características físico-químicas do solo (VAN SOEST, 1994), a espécie, a origem, as condições de cultivo, as condições ambientais durante o crescimento, a maturidade, a relação folha/colmo, o nível de inserção (topo ou base da planta) da fração amostrada e as características estruturais da parede celular (QUEIROZ et al., 2000).

O teor de MS no momento da colheita não só determina a qualidade final da silagem pela influência no tipo de fermentação que ocorrerá dentro do silo, como também seu consumo pelos animais. No sorgo, este valor varia com a idade de corte e com a natureza do colmo (CARVALHO et al., 1992). Neste experimento foram registradas diferenças significativas nos teores de MS seca dos híbridos, tanto de sorgo biomassa, quanto forrageiro, corroborando os estudos de Zago (1991) e Oliveira et al. (2005). No entanto, foram registrados forte evidência de efeito e contrastes significativos para os híbridos de sorgo forrageiro no presente estudo.

Diferenças no teor de MS entre híbridos no momento da colheita são, de fato, relatadas na literatura, mas fatores ambientais também influenciam o teor de MS, e tais diferenças na composição podem ser atribuídas à variação na precipitação pluviométrica, o que indica que neste experimento os híbridos de sorgo forrageiro foram mais sensíveis à precipitação do que os híbridos de sorgo biomassa.

Plantas forrageiras crescendo sob semelhante condição climática, mas em solos diferentes, podem apresentar composição diferente quando comparadas em um mesmo estágio fisiológico (VAN SOEST, 1994). O que pode justificar a diferença nos teores de MM nos diferentes anos de cultivo são as diferenças de pluviosidade, pois choveu mais no ano I do que no ano II. Teores similares de MM foram encontrados por Tamele (2009), estudando híbridos de sorgo forrageiro (0677-06 e 0734-06) com teores entre 83 e 84 g/kg.

Teores de cinzas implicam na determinação da quantidade de minerais presentes na forrageira, porém altos índices podem representar alto teor de sílica e esta não contribui nutricionalmente para os animais. As cinzas indicam riqueza de minerais no alimento, mas nunca quais minerais presentes e seus teores. Geralmente, alimentos de origem animal são ricos em cálcio e fósforo, já os alimentos vegetais possuem baixo valor de matéria mineral (VAN SOEST, 1965)

Segundo Argillier et al. (1994), o efeito de ano pode ser tão importante quanto o efeito de local. No presente estudo, foi registrado efeito do tipo x ano para os teores de GB, aFDN<sub>mo</sub>, LDA, PB e NDS. Na literatura não há relato dos possíveis fatores que influenciam o teor de GB do sorgo, a não ser o próprio material genético. Na planta de sorgo, a maior concentração de GB encontra-se

no grão, logo, uma maior proporção de grãos pode acarretar maior concentração de GB na planta, o que pode justificar maiores teores de GB em híbridos de sorgo forrageiro.

Em termos nutricionais, os constituintes vegetais podem ser divididos dicotomicamente em conteúdo celular e parede celular (matéria orgânica fibrosa). Essa divisão é feita pelo fato de o conteúdo celular ser uniformemente e completamente digerido, enquanto a digestibilidade da parede celular é variável (VAN SOEST, 1967; HUHTANEN et al., 2006). Portanto, a digestibilidade da MS pode ser expressa como função da concentração de parede celular.

Diferenças significativas para o teor de aFDN<sub>mo</sub> (MERTENS, 2002; UDÉN et al., 2005) da planta inteira foram observadas entre os tipos de híbridos avaliados e nos anos de cultivo. A concentração de aFDN<sub>mo</sub> é afetada pela precipitação pluviométrica e temperatura. Em regime baixo de chuvas, a concentração de aFDN<sub>mo</sub> tende a ser menor (WIERSMA et al., 1993). No entanto, essa diferença só foi significativa para o tipo de sorgo forrageiro, que apresentou menor teor de aFDN<sub>mo</sub> no ano II, ano este em que o regime de chuvas foi inferior. Na condição de déficit hídrico, o crescimento é afetado em maior extensão do que a fotossíntese, o que pode levar a um acúmulo de carboidratos não fibrosos no tecido vegetal e diminuir a concentração de aFDN<sub>mo</sub> (HATTENDORF et al., 1988; BARKER et al., 1993), entretanto, para o sorgo biomassa, esse efeito do estresse hídrico não foi registrado, inclusive, esse tipo de sorgo apresentou maiores teores de aFDN<sub>mo</sub> nos dois anos de cultivo quando comparado ao forrageiro. Uma vez que neste experimento não houve uso de irrigação para corrigir tal efeito da escassez de água, pode-se dizer que este efeito foi gerado pelas diferenças entre os genótipos e o ano e decorra também de diferenças na temperatura do ar, radiação etc. Essas diferenças podem ter sido grandes o suficiente entre os anos de avaliação, o que permite explicar o efeito de ano sobre a concentração de aFDN<sub>mo</sub> e, caracterizar, assim, o efeito de ambiente.

Por sua vez, a digestibilidade da parede celular é uma função da composição da própria parede celular, principalmente a concentração e composição da LDA. Com isso, qualquer fator que influencie na concentração e

composição da parede celular afeta a qualidade da forragem (ELLIS, 1978; VAN SOEST, 1965; 1967; 1994; JUNG, 2000; 2012).

