

LINCOLN VILLI GERKE

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DO MATERIAL DE SORGO
SACARINO ADV 2010 PARA PRODUÇÃO DE ETANOL E SILAGEM,
EM DOIS CORTES, NA REGIÃO OESTE DO PARANÁ.

CASCADEL
PARANÁ - BRASIL
MARÇO - 2015

LINCOLN VILLI GERKE

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DO MATERIAL DE SORGO
SACARINO ADV 2010 PARA PRODUÇÃO DE ETANOL E SILAGEM,
EM DOIS CORTES, NA REGIÃO OESTE DO PARANÁ.

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, para obtenção do título de Mestre, março de 2015.
Orientador: Prof. Dr. ARMIN FEIDEN

CASCADEL

PARANÁ – BRASIL

MARÇO - 2015

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

G321a Gerke, Lincoln Villi
Avaliação do potencial do material de sorgo sacarino ADV 2010 para produção de etanol e silagem, em dois cortes, na região Oeste do Paraná./Lincoln Villi Gerke. Cascavel, 2014.
83 p.

Orientador: Prof. Dr. Armin Feiden

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná.
Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia de Energia na Agricultura

1.Sorgo sacarino. 2. Sorgo sacarino - Silagem. 3. Etanol – Sorgo sacarino. I. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. II. Título.

CDD 22.ed. 633.62

LINCOLN VILLI GERKE

**“AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DO MATERIAL DE SORGO
SACARINO ADV 2010 PARA PRODUÇÃO DE ETANOL E SILAGEM,
EM DOIS CORTES, NA REGIÃO OESTE DO PARANÁ.”**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Energia na Agricultura em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia em Energia na Agricultura, área de concentração Agroenergia, aprovada pela seguinte Banca Examinadora:

Orientador:



Prof. Dr. Armin Feiden
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Cascavel



Prof. Dr. Nardel Luiz Soares da Silva
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Marechal
Cândido Rondon



Prof. Dr. Pedro Celso Soares da Silva
Instituto Agronômico do Paraná - IAPAR/ Pato Branco

Cascavel, 27 de fevereiro de 2015.

“Mô. Só existe um caminho para te conhecer, só há uma maneira que o mundo nos permite fazê-lo, que é caminhando juntos. Essa é uma das conquistas que é mais sua do que minha!”

AGRADECIMENTO

“Agradeço a DEUS, sem ele nada teria iniciado. E aos meus pais, esposa, filha, irmãos, familiares, amigos e, a todos os professores, que, de muitas formas, incentivaram e colaboraram para que fosse possível a concretização deste trabalho.”

GERKE, Lincoln Villi; M. Sc.; Universidade Estadual do Oeste do Paraná; Março-2015; Avaliação do Potencial do Material de Sorgo Sacarino ADV 2010 Para Produção de Etanol e Silagem, em Dois Cortes, na Região Oeste do Paraná; Prof. Dr. Armin Feiden; Prof. Dr. Pedro Celso Soares da Silva; Prof. Dr. Nardel Luiz Soares da Silva.

RESUMO

O sorgo sacarino foi investigado como fonte de alimento em substituição ao milho e alternativa à cana de açúcar para a produção de etanol. Na Estação Experimental da Universidade Estadual do Oeste do Paraná-UNIOESTE em Marechal Cândido Rondon-PR, com o híbrido ADV 2010, que foi ensilado e processado com os mesmos equipamentos já usados no processamento de milho e cana, produziu uma quantidade de biomassa que superou o volume de 165.000 kg de massa fresca por hectare em dois cortes, com uma produção de etanol de 1.035 litros por hectare no 1º corte e de 695 litros por hectare no rebrote, resultando num custo de R\$ 1,26 por litro produzido em uma propriedade rural. A composição bromatológica da silagem em matéria seca, fibra em detergente ácido, fibra em detergente neutro, matéria mineral e proteína bruta mostraram-se relevantes nas silagens. Os resultados mostraram que há viabilidade em produzir etanol a partir do sorgo sacarino em propriedades rurais, mediante um investimento adicional. O potencial econômico do material, além da produção de etanol e silagem, se estende à biomassa, que pode ser usada para outros fins, além de alimentação, também pode ser secado e incorporado à rações (fibras), em alimentação de biodigestores ou produção de vapor em caldeiras.

Palavras-chave: Etanol de sorgo sacarino, silagem de sorgo sacarino, sorgo sacarino.

GERKE, Lincoln Villi; M. Sc .; State University of Western Paraná; March-2015; Sorghum Material Potential Assessment Sacarino ADV 2010 For Ethanol and Silage Production in Two Courts in the Western Region of Paraná; Prof. Dr. Armin Feiden; Prof. Dr. Peter Celso Soares da Silva; Prof. Dr. Nardel Luiz Soares da Silva.

ABSTRACT

The sorghum was investigated as a food source to replace corn and alternative to sugar cane for ethanol production. Experimental in the State University of Paraná-UNIOESTE West station in Rondon-PR, with the hybrid ADV 2010, which was ensiled and processed with the same equipment already used in the processing of corn and sugarcane, produced a quantity of biomass that exceeded the volume of 165,000 kg of fresh weight per hectare in two sections with an ethanol production of 1,035 liters per hectare in the 1st section and 695 liters per hectare in regrowth, resulting in a cost of R\$ 1.26 per liter produced in a rural property. The chemical composition of silage dry matter, acid detergent fiber, neutral detergent fiber, ash and crude protein were relevant in the silage. The results showed that there is viability in producing ethanol from sweet sorghum in rural properties, an additional investment. The economic potential of the material, addition of ethanol and silage extends to the biomass, which can be used for other purposes, and food, can be dried and incorporated into animal feed (fiber) in digesters supply or production steam boilers.

Keywords: Sweet sorghum ethanol, sweet sorghum silage, sweet sorghum.

ÍNDICE

1. Introdução.....	1
2. Revisão bibliográfica.....	4
3. Objetivo	10
4. Material e métodos	12
5. Resultados e discussão.....	22
5.1. Biomassa	22
5.2. Etanol.....	28
5.3. Silagem	37
5.3. 1. Matéria Seca (MS)	40
5.3. 2. Matéria Mineral (MM)	48
5.3. 3. Proteína Bruta (PB)	54
5.3. 4. Fibra em detergente ácido (FDA)	62
5.3. 5. Fibra em Detergente Neutro (FDN)	69
6. Conclusões.....	76
7. Referências	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Estação Experimental da Unioeste-MCR (Fonte: Google Maps). 13	13
Figura 2 - Sítio Storck (Fonte: Google Maps).	16
Figura 3 - Croqui da área de plantio (Fonte: Unioeste).....	16
Figura 4 - Refratômetro de campo (Fonte: Autor).....	20
Figura 5 - Detalhe da rebrota (Fonte: Autor).....	21
Figura 6 - No laboratório da UFPR (Fonte: Autor).	34

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Custos de implantação tratos culturais da cultura de sorgo sacarino.....	13
Tabela 2 - Custos de implantação tratos culturais da cultura de milho	14
Tabela 3 - Materiais utilizados nas implantações das culturas.....	14
Tabela 4 - Análise granulométrica.....	17
Tabela 5 - Análise química do solo	17
Tabela 6 - Precipitações ocorridas em mm	17
Tabela 7 - Temperaturas ocorridas (°C).....	18
Tabela 8 - Eventos de instalação	19
Tabela 9 – Produtividade de milho e sorgo sacarino no ano agrícola 2012-2013.....	22
Tabela 10 – Produtividade de sorgo sacarino no ano agrícola 2013/2014.....	23
Tabela 11 - Resultados de produtividade das parcelas.....	25
Tabela 12 - Custo de implantação do sorgo sacarino	25
Tabela 13 - Custos Somatório de 1º corte e rebrote somado em comparação ao milho.....	27
Tabela 14 - Avaliação de sorgo, resultados do 1º corte, Marechal Cândido Rondon-Paraná 2014.....	28
Tabela 15 - Leituras de Brix no 1º corte	29
Tabela 16 - Análise do etanol produzido no 1º corte no ano agrícola 2013/2014	30
Tabela 17 - Leituras de Brix no rebrote do ano agrícola 2013/2014.....	30
Tabela 18 - Análise da rebrota do ano agrícola 2013/2014.....	32
Tabela 19 - Projeção da produção de etanol na rebrota do ano agrícola 2013/2014	32
Tabela 20 - Comparativo sorgo sacarino e cana de açúcar	34
Tabela 21 - Custos fixos na indústria para produção de 500 litros de etanol por dia	35
Tabela 22 - Investimentos para industrialização	36
Tabela 23 - Custo da biomassa do sorgo sacarino	36
Tabela 24 - Análise bromatológica ano agrícola 2012-2013	37
Tabela 25 - Análise bromatológica do 1º corte do ano agrícola 2013-2014.....	38
Tabela 26 - Análise bromatológica do rebrote do ano agrícola 2013-2014	38
Tabela 27 - Resultados em matéria seca no ano agrícola 2012-2013	41
Tabela 28 - Resultados de matéria seca no primeiro corte do ano agrícola 2013/2014	42
Tabela 29 - Matéria seca % no rebrote do ano agrícola 2013/2014.....	43

