



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

EDISON ANTONIO PIN

SILAGEM DO BAGAÇO DE SORGO SACARINO

TESE DE DOUTORADO

PATO BRANCO

2015

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

EDISON ANTONIO PIN

SILAGEM DO BAGAÇO DE SORGO SACARINO

TESE DE DOUTORADO

PATO BRANCO

2015

EDISON ANTONIO PIN

SILAGEM DO BAGAÇO DE SORGO SACARINO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Agronomia - Área de Concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. André Brugnara
Soares

Co-Orientador: Prof. Dr. Jean Carlo
Possenti

PATO BRANCO

2015

Dados Internacionais de Catalogação

P645s Pin, Edison Antonio
Silagem do bagaço de sorgo sacarino / Edison Antonio Pin. - 2015.
85 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. André Brugnara Soares.

Co-orientador: Prof. Dr. Jean Carlo Possenti.

Tese (Doutorado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco, 2015.

Bibliografia: f. 73-85.

1. Agronomia 2. Sorgo sacarino 3. Nutrição animal I. **Soares, André Brugnara**, orient. II. **Possenti, Jean Carlo**, co-orient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDD 22. ed.: 630

Ficha Catalográfica elaborada por: Leandro Pandini, 2015.

CRB – 9/1473



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Pato Branco
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Agronomia



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Tese n.º 003


Silagem do Bagaço de Sorgo Sacarino


por


Edison Antônio Pin


Tese apresentada às oito horas e trinta minutos do dia dez de abril de dois mil e quinze, como requisito parcial para obtenção do título de DOUTOR EM AGRONOMIA, Linha de Pesquisa – Sistemas de Produção Vegetal, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:


Prof. Dr. Patrick Schmidt
UFPR - Curitiba

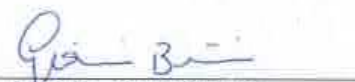

Prof. Dr. Clóves Cabrerá Jobim
UEM - Maringá


Prof. Dr. Jean Carlo Possenti
UTFPR - DV


Prof. Dr. André Brugnara Soares
UTFPR - PB
Orientador


Prof. Dr. Paulo Fernando Adami
UTFPR - PB

Visto da Coordenação:


Prof. Dr. Giovani Benin
Coordenador do PPGAG

Dedico este estudo aos meus progenitores Etenilo Tiziani Pin e Terezinha Líbera Dameto Pin pela vanguarda dos seus ideais compartilhando com esta conquista.

AGRADECIMENTOS

A “Deus” que me assegurou a mente e o corpo sadios nos ambientes profícuos que vivenciei, compartilhando o dinamismo e a competência de funcionários, universitários e docentes nas instituições, que enriqueceram o meu aprendizado.

E rumo à titulação almejada, o professor Doutor André Brugnara Soares do PPGAG, foi desde o mestrado o meu grande “mestre” pela sabedoria em conduzir-me ao caminho da excelência. Uma frase dita por ele se eternizou em minha mente: “Faca na boca e sangue nos olhos”, motivando mais um pupilo na batalha da vida. Sempre terei este gaúcho buenacho como um admirável ser humano e um exemplo de profissional.

Ao professor co-orientador Doutor Jean Carlo Possenti da UTFPR campus Dois Vizinhos – Paraná, pelo convite ao projeto do Sorgo Sacarino com a participação da Embrapa, que foi importante para o ingresso no doutorado onde fui dignamente recebido. E faço menção ao prefeito Luiz Pontes do Cruzeiro do Iguaçu, aos professores Lindolfo Storck e a acadêmica Sabrina Kluska da UTFPR que colaboraram nas minhas atividades de doutorando. E cito a UNISEP que me acolheu e onde me dedico à docência com orgulho e afinco.

Neste período de prosperidade, desfrutei do meio acadêmico na UFPR, Curitiba, onde realizei um sonho de adolescente paranaense, estudar na Federal do Paraná. E uma conquista memorável foi à seleção no programa “Ciência Sem Fronteira”, onde foram importantes o PPGAG e a Pró-reitora da UTFPR e a CAPES. Os quais de maneira séria e eficiente colaboraram com o meu estágio na Itália.

In UNIPD (Università di Padova) trovato la conoscenza fienile e attraverso il mio grande professore Dr. Martino Cassandro, le porte di una Università formidabile aperto nel calore di insegnanti, operatori, colleghi e amici compatrioti. Nel frattempo, ho contattato con Icrisat in India, Ceta, Arav, Intermizoo, Cortal ExtraSoy, Dinamica Generale, Bioagro e Veneto Agricoltura l'Italia, con i dividendi professionali reciproci. E cedere l'antica storia italiana con lo splendore della sua ricchezza materiale, intellettuale e spirituale che ha cambiato le teste della storia della mia vita.

A gentileza dos professores doutores Mikael Neumann, Lucas da Silva Domingues e Wagner Paris que me sabatinaram na prova de qualificação e aperfeiçoaram os meus estudos. Assim como os professores doutores membros da banca, Cloves Cabrera Jobim, Patrick Schmidt e Paulo Fernando Adami que me honraram com suas presenças, analisando, criticando e avalizando minha defesa de doutorado.

Os meus amigos de “bar e de cruz” que tiveram as palavras certas no infortúnio e o abraço forte na vitória, reconheço que sem eles o itinerário seria árduo. Faço a reverência especial aos meus queridos pais, Etenilo e Terezinha Pin e enalteço a participação dos meus irmãos Paulo, Roberto, Eli e Cláudia, com a devida compreensão que cada um pode expressar ao meu idealismo.

E mesmo, com o fardo dos compromissos, que afetaram por vezes a minha saúde física e mental, a minha família, em especial a companheira Dilva e os meus filhos Angela e o Eduardo sempre me apoiaram com fé, paz e amor verdadeiros. E na magia do nascimento do meu neto Vicente concomitante ao meu láureo de doutor, me curvo às forças divina e humana dizendo: **Veni, Vide, Vici** (Júlio Cesar, 40 a.C).

*Você nunca será mais feliz do que você espera. Para mudar a sua felicidade, mude as suas expectativas (**Bette Davis**). E é preciso força pra sonhar e perceber que a estrada vai além do que se vê (**Los Hermanos**).*

RESUMO

PIN, Edison Antonio. Título. 85 Folhas f. Tese (Doutor em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2015.

No Brasil o sorgo sacarino é utilizado para a geração de etanol e o bagaço é queimado em caldeiras industriais ou depositado no solo poluindo o ambiente. O presente estudo avaliou o desempenho das plantas de sorgo e o valor nutricional da silagem do bagaço dos genótipos visando à nutrição de ruminantes. Os experimentos foram implantados no campus da UTFPR em Dois Vizinhos-PR. O primeiro ensaio foi estabelecido no dia 02 de outubro de 2012 usando os genótipos ADV 2010, Hunnigreen, Sugargraze, Volumax, BR 505, 503, 501 e o segundo em 2013 no dia 27 de novembro avaliando os materiais ADV 2010, Sugargraze, Hunnigreen, EX 5110, BR 506, 508, 509 e 511. O delineamento experimental empregado foi o de blocos ao acaso com três repetições, analisando os resultados por meio da ANOVA e comparando as médias pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade de erro. As variáveis de campo avaliadas foram à altura de plantas (Alt Pl), produção de massa verde (Prod MV), percentual de folhas, colmo e panículas em relação à planta, produção de colmos despalhados (Prod Col Desp), produção de colmos inteiros (Prod Col Int), diâmetro de colmos (Dia Col), produção de caldo (Prod Cal) e graus Brix (°Brix). Após a extração do caldo das plantas, fez-se a trituração e acondicionamento da forragem em silos por 60 dias e no bagaço, estimou-se o rendimento de matéria verde (MV). Na silagem do bagaço aferiu-se a capacidade tampão (CT), potencial hidrogeniônico (pH), matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), carboidratos totais (CHT), carboidratos não fibrosos (CHNF), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG) e digestibilidade “in vitro” (DIGIV). Não ocorreu distinção significativa ($P>0,05$) entre os genótipos sobre a produção de MV e, no cômputo geral, na segunda safra o rendimento foi menor e repercutiu na redução da produção de bagaço. Na silagem do bagaço o percentual de MS foi de 32,3% e de 33,1%; a FDN de 73% e 65,8%, PB de 3,8 e 5,9%; pH de 3,7 e 3,7; CT de 9,8 e 10,7 e. mg MS⁻¹;

a quantidade de CHNF foi de 11,1 e 13,5%; DIGIV da MS de 36,9 e 62,4%, para os bagaços produzidos dos materiais cultivados nas safras 2012/2013 e 2013/2014 respectivamente. Os genótipos híbridos tiveram um melhor desempenho agrônômico enquanto que as variedades foram mais eficientes nos índices bromatológicos. E apesar do elevado percentual de FDN e o baixo nível proteico, é possível alimentar os ruminantes com esse coproduto.

Palavras-chave: Bagaço, genótipos, sorgo sacarino, silagem, valor nutritivo

ABSTRACT

PIN, Edison Antonio. Title. 85 leaves f. thesis (PhD in Agronomy) - Graduate Diploma in Agronomy Program (Concentration Area: Plant Production), Federal University of Technology - Paraná. Pato Branco, 2015.

Brazilian sweet sorghum is used to generate ethanol and the bagasse is burned in industrial boilers or deposited on soil polluting the environment. This study evaluated the performance of sorghum plants and its bagasse silage nutritional value aiming to use it in the ruminant nutrition. Experiments were set up on the UTFPR campus at Dois Vizinhos-PR. The first trial was established on October 2nd, 2012 using the genotypes ADV 2010, Hunnigreen, Sugargraze, Volumax, BR 505, 503, 501 and the second trial at 2013 on November 27th assessing the materials ADV 2010, Sugargraze, Hunnigreen, EX 5110, BR 506, 508, 509 and 511. Experimental was laid out as a randomized block design with three replications. Results were analyzed through ANOVA comparing the averages by Duncan test at 5% error probability. As field variables were evaluated: plant height (Pl hei), green mass production (GM Prod), percentage of leaves, stems and panicles in relation to the plant, stems production without straw (Prod stems with straw), whole stems production (Who stems Prod), stem diameter (Stem diam), juice production (Juice prod) and Brix degree (°Brix). After juice plant extraction, forage bagasse was crushed and packed in silos for 60 days and green matter yield was estimated (GM). In bagasse silage gauged to buffer capacity (BC), dry matter (DM), mineral matter (MM), crude protein (CP), ether extract (EE), total carbohydrates (TC), non-fibrous carbohydrates (NFCH), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), lignin (LIG) and digestibility "in vitro" (DIGIV). There was no significant difference ($P > 0.05$) between genotypes regarding to green matter production and on average, the second crop yield was lower and reflected in the reduction of bagasse production. Bagasse silage DM was of 32.3% and 33.1%; NDF 73% and 65.8%, crude protein 3.8% and 5.9; pH 3.7 and 3.7; TC and 9.8 and 10.7. mg MS⁻¹; the amount of NFCH was 11.1 and 13.5%; DIG of DM 36.9 and 62.4% for the respectively to the bagasse produced from materials grown in the 2012/2013 and 2013/2014 seasons. Hybrid genotypes had a better agronomic

performance while the varieties were more efficient in bromatological indexes. And despite the high percentage of NDF and the low protein level, it is possible to feed ruminants with this coproduct.

Key-words: Bagasse, genotypes, sweet sorghum, silage, nutritive value

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Imagem de plantas de sorgo sacarino. UTFPR, Dois Vizinhos - Paraná, Brasil. 2015.....	28
Figura 2 – Imagens do bagaço de colmo despalhado (A) e da planta inteira de sorgo sacarino (B). UTFPR, Dois Vizinhos – Paraná, Brasil. 2015.....	30
Figura 3 – Imagem da silagem de bagaço da planta inteira do sorgo sacarino. UTFPR, Dois Vizinhos – Paraná, Brasil. 2015.....	32
Figura 4 – Dados meteorológicos de temperatura e precipitação registrados nos meses correspondentes as safras de 2012/2013 e de 2013/2014. Estação Experimental do INMET, UTFPR, Campus Dois Vizinhos – Paraná, Brasil. 2015.	33
Figura 5 – Área do ensaio de sorgo sacarino, safra 2013 e 2014. UTFPR, Dois Vizinhos – Paraná, Brasil. 2015.	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – A classificação sistemática do sorgo, segundo Campbel (2013).....	27
Tabela 2 – Características gerais de genótipos de sorgo forrageiro (For), granífero (Gr), silageiro (Sil), sacarino (Sac) e vassoura (Vas) cultivada no território brasileiro. Dois Vizinhos - Paraná, Brasil. 2015.....	29
Tabela 3 – Percentual da FDN (CEL, HEM e LIG) referente à MS do bagaço de sorgos sacarinos segundo a literatura.	31
Tabela 4 – Informações técnicas dos genótipos de sorgo cultivados nos ensaios de 2013 e de 2014. UTFPR, Dois Vizinhos – Paraná, Brasil 2015.	34
Tabela 5 – Caracterização química do solo dos ensaios feitos em 2012/2013 e 2013/2014. UTFPR, Dois Vizinhos – Paraná, Brasil. 2015.....	35
Tabela 6 – Resultados fitotécnicos de genótipos de sorgo sacarino, safras de 2013 e 2014. UTFPR, Dois Vizinhos – Paraná, Brasil. 2015.....	44
Tabela 7 – Ciclo de corte industrial de genótipos de sorgo sacarino segundo a revisão bibliográfica e os resultados finais do ensaio de tese. Bibliografia: Giacomini et al. (1982); ¹ Advanta (2012); ³ Agrocere (2013); ² HSR Seeds (2012); ⁵ Ce (2014); ⁴ Embrapa (2014); ⁴ Parrela et al. (2011). UTFPR, Dois Vizinhos – Paraná, Brasil. 2015.	46
Tabela 8 – Análise de correlação entre as variedades estudadas (1. Dias de corte, 2. Altura; 3. Número de plantas; 4. Produção de massa verde; 5. Diâmetro de colmo; 6. Volume de caldo do colmo inteiro; 7. Graus brix; 8. Produção de bagaço; 9. Matéria seca do bagaço; 10. Matéria seca da silagem; 11. Matéria seca do Bagaço; 12. Matéria mineral; 13. Extrato etéreo; 14. Proteína bruta; 15. Fibra em Detergente Neutro; 16. Fibra em Detergente Ácido; 17. Lignina; 18. pH; 19. Capacidade tampão; 20. Carboidratos totais; 21. Carboidratos não fibrosos; 22. Digestibilidade In Vitro). UTFPR Dois Vizinhos – Paraná, Brasil. 2015.....	49
Tabela 9 – Diferenças entre genótipos e os pesos individuais das plantas dos genótipos utilizados na presente tese. UTFPR, Dois Vizinhos – Paraná, Brasil. 2015.	52
Tabela 10 – Rendimento de massa verde (t MV ha ⁻¹) da parte aérea de genótipos de sorgo sacarino. UTFPR, Dois Vizinhos – Paraná, Brasil. 2015...	52

Tabela 11 – Resultados fitotécnicos de genótipos de sorgo sacarino, ensaios de 2013 e 2014. UTFPR, Dois Vizinhos – Paraná, Brasil. 2015.....	55
Tabela 12 – Resultados fitotécnicos de genótipos de sorgo sacarino das safras de 2013 e 2014. UTFPR, Dois Vizinhos – Paraná, Brasil. 2015.....	58
Tabela 13 – Resultado das análises químicas das silagens de bagaço de genótipos de sorgo sacarino das safras de 2013 e 2014. UTFPR, Dois Vizinhos – Paraná, Brasil. 2015.	59
Tabela 14 – Resultado das análises químicas de silagens de bagaço de genótipos de sorgo sacarino. UTFPR, Dois Vizinhos – Paraná, Brasil. 2015..	64
Tabela 15 – Resultado da separação botânica da planta inteira de genótipos de sorgo sacarino da safra 2013/2014. UTFPR, Dois Vizinhos – Paraná, Brasil. 2015.	67
Tabela 16 – Percentual das estruturas botânicas da planta inteira dos genótipos de sorgo sacarino, safra 2014. UTFPR, Dois Vizinhos - Paraná. Brasil. 2015.	67
Tabela 17 – Bagaço “in natura” triturado com forrageiro estacionário para avaliar o tamanho das partículas antes da ensilagem. Tamanho médio das partículas (TMP 1: Tamanho médio de partículas acima de 1,91 cm; TMP 2: Tamanho médio de partículas entre 0,79 a 1,91 cm; TPM 3: Tamanho médio de partículas entre 0,39 a 0,79; TPM 4: Tamanho médio de partículas entre 0,18 a 0,39 cm; Fundo: Tamanho médio de partículas abaixo de 0,18 cm. obtidas na separação morfológica do bagaço triturado de genótipos de sorgo sacarino da safra de 2013/2014. UTFPR, Dois Vizinhos – Paraná, Brasil. 2015.....	69

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
MG	Unidade de Federação – Minas Gerais
PR	Unidade de Federação - Paraná
USDA	Departamento de Agricultura dos Estados Unidos
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

LISTA DE ABREVIATURAS

a.C.	Antes de Cristo
Alt Plan	Altura de Plantas
°Brix	Graus Brix
CEL	Celulose
CHT	Carboidrato Total
CHNF	Carboidrato Não Fibroso
cm	Centímetro
CT	Capacidade Tampão
DIA COL	Diâmetro de Colmo
DIGIV	Digestibilidade In Vitro
EE	Etrato Etéreo
FDA	Fibra em Detergente Ácido
FDN	Fibra em Detergente Neutro
h	Hora
ha	Hectare
HEM	Hemicelulose
L	Litro
LIG	Lignina
k	Potássio
kg	Quilograma
M	Metro
mg	Miligrama
mm	Milímetro
MS	Matéria Seca
MV	Matéria Verde
N	Nitrogênio
P	Fósforo
PB	Proteína Bruta
Prod Col Desp	Produção de Colmo Despalhado
Prod Col Int	Produção de Colmo Inteiro
Prod MV	Produção de Matéria Verde
t	Tonelada

TMP	Tamanho Médio de Partículas
UE	Unidade Experimental
UO	Unidade de Observação

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Percentual
°	Graus
”	Minutos
>	Maior
<	Menor

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	23
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	25
2.1 HISTÓRICO DO SORGO	25
2.2 SORGO NA AGRICULTURA BRASILEIRA	25
2.3 CARACTERIZAÇÃO BIOLÓGICA DO SORGO	26
2.4 BAGAÇO DO SORGO SACARINO	30
3 MATERIAL E MÉTODO.....	33
3.1 LOCAL DO EXPERIMENTO	33
3.2 ENSAIOS DE CAMPO	34
3.2.1 Preparo da Área e Cultivo dos Genótipos de Sorgo	34
3.2.2 Padrão de Colheita dos Cultivares.....	36
3.2.3 Variáveis Analisadas nos Ensaios de Campo.....	37
3.2.3.1 Altura de plantas (Alt Plan)	37
3.2.3.2 A produção de biomassa total (Prod MV)	37
3.2.3.3 Separação botânica das estruturas das plantas	37
3.2.3.4 Produção de colmos despalhados (Col Desp).....	37
3.2.3.5 Diâmetro médio de colmos (Dia Col)	38
3.2.3.6 Produção de caldo de colmos despalhados (Cal Col Desp)	38
3.2.3.7 A produção de caldo de colmos inteiros (Cal Col Int)	38
3.2.3.8 Graus Brix dos colmos despalhados e das plantas inteiras (°Brix)	
.....	38
3.2.4 Aferições no Bagaço e Preparo para a Ensilagem	38
3.2.4.1 Massa verde (MV) do bagaço.....	39
3.2.4.2 Separação de partículas	39
3.2.5 Preparo do Bagaço para a Ensilagem	39
3.3 ENSAIOS DE SILAGEM	40
3.3.1 Variáveis Avaliadas nos Ensaios das Silagens do Bagaço.....	40
3.3.1.1 Determinação da capacidade tampão ($CT = e.mg\ NaOH\ MS^{-1}$)	40
3.3.1.2 Determinação do potencial hidrogeniônico (pH).....	40
3.3.1.3 Matéria seca da silagem (%MS)	41
3.3.1.4 Matéria mineral (%MM)	41
3.3.1.5 Proteína bruta (%PB).....	41
3.3.1.6 Extrato etéreo (%EE).....	41

3.3.1.7 Carboidratos totais (%CHT).....	41
3.3.1.8 Carboidratos não fibrosos (%CHNF)	42
3.3.1.9 Fibra em detergente neutro (%FDN)	42
3.3.1.10 Fibra em detergente ácido (%FDA)	42
3.3.1.11 Lignina (%LIG)	42
3.3.1.12 Digestibilidade (DIG).....	42
3.3.2 Análise Estatística.....	42
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
5 CONCLUSÕES	71
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	72
REFERÊNCIAS.....	73

1 INTRODUÇÃO

No planeta terra está previsto para o ano de 2050 um contingente de 9,6 bilhões de pessoas com 70% delas vivendo em perímetros urbanos (ONU, 2014). Por esta estimativa, é preciso refletir que o solo e a água são fontes esgotáveis de recursos, e o modelo de consumo com desperdício de alimentos incalculável não será suportável no decorrer do tempo. Em relação à capacidade produtiva da terra, aproximadamente 40% é explorada pela humanidade, portanto os melhores caminhos precisam ser prospectados em harmonia com o meio ambiente (MATOVIC, 2011). Sob este prisma, os sistemas produtivos se inclinam ao reaproveitamento de resíduos, mitigando os danos ambientais num ritmo aceitável de crescimento global. Ao mesmo tempo em que os alimentos de valores nutritivos mais apropriados para o consumo deverão ditar o processo de produção e renda na agropecuária.