De forma semelhante, o teor de LDA sofreu influência do ano de cultivo para os tipos de sorgo, pois registraram menores teores de LDA no ano II e, conseqüentemente, afetou a relação LDA/aFDN<sub>mo</sub>, que podem ser associados às diferenças na temperatura do ar, uma vez que a concentração de LDA é influenciada também pela temperatura. A diversidade da constituição das ligninas é tamanha que há variações não somente entre espécies vegetais, mas até mesmo entre tecidos da mesma planta (SALIBA et al., 2001). Essas diferenças parecem ser influenciadas também pelas condições edafoclimáticas, pelo estágio de maturação e pelo manejo a que são submetidas (SALIBA, 1998; DIXON et al., 2001)

É importante destacar que não houve diferença significativa entre os tipos de sorgo quanto ao teor de LDA. Característica importante relacionada à digestibilidade da fibra, a lignina é considerada responsável por efeitos negativos sobre a digestibilidade em diversos trabalhos (DANLEY & VETTER, 1973; HANNA et al., 1981; e LUSK et al., 1984). A composição da lignina pode exercer maior influência sobre a digestibilidade do que sua concentração propriamente dita (THORSTENSSON, 1992, citado por CORRÊA, 1996). Segundo DANLEY & VETTER (1973), o efeito da lignina está intimamente ligado à relação lignina/celulose ou lignina/FDA.

Oliveira et al. (2009) relatam valores médios de 88; 85; 84 e 89 g/kg de LDA para quatro híbridos de sorgo forrageiro: BR 700 (porte médio, com tanino), 1F 305; 0369 267; 0369 255 (porte alto, sem tanino). Enquanto Neumann et al. (2002) trabalharam com quatro híbridos de sorgo forrageiro (AGX-213, AG-2002, AGX-217 e AG-2005E), colhidos em diferentes épocas de maturação, e determinaram teores de Lig de 52, 42, 42 e 583 g/kg de lignina. No presente estudo, foram registrados teores entre 52 e 84 g/kg. Resultados semelhantes foram encontrados por Tomich et al. (2006). Santos (2001) avaliando capim elefante em diferentes alturas de corte, encontraram teores entre 92,5 e 78,3 g/kg para lignina.

Os teores de PB de híbridos de sorgo dependem da associação de diversos fatores como comportamento agrônômico do híbrido, estágio de maturação e condições edafoclimáticas da área de cultivo (GAGGIOTTI et al.,

1992). No ano II de cultivo do presente trabalho, foram registrados menores teores de PB, o que pode ser justificado pelas condições climáticas do ano em questão (maior acúmulo de conteúdo celular).

O teor de NDS é dado pela subtração  $NDS = 1000 - aFDN_{mo}$  e corresponde aos sólidos solúveis em detergente neutro, ou seja, em grande medida representa o conteúdo celular. Portanto, como o tipo de sorgo e anos de cultivo influenciaram o teor de  $aFDN_{mo}$ , observou-se que os mesmos fatores afetaram a concentração de NDS, mas em magnitudes no sentido oposto.

Os teores de Vegp e Pancp foram influenciados pelo ano, e principalmente pelo efeito de híbridos, em que híbridos do tipo forrageiro apresentaram maior teor de panículas, característica importante para híbridos com objetivo de ensilagem, uma vez que nos grãos se encontra maior parte da energia digestível da planta (VILELLA, 1985). Uma planta que possui elevada quantidade de grãos, possui maior quantidade de carboidratos solúveis em seus tecidos, contribuindo dessa forma para a fermentação. Os grãos também contribuem para a elevação do teor de massa seca da forragem ensilada.

A análise da composição química por mais de um ano permite avaliar qual ou quais fatores, isto é, tipos, híbridos, anos e suas interações, afetam a composição química. Entretanto, na seleção de híbridos para ensilagem, o que se busca é o rendimento por área, de modo que, apesar de diferenças significativas entre híbridos para determinado componente químico, o impacto de tais componentes perde importância quando essas diferenças não são mantidas nas avaliações para produção, isto é, rendimento.

Mantendo-se a qualidade da forragem, a produtividade é o fator determinante para adequação dos custos de produção (NEIVA e VOLTOLINI, 2006). Com relação ao sorgo, muitos são os fatores que podem contribuir para a produtividade da cultura e, portanto, pode-se esperar que, com um mesmo cultivar, obtenham-se resultados diferentes quanto à produção de forragem consoante às condições de cultivo. Dentre esses fatores estão: interceptação de radiação pelo dossel, eficiência metabólica, eficiência de translocação de fotossintatos para os grãos e capacidade de dreno (AGUIAR et al., 2000).

Ressalta-se ainda, que além da genética e do ambiente, a produção é influenciada por qualidade da semente, população de plantas, preparo, correção e adubação do solo, irrigação, controle de plantas daninhas, pragas e doenças

(MELLO, 2003) e época de plantio, pois variações na temperatura, pluviosidade e fotoperíodo, podem promover diferenças no desenvolvimento das plantas causadas pela interação genótipo x ambiente.

A produção por área dos híbridos avaliados sofreu efeito do híbrido dentro dos tipos e de ano para o rendimento de matéria natural (forragem fresca) por hectare. A produção por área é um fator intimamente ligado ao manejo produtivo ao qual é submetida a forrageira, além da capacidade produtiva inerente à mesma. A produtividade mínima aceitável para o sorgo é de 40 toneladas de massa verde por hectare, pois abaixo disso, torna-se economicamente inviável (VALENTE, 1992).

No presente estudo, todos os híbridos superaram a produtividade mínima, com híbridos do tipo forrageiro (15F26022 e 14F21028) alcançando 85 t/ha, e híbridos do tipo biomassa (201737B016) alcançando 98 t/ha.

O conhecimento do rendimento na matéria natural permite ao produtor dimensionar a área de plantio e o tamanho do silo, mas o critério utilizado na seleção para silagem deve ser a produção de MS por hectare, pois indica a produção de nutrientes por área.