Tabela 30 - Matéria seca % em análise estatística geral	44
Tabela 31 - Análise de significância de matéria seca % de todas as amostras	45
Tabela 32 - Análise estatística em Matéria Seca de material do ano agrícola 2012/2013	45
Tabela 33 - Significância dos materiais em matéria seca no ano agrícola 2013/2014	46
Tabela 34 - Resultado de análise de significância do rebrote no ano agrícola 2013/2014	46
Tabela 35 - Matéria mineral % no ano agrícola 2012/2013	48
Tabela 36 - Matéria mineral % do 1º corte do ano agrícola 2013/2014	49
Tabela 37 - Matéria mineral % na rebrota do ano agrícola 2013/2014	50
Tabela 38 - Valores de matéria mineral % de todas as parcelas colhidas	50
Tabela 39 - Análise estatística da matéria mineral % de todas as parcelas do experimento	52
Tabela 40 - Análise estatística da matéria mineral % do ano agrícola 2012/2013	52
Tabela 41 - Análise estatística da matéria mineral % do 1º corte do ano agrícola 2013/2014	53
Tabela 42 - Análise estatística da matéria mineral % do rebrote do ano agrícola 2013/2014	53
Tabela 43 - Proteína bruta % na colheita do ano agrícola 2012/2013	54
Tabela 44 - Proteína bruta % no 1º corte do ano agrícola 2013/2014	55
Tabela 45 - Proteína bruta % no rebrote do ano agrícola 2013/2014	56
Tabela 46 - Proteína bruta % geral	58
Tabela 47 - Análise estatística geral em Proteína Bruta nos anos agrícolas 2012/2103 e 2013/2014	59
Tabela 48 - Análise estatística da proteína bruta % no ano agrícola 2012/2013	60
Tabela 49 - Análise estatística do 1º corte no ano agrícola 2013/2014	60
Tabela 50 - Análise estatística da proteína bruta % no rebrote do ao agrícola 2013/2014	61
Tabela 51 - Fibra em detergente ácido % no ano agrícola 2012/2013	62
Tabela 52 - Fibra em detergente ácido % no 1º corte do ano agrícola de 2013/2014	63
Tabela 53 - Fibra em detergente ácido% no rebrote do ano agrícola de 2013/2014	64

Tabela 54 - Fibra em detergente ácido % geral	65
Tabela 55 - Análise estatística em Fibra em Detergente Ácido % nos dois anos agrícolas.....	66
Tabela 56 - Análise estatística de fibra em detergente ácido % no ano agrícola de 2012/2013	67
Tabela 57 - Análise estatística da fibra em detergente ácido % do 1º corte do ano agrícola 2013/2014.....	67
Tabela 58 - Análise estatística de fibra em detergente ácido % do rebrote do ano agrícola de 2013/2014.....	68
Tabela 59 - Fibra em detergente neutro % no ano agrícola 2012/2013	69
Tabela 60 - Fibra em detergente neutro no 1º corte do ano agrícola 2013/2014	70
Tabela 61 - Fibra em detergente neutro % no rebrote do ano agrícola 2013/2014 ...	71
Tabela 62 - Fibra em detergente neutro % nos cortes dos anos agrícolas 2012/2013 e 2013/2014	72
Tabela 63 - Análise estatística em Fibra em detergente neutro nos anos agrícolas 2012/2013 e 2013/2014	73
Tabela 64 - Análise estatística de teores de fibra em detergente neutro no ano agrícola 2012/2013.....	74
Tabela 65 - Análise estatística em fibra em detergente neutro no 1º corte no ano agrícola 2013/2014.....	74
Tabela 66 - Análise estatística fibra em detergente neutro no rebrote do ano agrícola 2013/2014	75

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Produtividade de sorgo sacarino e milho no ano agrícola 2012/2013.	22
Gráfico 2 - Biomassa do 1º corte e do rebrote no ano agrícola 2013/2014.	23
Gráfico 3 - Produtividade das parcelas comparadas nos anos agrícolas 2012/2013 e 2013/2014.	25
Gráfico 4 - Custo do kg de cada parcela em R\$ nos anos agrícolas 2012/2013 e 2013/2014.	26
Gráfico 5 - Custos de milho comparado ao sorgo sacarino do ano agrícola 2013/2014.	27
Gráfico 6 - Evolução do teor de sólidos no 1º corte do ano agrícola 2013/2014.	29
Gráfico 7 - Evolução de sólidos no rebrote do ano agrícola 2013/2014.	31
Gráfico 8 - Resultados em matéria seca no ano agrícola 2012-2013.	41
Gráfico 9 - Matéria seca % no 1º corte ano agrícola 2013/2014.	42
Gráfico 10 - Matéria seca % no rebrote do ano agrícola 2013/2014.	43
Gráfico 11 - Matéria seca % em todas as amostras nos anos agrícolas 2012/2013 e 2013/2014.	44
Gráfico 12 - Matéria mineral % no ano agrícola 2012/2013.	48
Gráfico 13 - Matéria mineral % do 1º corte no ano agrícola 2013/2014.	49
Gráfico 14 - Matéria mineral % do rebrote do ano agrícola de 2013/2014.	50
Gráfico 15 - Valores de matéria mineral % geral nos anos agrícolas 2012/2013 e 2013/2014.	51
Gráfico 16 - Proteína bruta % nos materiais colhidos no ano agrícola 2012/2013.	55
Gráfico 17 - Proteína bruta no 1º corte do ano agrícola 2013/2014.	56
Gráfico 18 - proteína bruta no rebrote do ano agrícola 2013/2014.	57
Gráfico 19 - Valores de proteína bruta (PB) nos anos agrícolas 2012/2013 e 2013/2014.	59
Gráfico 20 - Fibra em detergente ácido % do ano agrícola de 2012/2013.	62
Gráfico 21 - Fibra em detergente ácido % do 1º corte do ano agrícola de 2013/2014.	63
Gráfico 22 - Fibra em detergente ácido no rebrote no ano agrícola 2013/2014.	64
Gráfico 23 - Fibra em detergente ácido % nos anos agrícolas 2012/2013 e 2013/2014.	66
Gráfico 24 - Fibra em detergente neutro % no ano agrícola 2012/2013.	70

Gráfico 25 - Fibra em detergente neutro no 1º corte do ano agrícola de 2013/2014.	71
Gráfico 26 - Fibra em detergente neutro no rebrote do ano agrícola 2013/2014.	72
Gráfico 27 - Fibra em detergente neutro % nos cortes do ano agrícola 2012/2013 e 2013/2014.	73

1. Introdução

Energia e alimento são produtos buscados pelo homem desde os primórdios conhecidos. No início motivado pela sobrevivência, depois pelo poder e conforto, revela-se uma busca incessante, que não termina.

O Brasil, com sua área imensa, tem potencial suficiente para ajudar no atendimento a essa demanda, tanto em função da disponibilidade de terras agricultáveis, ainda não exploradas no país, quanto de tecnologia para aumentar o rendimento das culturas, para que essa demanda de alimentos possa ser atendida.

Além de aumentar a produtividade e a preservação do meio ambiente, é importante realçar que esse aumento de produção procura muito mais nos ganhos de produtividade do que do aumento da área plantada. Analisando a agricultura brasileira nos últimos 35 anos, a área cultivada cresceu 36,2% e a produção aumentou 253%. É possível promover maior produção de alimentos pela intensificação sustentável dos processos já existentes, como o uso adequado e eficiente de recursos, sem esquecer da harmonia que deve existir com o meio ambiente. Neste retrato, a luta pelo aumento da produção de alimentos e preservação de seus recursos naturais é o alvo perseguido nesse caminho que percorremos com a pesquisa (CASARIN, 2012).

Quanto mais alimentos produzirmos em menos espaço, maior será a área que deixaremos para a natureza. Espera-se a evolução e desenvolvimento econômico de propriedades rurais ligadas ao uso racional e otimizado das fontes de energia e insumos disponíveis, abundantes em algumas regiões, e escassas em outras. Nem levando em conta valores de custo diferenciados pela oferta e procura. A busca por alternativas é necessária para tornar menor a dependência aos recursos tradicionais oferecidos (CHRISTOFOLETTI, 2015).

O ponto de destaque dessa pesquisa é a biomassa, ricamente encontrada no campo, com qualidades que podem ser usadas na ampliação de fontes de energia renovável pela queima ou decomposição anaeróbia para geração de gás (YU; TAN, 2008), como alimento aos animais ou retirada de elementos de transformação como açúcares e carboidratos (HELSEL; ÁLVAREZ, 2013).

A transformação de elementos contidos em alguns desses volumosos, pode originar açúcar e/ou etanol, sendo este combustível uma das maneiras mais baratas e eficazes, por sua baixa toxicidade e facilidade de transporte e utilização, utilizado de maneira direta, no tanque, e de maneira indireta, na composição de Biodiesel (LAOPAIBOON et al., 2009).

O Brasil, com suas reservas de energia, é instável em relação às suas políticas de mercado e oferta do produto (CUTZ et al., 2013). Busca-se e caminha-se a uma solução, com alternativas que levem a ela. Um plano de autossuficiência energética será bem-vindo, tanto a curto como a longo prazo. É um assunto atual e concernente ao problema. Observamos o tema sendo discutido entre pesquisadores de institutos federais e estaduais, empresas particulares e cooperativas e agora chega-se à base da Pirâmide de Produção, que é o agricultor (LOURENÇO et al., 2006).

Os preços de combustíveis, geralmente com valores elevados, incitam à procura de alternativas de sobressair e tornar o país autossuficiente, não uma escolha, mas uma necessidade.

É notória a prioridade da questão energética nas pesquisas em vários segmentos produtivos atuais. Há mais de uma década já se debate sobre o futuro das fontes e suas reservas. Cohen já previa que, teoricamente, as reservas se sustentariam até um futuro próximo. Há sempre a adaptação ao meio quando surgem as dificuldades, e essa qualidade faz amenizar o problema o que não o resolve, apenas retarda (MORRIS et al., 2009).

O produtor agropecuário tende a conformar-se, e estagnar, com os investimentos quando este apresenta um retorno razoável e estável da produção e seu retorno monetário. A busca por novas tecnologias e de novos processos cessa, por desconhecimento ou por acomodação, ocorre uma parada nesta zona de conforto tecnológico. Mas o apelo por novas tecnologias nas propriedades continua, buscando, de maneira sistêmica, o melhor aproveitamento e rendimento da biomassa utilizada, na produção de energia mais limpa e mais eficiente (CARVALHO; JOBIM; DAMASCENO, 2013).

Em propriedades leiteiras há o uso de biomassas como volumoso no trato do gado, essa biomassa, pode ser à pasto ou no cocho. Quando no cocho, em forma de silagem, comumente de milho, pois sua tecnologia já é dominada pelos produtores. Se a biomassa de cocho for oriunda de outra planta, com teores satisfatório de amido e/ou açúcares, o mesmo pode fornecer etanol (CUNHA; SEVERO FILHO, 2010).

Para este objetivo, apresenta-se o sorgo sacarino, com açúcares em seu sumo e com qualidade de volumoso como fornecedor de alimento proteico para o gado leiteiro (TEDESCHI, 2012). A cultura, quando usada como alimento para o gado, também pode fornecer matéria prima para produzir etanol, e, não será de uma parcela paralela (especificamente instalada) de biomassa, e sim, da mesma área instalada para uso no trato dos animais. Espera-se aumentar o ganho de energia nessas linhas de produção existentes e não promover novas instalações de culturas específicas, gerando aumento no custo de produção e aumento de área a ser disponibilizada.