O Brasil é um expoente mundial na produção agrícola, na safra 2014/2015 a área plantada foi de 57,8 milhões de hectares produzindo 202,18 milhões de toneladas de grãos. Deste montante, o sorgo representou 751,0 mil hectares semeados com produzindo 2,0 milhões de toneladas de grãos com produtividade média 2.682 kg ha^{-1} (CONAB, 2015). Apesar de o sorgo ser uma importante fonte energética, planta adaptada à maior parte do território nacional, a área destinada para o seu cultivo ainda é incipiente.

Ressalta-se que o programa de Integração lavoura-pecuária e floresta, a agricultura de baixo carbono e o incentivo ao cultivo do sorgo sacarino como estratégias de vanguarda do governo brasileiro (EMBRAPA, 2013). O que enaltece o potencial da cultura do sorgo criando perspectivas otimistas de expansão com fundamento ecológico e boa opção de mercado. Neste enfoque, os biótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) se destacam historicamente pela produtividade e a rentabilidade que possuem.

Os genótipos sacarinos se inserem no ciclo das lavouras comerciais e como fonte biorenovável de energia. Com altos rendimentos de massa verde, açúcares e cultivo simples, sendo eficiente na utilização da água, nitrogênio e na radiação solar (PICCO et al., 2013). É importante ainda na recuperação de pastagens degradadas, no controle biológico de plantas daninhas, pragas, doenças, e aperfeiçoam a produção em áreas de cultivo rotacionado (ALVARENGA et al.,

2007). Do remanescente industrial da variedade açucareira é possível sintetizar biocombustível de segunda geração, produzir calor e ainda alimentar os animais (JANSEEN et al., 2010). Este resíduo pode ser aproveitado na forma de silagem mediante valores nutricionais que se enquadrem na dieta dos ruminantes.

As condições edafoclimáticas brasileiras são propícias para o desenvolvimento do sorgo em distintas escalas de produção. E, na Grande Mesorregião Fronteira Sul, aonde tradicionalmente se vincula as atividades comerciais com o meio agropecuário e industrial, uma alternativa para amenizar o custo de produção dos ruminantes, seria o uso do resíduo - bagaço do sorgo na dieta. Esse tema é inovador e necessita de estudos científicos para ser utilizado na forma de suplemento conservado face às lacunas forrageiras e nos períodos de déficit nutricional. Onde esta cultura implantada na safrinha ganha destaque por sua melhor adaptação frente às adversidades ambientais como o vento e a escassez hídrica, quando comparado ao milho (RODRIGUES, 2009).

Um setor em ascensão no Sul do Brasil é a bovinocultura leiteira que agrega valores no meio rural e se consolida como uma próspera atividade. Os bovinos carecem de alimentos saudáveis, acessíveis e de baixo custo, entre outros predicados, para desempenhar suas funções orgânicas. E, dentre as inúmeras espécies vegetais agricultáveis, o sorgo sacarino com seu perfil multiprodutivo pode ser cultivado com sucesso. Que ao ser industrializado, gera o etanol e o bagaço, que é um material abundante exposto à natureza. Este subproduto é queimado gerando calor, e gás carbônico de efeito estufa, além do óxido nitroso que necessitam de resoluções ambientais.

Na logística industrial do sorgo sacarino o aproveitamento do volumoso para a alimentação de ruminantes, o recolhimento e o transporte até as propriedades, precisam ser eficientes, em detrimento das possíveis alterações na composição original do resíduo fresco. Por este fato, a utilização do bagaço na forma de silagem é uma maneira versátil de preservar as características organolépticas e nutricionais desde material.

Com os princípios expostos, esta pesquisa discute os resultados fitotécnicos dos genótipos de sorgo sacarino e os índices bromatológicos dos seus respectivos bagaços na forma de alimento conservado. Avaliando as interações das variáveis estudadas que atendam a indústria ao mesmo tempo em que o resíduo sirva para alimentar os ruminantes.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 HISTÓRICO DO SORGO

A provável origem do sorgo é datada entre 3 a 7 mil anos a.C. no Centro-Oriente da África (Etiópia e Sudão) e se expandiu para a Índia, China, Europa (ICRISAT, 2015). No decorrer do século XV, período colombiano, houve a disseminação de animais, plantas e alimentos entre o velho e o novo mundo numa forma de globalização das espécies (CROSBY, 1972). A partir do século XVII ocorreu a distribuição do cultivo nas Américas e demais regiões de clima quente (ICRISAT, 2015). Esta literatura esclarece que os maiores produtores de sorgo em nível mundial são a Nigéria, México, Índia, EUA, Argentina, Sudão, China, Burkina Faso, Brasil e Austrália.

A evolução da pesquisa das cultivares de sorgo sacarino ocorreu principalmente com a introdução de sementes oriundas da Índia e da África. E nos anos sessenta os materiais híbridos com notável versatilidade foram desenvolvidos por pesquisadores americanos e se popularizou em países como o México, Austrália, China, Colômbia, Venezuela, Nigéria e Etiópia (EMBRAPA, 2012). Nesta narrativa, o sorgo situa-se entre os cinco cereais mais destacados no mundo, assim como o trigo, arroz, milho e cevada (FAO, 2015). Com ênfase na África onde 300 milhões de pessoas consomem o sorgo que se constitui na base alimentar da população (PRASAD, 2007).

2.2 SORGO NA AGRICULTURA BRASILEIRA

Em território brasileiro o sorgo chegou por intermédio dos escravos africanos e as variedades sacarinas chegaram na década de 1980 provenientes dos Estados Unidos, pelos relatos de Durães (2011). Este autor descreve que nos anos de 1970 a Embrapa Milho e Sorgo influenciado pelos projetos de bioetanol promoveu esta cultura. E que as coleções de cultivares vindas da África e dos EUA como a Santa Eliza, Lavrense, Atlas e Sart foram cultivadas pelos agricultores brasileiros. Enquanto os híbridos graníferos como o “sorgo anão” migraram pelo Rio Grande do Sul e se difundiram no território nacional. Já os híbridos simples, que são genótipos

de boa adaptação e estabilidade de produção, foram cultivados em várias regiões do Brasil (KLING, 2010; DURÃES, 2011).

Entretanto, o progresso deste cereal possui entraves mercadológicos e culturais a superar para que evolua nos padrões das culturas modernas. Por ser considerado uma fonte alimentar alternativa ao cultivo do milho, o sorgo enfrenta resistências no mercado com preço médio abaixo desta cultura e destinada principalmente para a produção animal. Os tabus dizem respeito ao menor valor nutritivo do sorgo se comparados ao milho. Contornado estes paradigmas, o custo produtivo da carne, leite e ovos, podem reduzir, interferindo no preço final ao consumidor e na melhor estabilidade de oferta. Contudo, a produtividade, carece de transferência de informações tecnológicas entre a cadeia produtiva para explorar o seu potencial agrícola nas regiões de melhor adaptação, de acordo com May (2012).

As regiões no Brasil com melhor aptidão para o plantio do sorgo variam dentro de cada estado conforme foi indicado por Landau e Schaffert (2012). Onde a maior parte do estado de São Paulo, o noroeste do Paraná e o sudeste do Mato Grosso do Sul são as localidades mais promissoras para o cultivo. Pois se localizam nas coordenadas de latitude 10 a 30° Sul e longitude 40 a 60° Oeste, com clima subtropical úmido ao Sul e tropical semi-árido do Sudeste ao Centro-Oeste.

2.3 CARACTERIZAÇÃO BIOLÓGICA DO SORGO

Na vegetação que cobre a terra, as gramíneas se destacam com 650 gêneros e 9.000 espécies, pertencentes à família poaceae, divisão angiospermae e classe monocotiledônea (BALL et al., 2007). Essas espécies são cosmopolitas encontrando-se em quase todas as partes do mundo. Estima-se que 20% da vegetação terrestre possuem gramíneas e, no Brasil, são 180 gêneros e 1.500 espécies catalogadas que são as principais produtoras de matéria orgânica (PIMENTEL et al., 2001).

O sorgo caracteriza-se por ser uma planta nativa que sofreu modificações pela pesquisa científica por gerações até as aptidões modernas e já foram identificados mais de 7.000 germoplasmas no mundo (KANGAMA; ROMEL, 2005). É um vegetal que possui diversas nomenclaturas fruto da seleção dos genótipos, em distintos locais do planeta, dentre elas a palavra “Sorgo” deriva

do latim *syricu*, do italiano *sorg* "Zaburro", que vem do persa, através do árabe *xaures* (HEUSE, 2012; CAMPBELL, 2013). Sorgo do *latin sagina* (L. Moench), igualmente é descrito como sorgo-negro-da-áfrica, milho-da-guiné ou milho de angola (WATSON, 2008; HEUSE, 2012). Ou prescrito como mapira, durra, feterita, grande painço, milho kaffir, milo, shallu, sorgo sacarino, gros mil, morokoshi, daza (USDA, 2011). Em relação à classificação sistemática a Tabela 1 faz a seguinte apresentação:

Tabela 1 – A classificação sistemática do sorgo, segundo Campbel (2013).

Reino	Divisão	Classe	Subclasse	Ordem	Família
Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Commelinidae	Cyperales	Poacea
Tribo	Subtipo	Gênero	Espécie	Subespécie	Sinonimia
Andropogoneae	Sorghinae	Sorghum Moech	Sorghum bicolor (L.)	Sorghum bicolor	Sorgum bulgare pers

Os biótipos de sorgo se enquadram na taxionomia como *Sorghun bicolor* (L) Moench, com a subespécie *bicolor*, constituindo-se num genótipo diplóide de 20 cromossomos que variam fenotipicamente de acordo com sua origem e aos interesses mercadológicos (JANSSEN et al., 2010). São espécies do grupo C4, de genoma pequeno com alta endogamia, plantas de dias curtos e com altas taxas fotossintéticas e a grande maioria das cultivares requerem temperaturas superiores a 21 °C para um pleno desenvolvimento (ICRISAT, 2015). Esta planta tolera mais o déficit de água ou excesso de umidade e salinidade do meio, em comparação a outros cereais similares e pode ser cultivada numa ampla faixa de condições de solo (CAMPBELL, 2013). Essa diversidade biotípica é útil para selecionar e desenvolver variedades e produzir híbridos comerciais (KLINK, 2010).

A Embrapa Milho e Sorgo avalia híbridos e variedades de sorgo desde 1980. Neste período foram lançados no mercado 55 cultivares forrageiras, graníferas, silageiras e sacarinas (MAGALHAES et al., 2008). Atualmente os estudos de 25 variedades de sorgo sacarino visam incrementar a produção de biomassa e etanol de primeira e segunda geração (BERNARDINO, 2012).

Os genótipos sacarinos são de porte alto (2 a 4 metros) o que dificulta a colheita mecanizada, pela falta de equipamentos apropriados para este fim. Porém, esta característica morfológica pode ser alterada desenvolvendo variedades para entrarem na fase reprodutiva em épocas onde o comprimento do dia seja

menor que 12 horas e 20 minutos, que induz ao florescimento precoce, reduzindo o porte e permitindo a colheita (PARRELA; PARRELA, 2011).

Para distinguir na prática os cultivares de sorgo, observa-se que os híbridos em geral produzem folhas e raízes abundantes em relação às linhagens ou variedades. E entre as variedades, os materiais graníferos são mais rápidos no crescimento do que os forrageiros (NASCIMENTO; PARRELA, 2011). A Figura 1 mostra exemplares híbridos de sorgo sacarino cultivado nos ensaios de 2012/2013 e 2013/2014 desta tese.



Figura 1 – Imagem de plantas de sorgo sacarino. UTFPR, Dois Vizinhos - Paraná, Brasil. 2015.

A Embrapa Milho e Sorgo acrescenta que o foco das pesquisas com o sorgo sacarino, em função de seu caráter bioenergético, visa à produtividade superior a 60 t MV ha^{-1} , mais de 12% de açúcares totais, acima de 11% de fibra, alta fermentação, 18 a 19° Brix e insensibilidade ao fotoperíodo (KLINK, 2010; SCHAFFERT, 2011). Em relação à produtividade, os híbridos de sorgo são geneticamente melhorados para produzirem $103,1 \text{ t MV ha}^{-1}$, enquanto que as variedades rendem $71,9 \text{ t MV ha}^{-1}$ e as linhagens $48,1 \text{ t MV ha}^{-1}$ (ALMODARES; HADI, 2009). Pelo exposto, existem diferenças entre os genótipos de sorgo, que se relacionam a tecnologia de produção das sementes.

Agronomicamente esta cultura é classificada em quatro grupos: O “granífero” (híbridos e variedades) com altura média de 1,7m que produz panícula fechada destinada ao aproveitamento dos grãos e o remanescente verde é utilizado para feno ou pastejo (RIBAS, 2008; USDA, 2011). A variedade “capin sudão”, por

exemplo, que é um híbrido interespecífico resultante do cruzamento de *Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense* destinado a corte e pastejo (CAMPBELL, 2013).

O sorgo “vassoura” possui a raquis da panícula curta com ramificação longas e fortes sendo útil para a fabricação da vassoura doméstica (FOLTRAN, 2012). E o sorgo sacarino (híbrido e variedade) com portes acima de 2m, com folhagens abundantes panículas abertas, colmo espesso e pouca semente, caracterizando-se pelo elevado rendimento de massa verde e caldo açucarado (CAMPBELL, 2013). A Tabela 2 sintetiza os aspectos fenométricos e fitotécnicos dos biótipos de sorgo existentes e cultivados no âmbito mundial.

Tabela 2 – Características gerais de genótipos de sorgo forrageiro (For), granífero (Gr), silageiro (Sil), sacarino (Sac) e vassoura (Vas) cultivada no território brasileiro. Dois Vizinhos - Paraná, Brasil. 2015.

Característica	Forrageiro	Granífero	Silageiro	Sacarino	Vassoura
Aptidões Culturais	For	Gr e Sil	Sil	Sac e Sil	Vas
Ép. de Plantio (mês)	Set a Mar	Set a Mar	Set a Mar	Set a Mar	Set a Mar
Ciclo (dias)	120 – 160	90 – 120	90 – 120	120 – 140	90 – 120
Ciclo (período)	Longo	Precoce	Precoce	Longo	Precoce
Altura (metro)	1,0 – 2,0	1,0 – 1,5	1,5 – 2,5	,5 – 4,0	2,5 – 3,5
Porte	Baixo	Baixo	Médio	Alto	Alto
Panícula (tamanho)	Pequena	Grande	Grande	Média	Média
Colmo (diâmetro)	Fino	Fino	Médio	Espesso	Fino

Legenda: For = Forrageiro; Gr = Granífero; Sil = Silageiro; Sac = Sacarino; Vas = Vassoura.

Fonte: Adaptado por: Emygdio et al. (2013).

Weshenfelder (2011), trabalhando com sorgo híbrido sacarino, obteve a partir de 1.000 kg de MV, 71% de colmos, 25% de folhas e 4% de grão em relação a planta inteira. Produzindo 420 litros de caldo, constituído de 346 litros de água e 73 kg de açúcar, resultando em 32 litros de etanol a um custo de 0,92 reais por litro. O resíduo (bagaço) de 580 kg compôs-se de 383 kg de água e 164 kg de fibras. Este volume resultou em 522 kg na forma de silagem com um custo de produção de R\$21,00 por tonelada de bagaço.

Uma pesquisa realizada na Índia com 18 genótipos de sorgo sacarino descreveu uma produtividade de 29,2 t MV ha⁻¹, 4 t grãos, 10 t caldo ha⁻¹ e teor de 16,2 °brix (RATNAVATHI et al., 2005). Naquele país, o híbrido “Madhura” rendeu 4 t grão; 6 t de folhas secas; 20 t de bagaço seco e 4 mil litros de etanol por hectare de terra (NIMBKAR; RAJVANSI, 2003). E na forma “in natura” os cultivares sacarinos mantiveram 54% água, 17% CEL; 12% HEM; 8,5% LIG; 5% de açúcar e 3% de outros componentes (GNANSOUNOU et al., 2004; PRASAD et al., 2007; ROVIERO et al., 2013). Nos constituintes do sorgo incluem-se ainda o óxido de cálcio,

magnésio, sódio, potássio, silício, cloro e o tanino (GRASSI et al., 2002; BARCELOS, 2012). Estes autores relatam a existência de pigmentos, alcalóides, óleos essenciais, resinas, graxas e remanescentes de açúcares do caldo.

2.4 BAGAÇO DO SORGO SACARINO

O bagaço é um volumoso que deriva da industrialização do sorgo sacarino e representa uma elevada quantidade de resíduo. Este co-produto é um composto lenho - celulósico com altas quantidades de polímeros glicídicos e lignina que, por intermédio da hidrólise, podem ser transformados em açúcares fermentáveis por ação de ácidos e enzimas (QUILHÓ, 2011). Na Figura 2 apresentam-se as imagens dos bagaços de colmo despalhado (A) e de plantas inteiras (B).

(A)



(B)



Figura 2 – Imagens do bagaço de colmo despalhado (A) e da planta inteira de sorgo sacarino (B). UTFPR, Dois Vizinhos – Paraná, Brasil. 2015.

Em relação à produtividade dos materiais sacarinos, estes alcançam em um hectare de lavoura 10 a 20 toneladas de bagaço (t BAG) que correspondem entre 30 a 45% da biomassa verde total (JASBERG, et al., 1984; NIMBKAR;

RAJVANSI, 2003; GNANSOUNOU et al., 2004; PIN et al., 2011; ROVIERO et al., 2013). Essa matriz é rentável pela eficiência produtiva, baixo custo de produção com qualidade superior a outros subprodutos do gênero como a cana-de-açúcar (ALMODARES; HADI, 2009; GOSHADROU, et al., 2011).

No aspecto nutritivo do bagaço, uma etapa imprescindível é a avaliação química, objetivando a formulação de uma dieta equilibrada dentro da peculiaridade das fases de vida do animal. Estas análises já foram efetivadas por alguns autores como Camacho (2013), que diagnosticou 47,4% de carboidratos totais (CHT); 3,2% de amido (AM); 2,5% de estrato etéreo (EE); 6,2% de proteína bruta (PB) 32,0% de fibra bruta (FB), 0,8% de matéria mineral (MM).

Da mesma forma Oliveira et al. (2009), Pin et al. (2011), Pacheco (2012), encontraram valores diferentes em suas avaliações, de 30 a 50% de umidade, 16 a 18% de celulose (CEL); 11 a 21,3% de hemicelulose (HEM); 7 a 16,3% de lignina (LIG), 1,6% de MM e 16,5% de °Brix. Na Índia, Vidya et al. (2012) prospectou em 34,8% de matéria seca (MS); 7,5% de PB; 2,0% EE; 37,1% de digestibilidade “in vitro” (DIGIV); 71,8% da fibra em detergente neutro (FDN); 46,7% da fibra em detergente ácido (FDA) e 25,06% LIG. A composição da FDN do bagaço de sorgo sacarino difere entre os diversos genótipos existentes, como pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3 – Percentual da FDN (CEL, HEM e LIG) referente à MS do bagaço de sorgos sacarinos segundo a literatura.

Autores	Constituintes do FDN (%MS)		
	Celulose	Hemicelulose	Lignina
Grassi et al. (2002)	20,0	42,5	25,0
Li et al. (2010)	27,0	14,4	14,3
Doragaris et al. (2009)	17,0	11,9	8,5
Kin; Day (2010)	28,5	19,1	3,9
Miranda (2011)	41,0	24,0	10,0
Parrela (2011)	46,6	26,9	11,9
Thanapimmetha et al. (2011)	58,2	25,4	14,9
Zhang et al. (2011)	43,3	26,3	16,5
Goshadrou et al. (2011)	41,3	22,0	16,5
Ceta (2011)	20,2	27,1	3,5
Barcelos (2012)	40,4	20,0	19,8
Montepe (2012)	28,5	19,1	3,9
Média	34,3	23,0	12,4

Adaptado por Pin (2015).

A porção celulósica do bagaço possui açúcares solúveis fermentescíveis que servem para a produção de compostos químicos bio-renováveis

de baixo investimento, nas considerações de Koppenjan (2012). Que são os glucídios e, em menores proporções, as proteínas, pectina, clorofila, ceras, açúcares e cinzas. Portanto, é uma biomassa que pode ser transformada em elementos bioenergéticos e alimentares com dividendos zootécnicos e econômicos. Com estes valores bromatológicos, o sorgo sacarino e o co-produto bagaço podem ser manuseados visando à produção de silagem para ruminantes. A Figura 3 mostra a imagem da silagem do bagaço da planta inteira do sorgo sacarino armazenado em silo por sessenta dias.



Figura 3 – Imagem da silagem de bagaço da planta inteira do sorgo sacarino. UTFPR, Dois Vizinhos – Paraná, Brasil. 2015.

3 MATERIAL E MÉTODO

3.1 LOCAL DO EXPERIMENTO

O experimento de genótipos de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) foi realizado na Estação Experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), *Campus* Dois Vizinhos. Município que está localizado fisiograficamente no Terceiro Planalto Paranaense com coordenadas de latitude de 25°44" Sul, longitude de 53°04" Oeste a 565 metros de altitude (IAPAR, 2013). O clima predominante é o de transição, subtropical úmido a mesotérmico (Cfa), com verões quentes e menos frequência de geadas no inverno (ALVARES et al., 2012). A precipitação pluviométrica média anual é de 2.040 mm, a temperatura média superior é de 25°C e a inferior é de 19°C (POSSENTI et al., 2007). O tipo de solo é nitossolo vermelho distroférico úmbrico, textura argilosa fase floresta subtropical perenifolia, relevo ondulado (BHERING; SANTOS, 2008).

Os registros climáticos feitos pela estação meteorológica do INMET situada da Fazenda Experimental do Campus de Dois Vizinhos durante os dois ensaios são expostos na Figura 4.