No que diz respeito à produção de matéria seca, esta é uma importante característica na avaliação da viabilidade econômica de uma forrageira destinada à produção de silagem.

Neste estudo, a produtividade na matéria seca também sofreu efeito do ano e do híbrido dentro de tipo de sorgo, assim como a produtividade na matéria verde é fator intimamente ligado ao manejo produtivo ao qual é submetida a forrageira, além da capacidade produtiva da mesma. Dentro dos híbridos, se destacaram também os híbridos 15F26022, 14F21028 e 15F30005 do tipo forrageiro, e 201737B016 e 201737B008 do tipo biomassa. É importante ressaltar que tais híbridos são testes e não comerciais. Os teores de MS do sorgo são correlacionados ao estágio de maturação e à proporção entre as frações de colmo em relação às de folhas e panículas na planta (GONTIJO NETO et al., 2004).

Para a produtividade de parte vegetativa e de panículas, houve efeito do ano de cultivo, com menores produtividades no ano II. Já para os híbridos, se destacaram positivamente em produtividade os mesmos citados para produção de matéria seca. Nota-se que os referidos materiais se destacaram

principalmente pelos elevados valores de MSha e PANha, o que pode contribuir sobremaneira com o valor nutritivo e os nutrientes digestíveis totais das silagens.

Embora não pareça existir relação entre o conteúdo de grãos, o valor nutritivo (HUNT et al., 1993) e a produção da planta inteira (LEASK e DAYNARD, 1973; FAIREY, 1980), uma maior participação de grãos na massa ensilada se traduz em maior conteúdo de energia metabolizável e energia líquida de produção (WOODY et al., 1983), o que acarreta maior desempenho animal (PHIPPS et al., 1979; WOODY et al., 1983). O uso da produção de grãos ou panículas como únicos critérios de qualidade de selecionar um híbrido não se justifica, mas não reduz a importância da participação de grãos na massa ensilada.

Houve efeito do híbrido dentro do tipo de sorgo para os rendimentos de aFDNmoha, PBha, GBha e MOha. Uma vez que a temperatura do ar influencia não só a produção de grãos, mas também o crescimento da parte vegetativa, dado seu efeito sobre o ciclo da planta, foi visto que as condições climáticas terminaram por influenciar o teor de MS (WIERSMA et al., 1993). A resposta desigual dos genótipos de sorgo frente às diferentes condições climáticas prejudica a identificação de plantas com maior potencial para determinada região ou condição de cultivo. Existe grande variação entre as produções de matéria seca na literatura nos diferentes lugares, que pode ser explicado devido ao local, época de plantio e cultivar analisada, logo, tal fator pode ter influenciado na resposta dos híbridos para os rendimentos de aFDNmoha, PBha, GBha e MOha.

As interações tipo x ano registradas para LDAha e NDSHa e de ano para os rendimentos de aFDNmoha, PBha, GBha e MOha implicam flutuações nas condições ambientais entre anos que não podem ser previstas com antecedência, não sendo objetivo selecionar um híbrido que seja adaptado a uma circunstância especial que não possa ser prevista.

Apesar das vantagens da utilização de plantas de sorgo, por ser considerada uma espécie mais resistente às variações climáticas e estresse hídrico (BOTELHO et al., 2010) quando comparadas ao milho, por exemplo, alguns fatores bióticos como a ocorrência de pragas e doenças podem contribuir para a diminuição da produtividade da cultura e representar grande risco para o sistema de produção. Dentre estes fatores, podemos citar a suscetibilidade ao ataque por lagartas e ao pulgão verde.

Logo, o que se busca são genótipos mais bem adaptados a suportar as variações ambientais transitórias imprevisíveis, isto é, mais estáveis por conseguirem manter maiores rendimentos apesar das flutuações de ambiente e condições de cultivo (ALLARD e BRADSHAW, 1964).

Estabilidade, em geral, não implica constância de resposta do fenótipo aos vários ambientes, mas sim, àquelas características de produção e qualidade economicamente importantes que se mantêm estáveis para quaisquer ambientes (ALLARD e BRADSHAW, 1964). Neste estudo, foram registradas influência do ano de cultivo e respectivas interações com os tipos de sorgo, o que sugere a necessidade de se avaliar os híbridos por uma série de anos e até mesmo em outros locais, para obter inferências mais acuradas em termos de recomendação, num processo contínuo de seleção.

## 7. CONCLUSÃO

Os híbridos 15F26022,14F21028 e 15F30005 do tipo forrageiro, e 201737B016 e 201737B008 do tipo biomassa se destacam como potenciais genótipos para a produção de silagem no Norte do Rio de Janeiro por apresentar consistência no rendimento de matéria seca forrageira, compostos solúveis em detergente neutro, rendimentos de parte vegetativa e de panícula VEGha e PANha, além de teores de lignina na fibra que não destoam de outras culturas forrageiras tradicionais empregadas na alimentação de ruminantes.

A presença de interações duplas significativas implica maior variabilidade entre os híbridos e entre anos, o que indica a susceptibilidade do rendimento e qualidade forrageiros às condições de ambiente, o que torna a avaliação deles por mais anos e em outros locais, a fim de se selecionar os de maior rendimento e qualidade nutricional para a ensilagem.

## 8. REFERENCIAS

AGUIAR, S. M. L.; MORAIS, C. V. A.; GUIMARÃES, P. D. Cultivo do sorgo. EMBRAPA, 2000.

ALBUQUERQUE, C. J. B. VON PINHO, R. G.; RODRIGUES, J. A. S.; BRANT, R. SILVA. 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.

ALBUQUERQUE, C. J. B. et al. Espaçamento e densidade de semeadura para cultivares de sorgo granífero no semiárido. Bragantia, Campinas, v. 70, n. 2, p. 278-285, 2011.