O sorgo sacarino, utilizado na produção de etanol e na alimentação do gado, pode ser processado na usina, ou seja, utilizado para extrair seu sumo, quando este apresenta alto teor de açúcares, para fermentação e destilação, e produzir etanol ou produzir açúcar (BARCELOS, 2012).

O uso do sorgo na forma de silagem é favorecido por esta cultura apresentar níveis adequados de carboidratos solúveis, capacidade tampão relativamente baixa, conteúdo de matéria seca alta e estrutura física que favorece a compactação durante o enchimento do silo (RODRIGUES, 2006).

O setor bovino leiteiro/corte pode melhorar e/ou otimizar o uso de sua biomassa como alimento, sem prejuízos com a qualidade alimentar, trocando o material de silagem de milho para sorgo sacarino, e tornar essa biomassa uma fonte de qualidade sem incorrer em perdas nutritivas, e sim incremento à receita de sua propriedade (SIMON, 2006).

2. Revisão bibliográfica

A defesa do meio ambiente era encarada como último ponto a ser analisado em todo processo produtivo, mas a necessidade pela preservação dos recursos naturais e o apelo constante pela produção mais limpa, promovem a busca por processos produtivos ambientalmente corretos e sustentáveis.

Em busca do desenvolvimento sustentável que vem amadurecendo e consolidando seu conceito em todos os segmentos da sociedade, priorizando as questões ambientais e mudando a forma de agir, pensar e conseqüentemente produzir, descortina novas tecnologias na busca de alternativas mais limpas e mais viáveis para o planeta e para o pequeno produtor, mostrando novos rumos, antes restritos às grandes corporações, e transformando-o em um aliado.

A produção de alimentos é o desafio mundial do século, pois, recentemente, em 2011, a população mundial superou a marca de 7 bilhões de habitantes (KOLLODGE et al., 2012).

Algumas previsões ditam, para o ano de 2050, que este número alcance 9 bilhões. Estimativas revelam a necessidade de produzir, nos próximos 40 anos, a mesma quantidade de alimentos produzida nos últimos 8.000 anos. Este é o grande desafio para a agricultura mundial, produzir alimentos, fibras e energia suficientes para atender a demanda desta crescente e, cada vez mais, exigente população (CHRISTOFOLETTI, 2015).

As principais fontes de biomassa no Brasil são as gramíneas, como a cana de açúcar, o milho, o sorgo, a aveia e capins em geral, amplamente utilizados para suprir de volumoso a produção pecuária e indústria (NOVINSKI; SOUZA; SCHMIDT, 2009).

O processo de ensilagem de cereais está registrada em papiros egípcios, datados de 1500 a 1000 a.C. que relatavam o uso de plantas inteiras de cereais. Os processos eram diversos, em vasos, fossos, covas, silos, torres. Em escavamentos arqueológicos próximos da cidade de Cartago, foram encontradas torres parcialmente enterradas, datadas da época de 1200 a.C. Os romanos utilizavam fossas cobertas com terra com forragens verdes, da época de 234 - 149 a.C., em regiões onde se encontravam tribos germânicas originadas da Dinamarca e da

península Escandinava. Outras fontes medievais mostram que a ensilagem de forragens pré-secadas era algo comum na península itálica, guardavam-na em barris durante o inverno, e isso era usado até os idos de 1700 (CRUZ; NOVO; PEDROSO, 1998).

Quando usado como alimento aos animais, é fornecido de diversas maneiras, fresco, seco ou em forma de silagem (PEREIRA et al., 2008b).

A cultura do sorgo apresenta características diferentes em seus materiais, e estes diferem entre si pelo desempenho em produção de grãos, biomassa alimentar, biomassa energética, açúcares e painas (usadas na confecção de vassouras) que o dividem em grupos e/ou materiais de acordo com sua aptidão verificada: (1) Sorgo granífero - sorgo de porte baixo, pode chegar a 170 cm, com uma panícula (cacho) na extremidade superior, compacta, que produz grãos. O produto principal é o grão. Após a colheita, pode ser conduzido o rebrote, para nova produção ou, quando ainda se encontra verde, utilizado como feno ou pastejo (ALI et al., 2007); (2) Sorgo sacarino - tipo de sorgo de porte alto, altura das plantas superior a dois metros, apresenta colmo doce e succulento como o da cana-de-açúcar. A panícula (cacho) produz poucas sementes. Pode ser utilizado como forragem, na forma de silagem e de corte. Todo sorgo sacarino pode ser forrageiro (ALI et al., 2007); (3) Sorgo vassoura - esse sorgo apresenta a panícula (cacho) na forma de vassoura. Com importância regional (sul do Brasil), usado na fabricação de vassouras (ALI et al., 2007); (4) Sorgo forrageiro - sorgo de porte alto, superior a dois metros, muitas folhas, panículas com poucas sementes, alta produção de forragem. Há sorgo forrageiro com colmo doce, e pode ser chamado também de sorgo sacarino. Usado para pastejo direto e/ou ensilagem de sua biomassa (ALI et al., 2007); (5) Sorgo biomassa – atinge até seis metros de altura, é utilizado para a geração de energia. Tipo de sorgo que apresenta qualidade para gerar energia com poder calorífico similar ao da cana, do eucalipto e do capim-elefante. O material pode ser utilizado direto em caldeiras (MAY; SILVA; SANTOS, 2013).

O sorgo forrageiro tem seu uso comumente na pecuária, altamente produtivo em biomassa e excelente como alimento. O sorgo sacarino também é muito produtivo em biomassa, tendo a sacarose como acompanhante principal na composição e uma menor parcela de sementes. O uso de silagem de maneira

sistemática iniciou por volta de 1860, na Hungria e Alemanha, com o milho, e logo a técnica se difundiu pela França. Um produtor francês, Auguste Goffart, em 1875, publicou, após alguns anos de experimentação da silagem de milho na sua fazenda, "*Sur la culture du mais-fourrage*", com 61 páginas. Daí em diante houve uma difusão desta tecnologia. No Brasil, a introdução da ensilagem ocorreu pelos anos finais do século XVIII. Sua expansão teve início na década de 1960, pelos órgãos de extensão rural, fundações, universidades e cooperativas (OLIVEIRA; PEREZ; EVANGELISTA, 2009).

Quando se trata de ensilar, um importante fator determinante do tipo de fermentação no processo de ensilagem é o teor de matéria seca da planta. Em silagens muito úmidas, os efluentes gerados contêm a maioria dos componentes solúveis da forragem, como açúcares, ácidos orgânicos, proteínas e outros compostos nitrogenados. Estima-se que as perdas por efluentes são muito pequenas quando a MS da forragem é maior e silagens de boa qualidade devem ter a matéria seca entre 30-35% (SANTOS; et al. 2010). Em silagens que apresentem umidade muito alta, e essa é uma característica do sorgo sacarino, ocorrem uma série de desvantagens: (1) Silagens muito úmidas têm um custo de produção maior, pois o transporte por quantidade de matéria seca fica mais oneroso; (2) O pH de silagens muito úmidas tem que ser mais baixo para inibir o crescimento de bactérias indesejáveis, por degradarem a fração protéica com conseqüente redução do valor nutricional da silagem; (3) Mesmo que o nível de carboidratos solúveis seja o suficiente para promover fermentação láctica, o consumo voluntário é diminuído; e (4) Silagens muito úmidas produzem efluentes que levam à perda de nutrientes de alta digestibilidade. Juntamente com o teor de matéria seca e pH, o nível de carboidratos solúveis, é utilizados para classificar as silagens quanto a sua qualidade. No que diz respeito aos ácidos orgânicos, o acético, o butírico e o láctico são os mais importantes (RIBEIRO JR et al., 2011).

A produtividade dos materiais de milho para silagem mostra uma diversidade muito grande, com valores de 10 toneladas por hectare até patamares de 45 toneladas por hectare. Os custos com esse alimento, então, são proporcionais ao investimento realizado. Materiais mais baratos tendem a ser inferiores em rendimento, materiais mais caros associados a outros insumos, trazem um retorno diferenciado no produto final. Deve-se analisar a necessidade e o montante a ser

investido, lembrando que o retorno em produto (leite e/ou carne) é proporcional (OLIVEIRA, 2004).

As instalações de pequeno porte podem trabalhar de maneira a afetar menos o meio ambiente, controlar e organizar-se de maneira a acompanhar os resultados e resíduos gerados de sua produção, de maneira a proporcionar o aproveitamento integral de toda a energia disponível no alimento (CHRISTOFOLETTI, 2015).

O sorgo sacarino apresenta ciclo de produção de 120 a 130 dias, facilmente mecanizado, teor relativamente alto de açúcares no colmo e muito versátil em termos de fatores climáticos, isso justifica o uso da cultura. Pelo seu ciclo e versatilidade, pode o sorgo ocupar o espaço de entressafra de outras culturas e proporcionar um ganho em produção de matéria-prima para silagem e etanol (BANDEIRA et al., 2012).

A silagem de sorgo apresenta várias vantagens quando comparada com a silagem de milho, incluindo: (1) menores custos de produção, (2) maior tolerância à estiagem, (3) melhor capacidade de se recuperar após longos períodos de estiagem e, (4) maior produção de matéria seca sob estas condições. Também tem sido apontado como uma boa opção de cultura para plantio próximo a centros urbanos, onde as culturas de milho estão sujeitas à retirada das espigas para consumo humano, acarretando grandes prejuízos aos produtores, visto que a espiga representa de 40-50% da matéria seca do milho na época de ensilagem e tem reflexos significativos na qualidade das silagens. A produtividade mínima aceitável para o sorgo é de 40 toneladas de massa verde por hectare (PIRES, 2007b).