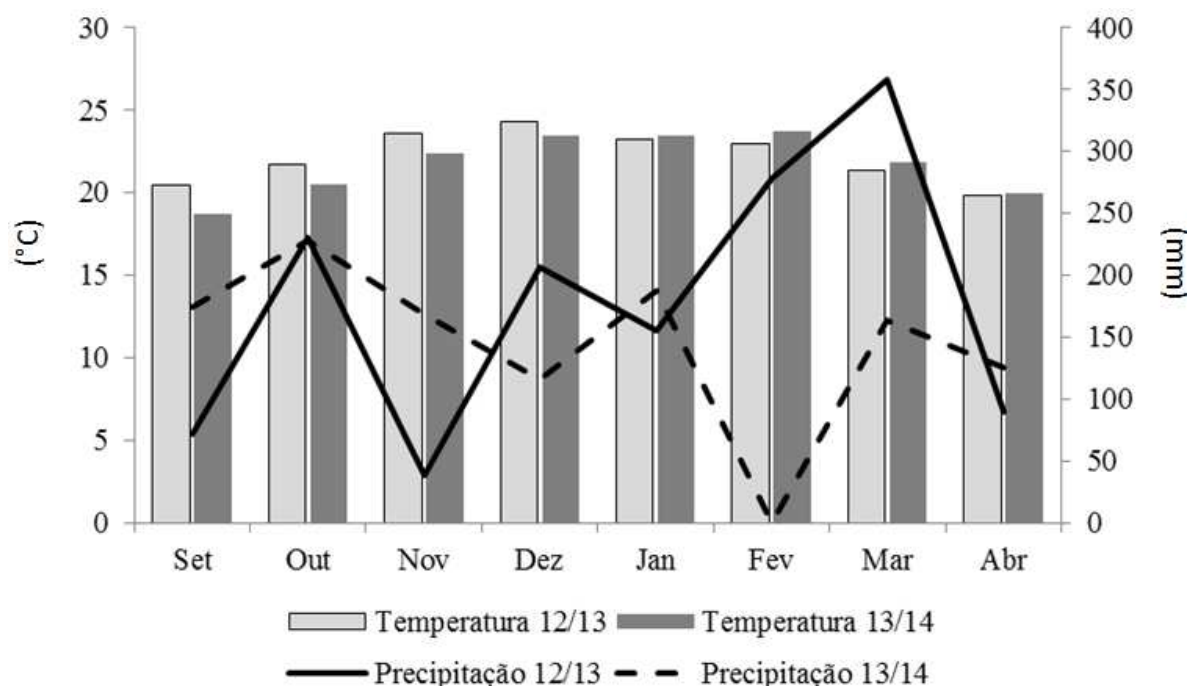


Figura 4 – Dados meteorológicos de temperatura e precipitação registrados nos meses correspondentes as safras de 2012/2013 e de 2013/2014. Estação Experimental do INMET, UTFPR, Campus Dois Vizinhos – Paraná, Brasil. 2015.

3.2 ENSAIOS DE CAMPO

Os ensaios de campo foram conduzidos nas safras de verão de 2012/13 e 2013/14 e constaram de delineamentos experimentais de blocos ao acaso com três repetições. Na primeira etapa (ano agrícola) foram testados três variedades de sorgo sacarino, BR 501, 503 e 505, com sementes provenientes do Centro de Pesquisas de Milho e Sorgo da Embrapa, de Sete Lagoas MG e quatro híbridos ADV 2010, Sugargraze, Hunnigreen e Volumax oriundas de empresas privadas. E na segunda fase, utilizaram-se as variedades BR 506, 508, 509 e 511 (Embrapa) e os híbridos ADV 2010, Sugargraze, Hunnigreen, EJS 5110 (Privadas), como está explícito na Tabela 4.

Tabela 4 – Informações técnicas dos genótipos de sorgo cultivados nos ensaios de 2013 e de 2014. UTFPR, Dois Vizinhos – Paraná, Brasil 2015.

Genótipo	Empresa	Características	2012/2013	2013/2014
ADV 2010	Advanta	Híbrido – Sacarino	Cultivado	Cultivado
Hunnigreen	HSR Seeds	Híbrido – Sacarino	Cultivado	Cultivado
Sugargraze	Advanta	Híbrido – Sacarino	Cultivado	Cultivado
Volumax	Agrocere	Híbrido – Silageiro	Cultivado	Não cultivado
BR 505	Embrapa	Variedade - Sacarina	Cultivado	Não cultivado
BR 503	Embrapa	Variedade – Sacarina	Cultivado	Não cultivado
BR 501	Embrapa	Variedade – Sacarina	Cultivado	Não cultivado
EJS 5110	Ceres	Híbrido – Sacarino	Não cultivado	Cultivado
BR 506	Embrapa	Variedade – Sacarina	Não cultivado	Cultivado
BR 508	Embrapa	Variedade – Sacarina	Não cultivado	Cultivado
BR 509	Embrapa	Variedade – Sacarina	Não cultivado	Cultivado
BR 511	Embrapa	Variedade – Sacarina	Não cultivado	Cultivado

Adaptado por Pin (2015).

3.2.1 Preparo da Área e Cultivo dos Genótipos de Sorgo

Foram utilizadas para os experimentos duas áreas próximas que possuíam os mesmos históricos de cultivos agrícolas. Utilizando a soja e o milho no verão e aveia no inverno há oito anos e, permanecendo em pousio após o inverno para a implantação dos materiais a serem avaliados. As parcelas foram dessecadas trinta dias antes do início dos trabalhos utilizando-se o glifosato na dose de 300 L de calda ha⁻¹, na sequência, observando o croqui, fizeram-se as demarcações experimentais.

Inicialmente fez-se a coleta do solo, para análise química (Tabela 5) realizada no laboratório de solos da UTFPR, campus Pato Branco-PR, interpretação

do resultado e fertilização, de acordo com as proposições de Oliveira (2003). A semeadura e a adubação de base foi realizado com um trator acoplado com semeadora de parcelas, modelo Semina 1. Aplicou-se 400 kg ha⁻¹ de NPK na fórmula 08-23-15, mistura de grânulos, segundo a recomendação da Embrapa Milho e Sorgo (COELHO, 2008).

Tabela 5 – Caracterização química do solo dos ensaios feitos em 2012/2013 e 2013/2014. UTFPR, Dois Vizinhos – Paraná, Brasil. 2015.

Laudo de análise de solo	2012 (0-10 cm profundidade)	2012 (10-20 cm profundidade)	2013 (0-10 cm profundidade)	2013 (10-20 cm de profundidade)
pH (CaCl)	5,2	5,0	5,0	4,9
MO (g dm ⁻³)	50,93	33,51	41,55	48,25
P (mg dm ⁻³)	6,7	1,79	4,63	4,63
K (cmolc dm ⁻³)	0,40	0,18	0,20	0,23
Cu (mg dm ⁻³)	4,05	4,04	4,59	4,39
Fe (mg dm ⁻³)	26,89	25,27	45,36	43,49
Zn (mg dm ⁻³)	1,68	1,11	1,96	1,37
Mn (mg dm ⁻³)	213,50	113,05	74,72	71,50
Al+3 (cmolc dm ⁻³)	0,03	0,03	0,00	0,05
H + Al (cmolc dm ⁻³)	3,84	4,28	3,42	2,95
Ca (cmolc dm ⁻³)	5,86	4,19	4,60	4,11
Mg (cmolc dm ⁻³)	3,29	2,73	1,46	2,08
V (%)	71,32	62,39	64,67	68,52
SB	9,55	7,10	6,26	6,42

A semeadura da safra 2012/2013 deu-se no dia 02 de outubro de 2012 e a implantação da safra 2013/2014 ocorreu no dia 28 de novembro de 2013, postergado em função do ataque de lagartas na primeira semeadura. Fez-se a semeadura nas duas safras na quantidade média de 120 mil sementes ha⁻¹ para todos os genótipos. A adubação em cobertura foi efetivada com ureia (45% N) aplicada a lanço totalizando 50 Kg ha⁻¹, dividida em duas etapas, sendo a primeira aos 15 e segunda aos 30 dias após a semeadura. As colheitas aconteceram de acordo com o ciclo de cada genótipo, observando o padrão determinado para o corte em função da textura dos grãos na porção mediana da panícula.

O delineamento para a análise estatística dos resultados constou de unidades experimentais (UE) representadas pelas parcelas constituídas por seis linhas de semeadura com seis metros de comprimento, espaçadas a 0,45m entre si. Como unidades de observação (UO), foram colhidas as quatro linhas centrais de cada parcela com um comprimento de quatro metros, computando 7,2 m² de área total.

Para ambos os ensaios, quinze dias após a semeadura, no momento da emergência das plântulas, fez-se o desbaste aleatório deixando quantidades desuniformes de plântulas nas parcelas. A limpeza química da área para o controle de plantas daninhas foi realizado usando-se o herbicida seletivo à base de Atrazina ($500 \text{ g i.a. L}^{-1}$) na dose de $400 \text{ L calda ha}^{-1}$. E foi necessária a aplicação de cipermetrina ($250 \text{ i.a L ha}^{-1}$) na dose de 300 L ha^{-1} para o controle de insetos no mesmo período e durante a florescência das plantas, para o controle da vaquinha verde-amarela (*Diabrotica speciosa*) na dose de $600 \text{ L calda ha}^{-1}$.

No segundo ensaio (2013-2014), foi necessária a irrigação suplementar no mês de fevereiro (5 mm/dia), vide escassez hídrica ocorrida na observação da figura 4. Nesta safra, durante o florescimento das plantas, houve uma intempérie provocando o acamamento das plantas de algumas parcelas e, nesta situação, fez-se a retirada de plantas acamadas para prosseguir nas avaliações. Na Figura 5 mostra a área de ensaio na safra de 2013 e de 2014.



Figura 5 – Área do ensaio de sorgo sacarino, safra 2013 e 2014. Dois Vizinhos – Paraná, Brasil. 2015.

3.2.2 Padrão de Colheita dos Cultivares

O padrão de colheita considerou o momento em que 50% das plantas das UE estavam com os grãos na porção média da panícula com textura farinácea-dura. A rotina do trabalho compreendeu as medições das plantas em pé na unidade

de observação (UO) e, na sequência, os cortes das partes aéreas das plantas a 20 cm do solo. As variáveis aferidas nos ensaios de campo serão descritas na sequência.

3.2.3 Variáveis Analisadas nos Ensaios de Campo

3.2.3.1 Altura de plantas (Alt Plan)

A estatura média das plantas dentro da UO foi aferida com a trena, medida da superfície do solo até ápice da panícula. Avaliando 10 plantas por parcela e estabelecendo a média da amostragem em metros (m).

3.2.3.2 A produção de biomassa total (Prod MV)

Determinada em kg ha^{-1} , por intermédio da pesagem de todas as plantas completas (colmo + folha + panícula) das UO, colhidas no ponto pré-determinado para o corte. Pesada na balança analítica (Welmy 300).

3.2.3.3 Separação botânica das estruturas das plantas

Coletou-se aleatoriamente 10 unidades da UO, separando colmos, folhas e panículas, pesando-os individualmente e transformando em percentual (%) de participação da planta inteira.

3.2.3.4 Produção de colmos despalhados (Col Desp)

Determinou-se em kg ha^{-1} obtida por meio da pesagem de dez colmos de plantas colhidas na UO retiradas aleatoriamente, após terem sido retiradas as laminas e bainhas do caule.

3.2.3.5 Diâmetro médio de colmos (Dia Col)

Aferiu-se em milímetros, com o paquímetro localizado na base, no meio e no ápice do caule. Fazendo-se este procedimento em dez plantas recolhidas na UO e extraíndo-se a média das três pontos medidos.

3.2.3.6 Produção de caldo de colmos despalhados (Cal Col Desp)

Determinou-se em litros por hectare ($L\ ha^{-1}$), medindo-se o volume de líquido produzido na passagem do colmo pela moenda elétrica de cana referente aos colmos de dez plantas despalhadas, retiradas aleatoriamente da UO.

3.2.3.7 A produção de caldo de colmos inteiros (Cal Col Int)

Estimou-se em $L\ ha^{-1}$, medindo o volume líquido produzido na moenda elétrica, referente a dez plantas íntegras (colmo + folhas + panículas) recolhidas da UO.

3.2.3.8 Graus Brix dos colmos despalhados e das plantas inteiras ($^{\circ}Brix$)

Utilizou-se o refratômetro digital de bancada modelo RTD-45 de leitura direta, registrando-se a concentração Brix presente no caldo advindo da moagem dos colmos e das plantas de 10 plantas da UO, seguindo o manual técnico do equipamento.

3.2.4 Aferições no Bagaço e Preparo para a Ensilagem

As plantas inteiras dos genótipos de sorgo foram passadas pela moenga com o objetivo de extrair o caldo e gerar o bagaço. Mantendo-se a disposição experimental dos tratamentos em suas respectivas UE e repetições. Coletando aleatoriamente as amostragens do bagaço dentro das UO e a partir do bagaço, foram avaliadas as seguintes variáveis:

3.2.4.1 Massa verde (MV) do bagaço

Os bagaços de dez plantas inteiras foram triturados no forrageiro e depositados em sacos de papel com capacidade para 2 kg. Em seguida fez-se a pesagem dos materiais em balança analítica e estimaram-se os dados da MV em kg BAG ha⁻¹.

3.2.4.2 Separação de partículas

Nesta variável utilizou dez bagaços obtidos de plantas íntegras, trituradas momentos antes de ensilar, correspondente a cada tratamento. Deste material coletou-se uma amostra de 100 gramas e munido do fibrômetro Cortal Extrasoy (KONONOFF et al. 2003), fez-se a separação do tamanho médio das partículas (TMP). Realizando-se a seleção e pesagem das partículas em quatro extratos (peneiras) e calculou-se o percentual de retenção das partículas objetivando a eficiência rumino-ativa dos substratos. Padrão ideal do percentual médio de partículas por extrato seletivo é descrito a seguir:

TMP 1: Tamanho médio de partículas acima de 1,91 cm	= 5%
TMP 2: Tamanho médio de partículas entre 0,79 a 1,90 cm	= 30%
TMP 3: Tamanho médio de partículas entre 0,39 a 0,78 cm	= 30%
TMP 4: Tamanho médio de partículas entre 0,19 a 0,38 cm	= 30%
FUNDO: Tamanho médio de partículas abaixo de 0,18	= 5%

3.2.5 Preparo do Bagaço para a Ensilagem

Os bagaços nos respectivos tratamentos foram triturados para a ensilagem utilizando um equipamento forrageiro elétrico modelo Trapp TRF 70 em tamanho de partículas entre um a dois centímetros (cm). O material moído foi depositado em sacos de rafia e depois introduzido nos silos laboratoriais compostos por tubos de PVC, previamente higienizados e desinfetados. O tamanho de cada silo compreendia 50 cm de comprimento por 10 cm de diâmetro com capacidade para 2,5 kg de silagem e possuía um orifício de 2,0 cm de diâmetro no fundo.

3.3 ENSAIOS DE SILAGEM

O material foi acondicionado nos silos obedecendo à disposição do delineamento experimental, onde cada silo compôs a amostragem da UE com suas três respectivas repetições. O peso do silo vazio foi descontado do cômputo final do material armazenado. Na medida em que o bagaço moído fora enchendo o silo fez-se a compactação frequente com um bastão de madeira até o enchimento completo. Procurando estabelecer uma compactação uniforme com densidade de cerca de 640 kg/m^3

O fechamento do silo foi realizado pressionando a massa ensilada até a margem do silo, vedando com lona plástica e fita crepe para manter uma atmosfera interna anaeróbica. Em seguida os silos foram pesados em balança analítica e armazenados por 60 dias. Após este período, os silos foram novamente pesados e abertos para a retirada das amostras da silagem, visando às análises laboratoriais.

3.3.1 Variáveis Avaliadas nos Ensaio das Silagens do Bagaço

3.3.1.1 Determinação da capacidade tampão ($\text{CT} = \text{e.mg NaOH MS}^{-1}$)

A capacidade tampão foi determinada com a coleta de sub-amostras originais de três pontos do silo (início, meio e fim) e homogeneizadas em amostra única. Sequencialmente, o conteúdo foi armazenado em sacos plásticos identificados, mantidos sob-refrigeração (-10°C) e conduziu-se ao Laboratório de Bromatologia da UTFPR, para a análise usando-se o método de Playne; McDonald (1966).

3.3.1.2 Determinação do potencial hidrogeniônico (pH)

Efetivou-se o pH coletando as sub-amostras originais de três pontos do silo (início, meio e fim), homogeneizadas em amostra única. Sequencialmente, o conteúdo foi depositado em sacos plásticos identificados, mantidos sob-refrigeração (-10°C) para posterior análise laboratorial com potenciômetro digital. O método empregado foi o descrito por Kung Jr. et al. (1984) citado por Jobim et al. (2007).

3.3.1.3 Matéria seca da silagem (%MS)

O percentual de matéria seca foi determinado por meio de análises químicas das amostras dos genótipos após as mesmas terem sido pré-secas em estufa com ventilação forçada a 55°C por 72 h. Posteriormente foram passadas em moinho “Willye” de faca com peneira de crivo de um milímetro (mm). As amostragens foram identificadas e armazenadas em potes plásticos, para as análises. A quantidade de MS foi estimada segundo AOAC (1990) citados em Silva; Queiroz (2002).

3.3.1.4 Matéria mineral (%MM)

Determinou-se a MM segundo AOAC (1984) citados em Silva e Queiroz (2002).

3.3.1.5 Proteína bruta (%PB)

O nível de PB foi estimado pelo método de Kjeldahl, determinado segundo AOAC (1990) citado em Silva e Queiroz (2002).

3.3.1.6 Extrato etéreo (%EE)

O teor do EE foi estimado segundo AOAC (1990) citados em Silva; Queiroz (2002).

3.3.1.7 Carboidratos totais (%CHT)

O nível de CHT foi determinado utilizando-se a equação: $CHT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$ conforme Hall (1997).

3.3.1.8 Carboidratos não fibrosos (%CHNF)

O nível de CHNF foi calculado pela diferença entre o teor de CHT e o teor de FDN, segundo Sniffen et al (1991).

3.3.1.9 Fibra em detergente neutro (%FDN)

O teor de FDN foi obtido pelo método proposto por Van Soest et al. (1991).

3.3.1.10 Fibra em detergente ácido (%FDA)

O teor de FDA foi obtido pelo método proposto por Van Soest et al. (1991).

3.3.1.11 Lignina (%LIG)

A quantidade de lignina foi obtido por meio da técnica de Van Soest et al. (1991).

3.3.1.12 Digestibilidade (%DIG)

A digestibilidade da MS foi aferida via digestibilidade “in vitro” (DIGIV) observando-se o método de Baumgardt et al. (1962) adaptada à proposta de Tilley e Terry (1963);

3.3.2 Análise Estatística

Após a compilação, o conjunto de dados foi submetido ao teste de Lilliefors para verificação da homocedasticidade da variância. Atendidas as pressuposições do modelo, os resultados de cada ano experimental, sofreram análise de variância (ANOVA), comparando-se os tratamentos. A amplitude das diferenças foi comparada pelo teste de médias de Duncan ao nível de 5% de

significância. Estes processos analíticos foram auxiliados pelo Programa Genes, versão Windows (CRUZ, 2001).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliando-se os resultados do primeiro ensaio feito na safra de 2012/2013, na variável aferida do número de dias decorridos (Num Dias) entre a semeadura e a colheita dos genótipos de sorgo sacarinos verificaram-se os resultados expostos na Tabela 6. O híbrido ADV foi colhido após 110 dias da semeadura, o Hunnigreen após 130 dias e o Sugargraze depois de 112 dias, com diferenças significativas entre si ($P < 0,05$). O mesmo não ocorrendo no segundo ensaio entre os anos de 2013/2014, onde os mesmos genótipos mantiveram a média entre o plantio e o corte de 141 dias de ciclo ($P > 0,05$).

Nos materiais híbridos repetidos nos dois trabalhos, em decorrência do atraso em 55 dias no plantio da safra 2013/2014, houve um prolongamento do momento de corte de 26 dias. No mês de fevereiro de 2014 houve estiagem acentuada induzindo a irrigação suplementar, mas a temperatura do ar em todo o período do ensaio manteve-se acima de 20°C (Figura 4). Provavelmente a escassez hídrica na fase vegetativa inicial tenha suprimido parcialmente a desenvoltura das plantas, retardando o crescimento das mesmas.

Tabela 6 – Resultados fitotécnicos de genótipos de sorgo sacarino, safras de 2013 e 2014. UTFPR, Dois Vizinhos – Paraná, Brasil. 2015.

2012/2013						
Trat	Corte Dias	Alt Pla M	Plan Núm	MV Pla kg ha ⁻¹	Col kg ha ⁻¹	Dia col mm
ADV 2010	110 e	3,1 b	94.762 b	48.083 a	56.591 b	15,2 ab
Hunnigreen	130 a	3,6 a	103.809 a	47.714 a	93.412 a	16,9 a
Sugargraze	112 d	2,8 b	94.762 b	43.595 a	34.521 c	13,8 bc
Volumax	122 b	3,0 b	103.333 a	32.524 ab	27.275 c	12,9 c
BR 505	122 b	3,1 b	61.904 b	31.642 ab	38.600 c	15,0 b
BR 503	121 c	2,8 b	63.333 b	24.952 b	24.447 c	12,1 c
BR 501	122 b	2,7 b	84.285 b	38.226 ab	36.628 c	13,8 bc
Média	118	3,0 b	77.755	38.105	44.496	14,2
CV (%)	0,0	9,6	23,1	22,7	18,7	6,9
2013/2014						
Trat	Corte Dias	Alt Pla M	Plan Núm	MV kg ha ⁻¹	Col kg ha ⁻¹	Dia col mm
ADV 2010	141 a	4,1 ab	75.512 a	39.970 a	57.280 a	15,4 a
Hunnigreen	141 a	4,0 b	69.047 a	35.729 a	33.166 b	15,7 a
Sugargraze	141 a	4,4 a	72.321 a	33.244 a	31.883 b	14,2 a
EJX 5110	141 a	2,7 c	71.131 a	34.152 a	35.226 b	17,2 a
BR 506	117 b	2,4 c	36.309 c	28.211 a	24.949 b	17,0 a
BR 508	114 c	2,5 c	50.892 bc	32.053 a	26.773 b	16,2 a
BR 509	109 d	2,3 c	47.321 bc	27.003 a	24.958 b	15,3 a
BR 511	114 c	2,3 c	54.916 bc	28.794 a	24.709 b	17,5 a
Média	127,2	3,0	59.668	32.394	32.368	16,0
CV (%)	0,0	6,6	13,3	21,1	29,7	10,2

Médias, na mesma coluna, seguidas por letras distintas (dentro da safra), diferem pelo teste Duncan ($P < 0,05$).