ALLARD, R. W. e BRADSHAW. Implications of genoty-enviromental interactions in applied plant breeding. Crop Science. v. 4, 503-508, 1964.

ALLEN, V. G; BERRETT, E; J. HODGSON; KOTHMANN, M; LI, X; MORRIS, C; PEETERS, A; SANDERSON, M. An international terminology for grazing lands and grazing animals. Grass and Forage Science, v. 66, n. 1, p. 2-28, 2011.

ALMEIDA FILHO, J.E. et al. Avaliação agronômica de híbridos de sorgo granífero em diferentes regiões produtoras do Brasil. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, v.13, n. 1, p. 82-95, 2014.

AMORIM, S.L. de; MEDEIROS, R.M.T. de; RIET-CORREA, F. Intoxicações por plantas cianogênicas no Brasil. Ciência Animal, v.16, p.17-26, 2006.

ANDRADE JUNIOR, E. R. Relatório final caracterização e melhoramento de Sorgo. 2010. 15f. Artigo científico – Instituto Mato-Grossense do Algodão. Primavera do Leste, Mato Grosso, 2010.

ANDRADE NETO, R. Crescimento e produtividade do sorgo forrageiro BR 601 sobadubação verde, 2010

AOAC. Official Methods of Analysis. Gaithersburg: 15th Ed., AOAC INTERNATIONAL, 1990.

ARAUJO, V. L., RODRIGUES, N. M.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; BORGES, I.; BORGES, A. L. C. C.; SALIBA, E. O. S. Qualidade das silagens de três híbridos de sorgo ensilados em cinco diferentes estádios de maturação. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v.59, n.1, p.168-174, 2007.

ARGILLIER, O., HÉBERT, Y. e BARRIÈRE. Statistical analysis and interpretation of line x environment interaction for biomass yield in maize Agronomie. v. 14, p. 661-672, 1994.

BECK, H. E.; ZIMMERMANN, N. E.; MCVICAR, T. R.; VERGOPOLAN, N.; BERG, A.; WOOD, E. F. 2018. Present and future KöppenGeiger climate classification maps at 1-km resolution. Scientific Data 5:180214. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>

BARKER, D.J., SULLIVAN, C.Y., e MOSER, L.E. Water deficit effects on osmotic potential, cell wall elasticity, and proline in five forage grasses. Agronomy Journal v.85, p. 270–275, 1993

BARRIÈRE, Y.; RALPH, J.; MÉCHIN, V.; GUILLAUMIE, S.; GRABBER, J. H.; ARGILLIER, O.; CHABBERT, B.; LAPIERRE, C. Genetic and molecular basis of grass cell wall biosynthesis and degradability. II. Lessons from brown-midrib mutants. Comptes Rendus Biologies, Paris, v.327, p.847–860, 2004.

BRONDANI, I.L.; ALVES FILHO, D.C. Produção de silagem de qualidade. In: Produção intensiva com qualidade em bovinos de corte.Santa Maria. Anais. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, p. 82-88, 1998.

BOTELHO, O.R.F. et al. Avaliação de genótipos de sorgo em primeiro corte e rebrota para produção de silagem. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, v.9,n. 3, p. 287- 297, 2010.

BUSH, L. Plant Chemistry and Antiquality Components in Forage. In: Barnes, R. F.; Nelson, J.; Moore, K. J.; Collins, M. Forages: the science of grassland agriculture. 6. ed. Iowa, USA: Blackwell, 2007. v.2, p. 509-528.

CABRAL FILHO, S. L. S. Efeito do teor de tanino do sorgo sobre a fermentação ruminal e parâmetros nutricionais de ovinos. 2004. 88 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura. Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

CÂNDIDO, M.J.D.; OBEID, J.A.; PEREIRA, O.G.; CECON, P.R.; QUEIROZ, A.C.; PAULINO, M.F.; GONTIJO NETO, M.M. Valor nutritivo de silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) sob doses crescentes de adubação. Revista Brasileira de Zootecnia, v.31, n.1, p.20-29, 2002.

CARVALHO, D.D., ANDRADE, J.B., BIONDI, P. et al. 1992. Estádio de maturação na produção e qualidade da silagem de sorgo. I. Produção de matéria seca e da proteína bruta. Bol. Ind. Anim., 49(2):91-99.

CASLER, M. D.; PEDERSEN, J. F.; UNDERSANDER, D. J. Forage yield and economic losses associated with the brown-midrib trait in sudangrass. *Crop Science*, Madison, v.43, p.782-789, 2003.

CASTRO, FERNANDA MARIA RODRIGUES. Potencial Agronômico e Energético de Híbridos de Sorgo Biomassa / Fernanda Maria Rodrigues Castro. – Lavras: UFLA, 2014. 80 p.: il. Dissertação (mestrado acadêmico) – Universidade Federal de Lavras, 2014.

COELHO, A. M. COELHO, A. M.; WAQUIL, J. M.; KARAM, D.; CASELA, C. R.; RIBAS, P. M. Seja o doutor do seu sorgo. Informações Agronômicas, Piracicaba, n. 100, p. 1-24, 2002. (Arquivo do agrônomo, 14).

COLOMBINI, S; ZUCALI, M; RAPETTI, L.; CROVETTO, G.M. Substitution of corn silage with sorghum silages in lactating cow diets: In vivo methane emission and global warming potential of milk production. *Agricultural Systems*, v. 136, n.1, p. 106-113, 2015.