Sua grande produção de matéria seca, imprescindível para alimentação dos animais, era sempre comprometida com o alto teor de tanino, vilão das características desta cultivar, que, após melhoramentos, obteve cultivares que já não tem mais esse problema para uso na alimentação animal (TEDESCHI, 2012). O preparo do solo, assim como no milho, pode ser implantado com sistema convencional ou plantio direto, usando a mesma plantadeira do milho. A adubação deve ser ajustada com a análise de solo, a época de plantio é indicada para o início das chuvas de verão, até meados de março, se houver condições hídricas que o possibilitem. A densidade de plantio difere em regiões, épocas e materiais, mas não

difere muito de 80.000 plantas por hectare. A profundidade de plantio é um fator a ser observado, suas sementes são pequenas, portanto devem ser pouco profunda. Os tratos culturais preocupantes são o controle de invasoras e insetos, este último em menor intensidade quando comparado ao milho. A colheita é de acordo com a maturidade esperada, que pode ser de grãos, biomassa ou açúcares (CARVALHO, 2013).

Em 1983, o PROALCOOL (Decreto nº 76.593, de 14/11/1975) instituía o programa de incentivo ao uso do etanol como combustível. Com muito otimismo, essa tecnologia que ainda vinha com um pouco de medo, era implantada em todo o território nacional. Não totalmente dominada, os veículos não eram totalmente adaptados, haviam detalhes a acertar (LEITE; CORTEZ, 2008).

A substituição de gasolina comum por etanol hidratado trouxe resultados acima dos esperados pela economia brasileira. A geração de novos empregos ocorrida, o valor das remunerações e o desenvolvimento gerado no setor foi muito grande. Na simulação de aumentos de consumo de etanol nas proporções 5%, 10% e 15%, em detrimento à gasolina comum, ocasionou a criação de 39.234; 78.467 e 117.701 empregos, respectivamente. Isso mostram a importância da produção de etanol na nossa indústria. A substituição da gasolina pelo álcool no período também representou uma economia de gastos com importação de petróleo (COSTA; GUILHOTO; MORAES, 2011).

Várias entidades, públicas (Embrapa) ou privadas (Monsanto, Ceres, Cargil, Canavialis, Advanta), empenham-se em evoluir com conhecimento e tecnologias para incrementar o uso do combustível com outras fontes. Também há produtores independentes, mas empenham-se nessa busca.

O uso do etanol como combustível ocorreu bem mais tarde, ainda há lembranças das primeiras notícias e eventos de sua utilização. Pregava-se a independência do petróleo e seus derivados. O etanol já se consolidou como fonte de energia, a preocupação está em produzir sem afetar setores consolidados. Não se busca uma troca. O que se apresenta neste projeto é o descobrir algo mais na tecnologia consolidada (COSTA; GUILHOTO; MORAES, 2011).

A matéria prima básica é a cana de açúcar, as alternativas são a batata doce, a mandioca, o milho e o sorgo. O sorgo apresenta-se de maneiras distintas, de acordo à sua variedade, materiais produtores de grãos, de palha (vassouras), de massa e de sacarose. O último, sorgo sacarino, já é usado, por algumas usinas, como alternativa de biomassa na entressafra da cana (fevereiro a abril). Em período de ausência de cana em ponto de corte, realizam o plantio de áreas, em volume que atenda à demanda da usina no período, para viabilizar o funcionamento e diminuir o tempo ocioso da mesma, e depende do regime de chuvas de cada região. Essas experiências já são vistas no Paraná, no Rio grande do sul, Goiás, São Paulo e outros, algumas visitadas pelo acadêmico (LEITE; CORTEZ, 2008).

Em relação a produção de etanol a partir de sorgo sacarino, já existem dados de experimentos em algumas usinas de aguardente e etanol que demonstram a real possibilidade em usar mais esse recurso como fonte renovável (BENNETT; ANEX, 2009).

Vinhoto, vinhaça, restilo, é o resíduo que resta após a destilação fracionada do caldo fermentado, para a obtenção do etanol (álcool etílico). Cada litro de álcool produzido gera de 10 a 14 litros de vinhaça, e a capacidade de produção de energia pela biodigestão anaeróbia da vinhaça é outra alternativa para o tratamento e/ou aproveitamento do vinhoto. A biodigestão anaeróbia da mesma, objetivando a produção de energia alternativa, é recomendada, caso não se aproveite o biogás resultante da biodigestão da vinhaça deixa-se de recuperar energia disponível no resíduo. Atualmente é empregado na lavoura como substituto de fertilizantes, ou na pecuária como complemento de teor proteico da ração animal (MOTEIRO; PALMA; ARICA, 2010).

3. Objetivo

Objetivo geral: Avaliar os coeficientes técnicos para produção de sorgo sacarino em dupla aptidão (Etanol e Silagem).

Objetivos específicos:

- Avaliar a produção de Biomassa de um material de sorgo híbrido sacarino em dois cortes sucessivos.e em duas épocas diferentes.
- Comparar a biomassa produzida de sorgo com a biomassa produzida no milho.
- Estimar a produção bruta de etanol através do Brix em cada corte.
- Produzir silagem do material integral em cada corte e analisar sua composição bromatológica (matéria seca, matéria mineral, proteína bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido).
- Realizar a prensagem da biomassa integral e quantificar as frações líquida e sólida em cada corte.
- Fermentar a fração líquida e quantificar a produção de etanol em cada corte.
- Produzir silagem da fração sólida em cada corte e analisar sua composição bromatológica (matéria seca, matéria mineral, proteína bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido).
- Estimar o potencial econômico do material para produção de etanol e silagem no 1º corte e na rebrota.
- Quantificar a economicidade da produção de etanol mais silagem, no 1º corte e na rebrota, em relação a somente silagem. Contabilizar custos diretos de produção para decidir sobre sua formalização como produtor de combustíveis e uma possível nova fonte de renda.

O que é mais importante? Alimento ou combustível?

Quanta área deve-se utilizar para produzir cada uma das necessidades humanas, para seu desenvolvimento?

Para não depender unicamente do petróleo, usa-se parte dessas áreas destinadas à alimentos, para produzir energia. A cada volume de energia produzido, há um proporcional de alimento retirado de circulação.

Esse montante fará falta? Como determinar o equilíbrio, se, até mesmo quando não destinado à energia, já ocorre a falta de alimento?

Procurar-se-á maneiras de amenizar ou, pelo menos, fazer-se perceber o problema, e com estes dados, iniciar novas pesquisas sobre o mesmo assunto.

4. Material e métodos

A pesquisa com os materiais foi realizada em duas épocas distintas. A primeira parte, em 2012-2013, em Curvado, distrito de Marechal Cândido Rondon-PR, na propriedade do Sr. Armim Storck, localizado nas coordenadas geográficas de 24.550171 sul, e 54.200845 oeste. E a segunda parte dos experimentos de cultivo do sorgo sacarino foram realizados na Estação Experimental da Universidade Estadual do Paraná – UNIOESTE, Prof. Dr. Antonio Carlos dos Santos Pessoa, situada no município de Marechal Cândido Rondon, Linha Guará, área rural, em 2013-2014. Cujas coordenadas geográficas são 24.531841 oeste e 54.019252 sul.

De acordo com a classificação de Köppen, no oeste do Paraná domina o clima do tipo C (mesotérmico), denominado Cfa, Clima Subtropical Úmido Mesotérmico, cujos verões são quentes, sem estação seca e com poucas geadas. A média das temperaturas do mês mais quente é superior a 22°C, e a do mês mais frio é inferior a 18°C (ALMEIDA, 1998).

Os solos da região oeste do Paraná são, em sua grande faixa, os Nitossolos e Latossolos. Os nitossolos são solos com agregados do horizonte B com superfícies brilhantes. O nome é derivado do latim, *nitidus* (brilhante), e esses solos encontram-se também nas regiões Norte, Sudoeste e Oeste da Serra do Mar e do Vale do Ribeira. São solos de horizonte B com presença de argila vinda dos horizontes superficiais ou de superfícies alisadas formadas por expansão e contração das argilas do solo. Os latossolos são solos velhos e profundos, bastante intemperizados e geralmente de baixa fertilidade. Ocupam, normalmente, os topos de paisagens. De maneira geral, são muito porosos, permeáveis, com boa drenagem e são muito profundos (mais de 2 metros de espessura). Suas características de boa profundidade, ausência de pedras, porosidade, e permeabilidade fazem com que sejam os mais utilizados na produção rural (LIMA; LIMA; MELO, 2012).



Figura 1 - Estação Experimental da Unioeste-MCR
(Fonte: Google Maps).

As sementes de sorgo sacarino (ADV 2010) foram fornecidas pela empresa Advanta e as sementes de milho (Attack) foram doadas pelo Sr. Armim Storck, que é proprietário de área rural na Linha Picauê, Distrito de Iguaporã, em Marechal Cândido Rondon, produtor de leite com animais da raça Jersey.

Os principais custos de instalação da cultura de sorgo sacarino, conforme a Tabela 1, foram levantados com os agricultores da região.

Tabela 1 - Custos de implantação tratos culturais da cultura de sorgo sacarino

Discriminação	Quantidade (hectare)	R\$
Sementes (comercial)	5 kg	R\$ 75,00
Fertilizante (8-20-20)	500 kg (2 partes)	R\$ 1.500,00
Tratos Culturais	Plantio, pulverização e cobertura	R\$ 300,00
Corte	Ensiladeira	R\$ 150,00
Arrendamento	12 sacas de soja	R\$ 660,00
TOTAL		R\$ 2.685,00

Os principais custos de instalação da cultura de milho, conforme a Tabela 2, são de referência com agricultores que utilizaram sementes híbridas Attack em suas áreas para produção de silagem.

Tabela 2 - Custos de implantação tratos culturais da cultura de milho

Discriminação	Quantidade (hectare)	R\$
Sementes (comercial)	60.000 sementes	R\$ 380,00
Fertilizante (8-20-20)	500 kg (2 partes)	R\$ 1.500,00
Tratos Culturais	Plantio, pulverização e cobertura	R\$ 300,00
Corte	Ensiladeira	R\$ 150,00
Arrendamento	12 sacas de soja	R\$ 660,00
TOTAL		R\$ 2.990,00

A diferença entre os custos está somente no valor das sementes, os produtos e serviços são iguais, para uso nas análises de valores de biomassa produzida. A discriminação dos materiais utilizados, na Tabela 3, relaciona as principais características de cada cultura.