O ADV 2010 na safra de 2012 foi semeado em 02/10, e teve um ciclo fisiológico até o corte de 110 dias e na semeadura em 28 de novembro de 2013 a colheita ocorreu com 141 dias. De acordo com distribuidor de sementes, o ADV 2010, o material mostra um ciclo de 120 dias e o Hunnigreen é mais tardio com 160 dias (ADVANTA, 2012; HSR SEEDS, 2013), quando semeado entre setembro a dezembro. Houve então, uma coerência nos resultados obtidos e nas informações das empresas produtoras destas sementes, uma vez que os plantios foram distintos e mesmo assim o período de ciclo foi condizente com os genótipos.

Já entre as variedades BR 505, 503, 501, 506, 508, 509 e 511 mesmo não havendo a repetição das mesmas, aconteceram fenômenos inversos. Ou seja, postergando-se a semeadura encurtou-se o ciclo fenológico das cultivares na média de 122 dias na colheita de 2013 para a média de 113 dias na colheita de 2014. Porém dentro das expectativas preconizadas para estes biótipos de sorgos (PARRELA et al., 2012).

O BR 501 quando foi semeado no mês de outubro completou o ciclo em 113 dias de ciclo após a semeadura, e quando foi semeado em meados de dezembro completou o ciclo após 107 dias (SILVA; ROCHA, 2006). A variedade BR 506 semeada ao final do mês de novembro de 2013, foi colhida quando transcorreram 117 dias de ciclo vegetativo. De acordo com Silva e Rocha (2006) no sul do Brasil, este genótipo quando é semeado em outubro tem o seu florescimento 88 dias após, e o amadurecimento com 116 dias. E quando a semeadura é realizada no mês de dezembro, o florescimento ocorre em 82 dias e o amadurecimento com 107 dias.

No Rio Grande do Sul, os genótipos BR 511 e BR 509 foram semeados em épocas diferentes com reflexos distintos em relação às características produtivas (BARROS et al., 2013). Estes autores verificaram que o mês de outubro é o mais indicado para o cultivo das variedades sacarinas citadas. No entanto, Bandeira et al. (2012) no mesmo estado da federação, relataram que não houve interação significativa entre genótipos e épocas de semeadura para as variáveis fenológicas que pesquisaram.

O segundo ensaio implantado no final de novembro de 2013, nas variedades BR 506, 508, 509 e 511 a média decorrida entre a semeadura e a

colheita findou em 113 dias, e no BR 508 a colheita ocorreu após 114 dias. Este fato está ligado ao ciclo precoce destes materiais que são insensíveis ao fotoperíodo e completam o seu desenvolvimento independente das influências ambientais. Segundo Parrela et al. (2012), a variedade BR 508 é um material de ciclo precoce e quando semeado de setembro a dezembro o período transcorrido do plantio até o corte é de 110 a 120 dias.

A época de plantio, portanto, pode interferir no ciclo vegetativo da cultivar. Esta constatação induz a semeadura de acordo com as recomendações técnicas. Esta é uma informação que contribui nas orientações sobre os plantios únicos ou escalonados objetivando colheitas para preencher o período estival ou visando à produção de silagem antes do inverno. Assim como, exemplifica o cuidado na escolha dos genótipos quando a intenção é fazer a “safrinha” com cultivares de sorgo sacarino.

Este cultivo acontece na região sudoeste do Paraná, do final do mês de janeiro até a primeira quinzena de fevereiro, após a primeira safra do milho. Deste modo, os sorgos de ciclos precoces ou super-precoces serão os indicados para a segunda safra de verão. Juntamente com a prática de alternância de cultivo entre milho e sorgo no plantio direto que perfazem vantagens produtivas como foi relatado por Trezzi (2002) e Giovanardi et al. (2013). A Tabela 7 dispõe sobre os cultivares, a data da semeadura, corte das plantas (fins industriais) comparando a literatura e os resultados obtidos no presente ensaio.

Tabela 7 – Ciclo de corte industrial de genótipos de sorgo sacarino segundo a revisão bibliográfica e os resultados finais do ensaio de tese. Bibliografia: Giacomini et al. (1982); ¹Advanta (2012); ³Agrocere (2013); ²HSR Seeds (2012); ⁵Ce (2014); ⁴Embrapa (2014); ⁴Parrela et al. (2011). UTFPR, Dois Vizinhos – Paraná, Brasil. 2015.

Cultiv	Sem	Ciclo	2012/2013	Ciclo	2013/2014	Ciclo
¹ ADV	Out	120	02 out	110	28 nov	141
² Hunni	Out	120	02 out	130	28 nov	141
¹ Sugar	Out	160	02 out	112	28 nov	141
³ Volum	Out	120	02 out	122	-	-
⁴ BR 505	Out	112	02 out	122	-	-
⁴ BR 503	Out	124	02 out	121	-	-
⁴ BR 501	Out	124	02 out	118	-	-
⁵ BR 5110	Out	130	-	-	-	141
⁴ BR 506	Out	115	-	-	28 nov	117
⁴ BR 508	Out	115	-	-	28 nov	114
⁴ BR 509	Out	115	-	-	28 nov	109
⁴ BR 511	Out	115	-	-	28 nov	114

Adaptação: Pin (2015).

A respeito das alturas das plantas (Alt Pla) na safra de 2013, os sete materiais tiveram uma estatura média de 3,0 metros (m) e em 2014 os oito biótipos alcançaram um porte médio de 3,0 m (Tabela 6). Os híbridos em 2013 alcançaram a altura média de 3,1 m enquanto que as variedades 2,9 m. Já em 2014 os híbridos tiveram 3,8 m de altura e as variedades 2,4 m de altura (Tabela 6). Tanto os híbridos quanto as variedades, mantiveram a mesma tendência em relação à altura nos dois ensaios, ou seja, os genótipos híbridos foram mais altos que as variedades. Entretanto, os híbridos repetidos, na safra 2014 tiveram a altura média superior (4,1 m em 2014 contra 3,2 m em 2013). Isto pode ser atribuído também ao tombamento provocado pelo vento sobre os materiais mais altos, induzindo ao desbaste voluntário, e nestas circunstâncias, o progresso das plantas foi menos competitivo e mais eficiente.

O genótipo Hunnigreen no momento do corte chegou a 3,6 m de altura diferindo dos demais genótipos na safra 2012/2013 ($P < 0,05$). Já os genótipos Sugargraze e o BR 503 tiveram a mesma altura de 2,8 m sem diferenças entre si ($P > 0,05$). As alturas médias das variedades estudadas em 2012/2013 foram de 3,1 m para o BR 505; 2,8 m para o BR 503 e 2,7 m para o BR 501, sem distinção significativa entre estes materiais ($P > 0,05$). Este resultado corrobora com o experimento feito no estado do Tocantins onde as alturas para as cultivares BR 505, 503 e 501 foram de 2,7 m, 2,8 m e 3,1 m respectivamente (GIACOMINI et al., 2013).

Observando a Tabela 6 o número médio de plantas (Plan ha^{-1}) na safra de 2013, os híbridos repetidos (ADV, Hunnigreen e Sugargraze) computaram a média de 97.777 Plan ha^{-1} , com diferenças significativas entre si ($P < 0,05$) e nas variedades não repetidas, este número foi de 69.841 Plan ha^{-1} sem significância entre os materiais ($P > 0,05$). Em 2014 a média de plantas nos híbridos repetidos foi de 72.293 Plan ha^{-1} ($P > 0,05$) e nas variedades de 47.359 Plan ha^{-1} ($P > 0,05$).

Nota-se que o número médio de plantas no ensaio em 2013 foi de 77.755 ha^{-1} e em 2014 de 59.669 Plan ha^{-1} , computando uma diferença de 30% entre as médias. Este fato se justifica pelo tombamento de plantas de algumas parcelas provocado pela ventania ocorrida no mês de março de 2014, induzindo ao desbaste e incidindo sobre a quantidade de plantas e de biomassa por área de terra. O ADV e o Sugargraze no cultivo de 2012/2013 tiveram a mesma densidade de plantas sem grau de significância ($P > 0,05$). O Sugargraze tem alta capacidade produtiva e com 140 mil Plan ha^{-1} o ciclo se completa com 120 dias, com 2,7 m de

altura (ADVANTA, 2012). Já o ADV 2010 com 130 mil Plantas ha^{-1} , chega a 4 m de altura, é fotossensível e fecha o ciclo com 120 dias (ADVANTA, 2012).

Comparando as duas safras, pode-se inferir que nos cultivares ADV e Sugargraze, o menor número de plantas induziu a maior altura e reduziu o rendimento de biomassa verde (Tabela 6). Esta afirmação fica explícita no resultado da análise de correlação contida na Tabela 8 onde as variáveis citadas foram proporcionais entre si. Outra constatação feita na safra de 2014 foi que a altura, o diâmetro e o volume de caldo da planta são componentes que tiveram uma correlação significativa. Em função da menor competição entre as plantas permitindo as atividades fotossintéticas e assimiladoras de nutrientes alongando a estrutura aérea da planta.

Tabela 8 – Análise de correlação entre as variedades estudadas (1. Dias de corte; 2. Altura; 3. Número de plantas; 4. Produção de massa verde; 5. Diâmetro de colmo; 6. Volume de caldo do colmo inteiro; 7. Graus brix; 8. Produção de bagaço; 9. Matéria seca do bagaço; 10. Matéria seca da silagem; 11. Matéria seca do Bagaço; 12. Matéria mineral; 13. Extrato etéreo; 14. Proteína bruta; 15. Fibra em Detergente Neutro; 16. Fibra em Detergente Ácido; 17. Lignina; 18. pH; 19. Capacidade tampão; 20. Carboidratos totais; 21. Carboidratos não fibrosos; 22. Digestibilidade In Vitro). UTFPR Dois Vizinhos – Paraná, Brasil. 2015.

Cor 2013

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Cor 2012 1		0,71	0,77	0,50	-0,18	0,72	-0,63	0,70	0,42	-0,14	0,57	-0,03	-0,56	-0,23	0,74	0,59	0,52	-0,34	-0,32	0,35	-0,52	-0,82
2	0,36		0,55	0,40	-0,41	0,74	-0,90	0,46	0,21	-0,14	0,74	0,09	-0,24	-0,19	0,83	0,70	0,53	-0,51	-0,67	0,18	-0,46	-0,93
3	0,02	0,11		0,60	-0,16	0,69	-0,50	0,67	0,32	-0,14	0,39	-0,31	-0,50	-0,33	0,64	0,42	0,44	-0,42	-0,10	0,53	-0,47	-0,64
4	-0,16	0,32	0,53		-0,03	0,34	-0,34	0,72	0,03	-0,30	0,53	-0,28	-0,27	0,12	0,43	0,17	0,13	-0,35	-0,22	0,18	-0,19	-0,44
5	0,20	0,67	0,00	0,45		-0,27	0,35	-0,22	-0,24	-0,05	-0,32	-0,03	0,15	0,09	-0,33	-0,25	-0,44	0,43	0,24	-0,13	0,22	0,34
6	0,12	0,59	0,41	0,66	0,73		-0,69	0,45	0,24	-0,17	0,41	0,01	-0,34	-0,20	0,74	0,51	0,43	-0,33	-0,28	0,26	-0,47	-0,72
7	0,02	-0,27	-0,56	-0,73	-0,42	-0,69		-0,36	-0,11	0,16	-0,52	-0,15	0,22	0,13	-0,66	-0,62	-0,43	0,44	0,68	-0,11	0,60	0,86
8	-0,57	-0,04	0,52	0,72	0,05	0,26	-0,47		0,70	-0,17	0,54	-0,08	-0,32	-0,03	0,56	0,21	0,50	-0,21	-0,08	0,18	-0,39	-0,55
9	-0,61	-0,35	0,23	-0,04	-0,37	-0,34	0,12	0,61		0,07	0,25	0,14	-0,05	-0,12	0,32	0,11	0,50	0,04	0,19	0,01	-0,32	-0,30
10	-0,15	0,27	0,16	0,43	0,47	0,35	-0,55	0,32	-0,01		-0,21	-0,29	-0,04	0,00	-0,11	0,13	0,15	0,17	0,15	0,06	-0,13	0,01
11	0,17	0,61	0,17	0,22	0,49	0,52	-0,36	0,04	-0,10	0,37		-0,12	-0,05	-0,11	0,59	0,56	0,37	-0,41	-0,55	0,15	-0,26	-0,73
12	0,03	-0,19	0,23	0,00	-0,17	-0,34	0,10	0,07	0,20	-0,23	-0,48		0,30	0,25	-0,05	0,01	-0,20	-0,02	-0,15	-0,60	-0,04	0,03
13	-0,12	-0,12	-0,06	0,04	0,20	-0,07	0,08	0,12	0,04	0,06	-0,23	0,30		0,36	-0,44	-0,32	-0,46	0,34	0,16	-0,69	0,15	0,37
14	0,62	0,23	-0,08	-0,13	0,27	0,00	-0,16	-0,30	-0,35	0,17	0,10	0,15	0,19		-0,14	-0,43	-0,61	0,31	0,18	-0,82	0,27	0,24
15	0,18	0,52	0,47	0,39	0,43	0,69	-0,61	0,17	-0,17	0,40	0,49	-0,45	-0,16	-0,01		0,48	0,53	-0,44	-0,36	0,29	-0,17	-0,78
16	-0,03	0,40	-0,05	0,22	0,45	0,52	-0,14	0,01	-0,15	0,41	0,41	-0,49	0,09	-0,33	0,42		0,42	-0,58	-0,57	0,37	-0,50	-0,75
17	-0,11	-0,11	-0,03	0,07	-0,01	0,10	-0,13	0,29	0,27	0,04	0,07	-0,04	0,19	-0,07	-0,12	0,26		-0,35	-0,29	0,57	-0,41	-0,57
18	0,00	0,12	-0,28	-0,34	-0,09	-0,51	0,42	-0,14	0,21	0,23	0,04	-0,01	0,08	0,09	-0,17	0,01	-0,14		0,42	-0,32	0,23	0,47
19	0,26	0,33	0,02	0,22	0,47	0,48	-0,51	-0,03	-0,30	0,31	0,55	-0,17	0,06	0,42	0,29	0,28	0,25	-0,30		-0,09	0,39	0,61
20	-0,40	-0,06	-0,02	0,07	-0,21	0,14	0,05	0,13	0,15	-0,07	0,18	-0,59	-0,59	-0,82	0,22	0,38	0,00	-0,10	-0,24		-0,14	-0,28
21	-0,30	-0,55	-0,49	-0,38	-0,50	-0,66	0,64	-0,13	0,22	-0,43	-0,45	0,30	0,00	-0,22	-0,96	-0,32	0,13	0,15	-0,36	0,05		0,63
22	-0,08	-0,55	-0,26	-0,30	-0,50	-0,66	0,44	-0,11	0,21	-0,36	-0,56	0,52	-0,04	-0,04	-0,81	-0,48	-0,05	0,08	-0,51	-0,14	0,79	

Cabe ressaltar que a densidade de semeadura foi igual em ambos os experimentos, no entanto a quantidade de plântulas viáveis e o rendimento foram diferenciados, em função do desbaste efetuado, diferindo, por consequência, o número de plantas por tratamento. Além do ataque de lagartas, da diminuição hídrica ocorrida na fase inicial de crescimento e por ação do vento no momento da floração das plantas, durante o segundo ensaio (Figura 4). Este fato impactou nas outras variáveis agronômicas, e confirmou-se que a época de semeadura ao final de novembro incidiu de maneira adversa na proporção de plantas íntegras nas parcelas.

Na Tabela 6 expõe-se a produção de massa verde (MV) aérea dos genótipos pesquisados na safra 2012/2013 originados de plantas inteiras. Os cultivares ADV, Hunnigreen e Sugargraze se distinguiram na produtividade dentre os demais biótipos com a produção média de 46.464 kg MV ha⁻¹ sem diferenças entre si ($P>0,05$). Estes materiais repetidos na safra de 2013/2014 ficaram com média inferior de 36.314 kg MV ha⁻¹ sem diferenças ($P>0,05$). Possivelmente pela menor densidade de plântulas nas parcelas em função do desbaste e do acamamento ocorrido durante o período experimental. Nos outros biótipos pesquisados em 2012/2013, o rendimento médio foi de 31.836 kg MV ha⁻¹ ($P>0,05$). Nesta safra, há exceção do genótipo BR 503 com 24.952 kg MV ha⁻¹, a média dos demais genótipos ficou em 38.105 kg MV ha⁻¹. Contrastando com o rendimento que Giacomini et al. (2013) estimou no BR 503 de 63.800 kg t MV ha⁻¹ em plantas com 3,1 m de altura.

No segundo ensaio de 2013/2014, não ocorreu disparidade significativa ($P<0,05$) no rendimento de MV entre as oito cultivares avaliadas, que ficaram com a média final de 32.394 kg MV ha⁻¹. O genótipo BR 506 produziu 28.211 kg MV ha⁻¹, valor aproximado ao que Albuquerque et al. (2012) obteve no mesmo cultivar em três regiões de Minas Gerais (27.000, 29.770 e 39.420 kg MV ha⁻¹). Nesta situação, os autores concluíram que a região de plantio interfere sobre a produtividade das culturas.

Ainda no ensaio de 2014, a média final dos genótipos ficou em 64.131 kg MV ha⁻¹ superando a média geral da safra anterior de 38.105 kg ha⁻¹. O BR 508 produziu 32.053 kg MV ha⁻¹ com 2,5 m de altura neste ano de plantio. Parrela et al. (2011), com este material obteve 50.000 kg MV ha⁻¹ com ciclo entre 100 a 120 dias em plantas de 3,2 m de altura. O Sugargraze no primeiro cultivo em 2012/2013 produziu 43.595 kg MV ha⁻¹ e no segundo 33.244 kg MV ha⁻¹ de plantas, nas duas

ocasiões os valores não foram diferentes dos demais híbridos testados ($P>0,05$). Contudo, constatou-se uma diferença de 31% nas produções deste genótipo entre as duas safras.

A explicação para esta disparidade pode ser alegada ao déficit hídrico ocorrido entre os meses de janeiro a fevereiro (Figura 4) na fase inicial de crescimento das plântulas. Ou mesmo agravado pelo acamamento ocorrido na pré-colheita diminuindo o número de plantas e o rendimento de massa verde das cultivares na safra de 2013/2014 (Tabela 6). O rendimento do Sugargraze em São Paulo testado com duas taxas de semeadura rendeu 44.600 kg MV ha⁻¹ e 127.000 kg MV ha⁻¹ (BOLONHEZI et al., 2012). Este germoplasma avaliado em Údine na Itália, produziu 69.200 kg MV ha⁻¹ e na Basilicata 35.000 kg MV ha⁻¹ (PIN et al., 2011) Todavia, Ratnavathi et al. (2005), investigando 18 germoplasmas sacarinos na Índia obtiveram o rendimento médio de 29.200 kg MV ha⁻¹.

Os materiais híbridos não devem ser agrupados comparativamente com variedades, devido às aptidões tecnológicas que cada grupo possui. Mas é possível verificar a correlação entre o número de plantas e a produção de biomassa dos materiais, uma vez que fatores manejáveis ou não, influenciam na produtividade das culturas. Nesta ótica, fez-se um cálculo utilizando as médias finais, dividindo a produção de MV pelo número de plantas íntegras com base na Tabela 6 e exemplificado na sequência:

$$\text{Ex.: } 2012/2013: 38.105 \text{ kg MV ha}^{-1} / 77.755 \text{ Plan ha}^{-1} = 0,49 \text{ kg MV Plan}^{-1}$$

1

$$2013/2014: 32.394 \text{ kg MV ha}^{-1} / 59.668 \text{ Plan ha}^{-1} = 0,54 \text{ kg MV Plan}^{-1}$$

Conclui-se que a maior proporção de plântulas por hectare determinou o volume de produção superior na primeira safra, e ao analisar o peso individual das plantas dos anos agrícolas trabalhados, constata-se uma diferença de 10% superior para as biomassas da safra 2013/2014. E com o objetivo de esclarecer as diferenças entre híbridos e variedades a Tabela 9 informa os dados obtidos sobre a MV individual da planta. Onde o peso dos genótipos variedades foi 62% e 22% acima dos híbridos respectivamente nas duas safras. Portanto, o número de plantas é um fator decisivo na produtividade do genótipo de sorgo sacarino.

Tabela 9 – Diferenças entre genótipos e os pesos individuais das plantas dos genótipos utilizados na presente tese. UTFPR, Dois Vizinhos – Paraná, Brasil. 2015.