CORRÊA, C.E.S. Qualidade das silagens de três híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench) em diferentes estádios de maturação. Belo Horizonte, MG: UFMG, 1996. 121p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

CRUZ, C.D., REGAZZI, A.J., (1997) Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético. 2. ed. Viçosa: Editora Viçosa, 480p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. Modelos Biométricos Aplicado ao Melhoramento Genético. 4. Ed. Viçosa: UFV, 2012. 514 p.  
CUMMINS, D.G. 1981. Yield and quality changes with maturity of silage type sorghum fodder. *Agron. J.*, 73(3):988-9

DANLEY, M.M., VETTER, R.L. 1973. Changes in carbohydrate and nitrogen fractions and digestibility of forages: maturity and ensiling. *J. Anim. Sci.*, 37(4):994-999

DANTAS, T. F. FERRARI, J.V.; MATOSO, A DE OLIVEIRA; CRUZ, L.T. Avaliação do sorgo forrageiro em diferentes épocas de colheita. In: SINTAGRO, SIMPÓSIO NACIONAL DE TECNOLOGIA EM AGRONEGÓCIO, n. 8, 2016, Jales, SP. Anais... Jales, SP. 2016. p. 1-15.

DEMARCHI, J.J.A.A.; BOIN, C.; BRAUN, G. A cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) para produção de silagens de alta qualidade. *Zootecnia Nova Odessa, Nova Odessa*, v.33, n. 3, p.111-136, 1995.

DINIZ, G. M. M. Produção de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench): aspectos gerais. Dissertação (Mestrado em Melhoramentos Genético de Plantas) – Recife – PE, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife – UFRPE, 97p, 2010.

DIXON, R.A. ET AL. The biosynthesis of monolignols: a "metabolic grid", or independent pathways to guaiacyl and syringyl units? *Phytochemistry*, v. 7, n. 57, p.1069-1084, 2001.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MILHO E SORGO. Cultivo do sorgo. Brasília, 2014.

ELLIS, W. C. Determinants of grazed forage intake and digestibility. *Journal of Dairy Science*. v. 61, p. 1828-1840, 1978.

ESECHIE, H. A.; MARANVILLE, J. W.; ROSS, W. M. Relationship of stalk morphology and chemical composition to lodging resistance in sorghum. *Crop Science, Madison*, v. 17, n. 4, p. 609-612, 1977.

ETUK, E. B. OKEUDU, N.J; UDEDIBIE, A.B.I. Antinutritional factors in sorghum: chemistry, mode of action and effects on livestock and poultry. *Online Journal of Animal and Feed Research*, v. 2, n. 2, p. 113-119, 2012.

FAIREY, N. A. Hybrid maturity and the relative importance of grain and stover for the assessment of the forage potential of maize genotypes grown in marginal and non-marginal environments. *Canadian Journal Plant Science*. v. 60, p. 539-545, 1980.

FALES, S. L.; FRITZ, J. Factors Affecting Forage Quality. In: Barnes, R. F.; Nelson, J.; Moore, K. J.; Collins, M. *Forages: The Science of Grassland Agriculture*. 6. ed. Iowa, USA: Blackwell, 2007. v.2, p. 569-582.

FAO. El sorgo y el mijo en la nutrición humana. Colección FAO: Alimentación y nutrición, nº 27, Roma, 1995. 197 p.

FERRARI, S. e CRIBARI-NETO. Beta regression for modelling rates and proportions. *Journal of Applied Statistics*. v. 31, 799-815, 2004.

FRITZ, J. O.; MOORE, K. J.; JASTER, E. H. Digestion kinetics and cell wall composition of brown midrib sorghum x sudangrass morphological components. *Crop Science, Madison*, v.30, p.213–219, 1988.

GAGGIOTTI, M. C., ROMERO, L. A., BRUNO, O. A. et al. Cultivares de sorgo forrajero para silaje. II- Características fermentativas y nutritivas de los silajes. *Revista Argentina de Produção Animal*, v.12, p.163-167, 1992.

GOBETTI, S.T.C.; Produção de sorgo forrageiro sob corte e pastejo. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Estadual do Centro Oeste - PR, 2010.

GOERING, H. K., VAN SOEST, P. J. Forage fibre analyses. Apparatus, Reagents, Procedures, and Some Applications. Agric. Handbook No. 379, ARS-USDA, Washington, DC. 197

GONTIJO NETO, MM; OBEID, JA; PEREIRA, OG; CECON, ACQ; ZAGO, CP; CANDIDO, MJD; MIRANDA, LF Híbridos de sorgo ( Sorghum bicolor (L.) Moench) cultivados sob níveis crescentes de adubação. Características agrônômicas, carboidratos solúveis e Estruturais da planta. Revista Brasileira de Zootecnia , Viçosa, v.33, n.6, p.1975-1984, novembro / dez. 2004.

HANNA, W.W., MONSON, W.G., GAINES, T.P. 1981. IVDMD, total sugars and lignin measurements on normal and brown midrib (bmr) sorghums at various stages of development. Agron. J., 73(6):1050-1052.

HATTENDORF, M. J., CARLSON, R. E., HALIM, R.A., e BUXTON, D. R. Crop water stress index and yield of water-deficit-stressed alfalfa. Agronomy Journal. v. 80 p. 871–875, 1988.

HECKLER, J. C. Sorgo e girassol no outono inverno, em sistema plantio direto, no Mato Grosso do Sul, Brasil. Ciência Rural, Santa Maria, v. 32, n. 3, p. 517-520, 2002.

HUHTANEN, P., NOUSIAINEN, J. e RINNE, M. Recent developments in forage evaluation with special reference to practical applications. Agricultural and Food Science. v. 15, p. 293- 3323, 2009.

HUNT, C. W., KEZAR, W., HINMAN, D. D., COMBS, J. J., LOESCHE, J. A. e MOEN, T. Effects of hybrid and ensiling with and without a microbial inoculant on the nutritional characteristics of whole-plant corn. Journal Animal Science. v. 71, p. 38-43, 1993.