Tabela 3 - Materiais utilizados nas implantações das culturas

Sementes	Empresa	Ciclo	Altura	População recomendada
Híbrido Milho Attack	Syngenta	150 dias	2,1 metros	60.000 plantas por hectare
Híbrido Sorgo Sacarino ADV2010	Canavialis	120 dias	4 metros	130.000 plantas por hectare

O milho, quando plantado para produzir silagem, é cortado e picado tradicionalmente quando o grão está farináceo. Este ponto de corte é fundamental para ter alta produção de massa e alta qualidade nutricional. O custo de cortar no ponto, ou antes do ponto, é praticamente o mesmo. Utiliza-se a linha do leite como indicativo do ponto de corte. Atualmente, obtêm-se bons resultados com 2/3 do grão farináceo 1 parte leitoso, usual. Recomenda-se medir a matéria seca do material para determinar o ponto de corte ideal, entre os valores de 30 a 35%, para indicativo de qualidade (CARVALHO; JOBIM; DAMASCENO, 2013).

O sorgo granífero é recomendado para o plantio em toda a Região Sul, dos municípios do Rio Grande do Sul até aos do Estado do Paraná, pelo zoneamento, de setembro a dezembro. A partir de 1994 houve um crescimento de áreas para a Região Centro Oeste, que se destacou em termos de área plantada e quantidade produzida, principalmente no sul de Goiás e em municípios dos Estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul situados em altitudes maiores do que 300 metros. A produção de sorgo granífero é usada em plantios de sucessão a safras de verão de outras culturas (CARLESSO et al., 2012a).

A cultura do sorgo sacarino, com uma exigência hídrica para possibilitar a obtenção de etanol com Brix entre 15°BX e 20°Bx, é semelhante à do milho de ciclo normal. O zoneamento de risco climático para o plantio de milho baseia-se na análise da aptidão edafoclimática, resultado de estudos probabilísticos de ocorrência de fatores climáticos adversos para o desenvolvimento da cultura, e insere a cultura nos meses de setembro a dezembro, como propícios ao bom desempenho da mesma, julga-se o sorgo sacarino apresentar bom desempenho nessa mesma época de semeadura. No caso de plantio na entressafra de cana-de-açúcar, pressupôs-se ser o período de interesse, resultado da integração espacial entre o mapa do zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar, que ocorre entre outubro e dezembro. Há mapas, considerados aptos para o plantio de milho de ciclo normal em solo argiloso, entre os meses de outubro e dezembro. E as áreas com maior aptidão concentram-se no Estado de São Paulo, noroeste do Estado do Paraná, leste do Estado do Mato Grosso do Sul e sudoeste do Estado de Goiás (LANDAU; SCHAFFERT, 2009).

O experimento do ano agrícola 2012-2013 foi conduzido na linha Picauê, interior de Marechal Cândido Rondon, com semeadura realizada em 20 de Setembro de 2012. Foi implantado com semeadeira tratorizada, utilizando equipamento com discos específicos para semear as culturas de milho e sorgo, respectivamente. Usou-se o espaçamento de 0,7 metros entre linhas e uma densidade de 85.700 plantas por hectare para o sorgo e de 60.000 plantas por hectare para o milho, com adubação de plantio com 300 kg ha^{-1} de fertilizante com formulação 8-20-20 (NPK). As áreas, de 2.500 m² cada uma, de sorgo e milho, foram conduzidas concomitantemente, recebendo os tratamentos culturais necessários, como, aplicação de herbicida aos 20 dias da emergência e cobertura com fertilizante nitrogenado na dose de 200 kg ha^{-1} aos 30 dias da emergência. Foi realizado o acompanhamento, no decorrer do ciclo de desenvolvimento, verificando o teor de sólidos do sorgo sacarino, mas nesse presente estudo não determinou-se a quantidade de etanol produzida. A colheita ocorreu em 8 de fevereiro de 2013, aos 142 dias da emergência, de maneira a excluir as linhas de bordadura, os materiais de sorgo e milho foram colhidos por uma ensiladeira e acondicionados em parcelas, recolhidas em pontos e momentos diferentes, para posterior análise. A análise bromatológica

foi realizada no mesmo momento da análise das parcelas colhidas na estação experimental da Universidade Estadual do Paraná.



Figura 2 - Sítio Storck (Fonte: Google Maps).

O experimento do ano agrícola 2013-2014 foi conduzido na Estação Experimental da Universidade Estadual do Paraná – UNIOESTE, em Marechal Cândido Rondon, a área escolhida para o experimento foi a de código NEE 3, como mostra o croqui da estação experimental da universidade em *Marechal Cândido Rondon-PR* na Figura 3 - Croqui da área de plantio (Fonte: Unioeste).

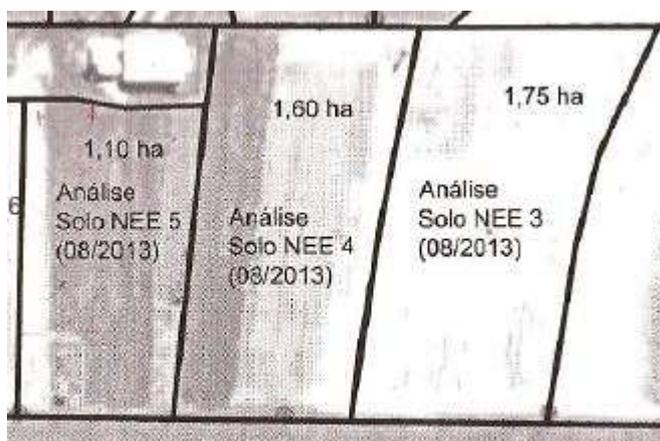


Figura 3 - Croqui da área de plantio (Fonte: Unioeste)

A análise de solo, realizada pelo laboratório de análises da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, mostrou os resultados de granulometria conforme a Tabela 4, sendo o solo argiloso, de classe tipo 3 (REINERT; REICHERT, 2006).

Tabela 4 - Análise granulométrica

Análise Granulométrica (textura)			
Amostra	Argila	Silte	Areia
NEE3	685,5	261,11	53,39

A análise química apresentou os resultados, de amostra colhida em 2013, com os dados conforme a Tabela 5. Os valores apontam a situação em fertilidade química no momento da análise, com seus teores, e a saturação de bases em torno de 50%.

Tabela 5 - Análise química do solo

Amostra	P	MO	pH CaCl ₂	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	CTC	V %
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	0,01 mol ⁻¹			cmol dm ⁻³			
NEE3	26,29	27,34	4,75	0,15	4,84	1,44	6,79	13,48	50,37

O clima foi favorável, não houve falta nem excesso de chuvas, a média de precipitação anual é de 1.600 a 2.000 mm (IAPAR, 2015), e no período do experimento ocorreram as seguintes precipitações, conforme a Tabela 6, que possui dados do Prof. Dr. Élcio Silvério Koslowski, que atua em Climatologia e Ambiência na pós graduação da Universidade Estadual do Oeste do Paraná-Unioeste.

Tabela 6 - Precipitações ocorridas em mm

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Set	Out	Nov	Dez
2012 (mm)						28,8	213,6	195,2	188,8
2013 (mm)	122,6	202,6	115,8	73,6	247,8	92	129,2	143,4	93,4
2014 (mm)	169,8	16,4	183	220,6	152,6				

A temperatura média é entre 21°C e 23°C (IAPAR, 2015), e foi de acordo com o histórico da região, levantado pelo Prof. Dr. Élcio Koslowski, e está na Tabela 7.

Tabela 7 - Temperaturas ocorridas (°C)

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Set	Out	Nov	Dez
2012						22,4	24	24,4	22,6
2013	24,5	24,7	23,1	20,6	18,6	20,2	22,3	24,4	30,1
2014	27,9	28,6	23,5	21,6	18,3				

Em 17 de setembro de 2013, com a área dessecada, ocorreu a semeadura do experimento, implantada com semeadeira tratorizada, de plantio direto, utilizando equipamento com discos específicos para semear a cultura de sorgo. Usou-se o espaçamento de 0,7 metros entre linhas e uma densidade de 85.700 plantas por hectare, com adubação de plantio com 300 kg ha^{-1} de fertilizante com formulação 8-20-20 (NPK). A área, de 2.500 m², recebeu aplicação de herbicida aos 20 dias da emergência e cobertura com fertilizante nitrogenado na dose de 200 kg ha^{-1} . As ervas daninhas que sobraram após o controle químico foram eliminadas manualmente. Foi realizado o acompanhamento no decorrer do ciclo de desenvolvimento, verificando o teor de sólidos do sorgo sacarino. O corte ocorreu manualmente e mecanicamente com 142 dias após a germinação do material, em 31 de janeiro de 2014, as leituras de Brix indicavam sua estabilização em teor de sólidos. O corte do material inteiro para ensilar foi realizado com uma ensiladeira de milho, do próprio local, e logo ensilado em manilhas de aproximadamente 1 m³ de volume, as parcelas de análise foram, após a fermentação haver ocorrida, recolhidas aleatoriamente de dentro da manilha. O transporte da biomassa inteira foi realizado com trator monoeixo e carreta, até o local da prensa. O material foi processado manualmente, com uma prensa pequena, utilizada para a cana de açúcar, que foi alimentada com as “canas”, quantificou-se o caldo e a massa das frações.

O caldo foi recolhido em um recipiente de 600 l para transporte ao laboratório de Tecnologia em Biocombustíveis da Universidade Federal do Paraná em Palotina-PR. O laboratório de biocombustíveis da Universidade Federal do Paraná – UFPR dispôs o destilador para demonstração da capacidade de produção do caldo fermentado. Foram armazenados 360 litros e a fermentação foi acompanhada pelo estagiário responsável pelo local, que misturou 325 gramas de fermento fresco ao produto. No 3º dia o vinho foi destilado para comprovar os números coletados em aparelhos de medição de açúcar e etanol. A colheita ocorreu,

observando a exclusão de linhas de bordadura, e foi acondicionada também em uma manilha de 1 m³, e, após passar o período de fermentação, acondicionados, aleatoriamente, em parcelas menores para análise.

As parcelas de silagem, do material fracionado e do material inteiro foram acondicionadas em embalagens pequenas, na abertura das manilhas, e logo foram guardadas em local refrigerado, para realizar as análises com o segundo corte da fase realizada na estação experimental da Universidade Estadual do Oeste do Paraná-Unioeste. Na Tabela 8, há o registro do plantio e da ocorrência dos tratos culturais realizados na estação experimental em Marechal Cândido Rondon.