Safra	2012/2013	2012/2013	2013/2014	2013/2014
Cultivares	Híbridos	Variedades	Híbridos	Variedades
Prod kg MV ha ⁻¹	33.166	24.107	35.773	29.015
Núm Plan ha ⁻¹	69.841	31.607	72.002	47.359
Kg/MV/Plan	0,47	0,76	0,50	0,61

Porém, quanto se reporta a produtividade de MV, tem-se que nos híbridos a produção foi maior, como demonstra a Tabela 10, nas duas épocas de semeadura. Este fato possivelmente é ligado ao número maior de plantas cultivadas nos híbridos sem um propósito pré-definido.

Tabela 10 – Rendimento de massa verde (t MV ha⁻¹) da parte aérea de genótipos de sorgo sacarino. UTFPR, Dois Vizinhos – Paraná, Brasil. 2015.

Cultivar/Data Semeadura	02/10/12	28/11/13
Híbridos	42.900 kg MV ha ⁻¹	35.700 kg MV ha ⁻¹
Variedades	31.500 kg MV ha ⁻¹	28.900 kg MV ha ⁻¹

Parrela et al. (2011) argumentam que a melhor época para a semeadura do sorgo sacarino na região sul é de setembro a novembro. Possivelmente, as influências climáticas e as interferências fitossanitárias contribuíram com o resultado adverso quando a semeadura foi postergada de outubro para final de novembro. Em Minas Gerais os estudos de Mourão et al. (2012) exemplificaram que ocorrem interações diferentes entre os biótipos de sorgo frente as doenças como antracnose, helmintosporiose e ferrugem e nestes casos se referem a diminuição de MV e do grau Brix. Isso aconteceu, em especial, na safra 2013/2014, com a presença de insetos e doença como a cigarrinha e a ferrugem.

Ainda na Tabela 6 veem-se as médias referentes à produção de colmos despalhados (Col Desp). Onde averigua-se que nos materiais híbridos repetidos nos dois ensaios (ADV, Hunnigreen e Sugargraze), a produção média de colmos na safra de 2013 foi de 61.508 kg ha⁻¹ e na safra 2014 de 40.776 kg ha⁻¹. Nas variedades da Embrapa o rendimento de Col Desp foi menor, no cultivo de 2013 que resultou em 33.225 kg ha⁻¹ e em 2014, 25.347 kg ha⁻¹. A maior produção de Col Desp entre os sete genótipos avaliados em 2013 foi obtida com o Hunnigreen (93.412 kg ha⁻¹) que diferiu significativamente dos outros materiais (P<0,05), assim como o ADV que produziu na sequência 56.591 kg por hectare (P<0,05).

Em 2014 o ADV produziu 57.280 kg Col ha⁻¹ e diferenciou-se dos demais biótipos testados (Hunnigreen, Sugargraze, 5110, 506, 508, 509, 5011)

com a média de 29.148 kg Col ha⁻¹. A queda brusca de rendimento do Hunnigreen entre as duas safras deveu-se ao número de plantas inferior no ensaio de 2014. Já o Volumax sendo um material de duplo propósito foi avaliado somente em 2013, produzindo muitas plantas, porém com baixo peso de massa e de colmos, assim como o diâmetro de caule ficou aquém dos híbridos sacarinos (Tabela 6). Bolonhezi et al. (2012) cultivando o ADV 2010 com 0,90 m de espaço entre linhas com densidade de 154 mil Sem ha⁻¹, obtiveram 41.920 kg de Col Desp, e na taxa de 167 mil Sem ha⁻¹ rendeu 35.730 kg Col Desp ha⁻¹.

A produção de biomassa também está correlacionada com o diâmetro dos colmos (Diam Col) e neste aspecto em 2012/2013 os híbridos repetidos tiveram a média de 15,3 mm, enquanto as variedades ficaram com média de 13,6 mm de espessura, diferindo significativamente ($P < 0,05$) entre si. O Volumax foi diferente significativamente dos demais híbridos com um diâmetro menor média de 12,9 mm ($P < 0,05$). Este genótipo na região norte de Minas Gerais semeado no inverno para produção de silagem, com espaço entre linhas de 0,70 m e 147 mil plantas ha⁻¹ finalizou em 28.840 kg MV ha⁻¹ com o diâmetro das plantas de 19,1 mm (RESENDE et al., 2011).

O Volumax não é caracterizado como sacarino e sim como de duplo propósito, atribuindo a esta peculiaridade a menor espessura do colmo. O Sugargraze cultivado na região nordeste da Itália com a densidade de 125 mil Plan ha⁻¹ resultou em plantas de 3,53 metros de altura com 18,3 mm de Dia Col (PICCO, 2013). Em 2013/2014, nos mesmos híbridos, o diâmetro médio dos colmos foi de 15,1 mm e nas variedades analisadas (BR 506, 508, 509 e 511) a espessura foi de 16,5 mm ($P > 0,05$). Nos biótipos BR 511 e o BR 509 a espessura do caule ficou em 17,5 e 15,3 mm igualmente sem diferenças entre si ($P > 0,05$). Identificou-se que o Diam Col tem significância sobre o peso dos materiais podendo armazenar maior conteúdo de caldo entre outros constituintes.

Como os genótipos BR da Embrapa, testados em 2014, que foram desenvolvidos e lançados no mercado com diâmetro de caule maior como foi constatado neste ensaio. No Rio Grande do Sul Barros et al. (2011) implantaram um ensaio com o BR 511 e o BR 509 em duas épocas de semeadura, em 25 de outubro a altura média foi de 2,2 m, o diâmetro médio de 16,3 mm e a produção de 48,5 t MV ha⁻¹. E quando semeado em 24 de novembro estes mesmos materiais tiveram a altura de 1,85 m, com diâmetro de 16,9 mm e a produção de 20,5 t MV ha⁻¹.

Fazendo uma síntese das correlações existentes entre todos os genótipos pesquisados nas duas safras, observando a Tabela 8, podem-se tomar algumas decisões acerca das interações entre as variáveis pesquisadas. Evidencia-se que a Prod MV nos anos de 2012/2013 teve associação significativa entre o número de Plan ha^{-1} , Prod Bag ha^{-1} , MS Sil, assim como para o FDN, em contrapartida o resultado da DIGMS teve relação inversa. Seguindo esta análise, em 2013/2014, a Prod MV ha^{-1} se relacionou positivamente com os Dias para o Corte, Plan ha^{-1} , Dia Col, Vol Cal Plan Int, Prod Bag, MS Sil e negativamente para o teor de $^{\circ}\text{Brix}$

Na Tabela 11, verificam-se os dados dos genótipos sacarinos inerentes ao volume de caldo (Vol Cal) e à concentração de sólidos solúveis totais medido ($^{\circ}\text{Brix}$) de cada genótipo. Onde se nota a mesma tendência produtiva, os híbridos repetidos (ADV, Hunnigreen e Sugargraze) que tiveram a produção de caldo aumentada nas safras de 2013/2014, em partes pelo maior diâmetro dos colmos e altura de plantas. Com destaque para o biótipo Hunnigreen que no cultivo de 2013 rendeu 35.822 litros L ha^{-1} de caldo do colmo despalhado (Cal Col Desp) e 28.514 L ha^{-1} de caldo nas plantas inteiras (Cal Plan Int) com números superiores aos outros genótipos avaliados ($P < 0,05$).

No ano agrícola 2012/2013 a concentração $^{\circ}\text{Brix}$ nos três genótipos híbridos (ADV, Hunnigreen, Sugargraze) no Cal Col Desp e na Cal Plan Int foram respectivamente 12,1 e 11,2 graus com diferenças substanciais entre os genótipos ($P < 0,05$). E em 2013/2014 o teor médio do $^{\circ}\text{Brix}$ no caldo do colmo e da planta foi de 9,0 e 8,5 graus sem diferenças entre os materiais ($P > 0,05$). Nas variedades do primeiro cultivo (BR 505, 503 e 501) o $^{\circ}\text{Brix}$ no caldo do colmo foi em média de 16,7 graus e da planta inteira a média de 16,4 graus com diferenças estatísticas entre si ($P < 0,05$). Numa pesquisa com o Sugargraze na Itália, na base do colmo encontrou-se no caldo 8,0 $^{\circ}\text{Brix}$, no centro 12,8 $^{\circ}$ e no ápice do caule 13,0 $^{\circ}\text{Brix}$ (PISCIONERI, 2013). Em Portugal este germoplasma teve o teor de 16,0 $^{\circ}\text{Brix}$ produzidos no caldo, considerando a produção de MV de 60 t ha^{-1} e o bagaço que foi utilizado para elaboração de silagem (MONTEIRO, 2011).

Tabela 11 – Resultados fitotécnicos de genótipos de sorgo sacarino, ensaios de 2013 e 2014. UTFPR, Dois Vizinhos – Paraná, Brasil. 2015.

2012/2013				
Tratamento	Cal Col Desp L ha⁻¹	Cal Col Int L ha⁻¹	°Brix Cal Col Desp (%)	°Brix Cal Col Int (%)
ADV 2010	22.079 b	24.878 a	12,4 d	11,4 e
Hunnigreen	35.822 a	28.514 a	9,9 e	9,6 f
Sugargraze	11.164 d	11.295 b	14,1 c	12,8 de
Volumax	6.245 d	8.849 b	15,1 c	15,3 bc
BR 505	15.426 c	11.980 b	19,0 a	18,7 a
BR 503	7.395 d	9.358 b	16,2 b	16,2 b
BR 501	13.068 c	13.286 b	15,0 c	14,3 cd
Média	15.886	13.743	13,1	14,0
CV (%)	18,0	26,6	6,3	6,7
2013/2014				
Tratamento	Cal Col Desp L ha⁻¹	Cal Col Int L ha⁻¹	°Brix Cal Col Desp (%)	°Brix Cal Col Int (%)
ADV 2010	16.541 a	21.537 a	8,7 b	9,0 b
Hunnigreen	16.774 a	19.490 ab	7,8 b	8,7 b
Sugargraze	23.107 a	23.285 a	9,1 b	9,3 b
EJX 5110	15.952 a	14.970 abc	15,9 a	15,8 a
BR 506	8.917 a	9.099 c	15,3 a	15,0 a
BR 508	10.370 a	9.661 c	17,3 a	15,7 a
BR 509	9.024 a	9.727 c	16,6 a	13,5 a
BR 511	10.505 a	10.996 bc	15,7 a	15,7 a
Média	13.899	12.242	13,3	12,8
CV (%)	55,0	34,2	34,2	10,8

Médias, na mesma coluna, seguidas por letras distintas (dentro da safra), diferem pelo teste Duncan (P<0,05).

No ensaio de 2014 os genótipos ADV, Hunnigreen e Sugargraze produziram 18.807 litros de caldo no colmo despalhado por hectare (Cal Col Desp L⁻¹) e 21.437 litros de caldo do colmo da planta inteira por hectare (Cal Plan Int ha⁻¹) e sem diferença significativa entre os materiais (P>0,05).

Compreende-se que no segundo ensaio não houve grau de significância desta variável entre híbridos e variedades que tiveram um rendimento médio de caldo de 13.899 L ha⁻¹ (Tabela 11). Uma justificativa para este resultado é a maior produção de colmos e o diâmetro das plantas mais espesso verificado nas variedades da safra de 2014 que repercutiu no volume de caldo presente no colmo. Enquanto nas variedades cultivadas em 2014 (506, 508, 509 e 511) a concentração de sólidos solúveis no colmo foi em média 16,2° e na planta de 14,3 °Brix (P>0,05). Pelo exposto nos dois cultivos, a concentração de sólidos solúveis (°Brix) foi superior nas variedades, com ênfase ao BR 505 com 19,0 e 18,7 °Brix no caldo do colmo e na planta respectivamente.

Mesma constatação feita na safra de 2014 com a média mais alta de °Brix nas variedades, a exceção do híbrido EJX 5110, que teve 15,9 e 15,8 de concentração de sólidos no colmo e na planta inteira, equiparando-se aos materiais da Embrapa. O teor de sólidos solúveis totais do BR 508 no caldo da planta inteira foi de 15,7 °Brix e no caldo no colmo despilhado de 15,3 °Brix. De acordo com Parrela et al. (2011) o sorgo BR 508 manteve no caldo o teor de 22,0 °Brix em plantas de 3,2 m de altura. Esta desigualdade é esperada em função das impurezas existentes no caldo da planta inteira em relação ao caldo do colmo sem outras estruturas botânicas.

O volume de caldo do colmo inteiro no BR 511 e 509 foram de 10.996 e 9.727 L ha⁻¹, com 15,7 e 13,5 °Brix, consecutivamente e significativamente semelhantes ($P>0,05$). No ensaio de Barros et al. (2011), computou-se 20.529 L Cal ha⁻¹ no BR 511 com 11,3 °Brix, e 23.927 L Cal ha⁻¹ com 10,7 °Brix no BR 509 ($P>0,05$). Para embasar a discussão relata-se que a Embrapa Milho e Sorgo nas variedades sacarinas almeja 50 a 60 t MV ha⁻¹, para obter 18,0 a 19,0 °Brix e extrair 60 a 70 litros de etanol por tonelada de colmo despilhado (DURÃES, 2012).

Na Tabela 8 encontra-se a análise de correlação entre as características julgadas, e que não faz o discernimento dos diversos genótipos, ou seja, todos os materiais pesquisados são avaliados em conjunto. Deste modo na safra de 2013 o Vol Cal Plan Int foi associado sinergicamente à Prod MV, Dia Col Int e inverso ao teor de °Brix. Na colheita de 2014 o Vol Cal Plan Int teve correlação positiva com o Dia Col e Alt Plan, e negativa ao °Brix.

No conteúdo da Tabela 12 a produção média de bagaço (Prod Bag) em todos os genótipos testados na safra de 2013 foi de 11.111 kg ha⁻¹ em detrimento do rendimento do bagaço em 2014 de 4.960 kg ha⁻¹. A produção inferior ocorrida no segundo ensaio está relacionada ao número de plantas e ao volume de massa superior no primeiro ensaio e devido às implicações fitossanitárias e ambientais ocorridos em 2014. Os sorgos híbridos, de maneira geral, apresentaram maior rendimento de resíduo em comparação com as variedades ($P<0,05$).

Foi relatado por Wu et al. (2007) e Durães (2012) em plantas híbridas as produções de 50 a 60 toneladas de massa verde por hectare (t MV ha⁻¹), deste montante 30% (15 a 18 t) resultou em bagaço. Na Índia após o processamento dessas plantas obtiveram-se produção de bagaço do sorgo sacarino equivalentes a 12 a 17 t MS ha⁻¹ (RAJVANSI; NIMBKAR, 2003). A produção de bagaço e o teor de

°Brix são relevantes variáveis deste trabalho e foram apresentadas na Tabela 8, onde é possível verificar as correlações entre os genótipos. No primeiro ano agrícola o maior rendimento de bagaço teve correlação negativa sobre o teor de °Brix presente no caldo da planta inteira. Expondo que os genótipos que produzem mais volume de caldo findam com menor teor de sólidos solúveis no caldo.

Das amostras frescas da silagem do bagaço retirada dos silos extraiu-se o percentual de MS (%MS Sil) após a trituração do material. Na safra de 2013 a média da MS em todos os genótipos foi de 32,3%, e na safra de 2014 a média geral foi de 33,1% (Tabela 12). Praticamente não ocorreram diferenças significantes entre os biótipos avaliados ($P>0,05$), sinalizando que o processo de fermentação e estabilização foi apropriado entre os genótipos em ambos os ensaios bem como os procedimentos de secagem. Os três híbridos repetidos nos dois ensaios (ADV, Hunnigreen e Sugargraze) resultaram a média de 36% de MS em 2013 e de 33% em 2014 (Tabela 12).

Este percentual de MS das silagens de sorgo é condizente com as orientações de Almodaris; Hadi (2009) e a Embrapa (2013) ao enfatizar que a MS ideal deve se manter entre 30 a 35%. O Sugargraze e o BR 501 no primeiro ensaio finalizaram com o patamar de 33,0 e 30,3% de MS consecutivamente e não se diferenciaram entre si ($P>0,05$). Rodriguês et al. (2012) em estudo realizado em Portugal constatou na silagem do bagaço do Sugargraze o nível de 28,5% de MS em silos experimentais. Como já foi dissertado aqui, um dos destinos do bagaço de sorgo sacarino é a alimentação animal, desta forma, na Índia o bagaço de cultivares sacarinas com 35% de MS foi utilizado para compor a dieta de bovinos de corte e cordeiros, culminando com resultados satisfatórios de desempenho animal (VIDYA et al., 2012).

No estudo dos genótipos por meio das análises de correlação presente na Tabela 8, fica evidente que o aumento do percentual de MS foi concomitante a elevação da Prod MV e do Dia Col, e inversamente proporcional ao °Brix do caldo da planta inteira, no cultivo de 2012/2013. Esta situação não se repetiu com as variáveis citadas em 2014, mas sim em relação ao nível de CHNF da silagem. O que é óbvio uma vez que com o incremento da biomassa acompanhado da maior espessura do colmo dilui a concentração de °Brix no caldo. Da mesma forma em que o teor de CHNF se dispersou no maior percentual de MS da silagem do bagaço.

Tabela 12 – Resultados fitotécnicos de genótipos de sorgo sacarino das safras de 2013 e 2014. UTFPR, Dois Vizinhos – Paraná, Brasil. 2015.

2012/2013		
Tratamento	Prod Bag (kg ha ⁻¹)	MS Sil (%)
ADV 2010	15.249 ab	38,8 a
Hunnigreen	9.662 bc	36,4 ab
Sugargraze	16.496 a	33,0 abc
Volumax	11.859 abc	34,6 ab
BR 505	8.433 c	28,5 bc
BR 503	7.306 c	24,9 c
BR 501	8.771 c	30,3 abc
Média	11.111	32,3
CV (%)	29,7	15,0
2013/2014		
Tratamento	Prod Bag (ka ha ⁻¹)	MS Sil (%)
ADV 2010	7.116 a	31,7 a
Hunnigreen	5.600 abc	33,2 a
Sugargraze	5.590 abc	33,7 a
EJX 5110	6.096 ab	33,1 a
BR 506	4.376 bcd	32,3 a
BR 508	3.600 cd	33,3 a
BR 509	4.186 bcd	34,2 a
BR 511	3.120 d	33,7 a
Média	4.960	33,1
CV (%)	21,3	7,3

Médias, na mesma coluna, seguidas por letras distintas (dentro da safra), diferem pelo teste Duncan (P<0,05).

Os constituintes nutricionais da silagem do bagaço dos genótipos de sorgo sacarino das duas pesquisas são visualizados na Tabela 13. Por conseguinte, nas amostragens de 2013 a participação da matéria mineral (MM) foi distinta entre os materiais de forma significativa (P<0,05). A quantidade deste elemento foi superior no Sugargraze (3,9%) e no BR 501 (3,7%) em relação aos outros genótipos sem diferença estatística entre si (P>0,05). Porquanto, nas amostragens de 2014 a média dos sete genótipos foi de 3,3% de MM sem significância entre os materiais (P>0,05). Salienta-se que entre os biótipos repetidos nas duas safras (ADV, Hunnigreen e Sugargraze) o valor médio de MM foi aproximado, permanecendo em 3,3% no primeiro ensaio e 3,2% do segundo ensaio.

Rodriguês et al. (2012), confrontaram o sorgo Sugargraze colhido para silagem de sorgo sem pré-secagem, com pré-secagem e como silagem do bagaço, os teores de MM foram sequencialmente de 4,4%, 4,3% e 3,2%, com diferença significativa entre os resultados (P<0,05). Notam-se, nesta pesquisa, que na silagem do bagaço os valores de minerais foram inferiores, entretanto, em quantidades razoáveis em se tratando de um subproduto industrial. Outros estudos sobre a concentração de MM no bagaço de sorgo sacarino revelados por Souza et al. (2005) e Oliveira et al. (2009) indicaram 2,0 a 1,6% de MM. Enquanto que Barcelos (2013)

e Camacho (2013) encontraram 0,5 e 0,8% de MM no bagaço. Supõe-se que os teores diagnosticados no bagaço sejam transportados em quantidades aproximadas à silagem, por isto é cabível esta discussão correlata entre volumosos.

Prosseguindo na Tabela 13, as composições médias do extrato etéreo (EE) nas sete silagens em 2013 foram de 1,0% e nas oito silagens em 2014 de 1,7%. Nas silagens dos híbridos ressemeados, os valores foram distintos, onde em 2013 a média do EE dos três genótipos (ADV, Hunnigreen e Sugargraze) foi de 1,1% e em 2014 de 1,6%. Computando uma diferença 45% entre as safras e demonstrando a influência do ambiente e do manejo sobre as plantas.

Em silagem experimental do bagaço do sorgo Sugargraze, Rodriguês et al. (2012) encontrou 28,6% de MS com 0,9% de EE. Em contrapartida, Camacho (2013) registrou no bagaço deste biotipo 2,5% deste nutriente. O percentual de EE encontrado pelos autores descritos acima tem congruência com o resultado da experiência em tese, tanto em relação ao Sugargraze como pela relação entre os valores do bagaço e da silagem.

Tabela 13 – Resultado das análises químicas das silagens de bagaço de genótipos de sorgo sacarino das safras de 2013 e 2014. UTFPR, Dois Vizinhos – Paraná, Brasil. 2015.