JUNG, H. J. G. Forage digestibility: The intersection of cell wall lignification and plant tissue anatomy. In: 23<sup>o</sup> Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium, Gainesville. P. 162-173, 2012.

JUNG, H. J. G., JORGENSEN, M. A., LINN, J. G. e ENGELS, F. M. Impact of accessibility and chemical composition on cell wall polysaccharide degradability of maize and Lucerne stems. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. v. 80, p. 419-427, 2000.

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B. AND RUBEL, F. 2006. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift* 15:259-263. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>.

LEASK, W.C. e DAYNARD, T. B. Dry matter yield, in vitro digestibility, percent protein, and moisture of corn stover following grain maturity. *Canadian Journal Plant Science*. v. 53, 515- 522, 1973.

LOURENÇO, M. E. V.; MASSA, V. M. L.; PALMA, P. M. M.; RATO, A. E. M. Potencialidades do sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] para a produção sustentável de bioetanol no Alentejo. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 30, n. 1, p. 103-110, 2010.

LUSK, J.W., KARAU, P.K., BALOGU, D.O. et al. 1984. Brow mibrid sorghum or corn silage for milk production. *J. Dairy Sci.*, 67(8):1739-1744.

MACHADO, L. A. Z. ASSIS, P. G. G. de; PALOMBO, C. Sorgo para pastejo/corte e cobertura do solo no período de outono/inverno (safrinha) em Mato Grosso do Sul. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Embrapa Agropecuária Oeste. Dourados, MS*. v. 1, n.1, p 1-21, 2004.

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M. Ecofisiologia da produção de sorgo. Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, 2003. 4p. (Comunicado Técnico, 87).

MAGALHAES, P. C.; DURAES, F. O. M.; RODRIGUES, J. A. S. Ecofisiologia. In: RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). *Cultivo do sorgo*. 3. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de produção, 2)

MAY, A., ALBUQUERQUE FILHO, M, R., RODRIGUES, J, A, S., LANDAU, E. C., PARRELA, R, A, DA C., MASSAFERA, R., 2011. Cultivares de sorgo para o

mercado brasileiro na safra 2011/2012. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 117) Sete Lagoas, 28 p.

MAY, A.; PARRELLA, R. A. da C.; DAMASCENO, C. M. B.; SIMEONE, M. L. F. Sorgo como matéria-prima para produção de bioenergia: etanol e cogeração. Sorgo: inovações tecnológicas: Informe Agropecuário. n. 278. v. 35. Belo Horizonte, EPAMIG, 2014.

MELLO, R.; NÖRNBERG, J. L.; ROCHA, M. G.; DAVID, D. B. Análise produtiva e qualitativa de um híbrido de sorgo interespecífico submetido a dois cortes. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, v.2, n.1, p.20-33, 2003.

MERTENS, D. R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. Journal of AOAC International, v. 85, n. 6, p. 1217-1240, 2002.

MÖLLER, J. Gravimetric determination of acid detergent fiber and lignin in feed: interlaboratory study. Journal of AOAC International, v. 92, p. 74-90, 2009.

MOORE, J. E. Forage quality index: development and application In: G.C. Fahey, Jr. (Ed.) Forage quality, evaluation, and utilization. Madison, WI: ASA, CSSA, SSSA, 1994. p. 977- 998.

NASCIMENTO JÚNIOR, D; EUCLIDES, V. B. P; Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros. In: REIS, R.A.; BERNARDES, T.F. E SIQUEIRA, G.R. Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2013. p. 457- 473.

NEIVA, J. N. M.; VOLTOLINI, T. V. Produção e conservação de volumosos para reserva estratégica. In: NEIVA, A. C. G. R.; NEIVA, J. N. M. (Org). Do campus para o campo: tecnologias para a produção de leite. Fortaleza: Expressão, EMVZ/UFT, 320p, 2006.

NEUMANN, M.; RESTLE, J; ALVES FILHO, D. C. Et al. 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 (suplemento).

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; BRONDANI, IL; NORBERG, LJ; MELLO, RO; PELLEGRINI, G.; SOUZA, ANM Comportamento Produtivo e Custo de Produção de Híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) silagem para. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, v.2, n.3, p.43-54, set. / dez. 2003.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; BRONDANI, I.L. Efeito do tamanho da partícula e do tipo de silo sobre o valor nutritivo da silagem de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, v.4, n. 2, p.224-242, 2005.

NEUMANN, M.; RESTLE, J; SOUZA, A. N. M; PELLEGRINI, L. G.; ZANETTE, P. M.; NORBERG, J.L. SANDINI; I.E. DESEMPENHO VEGETATIVO E QUALITATIVO DO SORGO FORRAGEIRO (*SORGHUM BICOLOR X SORGHUM SUDANENSE*) EM MANEJO DE CORTES. REVISTA BRASILEIRA DE MILHO E SORGO, V.9, N.3, P. 298-313, 2010.

NUSSIO, L.G. Produção de silagem de alta qualidade. In: Reunião nacional de milho e sorgo. Porto Alegre. Anais.PortoAlegre: Secretaria de Agricultura e Abastecimento, p.155-175, 1992.

OLIVEIRA, J.S.; FERREIRA, R.P.; CRUZ, C.D. et al. Adaptabilidade e estabilidade em cultivares de sorgo. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v.31, n. 2, p.883-889, 2002.

OLIVEIRA, E. R. DE. et al. Características agronômicas de cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) sob três doses de nitrogênio. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v.35, n. 1, p. 45-53, 2005.