Plantio	Herbicida	Fertilizante em cobertura	ab
17 set 2013	20 out 2013	15 nov 2013	ela
5 kg de sementes	2,5 kg Atrazina ha ⁻¹	100 kg sulfato de amônio ha ⁻¹	8 -
200 kg 08-20-20 NPK ha ⁻¹			Ev

os de instalação

Como foi mencionado, o sorgo sacarino foi avaliado em dois momentos, no 1º corte e na rebrota. Após o corte, que foi realizado a uma altura de 10 cm do solo, os tratos culturais foram realizados, de capina manual e cobertura com fertilizante nitrogenado aos 30 dias do corte.

O acompanhamento do rebrote na mesma área, foi realizado acompanhando as leituras de Brix. Quando este estabilizou, novamente, procedeu-se à colheita. As parcelas foram colhidas de maneira aleatória, excluindo-se as linhas de bordadura, tomando amostras de vários pontos diferentes da área. Após a colheita, dividimos o material em parcelas para avaliarmos seu desempenho, parcelas sorteadas ao acaso foram prensadas, para extrair parte de seu sumo e as parcelas restantes foram processadas sem extrair seu sumo, ou seja, inteira. Quantificou-se, novamente, o caldo e a massa das frações.

Objetivou-se, pesquisar valores nutritivos em comparação ao uso da gramínea quando fracionada, em caldo e biomassa, com a parcela não fracionada. No laboratório foram avaliadas suas características bromatológicas. Induziu-se a fermentação do caldo extraído parcialmente, com fermento fresco, e destilou-se para quantificar o etanol produzido. Como já foi declarado, essas ações foram realizadas

no 1º corte e na rebrota. Esse fracionamento também o torna uma alternativa de uso em alimentação para o gado e outros animais, de maneira direta, no cocho. No acompanhamento do teor de sacarose do colmo no decorrer do desenvolvimento, o qual foi registrado, observou-se a emissão da panícula para indicação de época de corte, que, a partir desse momento, ocorria a diminuição de sólidos na leitura do refratômetro. A determinação da data do corte foi observada pela estabilização da leitura em °Bx, realizada de tempos em tempos, sendo mais intensa nos dias finais, e esse registro de sólidos foi realizado com o refratômetro de campo, modelo RSG-100/ATC, Figura 4, e estão relatados nas leituras.



Figura 4 - Refratômetro de campo (Fonte: Autor).

A biomassa para a silagem, disponível em um volume considerável, pode ser fracionada, para separar o caldo, quanto mais drástica, maior a parcela de matéria seca, e gera mais matéria prima para o etanol.

O segundo corte ocorreu aos 101 dias após o corte, em 11 de maio de 2014, e foi realizado manualmente, colhendo parcelas de maneira aleatória, que foram processadas e embaladas para ensilagem.

Os valores de análise bromatológica (matéria seca, matéria mineral, proteína bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido) da silagem foram realizados no laboratório de nutrição animal do campus da Unioeste de Marechal

Cândido Rondon, com apoio da Prof. Dr. Maximiliane Alavarse Zambom, da área de Produção e Nutrição de Ruminantes da Zootecnia.

Espera-se mostrar uma maneira de otimizar os recursos. A fonte, o sorgo sacarino, pode ser aproveitada com dois objetivos, alimento e energia. Com esse estudo tem-se dados que informem sobre sua viabilidade como fonte alimentar e energética, ganhos, vantagens e desvantagens, e a possibilidade de aceitação e implantação, de forma sustentável, para o pequeno e médio produtor rural.



Figura 5 - Detalhe da rebrota (Fonte: Autor).

5. Resultados e discussão

Os resultados foram construídos em dois anos agrícolas, em 2012/2013 e 2013/2014, e também analisou-se esses resultados de maneira conjunta para levantar conclusões estatísticas, e de forma separada, por ano agrícola e por corte, para que se veja o desempenho individual em cada quesito analisado, de acordo com os objetivos do estudo.

5.1. Biomassa

Na colheita da área de sorgo e milho, implantados no ano agrícola de 2012/2013, em 20 de setembro, observou-se a emissão da panícula do sorgo para indicação de época de corte, e este ocorreu com 142 dias após a germinação do mesmo, em 08 de fevereiro de 2013, na mesma data de colheita do milho, e a produção de biomassa teve os seguintes resultados, na Tabela 9.

Tabela 9 – Produtividade de milho e sorgo sacarino no ano agrícola 2012-2013

Item	Densidade	Espaçamento	Massa unitária	Projeção
Sorgo sacarino	85.700 plantas por hectare	0,7 metros entre linhas	7,6 kg por metro linear	108.570 kg por hectare
Milho	61.428 plantas por hectare	0,7 metros entre linhas	2,3 kg por metro linear	33.500 kg por hectare

Ao transportarmos esses valores ao 8, fica exposto o potencial dos materiais.

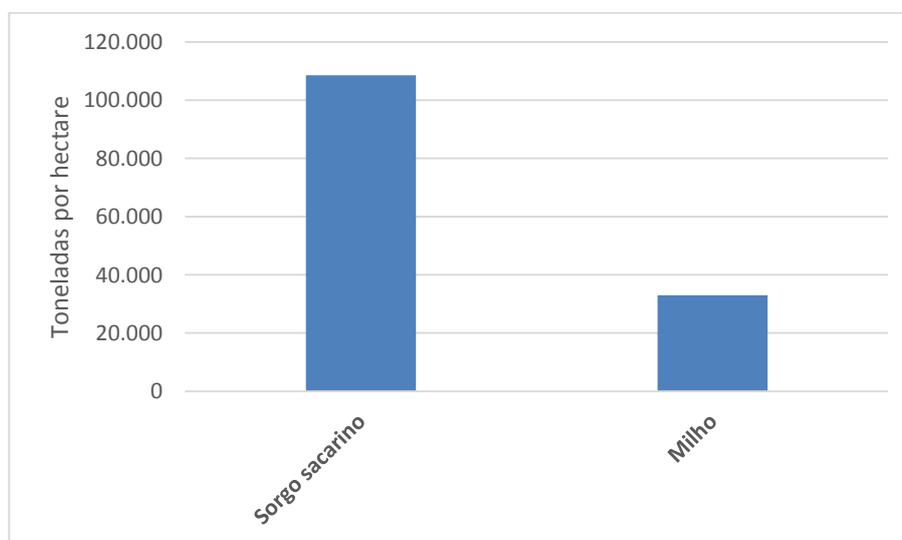


Gráfico 1 - Produtividade de sorgo sacarino e milho no ano agrícola 2012/2013.

A produção de sorgo sacarino superou em mais de duas vezes o volume produzido do milho.

No ano agrícola de 2013-2014, na área da estação experimental da Universidade Estadual do Paraná-UNIOESTE, o rendimento dos cortes, 1º e rebrota, estão discriminados na Tabela 10.

Tabela 10 – Produtividade de sorgo sacarino no ano agrícola 2013/2014

Sorgo sacarino	Densidade	Espaçamento	Massa unitária	Projeção
1º corte	85.700 plantas por hectare	0,7 metros entre linhas	6,9 kg por metro linear	98.571 kg por hectare
Rebrote	85.700 plantas por hectare	O mesmo	4,7 kg por metro linear	67.142 kg por hectare

Para ter uma visão melhor do quantitativo, expomos os valores no Gráfico 2, há uma menor produção no rebrote, mas vale 68% do montante produzido no primeiro corte.

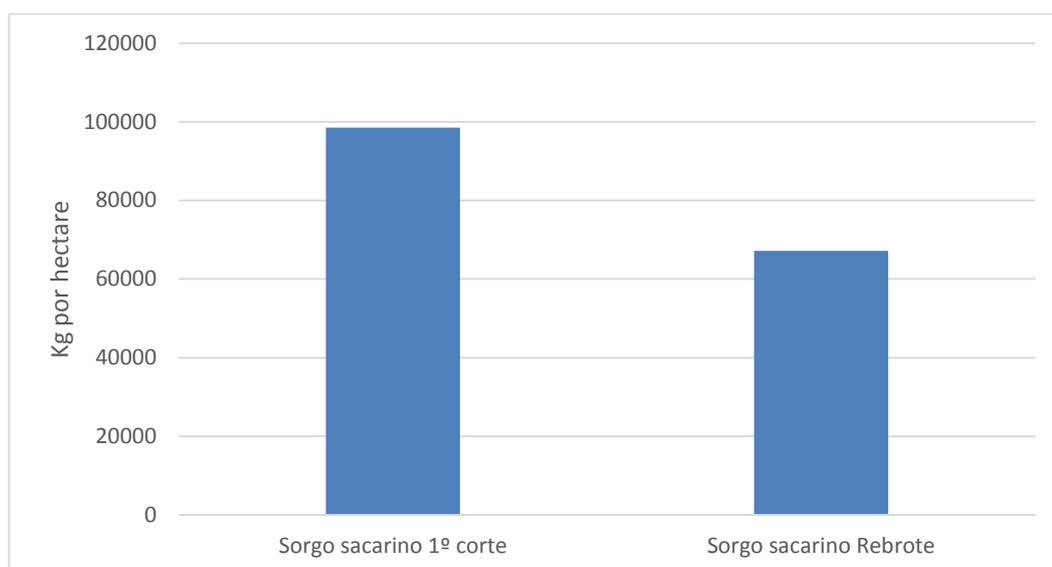


Gráfico 2 - Biomassa do 1º corte e do rebrote no ano agrícola 2013/2014.

No rebrote, há o desenvolvimento de 2 a 3 gemas do toco de 10 cm da sobra no campo, mas a efetiva produção de massa se dá em uma gema apenas, e esta se sobrepõe sobre as outras duas, não havendo um desempenho satisfatório, por isso não foi alterado o número de plantas por hectare, mesmo, porque são da mesma planta de origem.

O desenvolvimento da cultura foi normal, apresentou a altura prevista, superior a 3,5 metros, não acamou e com resultados de rendimento superiores aos da maioria das áreas de milho visitadas. Um montante de 165.713 kg por hectare comparado com um milho produzido no ano agrícola anterior, de 2012/2013, de 33.50 toneladas por hectare, mostra o potencial dessa cultura. Mesmo sem o volume do rebrote, houve mostra de sua capacidade em produzir biomassa, praticamente três vezes o volume do milho.