2012/2013					
Tratamento	%MM	%EE	%PB	%FDN	%FDA
ADV 2010	2,8 d	1,0 ab	2,8 b	77,4 a	50,1 a
Hunnigreen	3,3 bc	1,0 ab	4,8 a	78,3 a	46,9 ab
Sugargraze	3,9 a	1,3 ab	3,9 ab	68,7 c	40,2 b
Volumax	3,5 bc	1,0 ab	3,8 ab	74,5 ab	44,4 ab
BR 505	3,3 bc	1,4 a	3,7 ab	69,8 c	45,8 ab
BR 503	3,1 cd	0,7 b	3,9 ab	70,7 bc	43,0 ab
BR 501	3,7 ab	1,0 ab	3,8 ab	71,3 bc	40,4 b
Média	3,5	1,0	3,8	73,0	44,4
CV (%)	7,0	29,8	16,5	2,8	9,4
2013/2014					
Tratamento	%MM	%EE	%PB	%FDN	%FDA
ADV 2010	3,2 ab	1,7 ab	6,0 a	74,3 a	34,5 bc
Hunnigreen	3,2 ab	1,8 ab	5,1 a	65,5 a	41,5 a
Sugargraze	3,4 ab	1,4 b	5,3 a	76,3 a	40,0 a
EJX 5110	3,3 ab	1,5 b	5,6 a	64,5 bc	34,7 bc
BR 506	3,5 ab	1,9 ab	5,7 a	61,7 ce	33,5 bc
BR 508	3,2 ab	2,1 a	5,4 a	63,5 bcd	35,9 b
BR 509	3,5 a	2,3 a	6,0 a	59,3 e	33,0 c
BR 511	2,9 b	1,8 ab	5,8 a	61,1 de	33,6 bc
Média	3,3	1,7	5,9	65,8	35,8
CV (%)	9,2	16,2	9,9	2,4	3,5

Médias, na mesma coluna, seguidas por letras distintas (dentro da safra), diferem pelo teste Duncan ($P < 0,05$).

A quantidade média de proteína bruta (PB) diagnosticada nas amostras de silagens na safra de 2013 foi de 3,8% e em 2014 de 5,9% (Tabela 13). Esta é uma variável que apresentou baixa relação nos teores proteicos entre os anos de cultivo. Os híbridos implantados nas duas safras mostraram teores médios de PB nas silagens de 3,8% em 2013 e 5,5% em 2014. O baixo teor de PB em todos os genótipos ainda deve ser subtraído em função da lignificação do nitrogênio que reduz o teor final deste elemento e, por consequência, diminui a população e a atividade microbiana no ambiente do silo e do rumem. Uma solução é a suplementação proteica visando à degradabilidade de volumosos fibrosos para melhorar a conversão alimentar dos ruminantes, nos ditames de Argyle e Baldwin (1989) e Paterson et al. (1994).

No estudo de Camacho (2013), o bagaço de sorgo teve 6,2% de PB, o que corrobora com outras revisões sobre um percentual aproveitável de PB na nutrição de ruminantes. Como no caso em que Avila et al. (2013) alimentou ovinos com este resíduo contendo 6,5% PB, acrescido de farelo de girassol, e observou que houve um estímulo na ingestão voluntária e incremento na digestibilidade dos animais. A título de incrementar a discussão desta variável, o NRC (2001) preconiza que o nível de PB na MS necessária para novilhas em crescimento é de 12% e para vacas em produção entre 14 a 18%. Evidencia-se que os teores encontrados nas silagens de bagaço do sorgo sacarino neste trabalho de tese, é aquém da recomendação técnicas, o que conduz a suprimento proteico dietético.

A participação da fibra em detergente neutro (FDN) no cômputo das silagens dos sete genótipos avaliados ficou em 73,0% em 2013 e de 65,8% nas silagens de 2014 (Tabela 13). Na primeira safra, os melhores índices de FDN e significativamente distintos ($P < 0,05$) ocorreram no Sugargraze (68,7%) e no BR 505 (69,8%). E na segunda safra as variedades BR 506, 508, 509 e 511 ficaram com 61,5% de FDN ($P < 0,05$). Nas silagens dos híbridos repetidos nas duas safras (ADV, Hunnigreen e Sugargraze), a média do FDN em 2013 foi de 74,8% e em 2014 de 72,2%, demonstrando que estes genótipos possuem teores de fibras mais elevados. A silagem do EJX 5110 teve o menor valor de FDN (64,5%) entre os híbridos testados em 2014 ($P < 0,05$). Esta fração de FDN nas silagens é elevada em se tratando de alimentação de ruminantes, pois interfere nos processos digestórios e na formação de energia líquida aproveitável.

O nível de fibra em detergente ácido (FDA) nas sete silagens do primeiro ensaio em 2013 foi de 44,4% e em 2014 nas oito silagens foi de 35,8%, uma diferença de 24% entre os materiais. Os três híbridos testados nas duas safras obtiveram a média de 45,7% e 38,6%, uma diferença de 18% entre os materiais. Em 2014, com exceção do Hunnigreen e do Sugargraze com altos teores de FDN (40,7%), as silagens do ADV, do EJX 5110 e das variedades (BR 506, 508, 509 e 511) tiveram valores menores de FDN (34,2%). Confirmam-se até este momento da discussão que os resultados bromatológicos das silagens em 2014 foram superiores nutritivamente quanto comparados com a safra de 2013.

Um trabalho desenvolvido em Portugal o bagaço no formato de silagem do sorgo Sugargraze foi armazenado por dez meses e apresentou os teores de 74,5% de FDN; 45,46% de FDA (RODRIGUÊS et al., 2012). E no Rio Grande do Sul a silagem do bagaço de sorgo sacarino resultou em 63% de FDN; 41,4% de FDA (AVILA et al., 2013). E o Icrisat na Índia com o mesmo resíduo sacarino apresentou percentuais de MS: 34,8%; FDN: 71,8% e FDA: 46,7% (VIDYA et al., 2011). No mesmo país, Kumary et al. (2012) trabalhando com nelores alimentados com 60% de bagaço de sorgo sacarino e 40% de concentrado proteico-energético (PB: 10,2%; FDN: 56,8%; FDA: 32,4%) constatou que esta mistura proporcionou eficiência zootécnica e econômica na produção animal.

Na segunda safra 2013/2014 as frações de FDN (61,1%) e FDA (35,8%) diagnosticados na média das oito silagens, se aproximam dos valores sugeridos pelo autor referenciado. Todavia é preciso suplementar a dieta em acordo com a demanda da fase produtiva para surtir os efeitos zootécnicos requeridos. Os altos níveis de açúcar são correlacionados com a elevação de FDN e este fato reduz a digestibilidade da matéria seca da silagem, e por consequência diminui o consumo de MS e os ganhos produtivos (DEMARCHI et al., 1995). É importante considerar que o bagaço processado para silagem contem folhas, panícula e o caldo, que melhoram a qualidade do volumoso diminuindo o nível de fibras e aumentando o teor de carboidrato solúvel e proteína dentre outros nutrientes essenciais ao ruminante.

A Tabela 14 exterioriza outros valores nutricionais das silagens dos bagaços dos genótipos sacarinos. Na safra de 2013, não houve diferença estatística entre as silagens no que concerne a média final de 21,0% de lignina (LIG), nos sete tipos de sorgos ($P>0,05$). A proporção de LIG está relacionada a fatores genéticos e

ao envelhecimento da planta, e, neste caso, o momento da colheita foi condicionado à textura do grão na panícula, independente da idade da forrageira.

Como já foi dissertado anteriormente, o período decorrido entre o plantio e o corte nos genótipos estudados apresentou diferença estatística, finalizando com 118 dias nas silagens de 2013 e 127 dias nas silagens de 2014. O percentual de LIG médio das silagens da safra de 2014 foi de 6,7% e em 2013 de 21,0%, computando uma diferença relevante de 40%. O Sugargraze foi o biótipo que teve na silagem do bagaço o nível de LIG mais elevado (10,2%) diferenciando-se dos demais genótipos ($P < 0,05$). Contudo, houve pouca desigualdade estatística entre os biótipos de 2014 como mostra o coeficiente de variação de 2,7%. Analisando o percentual de LIG das duas safras, fez uma abordagem dos três genótipos repetidos nos ensaios (ADV, Hunnigreee e Sugargraze), onde em 2013 a média de LIG foi de 21,6% e em 2014 de 6,1%. Deduzindo que não foi o perfil genético que influenciou de forma preponderante, e sim as variações ambientais ocorridas, mesmo com os padrões pré-estabelecidos de colheita e ensilagem.

O sorgo Sugargraze cultivado na Europa produziu silagens de bagaço com 28,6% de MS e 22,7% de LIG (RODRIGUÊS et al., 2012). E um ensaio feito na Índia por Blumeel et al. (2009) com híbridos e variedades de bagaço de sorgo sacarino diagnosticou a média de 4,9% de LIG, enquanto Vidya et al. (2012) e Santos (2007) relataram frações de 25,1 e 11,9% de LIG no bagaço. Já Oliveira et al. (2009) encontraram valores de 16,5% e Barcelos (2012) teor de 10,3% de LIG neste material. Nesta comparação com o bagaço é possível extrapolar com segurança que o percentual de LIG se manterá na silagem do bagaço, pois a LIG é uma substância indigerível tanto no silo como no rumem.

Existe uma notável disparidade na quantidade de LIG da silagem feita em 2013 e a silagem produzida em 2014. Que pode ser atribuído aos conteúdos mais elevados dos demais nutrientes e menor fração fibrosa diagnosticada no segundo ensaio. Assim como, pelo fato de ter ocorrido um atraso de aproximadamente dois meses da segunda semeadura. Acrescido das adversidades climáticas e sanitárias que podem ter influenciado nos desníveis de LIG entre os experimentos. Uma vez que promoveram o desbaste diminuindo o número de plantas por parcela e permitindo o melhor desenvolvimento dos genótipos durante o ciclo e no processo de produção da silagem.

Os resultados da titulação da acidez das silagens frescas do bagaço de sorgo sacarino, expressos em pH, culminaram com um valor médio nas duas safras de 3,7 (Tabela 14), com pequeno coeficiente de variação nas duas ocasiões (2,7% e 1,3%). Analisando o índice de pH das silagens de 2013, percebe-se diferença significativa ($P<0,05$) entre as amostragens. O Volumax estabilizou com 3,9 de pH e distinguiu-se das demais silagens ($P<0,05$). Este fato está ligado ao momento da colheita das plantas e ao processo de ensilagem dos resíduos. Em 2014 as silagens dos genótipos distinguiram-se no Sugargraze com 3,6 e no BR 506 com 3,8 mostrando que o perfil genético não influenciou no pH das silagens ($P>0,05$). O bagaço do Sugargraze colhido no início do outono e armazenado em micro-silos resultou no pH final de 4,0 (RODRIGUES et al 2012).

O nível do pH é fator decisivo na conservação da silagem e na multiplicação de microorganismos e possui correlação com o percentual de MS do volumoso. Um teor de 15% de MS deve manter condições iguais ou inferiores de 3,6 no pH; com 25% de MS entre 4,2 a 4,4 e com 35% de MS entre 4,6 a 4,8 de pH, nas observações de Charley (2006). A média alcançada de pH nas sete silagens analisadas foi de 3,7 mantendo uma situação interna apropriada para a manutenção dos nutrientes até a abertura dos silos.

A capacidade tampão (CT) é medida pela velocidade de decréscimo do pH até uma titulação previamente estabelecida (JOBIM et al., 2007). E, segundo estes autores, pode ser expressa em e.mg NaOH 100 g MS⁻¹. Observou-se nas silagens de 2013 (Tabela 14) que nos materiais ADV, Sugargraze, Volumax e nas variedades da Embrapa o CT ficou com a média de 9,2 não se diferenciando entre si ($P>0,05$), mas sim em relação ao Hunnigreen com a média mais alta de 13,9 ($P<0,05$).

Neste contexto a média do CT de todas as silagens ficou em 9,8. Nas silagens de bagaço de 2014, registrou-se o percentual mais baixo de CT no Hunnigreen com 7,9 e os mais altos no EJX 5110 com 13,3 e no BR 511 com 12,8; havendo diferenças significativas entre os estes materiais ($P<0,05$). O nível de CT da silagem do Hunnigreen na silagem de 2013 foi de 13,9 e em 2014 de 7,9 e.mg NaOH 100 g MS⁻¹.

Em relação à CT, Jobim et al. (2007) esclarecem que nos volumosos ensilados, este índice simboliza o processo de resistência do volumoso armazenado ante o abaixamento do pH, e este mecanismo tem relação direta com os

constituintes da planta e nas suas variadas combinações momentâneas. Deste modo um CT alto indica que o abaixamento do pH foi lento, o que é desaconselhável, porque propicia a redução qualitativa da silagem.

Tabela 14 – Resultado das análises químicas de silagens de bagaço de genótipos de sorgo sacarino. UTFPR, Dois Vizinhos – Paraná, Brasil. 2015.

2012/2013						
Tratamento	%Lig	pH	CT e.mg	%CHT	%CHNF	%DIGIV
ADV 2010	21,4 a	3,7 b	9,9 b	93,2 a	15,7 cd	30,7 b
Hunnigreen	21,0 a	3,6 b	13,9 a	90,7 b	12,3 d	31,0 b
Sugargraze	22,6 a	3,7 ab	10,5 b	90,7 b	21,9 a	41,5 a
Volumax	19,9 a	3,9 a	8,3 b	91,6 b	17,1 c	37,4 a
BR 505	21,9 a	3,8 ab	9,0 b	91,3 b	21,5 a	37,1 a
BR 503	21,9 a	3,7 ab	10,1 b	92,2 b	21,3 a	38,7 a
BR 501	18,7 a	3,6 b	7,4 b	91,3 b	20,0 b	42,2 a
Média	21,0	3,7	9,8	91,5	11,1	36,9
CV (%)	13,3	2,7	16,7	0,9	12	7,8
2013/2014						
Tratamento	%Lig	pH	CT e.mg	%CHT	%CHNF	%DIGIV
ADV 2010	8,3 ab	3,8 ab	10,0 abc	89,1 ab	13,0 b	52,1 c
Hunnigreen	8,7 ab	3,7 bc	7,9 c	89,7 ab	8,9 c	48,3 d
Sugargraze	10,2 a	3,6 c	8,9 bc	89,8 a	13,4 b	51,2 cd
EJX 5110	7,3 ab	3,8 ab	13,3 a	89,5 ab	13,0 b	66,8 b
BR 506	6,9 ab	3,8 a	10,6 abc	88,7 ab	15,6 a	70,0 ab
BR 508	6,1 b	3,7 ab	10,5 abc	89,4 ab	16,5 a	70,0 ab
BR 509	7,0 ab	3,7 ab	11,6 ab	88,0 b	12,2 b	70,9 a
BR 511	6,4 b	3,8 ab	12,8 a	89,3 ab	15,5 a	70,4 ab
Média	6,7	3,7	10,7	89,1	13,5	62,4
CV (%)	2,7	1,3	16,6	0,9	8,1	3,2

Médias, na mesma coluna, seguidas por letras distintas (dentro da safra), diferem pelo teste Duncan 5% ($P < 0,05$).

Os carboidratos totais (CHT) são as porções nutritivas e fermentescíveis da silagem. Neste parâmetro, a média CHT dos sete genótipos ensilados e analisados da safra de 2013 foi de 91,5% e dos oito genótipos de 2014 de 89,1%. O nível de CHT nas duas pesquisas mantiveram quantidades estáveis de CHT entre si ($P > 0,05$). Já a proporção de carboidratos não fibrosos (CHNF) corresponde aos compostos não estruturais energéticos da silagem. Nestes elementos, nos genótipos híbridos repetidos (ADV, Hunnigreen e Sugargraze) em 2013 as silagens tiveram a média 16,6% e em 2014 de 14,7. Esta diferença foi suprida pelos demais constituintes das silagens com valores maiores, como por exemplo, a PB. As variedades revelaram quantidades superiores de CHNF com a média de 20,9% para o BR 505, 503 e 501 e 15,8% para o BR 506, 508 e 511, não diferindo estatisticamente ($P > 0,05$).

O limite de CHNF preconizado nas silagens de sorgo para que ocorra a fermentação e estabilização adequada do material armazenado fica entre 6 a 10% (McDONALD et al., 1991; JOBIM et al., 2007). Uma vantagem da silagem bem estabilizada é a produção de ácidos orgânicos a partir dos carboidratos que facilitam o processo fermentativo e metabólico dos ruminantes (SNIFFEN et al., 1992). Este é um indicativo para definir a cultivar apropriada visando à silagem do bagaço de sorgo sacarino. As plantas de sorgo sacarino possuem teores elevados de carboidratos totais (CHT) que ficam impregnados no bagaço após a moagem, incrementando a qualidade do volumoso conservado.

Quanto à digestibilidade “in vitro” (DIGIV) aferido nos híbridos repetidos nos dois ensaios (ADV, Hunnigreeen e Sugargraze) a média foi de 34,4% em 2013 e de 50,5% em 2014 (Tabela 14). Uma diferença substancial deste componente entre os anos de estudo e inferior às variedades avaliadas em conjunto. Os biótipos BR 505, 503 e 501 do primeiro ensaio, resultaram na média da DIGIV da silagem de 39,3% e os BR 506, 508, 509 e 511 do segundo ensaio, com 70,3% de digestibilidade.

Estes níveis de DIGIV são vinculados ao percentual de LIG das cultivares, que é um composto indigestível. As sete silagens feitas em 2013 concluíram com uma média de DIGIV de 36,9% e em 2014 com 62,4%. Este fato pode ser justificado pelos teores bromatológicos das silagens no primeiro e no segundo ensaios, onde existe uma concordância dentre os elementos específicos em cada experimento. Por exemplo, o nível de FDN foi alto e a PB foi baixa em 2013; na mesma análise, em 2014 o percentual de LIG foi menor e os carboidratos não fibrosos foram mais elevados.

Nas silagens dos genótipos repetidos (ADV, Hunnigreen e Sugargraze) fica explícito que não é somente o padrão genético da cultivar que influencia na qualidade do bagaço armazenado, pois os resultados foram distintos nas duas safras. Por esta ótica comprova-se que os fatores abióticos promoveram condições diferenciadas de desenvolvimento das plantas somadas ao processo de ensilagem, que foi igual em todos os tratamentos.

O International Crops Research Institute for the Semi-Arid-Tropics (ICRISAT) na Índia pesquisou 34 cultivares de sorgo sacarino, na forma de planta inteira e de bagaço com potencial para biocombustível e para a alimentação de ruminantes (BLUMMEL et al., 2009). Neste estudo, a composição química dos

materiais híbridos encontradas em 26,3% de MS do bagaço foi de 64,3% de FDN; 41,4% de FDA e 44,5% de DIGIV da MS. Já nas variedades, em 28% de MS, os constituintes foram de 64,6% de FDN; 39,8% de FDA e 46,6% de DIGIV da MS. Nos experimentos de Rao et al. (2012), o consumo da silagem de bagaço em relação ao peso vivo (PV) em búfalos foi de 1,4% em uma dieta contendo 51,8% de NDT e as ovelhas consumiram 1,6% do PV na dieta com 50,7% de NDT.

Enquanto Kumary et al. (2010) argumentam sobre o uso de silagem de bagaço de sorgo sacarino na alimentação de búfalos Murrah com 344,2 kg de PV, ingerindo voluntariamente 2,5% em relação ao peso vivo dos animais. Neste caso a digestibilidade da MS foi de 52,5%, da PB de 40,2%, da fibra bruta (FB) de 51,1% e do EE de 61,0%. Os autores consideraram satisfatórios os desempenhos zootécnicos e econômicos conseguidos com o uso deste resíduo no formado de silagem.

Numa análise conjuntural da silagem por intermédio das correlações entre as variáveis dos genótipos (Tabela 8) foi possível compreender que na silagem feita em 2013 quanto maior os percentuais de MS, FDN, FDA e LIG, menor foi o teor de MM, do pH e dos CHNF. Igualmente na silagem de 2014, o FDN mais elevado foi acompanhado do menor índice de EE, CHF e de CHNF. São resultados esperados, uma vez que o aumento das fibras reduz a disponibilidade de nutrientes nos alimentos conservados.

Encontram-se na Tabela 15 as informações sobre a separação botânica dos genótipos de sorgo das safras de 2013/2014, onde ocorreu diferença significativa entre os biótipos ($P < 0,05$). Esta variável foi medida por intermédio da pesagem das partes das plantas. A média dos componentes estruturais das plantas de todos os materiais foi de 83,5% em colmos, 12,3% em folhas e 4,1% em panículas. A respeito da proporção do colmo na estrutura da planta, pode-se inferir que os materiais híbridos (ADV 2010, Hunnigreen, Sugargraze e o EJX 5110) ficaram com a maior média com 86,3% em comparação com as variedades (BR 506, 508, 509 e 511) com média de 80,7% de colmos. O diâmetro e o peso dos colmos provocaram esta diferença de peso entre as partes da planta, como era de se esperar por serem biótipos específicos para a armazenagem de caldo, assim, como pela evolução genética dos híbridos para este fim.

Tabela 15 – Resultado da separação botânica da planta inteira de genótipos de sorgo sacarino da safra 2013/2014. UTFPR, Dois Vizinhos – Paraná, Brasil. 2015.

Composição botânica da planta inteira			
Tratamento	Colmo (%)	Folha (%)	Panícula (%)
ADV	87,3 ab	7,2 c	5,4 a
Hunnigreen	88,1 a	8,7 bc	3,1 a
Sugargraze	87,6 a	7,3 c	5,0 a
EJX 5110	82,2 abcd	13,6 ab	4,0 a
BR 506	84,5 abc	13,1 ab	2,3 a
BR 508	80,1 cd	16,1 a	4,4 a
BR 509	77,3 d	17,9 a	4,6 a
BR 511	80,9 bcd	14,8 a	4,2 a
Média %	83,5	12,3	4,1
CV %	4,1	24,7	48,0

Médias, na mesma coluna, seguidas por letras distintas, diferem pelo teste Duncan ($P < 0,05$).