OLIVEIRA, V. D. S.; NETO, J. A. S.; VALENÇA, R. de L.; SILVA, B. C.D.; SANTOS, A. C. P. Carboidratos fibrosos e não fibrosos na dieta de ruminantes e seus efeitos sobre a microbiota ruminal. Veterinária Notícias, v. 22, n. 2, p. 01-18, 2016.

PARRELLA, R. A. C.; RODRIGUES, J. A. S.; TARDIN, F. D.; DAMASCENO, C. M. B.; SCHAFFERT, R. E. Desenvolvimento de híbridos de sorgo sensíveis ao fotoperíodo visando alta produtividade de biomassa. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 25p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 28).

PARRELLA, R. A. C. Desempenho agronômico de híbridos de sorgo biomassa. Sete Lagoas: EMBRAPA MILHO E SORGO, 2011. 19 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 41).

PEDERSEN, W. L e ROONEY, J. F. Warm-Season (C4) grasses: sorghums. Madison, Wisconsin, EUA: American Society Of Agronomy, 2004. p. 1057-1080.

PEREIRA, G. A.; PARRELLA, R. A. C. Desempenho agronômico de híbridos de sorgo biomassa. In: Congresso Nacional de milho e sorgo, Águas de Lindóia. Anais... Águas de Lindóia: (s.n.).2012.

PHIPPS, R. H., WELLER, R. F. e FULFORD, R. J. The development of plant components and their effects on the composition of fresh and ensiled forage maize. 3. The effect of grain content on milk production. Journal Agricultural Science. v. 92, p. 493-498, 1979.

PINHO, R. G. V.; VASCONCELOS, R. C. de; BORGES, I. D. e RESENDE, A. V. de. Produtividade e qualidade da silagem de milho e sorgo em função da época de semeadura. Bragantia, v. 66, n. 2, p. 235-245, 2007.

PITOMBEIRA, J.B.; CASTRO, A.B.; POMPEU, R.C.F.F. et al. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de sorgo forrageiro em cinco ambientes do estado do Ceará. Ciência Agronômica, Fortaleza, v.34, n. 1, p.20-24, 2002.

PORTUGAL, AF; ROCHA, VS; SILVA, AG da; PINTO, GHF; PINA FILHO, OC Fenologia de cultivares de sorgo no Período de verão e na rebrota safrinha. Revista Ceres, Viçosa, V.50, n.289, p.325-336, maio / junho 2003.

RAMALHO, M.A.P., SANTOS, J.B., ZIMMERMANN, M.J.O. (1993) Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro. Goiânia: UFG, 271p.

RIBAS, P. M. Plantio: a implantação da cultura. In: Rodrigues, J. A. S. (Ed.). Cultivo do sorgo. 4. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008.

RIBAS, M.N. Avaliação agronômica e nutricional de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes bmr - portadores de nervura marrom. 2010. 140 f. Tese (Doutorado em zootecnia). Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte.

RODRIGUES, B. M. Composição bromatológica de genótipos de sorgo no município de São João del-Rei / Bárbara Martins Rodrigues. Montes Claros, MG: Instituto de Ciências Agrárias/UFMG, 2018. 39 f.: il. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) Universidade Federal de Minas Gerais / Instituto de Ciências Agrárias, 2018.

RODRIGUES, J. A. S.; SANTOS, F. G. (Ed.). Sistema de produção de sorgo. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. Versão eletrônica. (Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção, 2)

RODRIGUES, J. A. S. Sorgo forrageiro para silagem, corte e pastejo. Sorgo: inovações tecnológicas: Informe Agropecuário. n. 278. v. 35. EPAMIG, 2014.

RODRIGUES, J. A. S. PEREIRA FILHO, I. A. Manejo Cultural. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p 124 - 129. Sorgo: Coleção 500 perguntas 500 respostas.

RODRIGUES, P. H. M.; SENATORE, A.L.; ANDRADE, S.J.T.; RUZANTE, J.M.; LUCCI, C.S.; LIMA, F.R.; . Efeitos da adição de inoculantes microbianos sobre a composição bromatológica e perfil fermentativo da silagem de sorgo produzida em silos experimentais. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 31, n. 6, p. 2169-2175, 2002.

ROSA, W. J. A cultura do sorgo: manejo integrado de pragas do tomateiro para processamento industrial. Circular Técnica. Emater – MG, 2012.

SALIBA, E. DE O. S. ET AL. Lignins: Isolation methods and chemical characterization. Ciênc. Rur., v. 31, p. 917–928, 2001.

SALIBA, E.O.S. Caracterização química e microscópica das ligninas dos resíduos agrícolas de milho e de soja expostas a degradação ruminal e seu efeito sobre a digestibilidade dos carboidratos estruturais. Belo Horizonte, Tese (Doutorado em Ciência Animal) – EV-UFMG, 252p., 1998.

SANS, L. M. A. MORAIS, A.V.C.; GUIMARÃES, D.P. Época de plantio de sorgo (Comunicado Técnico). MAPA. Sete Lagoas. 2003.

SANS, L. M. A.; SANTANA, D. P. Cultivo do milho: clima e solo. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas. 2007. 3p.

SANTOS, E.A., Composição Química do Capim-Elefante cv. Roxo Cortado em Diferentes Alturas. Rev. bras. zootec., 30(1):18-23, 2001

SANTOS, F.G., CASELA, C.R., WAQUIL, J.M.Melhoramento de Sorgo. In: Borém, A.(org) Melhoramento de Espécies Cultivadas. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, p. 429-466. 2005

SEIFFERT, N.F.; PRATES, E.R. Forrageiras para ensilagem. II- Valor nutritivo e qualidade de silagem de cultivares de milho (Zeamays, L.) sorgos (Sorghumsp) e milhetos (Pennisetumamericanum, Schum). Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v.7, n. 2, p.183- 195, 1978.