O material foi processada no mesmo dia. A silagem foi analisada para verificação de valor proteico e energético, para verificação e comparação com o milho.

Pires afirma, em seu estudo, que uma produção mínima aceitável de massa verde por hectare é de 40 ton.ha⁻¹ (2007)

Carlesso et al. já tiveram outros resultados em suas pesquisas, com materiais com produção de massa verde de 19.700 kg ha⁻¹ a 60.770 kg ha⁻¹, e já as apresentou como muito produtivas (2012b).

Cruz et al., da Embrapa, cita que ao lado da cana-de-açúcar, o sorgo sacarino apresenta-se como uma excelente opção sob os pontos de vista agrônomico e industrial, por oferecer as vantagens de ser uma planta tolerante a déficit hídrico de ciclo curto, ser totalmente mecanizada, possuir colmos suculentos com açúcares totalmente fermentáveis e com produção de massa verde variando de 40 a 60 t ha⁻¹ (1998).

Helsel e Álvarez relataram produção de 111.000 kg ha⁻¹ em sua pesquisa no sul da Flórida (2013).

A produção de biomassa em dois cortes atingiu o volume de 165.713 kg de massa fresca, o que de acordo com os autores citados acima, representa um resultado acima da média.

A Tabela 11, com os valores dos anos agrícolas 2012/2013 e 2013/2014 reunidos, ressalta essa diferença de volumes produzida pelos sorgos em detrimento do milho.

Tabela 11 - Resultados de produtividade das parcelas

Parcela	Kg por hectare
Sorgo sacarino 2012/2013	108.570
Milho 2012/2013	33.500
Sorgo sacarino 1º corte 13/14	98.571
Sorgo sacarino rebrote 13/14	67.142

E esses valores, quando visualizados no Gráfico 3, ressaltam os valores superiores das parcelas de sorgo sacarino, tanto no corte único como no rebrote.

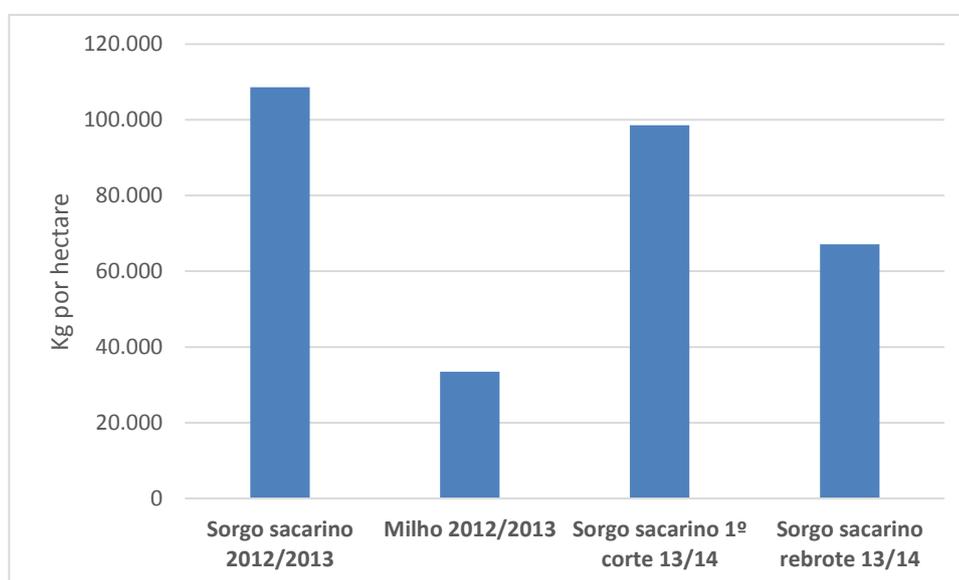


Gráfico 3 - Produtividade das parcelas comparadas nos anos agrícolas 2012/2013 e 2013/2014.

O custo de implantação do sorgo sacarino, que foi detalhado anteriormente, foi dividido pela produção das parcelas e gerou a Tabela 12.

Tabela 12 - Custo de implantação do sorgo sacarino

Parcelas	Kg ha ⁻¹	Custo	Custo kg de biomassa
Sorgo sacarino 12/13	108.570	R\$ 2.685,00	0,0247
Milho 12/13	33.000	R\$ 2.990,00	0,0906
Sorgo sacarino 1º corte 13/14	98.571	R\$ 2.685,00	0,0272
Sorgo sacarino rebrote 13/14	67142	R\$ 1.000,00	0,0149

Nas implantações de milho e sorgo sacarino, no plantio temos o custo integral de valores, que são descontados quando faz-se o cálculo de custo do rebrote, por isso o valor de custo do rebrote é bastante inferior comparado aos outros.

Em se observando os valores no Gráfico 4, tem-se uma clara percepção da grande diferença entre as colunas representativas, e isso mostra uma diferença de grande entre o montante de cada situação, o sorgo sacarino do ano agrícola 2012/2013 tem um custo de 27,29% do milho, o sorgo sacarino de 1º corte do ano agrícola 2013/2014 com um valor de 30,06% do milho e o do rebrote a fração de 16,44% do milho, lembrando que o rebrote não possui os custos de implantação, apenas os tratos de cultivo pós 1º corte. Esses valores são expressivos.

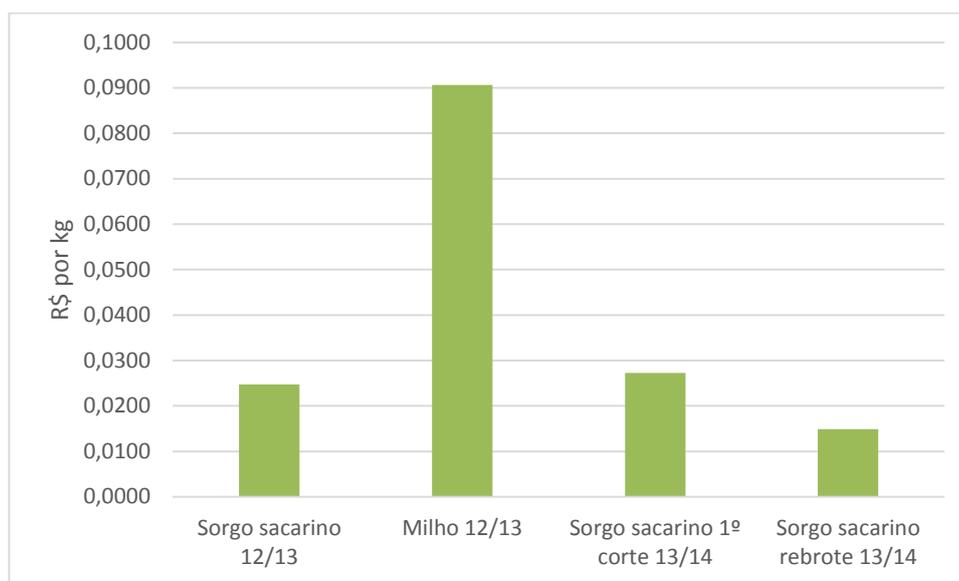


Gráfico 4 - Custo do kg de cada parcela em R\$ nos anos agrícolas 2012/2013 e 2013/2014.

Ao juntar-se o custo de implantação com o custo do rebrote, e somar-se o montante produzido, na Tabela 13, há a situação real da safra, com todos os valores mencionados no ano agrícola.

Tabela 13 - Custos Somatório de 1º corte e rebrote somado em comparação ao milho

	Custo R\$ por kg
Milho 12/13	0,0906
Sorgo sacarino 1º corte e rebrote 13/14	0,0222

No Gráfico 5 há a projeção da coluna, demonstrando a diferença de valores na comparação da produção total da cultura.

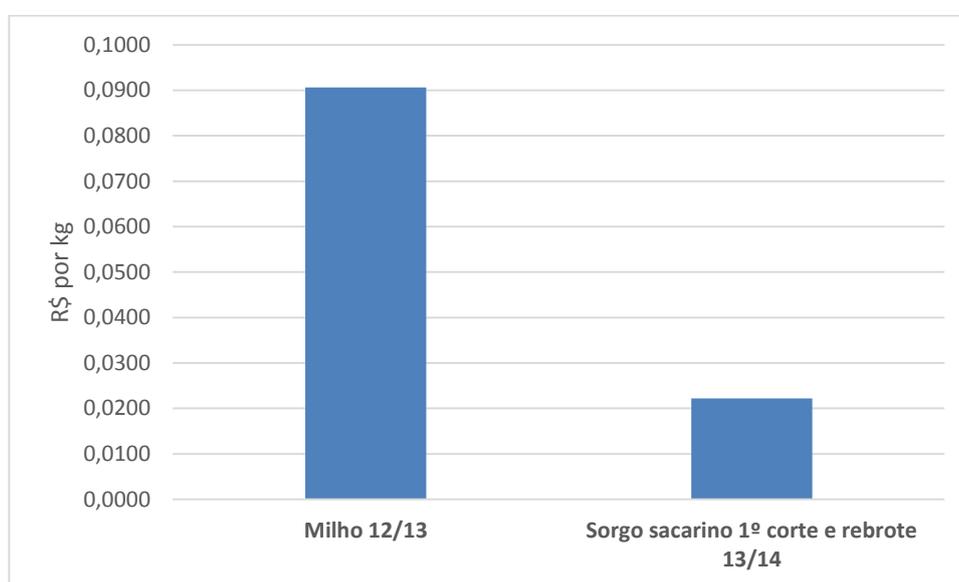


Gráfico 5 - Custos de milho comparado ao sorgo sacarino do ano agrícola 2013/2014.

A diferença no custo é grande, chega a 24,50% do total do milho, ou seja, com o valor gasto na silagem de milho, pode-se implantar e processar 4 áreas iguais de sorgo.

Ou, com um hectare de sorgo, pode suprir-se em alimento, a necessidade que, antes, necessitaria de 4 hectares de milho.

5.2. Etanol

Quando fracionamos o sorgo sacarino, dividimos esse material em dois diferentes produtos, que originarão outros dois elementos. Já expostas as quantidades, 28% de caldo e 72% de biomassa, nos mostra a fração em energia e a fração em alimento. O objetivo do fracionamento não é de exaurir o material dos sólidos, apenas retira-se parte, a princípio, apenas o excesso de líquido, que, durante a fermentação, tende a percolar e arrastar consigo nutrientes importantes à qualidade da silagem.