Em relação à participação das folhas denota-se o inverso, onde as cultivares da Embrapa obtiveram 15,4% de folhas frente aos híbridos com 9,2% de folhas na composição estrutural da planta ($P < 0,05$), a exceção do EJX com 13,6% de folhas. Na panícula não aconteceu diferença significativa na quantidade desta parte da planta ($P > 0,05$) com a média final dos oito genótipos ficando em 4,1%, porém com um coeficiente de variação elevado de 48,0%.

Na Tabela 16 faz-se uma analogia entre a composição botânica das plantas dos genótipos estudados com o peso das plantas cultivadas. A intenção é identificar qual é a estrutura que se sobressai na definição do peso final individual da planta. Desta forma verifica-se que nas variedades a participação das folhas é o indicador do maior percentual de biomassa fresca nestes materiais e por isto do maior peso registrado. Em se tratando do remanescente das plantas utilizado para fazer a silagem, conclui-se que a participação menor de colmo e maior de folha e a panícula, aliado ao porte menor das plantas entre outras características desejáveis para este fim. É um perfil desejado para a safrinha na região sudoeste do Paraná, em função dos ventos e suas consequências nas plantas, como, por exemplo, o tombamento.

Tabela 16 – Percentual das estruturas botânicas da planta inteira dos genótipos de sorgo sacarino, safra 2014. UTFPR, Dois Vizinhos - Paraná. Brasil. 2015.

Percentual das estruturas botânicas			
Genótipos	Colmo (%)	Folha (%)	Panícula (%)
Híbridos	86,3	9,2	4,4
Variedades	80,7	15,5	3,9

No caso de biótipos melhorados para a produção de etanol, a proporção de colmo é uma característica desejada à planta, para a armazenagem do caldo. Porém, em se tratando de materiais de duplo propósito, para a confecção de silagem o caule é um inconveniente fibroso de difícil ensilamento e degradabilidade ruminal. Da mesma forma, a pequena parcela de panículas (4,1%) que possui grãos energéticos e solúveis, reduz o aporte nutritivo para os ruminantes.

Os estudos desenvolvidos por Neumann et al. (2002) em genótipos de sorgo como Sugargraze, registraram que a participação do colmo na estrutura da planta correspondeu de 60 a 65%, das folhas entre 20 a 25% e da panícula de 10 a 25%. Nussio e Manzano (1999) ressaltam sobre a presença de grãos, hastes e folhas no material ensilado como promotores de digestibilidade da silagem. Esta é uma comparação que demonstra as distinções que o melhoramento genético propicia a um material forrageiro como o sorgo.

Se expressa na Tabela 17 a separação de partículas realizada com o bagaço “in natura”, triturado com equipamento forrageiro e, para tal objetivo, munuiu-se do separador de partículas dito Fibrômetro. Em seguida, procedeu-se a mensuração do tamanho médio de partículas (TMP) do bagaço a ser ensilado dos genótipos da safra de 2013/2014. Uma vez que, as dimensões das frações da silagem são preponderante na digestão, taxa de passagem e na absorção dos nutrientes pelo organismo.

Nos híbridos (ADV, Hunnigreen e Sugargraze) a peneira número um com 1,91 cm de diâmetro reteve 77,9% das partículas do volumoso acima deste comprimento, distinguindo-se dos demais genótipos avaliados ($P < 0,05$). O que é esperado uma vez que estes materiais possuem diâmetros de colmos maiores que as variedades pesquisadas. A menor quantidade de partículas retidas pelo fibrômetro foi à peneira dois (0,79 a 1,91 mm), com a média final de todos os genótipos de 2,4%, onde o Hunnigreen diferiu de todos com a menor proporção selecionada (1,3%) e o BR 506 com o maior índice retido (4,6%).

Tabela 17 – Bagaço “in natura” triturado com forrageiro estacionário para avaliar o tamanho das partículas antes da ensilagem. Tamanho médio das partículas (TMP 1: Tamanho médio de partículas acima de 1,91 cm; TMP 2: Tamanho médio de partículas entre 0,79 a 1,91 cm; TPM 3: Tamanho médio de partículas entre 0,39 a 0,79; TPM 4: Tamanho médio de partículas entre 0,18 a 0,39 cm; Fundo: Tamanho médio de partículas abaixo de 0,18 cm. obtidas na separação morfológica do bagaço triturado de genótipos de sorgo sacarino da safra de 2013/2014. UTFPR, Dois Vizinhos – Paraná, Brasil. 2015.

Tratamento	% TMP 1	% TMP 2	% TMP 3	% TMP 4	% Fundo
ADV	76,6 a	2,0 bc	13,3 c	4,0 a	3,3 ab
Hunnigreen	78,6 a	1,3 c	17,3 c	1,6 a	1,0 b
Sugargraze	78,6 a	1,6 bc	14,0 c	3,6 a	2,6 ab
EJX 5110	65,3 b	2,0 bc	26,0 b	3,3 a	3,3 ab
BR 506	64,0 b	4,6 a	26,6 b	1,3 a	3,3 ab
BR 508	62,6 b	3,0 b	28,6 b	2,6 a	3 ab
BR 509	55,3 c	2,0 bc	35,3 a	2,6 a	5,6 a
BR 511	65,0 b	3,0 b	24,6 b	2,0 a	5,3 a
Média %	68,2	2,4	23,2	2,6	3,4
CV %	6,0	29,6	11,7	53,6	57,1

Médias, na mesma coluna, seguidas por letras distintas, diferem pelo teste Duncan 5% ($P < 0,05$).

A peneira número três (0,39 a 0,79 cm) recolheu na média dos oito genótipos analisados 23,2% de partículas. Neste momento ocorre uma situação inversa onde nas variedades (BR 506, 508 e 511) foram contidas 26,6% na peneira de 0,38 cm ($P < 0,05$). A situação da peneira número quatro, a média geral dos biótipos estudados foi de 2,6% de partículas retidas sem diferença significativa entre os materiais ($P > 0,05$).

No fundo do selecionador as variedades de sorgo BR 509 e 511 receberam a maior parcela de partículas (5,4%) e o Hunnigreen o menor conteúdo (1,0%), distintos estatisticamente ($P < 0,05$). O percentual médio das partículas das forragens dos genótipos retidos na primeira peneira de 68,2% condiz com os relatos de Igarasi (2002), que verificou um montante entre 63 a 91% de partes de silagens de capim retidas na bandeja de 1,91 cm de diâmetro. Numa análise final as peneiras número um e a peneira três retiveram o maior percentual de partículas de bagaço.

De acordo com a metodologia proposta da Cortal Extrasoy, o fibrômetro deve reter na peneira um (1,91 cm) e no fundo 5,0% das partículas; nas peneiras dois (0,79 cm), três (0,38 cm) e quatro (0,18 cm) 30% das partículas da silagem para uma eficiente fermentação ruminal (SCHOONMAKER, 2004). O separador de partículas empregado deveria reter 90% das partículas entre os espaços de 0,18 a 1,91 cm, contudo, esta porção situou-se em 28,2% que foi a média dos três estratos internos de separação. Embora na peneira três (0,38 – 0,79 cm) tenha ficado 23,2% de partículas, que é um percentual aproximado do desejado, mas aquém do preconizado para fibras rumino-ativas.

Por estes padrões, a silagem do bagaço conteve proporções muito elevadas de partículas na primeira peneira, baixos na segunda, médios na terceira e abaixo do esperado na quarta peneira. O que torna este volumoso, neste aspecto, com relativa dificuldade de utilização, a menos que se proceda à trituração com equipamento próprio minimizando as dimensões deste tipo de resíduo.

O método original do Pen State – Particle Size Separator, propõe a medida do TMP em três estratos diferentes, ou seja, acima de 1,90 cm, entre 0,80 a 1,90 cm e abaixo de 0,80 cm (LAMMERS et al., 1996). Uma adaptação às condições das forrageiras tropicais foi sugerida por Mari e Nussio (2002) com a inclusão de uma terceira peneira, com orifícios de 3,8 cm de diâmetro. Nesta improvisação, adequou-se dois novos estratos (acima de 3,8 cm e entre 3,8 e 1,9 cm) sendo possível estratificar as partículas grandes e avaliar com mais exatidão as gramíneas cultivadas no Brasil.

5 CONCLUSÕES

Os genótipos híbridos tiveram um melhor desempenho agrônômico e as variedades foram mais eficientes nos índices bromatológicos. Os teores dos nutrientes foram baixos embora a silagem produzida tenha ficado em condições de consumo pelos ruminantes.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos não são definitivos e não esgotam o assunto proposto de estudo, o qual necessita que trabalhos mais aprofundados que contribuam com a ciência e suas implicações socioeconômicas.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, C.J.B.; GARCIA, R.V.P.; BRANT, R. da; S.; CRUZ, M.M.; REZENDE, P.M. de. Composição da matéria seca do Sorgo Forrageiro em diferentes arranjos de plantas no Semi-Árido de Minas Gerais. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 2, n. 2, 2009. Disponível em: <<http://revistas.unicentro.br/index.php/repaa/article/viewFile/545/802>>. Acesso em: 12 dez. 2013.

ADVANTA. Excelência em sorgo. **Advanta comércio de sementes Ltda.** 2012. Disponível em: <<http://advantasementes.com.br/site/>>. Acesso em: 10 nov. 2014.

AGROCERES. **Sementes de Sorgo.** 2013. Disponível em: <http://www.sementesagrocere.com.br/?page_id=266>. Acesso em: 01 jan. 2014.

ALMODARES, A.; HADI, M.R. Production of bioethanol from sweet sorghum: a review. **African Journal of Agricultural Research**, v. 4, n. 9, p. 772-780, 2009. Disponível em: <<http://www.academicjournals.org/ajar/PDF/pdf%202009/Sep/Almodares%20and%20Hadi.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2013.

ALVARENGA, C.R.; GONTIJO NETO, M.M.; RAMALHO, J.H.; GARCIA, J.C.; VIANA, M.C.M.; CASTRO, A.A.D.N. **Sistema de integração lavoura-pecuária: o modelo implantado na Embrapa Milho e Sorgo.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 9p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 93).

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M. Modeling monthly mean air temperature for Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 110, n. 4, p. 1-23, 2012.

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL. **Official methods of analyses.** 14 ed. Washington, D.C., 1984. 1.141p.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL. **Official methods of analysis.** 15 ed. Washington, D.C., 1990. 1.141p.

ARGYLE, J.L.; BALDWIN, R.L. Effects of amino acids and peptides on rumen microbial growth yields. **Journal of Dairy Science**, v.72, p.2017-2027, 1989. Disponível em: <<http://download.journals.elsevierhealth.com/pdfs/journals/0022-0302/PIIS0022030289793255.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2013.

AVILA, S.C. de; MARTINS, A.A.; KOZLOSKI, G.V.; ORLANDI, T.; MEZZOMO, M.P.; STEFANELLO, C.M.; HENTZ, F.; CASTAGNINO, P. de; S. Suplementação com farelo de girassol para ovinos alimentados com silagem de bagaço de sorgo sacarino. **Ciência Rural**, v. 43, n. 7, 2013. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782013000700016&script=sci_arttext>. Acesso em: 15 dez. 2013.

BAUMGARDT, B.R.; TAYLOR, M.W.; CASON, J.L. Evaluation of forages in the laboratory. II. Simplified rumen procedure for obtaining repeatable estimates of forage nutritive value. **Journal of Dairy Science**, v. 45, n. 1, p. 62-68, 1962.

BARROS, L.M.; FACCHINELLO, P.H.K.; CARLI, R.DE.C.; EMYGDIO, B.M. Efeito da época de semeadura sobre a produção de sorgo sacarino, na região Sul do RS, na safra 2011-2013. **XXI Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de Pelotas**. 18 a 22 de 2011.

BANDEIRA, A.H.; BIONDO, J.C.; BIALAZOR, A.; SILVA, N.G.; MEDEIROS, S.L.P.; EMYGDIO, B.M. Desempenho de genótipos de sorgo sacarino cultivados em diferentes épocas de semeadura na região Central do Rio Grande do Sul. In: **XXIX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 2012**. Águas de Lindóia, SP.

BARCELOS, C.A. Aproveitamento das frações sacarínea, amilácea e lignocelulósica do sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] para a produção de bioetanol / Carolina Araújo Barcelos. 2012. 334 f.. **Tese** (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Rio de Janeiro, 2012.

BALL, D.M.; HOVELAND, C.S.; LACEFIELD, G.D. Southern forages. 4. ed. Lawrenceville, Georgia: **International Plant Nutrition Institute (IPNI)**, 2007. 322 p.

BERNARDINO, K.DA.C.; SOUZA, V.F. de.; JUNIOR, G.A. de C.; MOURÃO, C.S.; SILVA, K.J. da; SANTOS, C.V. dos; COSTA, R.K.; PARRELA, R.A.C. da C.; SHAFFERT, R.E. Caracterização de Cultivares de Sorgo Sacarino Visando a Produção de Etanol de Primeira e Segunda Geração. **CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO - Águas de Lindóia - 26 a 30 de Agosto de 2012**. Disponível em: <http://www.abms.org.br/29cn_milho/09762.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2015.

BHERING, S.B.; SANTOS, H.G.; BOGNOLA, I.A.; CÚRCIO, G.R.; MANZATTO, C.V.; JÚNIOR, W. de C.; CHAGAS, C. da S.; ÁGLIO, M.L.D.; SOUZA, J.S. de. **Mapa de solos do Estado do Paraná: legenda atualizada**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CIAT. 2008. 74p.

BLUMMEL, M.; RAO, S.S.; PALANISWAMI, S.; SHAH, L. & REDDY, B.V.S. Evaluation of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) used for bio-ethanol production in the context of optimizing whole plant utilization. **Animal Nutrition and Feed Technology**, v. 9, p. 1–10, 2009.

BOLONHEZI, D.; NETO, L.A.F.; CASALETTI, R.V.; JUNIOR, O.G.; PEIXOTO, W.M.; NAKAZONE, M.V. Biomassa de três híbridos de sorgo sacarino em cultivo de verão. **Workshop. Agroenergia**. Disponível em:

<<http://www.infobibos.com/agroenergia/normas-para-envio-de-trabalhos.html>>. Acesso em 28 mai. 2012.

CAMACHO, I.A. Produção de resíduos sólidos de matérias-primas amiláceas na fabricação de bioetanol para análise de segurança em alimentação de ratos Wister / Ileana Andrea Ordoñez Camacho. **Tese de Doutorado** – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, SP. 2013. Disponível em: <<http://www.pg.fca.unesp.br/Teses/PDFs/Arq0965.pdf>>. Acesso em: 15 mai. 2014.

CAMPBELL, C.S. University of Maine, Orono. **Coeditor of Grass Systematics and Evolution**. 2013. Disponível em: <<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/465603/Poaceaehtm>>. Acesso em: 26 jun. 2013.

CHARLEY, R. Tópicos Chave de Manejo de Silagem. Um recurso para ajudar a maximizar o valor da sua forragem. **Lallemand Animal Nutrition**. 2006. Disponível em: <<http://nutricaoruminante.blogspot.com.br/2013/02/fases-da-ensilagem-culturas-para.html>>. Acesso em: 31 dez. 2014.

CERES. **Sorgo Sacarino Híbrido da Ceres Industrializado pela Amyris**. Disponível em: <<http://www.ceres.net/ceressementes/Noticias/Releases/2012-03-05.html>>. Acesso em: 15 jun. 2012.

COELHO, A.M. **Cultivo do sorgo – Nutrição e adubação**. Embrapa Milho e Sorgo, Sistemas de Produção 2. Versão Eletrônica – 4ª edição, 2008. Disponível em: <<http://www.cnpmc.embrapa.br/publicit>>. Acesso em: 20 nov. 2012.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira - Grãos. Companhia Nacional de Abastecimento. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. v.2 - SAFRA 2014/15, n. 4 - **Quarto Levantamento Janeiro/2015**, Monitoramento Agrícola, Cultivos de Verão. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_01_09_09_00_21_boletim_gaos_janeiro_2015.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2015.

CROSBY, ALFRED, W., Jr. The Columbian Exchange: Biological and Cultural Consequences of 1492; 30th Anniversary Edition. [S.l.]: **Greenwood Publishing Group**, 1972, reissue. ISBN 0275980928. 2003.

CRUZ, C.D. **Programa Genes versão Windows**: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 648p.

DEMARCHI, J.J.A.A.; BOIN, C.; BRAUN, G. A cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) para a produção de silagens de alta qualidade. **Zootecnia**, v. 33, n. 3, p. 111-136, 1995. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecu.htm>> Acesso em: 05 jun. 2014.

DOGARIS, I.; KARAPATI, S.; MAMMA, D.; KALOGERIS, E.; KEKOS, D. Hydrothermal processing and enzymatic hydrolysis of sorghum bagasse for fermentable carbohydrates productio. **Bioresource Technology**, v. 100, p. 6543-6549, 2009.

DURÃES, F.O.M. Sorgo sacarino: desenvolvimento de tecnologia agronômica. Embrapa Agroenergia. **Agroenergia em Revista**. 3 ed. Agosto, 2011. Disponível em: Disponível em: <http://www.cnpae.embrapa.br/imprensa/agroenergia-em-revista/AgroenergiaEmRevista_ed03.pd.>. Acesso em: 05 dez. 2013.

DURÃES, F.O.M. O sorgo sacarino é uma alternativa para complemento de cana-de-açúcar na produção de etanol e biomassa para cogeração de energia. In: Reunião CSAA-MAPA - Temática: Sorgo Sacarino Brasília, DF, 17/Ago/2012. **Seminário Temático Agroindustrial de Produção de Sorgo Sacarino para Bioetanol**, 2. Ribeirão Preto, SP, 20-21/Setembro/2012.

EMBRAPA. Plano Agrícola e Pecuário 2013/2014 anuncia maior aporte de recursos já destinados ao segmento no Brasil. **Portal Embrapa**, 2013. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/embrapa/imprensa/noticias/2013/junho/1a-emanaplano-agricola-e-pecuario-2013-2014-anuncia-maior-aporte-de-recursos-ja-estnados-ao-segmento-no-brasil>>. Acesso em: 06 jun. 2013.

EMBRAPA. Visão 2014-2034. O futuro do desenvolvimento tecnológico da agricultura brasileira. — Brasília, DF : Embrapa, 2014. **Documento 194 p.**: il. color. ; 16 cm x 22 cm + 1 apêndice. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/documents/1024963/1658076/Documento+Visão>>. Acesso em: 30 dez. 2014.

EMYGDIO, B.M.; SCHNEID, A.P.; ROSA, A. da; TEIXEIRA, M.C. Reunião Técnica Anual de Milho (58.: 2013 : Pelotas, RS) LVIII Reunião Técnica Anual de Milho e XLI **Reunião Técnica Anual de Sorgo**: indicações técnicas para o cultivo de milho e de sorgo no Rio Grande do Sul safras 2013/2014 e 2014/2015 / editores técnicos, Beatriz Marti Emygdio, Ana Paula Schneid, Afonso da Rosa e Mauro César Celaro Teixeira. – Brasília, DF: Embrapa, 2013. 124 p.: il. color. ; 21cm x 29.7cm.

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Coarse Grains**. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/010/ai466e/ai466e04.htm>>. Acesso: 01 jan. 2012.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **World Food Situation**. Disponível em: <<http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/en/>>. Acesso em: 13 mar. 2015.

FINOTO, E.L.; CASALETTI, R.V.; ABDO, M.B.N.; MARTINS, A.L.M.; BOLONHEZI, D. Análise de crescimento e curva de maturação de três genótipos de sorgo sacarino em argissolo da região de Catanduva. **VI Workshop. Agroenergia**. 27 a 28 de junho de 2012. Ribeirão Preto – SP.

FLORTRAN, D.E. O sorgo-vassoura como alternativa agrícola regional. Polo Regional Centro Sul/APTA. ISSN 2316-5146 **Pesquisa & Tecnologia**, v. 9, n. 1, 2012. Disponível em: <<http://www.aptaregional.sp.gov.br/htm>>. Acesso em: 26 jun. 2013.

GIACOMINI, I.; PEDROZA, M.M.; SIQUEIRA, F.L.T.; MELLO, S.Q.S.; CERQUEIRA, F.B.; SALLA, L. Uso potencial de sorgo sacarino para a produção de etanol no estado do Tocantins. **Revista Agrogeoambiental** / Instituto Federal do Sul de Minas Gerais.– Vol. 5, n.3 (dez. 2013). Pouso Alegre: IFSULDEMINAS, 2013.

GIOVANARDI, R.; SANDONÀ, M.; TASSAN, G.; BONDESAN V.; ARDUIN, M. SARTORI, A. Avvicendamento anti-diabrotica: i risultati produttivi. **Bioalter, Veneto Agricoltura** – Corte Benedettina – Legnaro (PD). Itália. 2013.

GNANSOUNOU, E.; DAURIAT, A.; WYMAN, C.E. Refining sweet sorghum to ethanol and sugar: economic trade-offs in the context of North China. **Bioresource Technology**, v. 96, p. 985-1002, 2004.

GRASSI, G.; QIONG, Z.; GRASSI, A.; FJALLSTROM, T. and HELM, P. Small-scale modern autonomous bio-energy complexes: development instrument for fighting Poverty and social exclusion in rural villages, Proceedings of the —12th European Conference on Biomass for Energy, **Industry and Climate Change**, Amsterdam (The Netherlands), 17-21 June. 2002.

GOSHADROU, A.; KARIMI, K.; TAHERZADEH, M.J. Bioethanol production from sweet sorghum bagasse by *Mucor hiemalis*. **Industrial Crops and Products**, v. 34, p. 1219-1225, 2011.

HALL, M.B. Calculation of Non- Structural Carbohydrate content of feeds that contain Non-Protein nitrogen. **Feedstuffs**, v. 69, n. 37, p. 12-14, 1997.