SILVA, N.L.Q. Terminação de novilhos em confinamento alimentados com silagem de dois híbridos de sorgo (Sorghum bicolor L. Moench) associados a três níveis de concentrado. 54 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1999.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. Análise de Alimentos: Métodos químicos e biológicos. 3.ed. Viçosa: UFV, 2002. p.165.

SILVA, A.G.; ROCHA, V.S.; CRUZ, C.D. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de sorgo forrageiro semeados em diferentes épocas do ano. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, v.4, n. 1, p. 112-125, 2005.

SILVA, L.C.R.; RESTLE, J. Avaliação do milho (Zea mays L.) e do sorgo (Sorghum bicolor L. Moench) para produção de silagem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 30., 1993, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1993. p.467

SOUZA, L. F. PARRELLA, R. A. da C.; SANTOS, C. V. dos; SOUZA, V. F. de; PARRELLA, N. N. L. D.; SCHAFFERT, R. E. Desempenho produtivo de híbridos de sorgo biomassa em diferentes ambientes. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 2016. 4 P. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MILHO E SORGO, n. 31, 2016, Bento Gonçalves, RS. Anais... Bento Gonçalves, RS, 2016. p. 1-4.

STEPHENS, J. C.; HOLLAND, P. F. Cytoplasmic male sterility for hybrid sorghum seed production. *Agronomy Journal*, v. 46, p. 20-23, 1954.

STROUP, W. W. Generalized linear mixed models: Modern concepts, methods and application. Taylor & Francis Group, LLC, Boca Raton, 2013.

STROUP, W. W. 2015. Rethinking the analysis of non-normal data in plant and soil science. *Agronomy Journal* 107:811-827. <https://doi.org/10.2134/agronj2013.0342>

TAMELE, O.H. Manejo de híbridos de sorgo e cultivares de milho em sistemas de pastejo rotativo. 60 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Campus de Jaboticabal, Jaboticabal, 2009.

TARDIN, F.D., RODRIGUES, J.A.S., COELHO, R.R. (2010) Cultivo do sorgo: Cultivares. In: Sistemas de produção 2. [http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo\\_4\\_ed/cultivares.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_4_ed/cultivares.htm) em 13/01/2019.

THIEX, N. J MANSON, H; ANDERSSON. S; PERSSON, J.A. Determination of Crude Protein in Animal Feed, Forage, Grain, and Oilseeds by Using Block Digestion with a Copper Catalyst and Steam Distillation into Boric Acid: Collaborative Study. *Journal of AOAC International*, v. 85, n. 2, p. 309-317, 2002.

THIEX, N. J.; ANDERSON, S.; GILDEMEISTER, B. Crude Fat, Hexanes Extraction, in Feed, Cereal Grain, and Forage (Randall/Soxtec/Submersion Method): Collaborative Study. *Journal of AOAC International*, v. 86, n. 5, p. 899-908, 2003.me

TOMICH, T.R.; PEREIRA, L.G.R.; GONÇALVES, L.C. et al. Características químicas para avaliação do processo fermentativo de silagens: uma proposta para qualificação da fermentação. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003. 20p.

UDÉN, P, ROBINSON, P. H. e WISEMAN. Use of detergent system terminology and criteria for submission of manuscripts on new, or revised, analytical methods as well as descriptive information on feed analysis and/or variability. *Animal Feed Science and Technology*. v. 118- 186, 2005.

VALENTE, J.O.; SILVA, J.F.C.; GOMIDE, J.A. Estudo de duas variedades de milho (Zeamays L.) e de quatro variedades de sorgo para silagem. 2. Valor nutritivo e produtividade das silagens. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 13, n. 1, p. 67-73, 1984.

VALENTE, J. O. Introdução. In: Manejo cultural do Sorgo para forragem. Circular Técnica, EMBRAPA/CNPMS, n.17, p.5-7, 1992.

VAN SOEST, P.J. Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forages. *Journal of Animal Science*. v.26, p.119-128, 1967.

VAN SOEST, P. J. Nutritional ecology of the ruminant. 2 ed. Ithaca. Cornell University Press, 1994, 476 p. VAN SOEST, P. J. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: Voluntary intake relation to chemical composition and digestibility. *Journal Animal Science.*, v.24, p.834-844, 1965.

VILELLA, O. Sistema de consorciação de forragem. *Boletim Pesquisa*, Coronel Pacheco, EMBRAPA/CNPGL, Coronel Pacheco, p.15, 1985.

VAN SOEST, P.J. Nutritional Ecology of Ruminants, 2ed. Cornell University Press, p. 476, 1994

WIERSMA, D.W. et al. Kernel milkline stage and corn forage yield, quality, and dry matter content. *Journal of production agriculture*, v. 6, n. 1, p. 94-99, 1993

WHEELER, J. L. Increasing animal production from sorghum forage. *World Animal Review*, Singapore, n. 35, p. 13-22, 1980.

WHITE, J.S., BOLSEN, K.K., POSLER, G. et al. 1991. Forage sorghum dry matter disappearance as influenced by plant part proportion. Anim Feed Sci. Techn., 33(3/4):313-322.

WOODY, H. D., FOX, D. G. e BLACK, J. R. Predicting energy value of corn silage varying in grain content. Journal Animal Science. v. 57, p. 710-716, 1983.

ZAGO, C.P. Cultura de sorgo para produção de silagem de alto valor nutritivo. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4, 1991, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, p.169-217, 1991.

ZAGO, C. P. Utilização do sorgo na alimentação de ruminantes. Manejo cultural do sorgo para forragem. Circular técnica, Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, v. 17, p. 9-26, 1997.