HEUZE V.; TRAN, G.; GIGER-REVERDIN S.; LEBAS, F. Sorgo forrageiro **Feedipedia.org**. Um programa pelo INRA, CIRAD, AFZ e FAO. 2012. Disponível em: <<http://www.feedipedia.org/node/379>>. Última atualização em 4 de setembro de 2012, 13:1. Acesso em: 21 jun. 2013.

HSR. Hunnigreen – Alta Qualidade, Sweet Grazing por mais tempo. 2012. Disponível em: <http://www.hsrseeds.com.au/hunnigreen.aspx>>. Acesso em: 25 jan. 2014.

IAPAR. **Cartas Climáticas**. Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR. 2013. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=322>>. Acesso em: 20 dez. 2013.

ICRISAT. Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Sito dell'International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT)**. 2015. Disponível em: <<http://www.icrisat.org/crop-sorghum.htm>>. Acesso em: 12 mar. 2015.

INMET (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA) – Brasília, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA, Estação Automática Dois Vizinhos – PR, 2014.

JASBERG, B.K.; MONTEGOMERY, R.R.; ANDERSON, R.A. Preservation of sweet sorghum biomass. Northern Regional Research Center Agricultural Research Service. **Jounal Article**, Peoria, Illinois, 1984. p.113-120. Disponível em: <http://www.osti.gov/energycitations/product.biblio.jsp?osti_id=6838302.htm>. Acesso em: 04 jul. 2013.

JANSSEN, R.; RUTZ, D.; BRACONNIER S.; REDDY, B.; RAO, S.; SCHAFFERT, R.; PARRELLA, R.; ZACCHARIAS, A.; RETTENMAIER, N.; REINHARDT, G.; MONTI, A.; AMADUCCI, S.; MAROCCO, A.; SNIJMAN, W.; TERBLANCHE, H.F.; ZAVALA-GARCIA. Sweet Sorghum – An alternative Energy Crop. **Proceedings of XVIII European Biomass Conference and Exhibition**, 3-7 May, Lyon, France, 200-206. 2010.

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

KANGAMA, C.O.; RUMEL, X. Introduction of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) into China. **African Journal Biotechnology**, v. 4, p. 575-579, 2005.

KIM, M.; DAY, D.F. Composition of sugar cane, energy cane, and sweet sorghum suitable for ethanol production at Louisiana sugar mills. **Industrial Microbiology and Biotechnology**. 2010.

KLINK, U. Melhoramento Genético do Sorgo para a produção de etanol. CanaVialis S.A. e Alellys S.A. **Simpósio de Bioenergia, Embrapa Milho e Sorgo**. 2010. Disponível em: <http://www.cpact.embrapa.br/eventos/2010/simposio_agroenergia/palestras/11_quarta/Manha/Urubatan%20Klink>. Acesso em: 30 dez. 2014.

KOPPENJAN, G. THOUSAND OAKS, Californie (BUSINESS WIRE) **La société de cultures énergétiques Ceres**, Inc. (Nasdaq : CERE) a annoncé aujourd'hui que ses hybrides améliorés de sorgho sucrier ont été transformés av...2012. Disponível em: <<http://mediaoffice@ceres.net.htm>>. Acesso em: 10 jun. 2012.

KONONOFF, P.J.; HEINRICHS, A.J.; BUCKMASTER, D.R. Modification of the Penn State Forage and Total Mixed Ration Particle Separator and the Effects of Moisture Content on its Measurements. **J. Dairy Sci.**, v. 86, p. 1858-1863, 2003.

KUMARY, A.A.; REDDY, B.V.S.; BLUMMEL, M.; ANANDAN, S.; REDDY, Y.R.; REDDY, R.C.; RAO, P.S e REDDY, P.S. On-farm evaluation of elite sweet sorghum genotypes for grain and stover yields and fodder quality. **Animal Nutrition and Feed Technology**, v. 10, p. 69–78, 2010.

KUNG JUNIOR, L.; GRIEVE, D.B.; THOMAS, J.W. Added ammonia or microbial inocula for fermentation and nitrogenous compounds of alfafa ensiled at various percents of dry matter. **Journal of Dairy Science**, v. 67, p. 299-306, 1984.

LANDAU, E.C.; SCHAFFERT, R.E. Zoneamento agrícola. Sistema Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol: Sistema BRS1G – Tecnologia Qualidade Embrapa / editores técnicos André May ... [et al.]. – Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2012. 120 p. : il. -- (**Documentos** / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1518-4277; 139). Disponível em: <www.cnpms.embrapa.br>. Acesso em: 20 mar. 2014.

LAMMERS, B.P.; BUCKMASTER, D.R.; HEINRICH, A.J. A simple method for the analysis of particle size of forage and total mixed rations. **Journal of Dairy Science**, v. 79, p. 922-928, 1996.

LI, B.Z.; BALAN, V.; YUAN, Y.; DALE, B. Process optimization to convert forage and sweet sorghum bagasse to ethanol based on ammonia fiber expansion (AFEX) pretreatment. **Bioresource Technology**, v. 101, p. 1285-1292, 2010.

MCDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S. The biochemistry of silage. Marlow: **Chalcombe Publications**, 1991. 340p.

MAGALHÃES, C.P.; DURÃES, F.O.M.; RODRIGUES, J.A.S. Cultivo do sorgo. Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção 2. **Versão eletrônica, 4 edição**. 2008. Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_4_ed/index.htm>. Acesso em: 12 mar. 2015.

MAY, A. Desempenho agrícola de sorgo sacarino na safra 2011-2012. Embrapa Milho e Sorgo. **Seminário Temático Agroindustrial de Produção de Sorgo Sacarino para Bioetanol**. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/sorgosacarino/andreMay.pdf>>. Acesso em: 30 dez. 2014.

MARI, L.J.; NUSSIO, L.G. O método Penn State - Particle Size Separator para a predição do tamanho de partículas de silagens. **Versão Eletrônica – Beefpoint**, 2002. Disponível em: <<http://www.beefpoint.com.br/bn/radarestecnicos>>. Acesso em: 12 abr. 2012.

MATOVIC, D. Biomassa – Detecção, Produção e Uso. **Universidade de Queen, Hingston**, Canadá. 2011. Disponível em: www.interchopen.com. Disponível em:

<<http://pt.scribd.com/doc/66187765/Biomass-Detection-Production-and-Usage.htm>>. Acesso em: 05 set. 2013.

MONTEPE, R.D. **Ethanol production from sweet sorghum**. 2012. 149 f. Dissertation submitted in fulfilment of the requirements of Masters of Science in Chemical Engineering of the North-West University (Potchefstroom Campus). 2012. Disponível em: <http://dspace.nwu.ac.za/bitstream/handle/10394/7275/Mutepe_RD.pdf?sequence=2>. Acesso em: 03 jul. 2013.

MIRANDA, M.R.S. da. Bagaço do sorgo (manuscrito) : Estimativa de parâmetros cinéticos e pirólise analítica / Maria Rúbia da Silva Miranda. 2011. 105 f. **Dissertação** (Mestrado em química). Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. 2011. Disponível em: <<http://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/528/1/Baga%C3%A7oSorgoEstimativa.pdf>>. Acesso em: 03 ago. 2013.

MONTEIRO, J.S.T. Potencialidades do Sorgo Sacarino na Beira Interior. Seminário Cereais e leguminosas: novas perspectivas para a Beira Interior Castelo Branco, 29 de Junho de 2011. **Instituto Politécnico de Castelo Branco Escola Superior Agrária** – Castelo Branco, Portugal. Disponível em: <http://docentes.esa.ipcb.pt/lab.biologia/agrocele/jsmonteiro_sorgo.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2013.

MOURÃO, C.S.; SILVA, D.D. da S.; PARRELA, R.A. da C.; COTA, L.V.; PARRELA, N.N.N.L.D.; SOUZA, V.F.de; BERNARDINHO, K.C.; SANTOS, C.V. dos; SILVA, K.J. da; COSTA, R.K.; SCHAFFERT, R.E. Efeito de doenças foliares no desenvolvimento de sorgo sacarino. **XXIX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO - Águas de Lindóia** - 26 a 30 de Agosto de 2012. Disponível em: <www.abms.org.br/29cn_milho/03745.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2014.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of dairy cattle. 7.ed. Washington: **Academic Press**, 2001. 381p.

NASCIMENTO, N.N.L.D. Genômica do sorgo sacarino e análise de marcadores genéticos moleculares para características de interesse agrônomo e industrial. Embrapa Agroenergia. **Agroenergia em Revista**. 3 ed. Agosto, 2011. Disponível em: <http://www.cnpae.embrapa.br/imprensa/agroenergia-em-revista/AgroenergiaEmRevista_ed03.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2014.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D.C.; BRONDANI, I.L.; PELLEGRINI, L.G.; FREITAS, A.K. 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.

NIMBKAR, N.; RAJVANSHI, A. Sorgo doce ideal para biocombustíveis. Instituto de Pesquisa Agrícola Nimbkar (INIA), em Maharashtra, na Índia. **Semente Mundo**. 2003. v. 14, n. 8. Disponível em: <<http://pune.sancharnet.in/nariphaltan/seedworld.htm>>. Acesso em: 05 jul. 2013.

NUSSIO, L.G.; MANZANO, R.P. Silagem de milho, In: Simpósio sobre Nutrição de Bovinos: Alimentação suplementar, 7. Piracicaba, 1999. **Anais...** Piracicaba, FEALQ, 1999. p. 27-46.

OLIVEIRA, E.L. de. Sugestão de adubação e calagem para culturas de interesse econômico no Estado do Paraná. Londrina: **IAPAR**, 2003.

OLIVEIRA, I.K.C.P. de; SILVA, H.; CONRADO, L. de S.; HONORATO, da S. Caracterização físico-químico do bagaço do sorgo sacarino (*Sorghum bicolor*) para hidrólise ácida do material lignocelulósico. COPEQ IC. 2009. **VIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química**. Minas Gerais, BR. Disponível em: <<http://www.cobeqic2009.feq.ufu.br/uploads/media/103121101.pdf>>. Acesso em: 04 jul. 2013.

ONU - População mundial deve atingir 9,6 bilhões em 2050, diz novo relatório da ONU, 2014. Disponível em: <<http://nacoesunidas.org/populacao-mundial-deve-atingir-96-bilhoes-em-2050-diz-novo-relatorio-da-onu/>>. Acesso em: 30 dez. 2014.

PACHECO, T. Índices Tecnológicos Industriais para Produção de Etanol de Sorgo Sacarino. Embrapa Agroenergia. 2012. **Seminário temático agroindustrial de produção de sorgo sacarino para bioetanol**. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/sorgosacarino/thalyta.pdf>>. Acesso em: 02 jul. 2013.

PARRELA, R.A.C. Melhoramento genético do sorgo sacarino Embrapa Milho e Sorgo. **Agroenergia em Revista**. 3 ed. 2011. Disponível em: <http://www.cnpae.embrapa.br/imprensa/agroenergia-em-revista/AgroenergiaEmRevista_ed03.pdf>. Acesso em: 06 dez. 2013.

PARRELA, R.A.C.; SCHAFFERT, R.E.; COTA, L.V.; TARDIN, F.S.; MENEZES, C.B.DE.; RODRIGUES, J.A.S.; MENDES, S.M.; MAY, A. BRS 511- Variedade de Sorgo Sacarino para Produção de Etanol. BRS 509: variedade de sorgo sacarino para produção de etanol. 2012. **Comunicado Técnico 196**. ISSN 1679-0162 Sete Lagoas, MG. Dezembro, 2011.

PARRELA, N.N.L.D.; PARRELA, R.A.C. Produção de sementes de sorgo sacarino Embrapa Milho e Sorgo. **Embrapa Agroenergia**. Ano II, nº 3, agosto de 2011. Disponível em: <http://www.cnpae.embrapa.br/imprensa/agroenergia-em-revista/AgroenergiaEmRevista_ed03.pdf>. Acesso em: 05 mai. 2013.

PATERSON, J.A.; BELYEA, R.L.; BOWMAN, J.P.; KERLEY, M.S.; WILLIAMS, J.E. The impact of forage quality and supplementation on animal intake and performance.

In: **FAHEY JR. G.C. (Ed.)** Forage quality, evaluation and utilization. Lincoln, Madison: ASA, p. 59-114, 1994.

PICCO, D.; VECCHIET, A.; PIN, M. Valorizzazione energetica integrata del sorgo zuccherino: il progetto MULTISORGO La produzione integrata di bioetanolo e biogas dal sorgo zuccherino: il progetto MULTISORGO Denis Picco, Alessia Vecchiet, Michela Pin. CETA – Centro di Ecologia Teórica Ed Applicata. **Convegno Nazionale**, Roma, 29 maggio 2013. Disponível em: <<http://www.ceta.ts.it>>. Acesso em: 09 jun. 2013.

PIN, M.; VECCHIET, A.; PICCO, D. Diffusione di un modello sostenibile per la produzione di bioetanolo di 1ª generazione dal sorgo zuccherino in impianti decentralizzati. Manuale Intersettoriale. CETA. **Pubblicazione eletrônica – 7ª edizione** – Giugno 2011. Disponível em: <http://www.fattoriedelsole.org/servizi/Documents/Sweethanol_Manuale_Intersettoriale.pdf>. Acesso em: 20 set. 2014.

PIMENTEL, D.; McNAIR, S.; JANECKA, J.; WIGHTMAN, C. SIMMONDS, C. O'CONNELLI, E. WONG, L. RUSSEL, J. ZERN, T. AQUINO, T. TSOMONDO. Economic and environmental threats of alien plant, animal, and microbe invasions. **Agriculture, Ecosystem and Environment**, v. 84, p. 1-20, 2001.

PISCIONERI, I. Produzione integrata di bioetanolo e biogas da una coltura agraria a basso consumo idrico, il sorgo zuccherino: aspetti tecnologici, economici, energetici ed ambientali UTTRI-SSPP. Projeto Multisorgo. **Convegno Nazionale**, ENEA – Agenzia Nazionale per le nuove tecnologie, L'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile. Roma, 2013. Disponível em: <http://www.enea.it/it/enea_informa/events/multisorgo_29mag13/2_Piscioneri_Multisorgo_Roma_29052013.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2014.

PLAYNE, M.J.; McDONALD, P. The buffering constituents of herbage and of silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 17, p. 264-268, 1966.

PRASAD, S.; SINGH, A.; JAINS, N.; JOSHI, H.C. Ethanol production from sweet sorghum syrup for utilization as automotive fuel in India. **Energy Fuels**, v. 21, p. 2415-2420, 2007.

POSSENTI, J.C.; GOUVEA, A.; MARTIN, T.N.; CADORE, D. Distribuição da precipitação pluvial em Dois Vizinhos, Paraná, Brasil. In: I Seminário Sistemas de Produção Agropecuária - 3 a 5 de outubro de 2007, 2007, Dois Vizinhos, PR. **Anais do I Seminário Sistemas de Produção Agropecuária da UTFPR**. Dois Vizinhos, PR : UTFPR, 2007. p.140-142.

QUILHÓ, L.F.T.L. Produção de Bioetanol a partir de Materiais Lenha-celulósicos de Sorgo Sacarino: Revisão Bibliográfica. 2011. X f. **Dissertação** (Mestrado em Energia e Bioenergia) – Universidade Nova de Lisboa, Portugal, 2011.

RATNAVATHI, C.V.B; DAYAKAR RAO, P.G.; PADMAJA, S.; RAVIKUMAR, S.; REDDYU, B.S. Sweet sorghum the wonder crop for biofuel production, **NATP DTechnical Report** n. 27, April 2005. Disponível em: <<http://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs12355-011-0112-2.pdf>>. Acesso em: 04 jul. 2013.

RAJVANSHI, A.; NIMBKAR, N. Sorgo doce ideal para o biocombustível, **World Seed**, v. 14, n. 8. 2003. Disponível em: <http://pune.sancharnet.in/nariphaltan/seedworld.htm>>. Acesso em: 20 nov. 2013.

REZENDE, G.M. de; PIRES, D.A. de A.; BOTELHO, P.R.F.; ROCHA JÚNIOR, V.R.; SALES, E.C.J. de; JAYME, D.G.; REIS, S.T. dos; PIMENTEL, L.R; LIMA, L.O.B.; KANEMOTO, E.R.; MOREIRA, P.R. Características agronômicas de cinco genótipos de sorgo (*sorghum bicolor* (L.) Moench), cultivados no inverno, para a produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 10, n. 2, p. 171-179, 2011. Disponível em: <<http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/316/454>>. Acesso em: 21 out. 2013.

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. (**Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de produção, 2**). <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_4_ed/plantio-plantio.html> Acesso em: 10 ago. 2010.

RODRIGUES, A.M.; MONTEIRO, J.S.; FERREIRA, L.M.M.; RODRIGUES, M.A.M. Valor nutritivo de silagens de bagaço de sorgo sacarino produzido na Beira Interior. **Sul Jornadas de Utilização de Co-produtos da Agro-Indústria na Alimentação Animal**, IAAS-UTAD /CECAV. Portugal, Vila Real, 12-13 Outubro 2012. Disponível em: <http://repositorio.ipcb.pt/bitstream/10400.11/1462/3/Valor%20nutritivo%20da%20silagem%20de%20baga%C3%A7o%20de%20sorgo%20sacarino_final1.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2013.

RODRIGUES, J.A. Sorgo: opção rentável para a safrinha. **Jornal Eletrônico da Embrapa Milho e Sorgo (Sete Lagoas-MG)**. Ano 02 - Edição 12 - Março de 2009. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/grao/12_edicao/grao_em_grao_artigo_01.htm>. Acesso em: 10 set. 2013.

ROVIERO, J.P.; COSTA, G.H.G.; MUTTON, M.A. Potencial de produção de bagaço de três genótipos de sorgo sacarino em dois sistemas de colheita. **VII Workshop Agroenergia**. 2013. Ribeirão Preto – SP. Disponível em: <http://www.infobibos.com/agroenergia/cd/Resumos/ResumoAgroenergia_2013_040.pdf>. Acesso em: 03 jul. 2013.

SCHAFFERT, R.E.; PARRELLA, R.A.C. da; MAY, A.; DURÃES, F.O.M. Metas de rendimento e qualidade de sorgo sacarino. **Agroenergia em Revista**. Edição 3. Agosto 2011. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/44193/1/Revista-Agroenergia-3-1432.pd.pdf>>. Acesso em: 09 set. 2012.

SCHOONMAKER, K. Take a closer look at forage Phosphorus. Speciale foraggi - I foraggi non sono tutti uguali. **Da Dairy Herd Management**, USA. Vance Publishing Kansas – USA. 2004. Disponível em: <file:///C:/Users/free/Downloads/Speciale%20foraggi%20(4).pdf>. Acesso em: 02 nov. 2014.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.

SILVA, A.G. da; ROCHA, V.S. Avaliação dos estágios fenológicos de cultivares de sorgo forrageiro em diferentes épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 36, n. 2, p. 113-121, 2006.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSEL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 10, p. 3562-3577, 1992.

SOUZA, C.C.D.; DANTAS, J.P.; SILVA, S.D.M.; SOUZA, V.C.D.; ALMEIDA, F.A.D.; SILVA, L.E.D. Produtividade do sorgo granífero cv. Sacarino e qualidade de produtos formulados isoladamente ou combinados ao caldo de cana-de-açúcar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, p. 512-517, 2005.

THANAPIMMETHA, A.; VUTTIBUNCHON, K.; SAISRIYOOT, M. and SRINOPHAKUN, P. Chemical and microbial hydrolysis of sweet sorghum bagasse for ethanol production. **World Renewable Energy Congress-Sweden**, Linköping, Sweden. 8-13 May 2011, v. 1, p. 389-396. 2011.

TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal of the British Grassland Society**, Oxford, v. 18, n. 2, p. 104–111. 1963.

TREZZI, M.M. Avaliação do potencial alelopático de genótipos de sorgo. 2002. 127 f. **Tese** (Doutorado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

USDA. GRIN - Germoplasma Resources Information Network. Nacional de Germoplasma Resources Laboratory, Beltsville, Maryland. 2011. Disponível em: <<http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/index.pl?language=en>>. Acesso em: 25 mai. 2013.

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

VAN SOEST, P. Nutritional Ecology of the Ruminant. 2 ed. New York: **Cornell University Press**, 1994. 476p.

VIDYA, B.; REDDY, Y.R.; RAO, S.S. O effect of supplementation of concentrate to sweet sorghum (*Sorghum Bicolor* L. Moench) bagasse leaf residue silage on performance and carcass characteristics in native sheep. **Journal homepage. Scienceline Publication**. 2011. Disponível em: <<http://www.scienceline.com/index/>; <http://www.ojafir.ir> P © 2011>. Acesso em: 03 dez. 2012.

WATSON, A.M. Agricultural Innovation in the Early Islamic World: The Diffusion of Crops and Farming Techniques — **Cambridge University Press**, 2008. Disponível em: <<http://www.cambridge.org/ca/academic/subjects/history/middle-east-history/agricultural-innovation>>. Acesso em: 10 set. 2014.

WESHENFELDER, S.C. Aplicação do custeio baseado em atividades na determinação do custo de produção do etanol a partir do sorgo sacarino em pequenas unidades de produção. 2011. 151 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia da Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria, 2011. Disponível em: <http://cascavel.cpd.ufsm.br/tede/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=4335>.

WU, X.; ZHAO, R.; BEAN, S.R.; SEIB, P.A.; MCLAREN, J.S.; MADL, R.L.; TUINSTRA, M.; LENZ, M.C.; WANG, D. Factors impacting ethanol production from grain sorghum in the dry-grind process. **Cereal Chemistry**, v. 84, p. 130–136, 2007.

ZHANG, J.; MA, X.; YU, J.; ZHANG, X.; TAN, T. The effects of four different pretreatments on enzymatic hydrolysis of sweet sorghum bagasse. **Bioresour. Technol.**, v. 102, p. 4585-4589. 2011.