A quantidade de etanol produzida com a calda do primeiro corte está contida na Tabela 14, assim como os valores e datas do processamento do material.

Tabela 14 - Avaliação de sorgo, resultados do 1º corte, Marechal Cândido Rondon-Paraná 2014

Data de prensagem	31 jan 2014
Biomassa processada	1.285 kg
Volume de calda	360 l
Fração da calda	28 %
Fermento (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>)	325 g
Data de destilação	03 fev 2014
Volume Etanol (80° - 94° Bx)	13,5 l
Quantificação (%)	3,7 % (2,6 % álcool anidro)

Durante o desenvolvimento da cultura, houve o acompanhamento de evolução dos sólidos, relatados na Tabela 15, com as respectivas datas da efetiva leitura no campo, com o refratômetro.

Tabela 15 - Leituras de Brix no 1º corte

Data	°Bx	Intervalo de dias
19 de set de 2013	0	-0-
13 de nov de 2013	3	24
20 de nov de 2013	3	7
30 de dez de 2013	7	40
7 de jan de 2014	6	8
11 de jan de 2014	4*	4
18 de jan de 2014	10	7
24 de jan de 2014	10	6
27 de jan de 2014	10	3
31 de jan de 2014	9,6	4

A leitura do dia 11 de janeiro de 2014 não seguiu com a evolução na leitura em um crescente, como o esperado, isso ocorreu devido às chuvas intensas, que influenciara a leitura. Ao observarmos o Gráfico 6, nota-se essa queda na linha, que logo depois recomeça o seu crescer novamente.

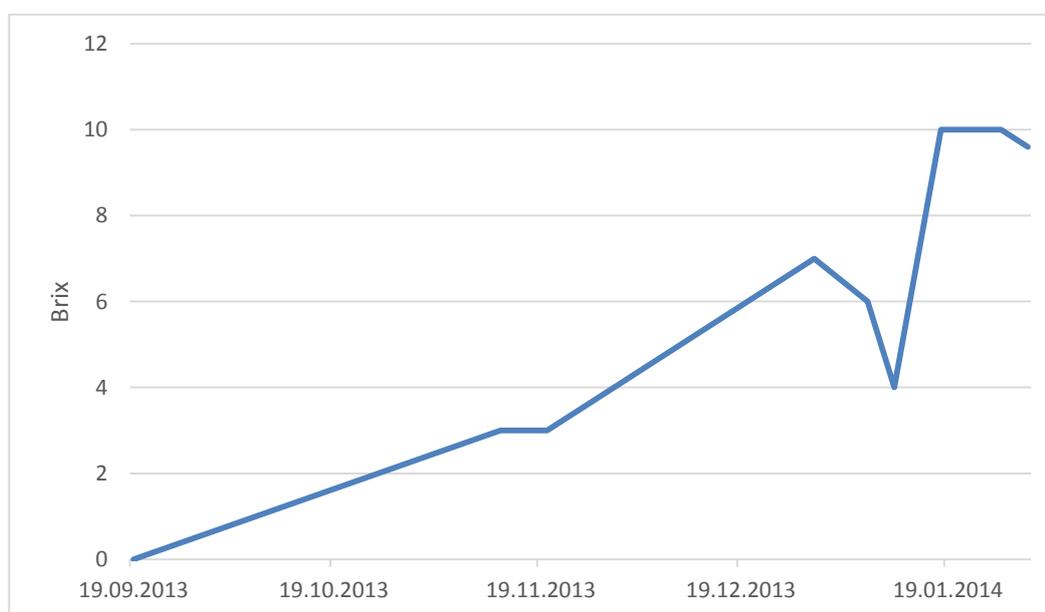


Gráfico 6 - Evolução do teor de sólidos no 1º corte do ano agrícola 2013/2014.

O desempenho por hectare, observado com o corte e pesagem do material, realizado com o fracionamento do sorgo em 28% de caldo e 72% de biomassa, pode ser comprovado pelos números e desempenho apresentado na Tabela 16, com o resultado da produção de etanol em litros por hectare.

Tabela 16 - Análise do etanol produzido no 1º corte no ano agrícola 2013/2014

Área		Projeção	
130,4 m ²	360 l	10.000 m ²	27.607,36 l
1285,75 kg	13,5 l etanol (80º– 94º GI)	98.600,0 kg	1.035,2 l etanol (80º– 94º GI)

Já na evolução dos teores de sólidos, quando monitorado na ocasião do rebrote nessa variedade, apresentaram os valores descritos na Tabela 17 - Leituras de Brix no rebrote do ano agrícola 2013/2014, os quais são diferentes daqueles citados por Sipos et al., que relatou como teor de sólidos entre 12% a 22% (2009).

Tabela 17 - Leituras de Brix no rebrote do ano agrícola 2013/2014

Data	°Bx	Intervalo de dias
12 de abril de 14	5	-0-
21 de abril de 14	6	9
26 de abril de 14	8	5
02 de maio de 14	8	6
09 de maio de 14	8,5	7
11 de maio de 14	10	2

Quando analisamos a variação dos sólidos do rebrote e seu crescimento em teores, obtemos o desenho observado no Gráfico 7.

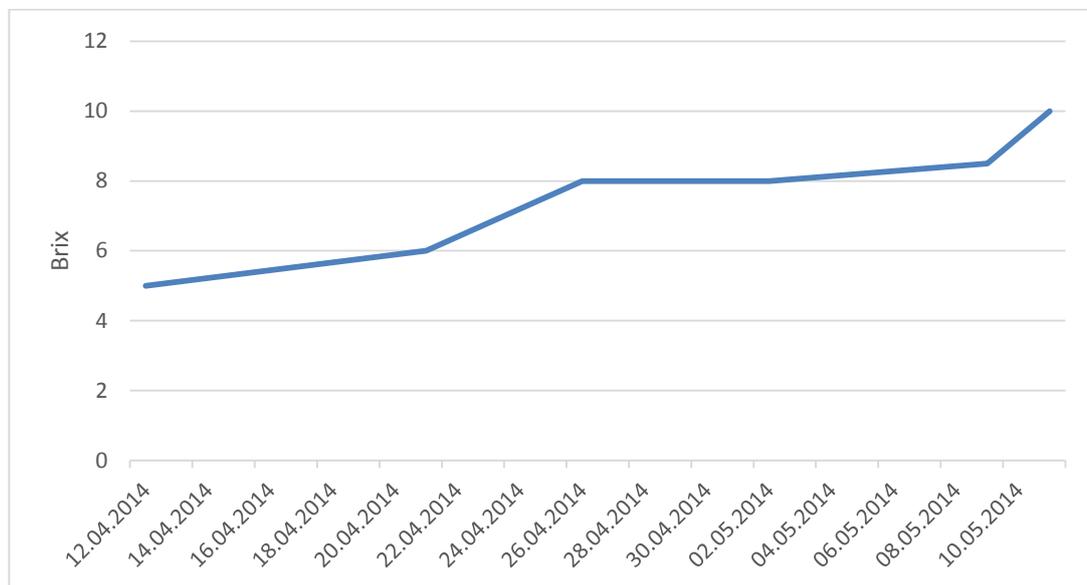


Gráfico 7 - Evolução de sólidos no rebrote do ano agrícola 2013/2014.

Essa diferença de valores dos sólidos pode estar ligada ao fertilizante aplicado no plantio do sorgo sacarino, cujas recomendações de adubações não são destinadas ao sorgo sacarino, mas ao sorgo granífero e forrageiro. Para o sorgo granífero, o intuito é a produção de grãos e para o sorgo forrageiro, objetiva-se a nutrição contida na biomassa, cujo destino é a produção animal. Os insumos usados foram recomendados à produção de grãos da cultura do milho.

Os valores de Brix encontrados, tanto no primeiro, assim como no segundo corte, resultaram em um valor menor de etanol por hectare, mas não eram diferentes do citado. Isto devido a uma extração pobre de caldo, ou seja, havia mais líquido a retirar, e não era esse o interesse, mas houve produção de sólidos, e estes geraram etanol, como era o esperado.

O teor de 14,8 °BX foi citado no trabalho de Vermerris et al. (2011). Superior ao que foi encontrado no ADV 2010. No trabalho de Webb et al. há a citação de teores que variam de 18,5 °Bx a 21,4 °Bx (2010).

Assim como os teores de 5 °Bx a 15 °Bx são citados no trabalho de Sipos et al., com mais de um material e utilizando várias datas para leitura de concentração de sólidos nos materiais, mostrando que ocorre uma variação natural, quando as variáveis são analisadas, em épocas distintas de implantação e dosagens de fertilizantes (2009).

Como o montante de sólidos foi parcialmente retirado, estando em 28% da massa total em calda, era esperado um valor proporcional em etanol, como demonstrado.

O rebrote teve o seguinte desempenho, demonstrado na Tabela 18.

Tabela 18 - Análise da rebrota do ano agrícola 2013/2014

Densidade 85.700 touceiras m ⁻¹	Espaçamentos 0,7 m entre linhas	Massa colhida 4,7 kg m ⁻¹	Estimativa de biomassa 67.142 kg ha ⁻¹
---	------------------------------------	---	--

Assim como o 1º corte, o rendimento da rebrota foi significativo, com um volume de massa que não pode ser descartado, com valores interessantes para o produtor, que alcançou 68% da primeira fase, quando o objetivo é a ensilagem para alimentação do rebanho. Se somarmos os valores, chegamos em um valor acima de 165.000 kg em um hectare, superior em três vezes a quantia produzida por um milho melhorado em tecnologia desenvolvida para tal fim. Tal quantidade é relevante em desempenho, pois isso acarreta em diminuir a área de plantio com o objetivo de alimentar o gado e remete a incluir outra cultura, que pode ser destinada a alimentação humana ou outro fim.

E sua estimativa, na Tabela 19, com os valores de etanol.

Tabela 19 - Projeção da produção de etanol na rebrota do ano agrícola 2013/2014

ÁreaM ²	Projeção		
1 m ²	1,316 l	10.000 m ²	18.128 l (27%)
4,7 kg m ⁻¹	0,048 l etanol (80°– 94° Gl)	67.142 kg	695,6 l etanol (80° – 94° Gl)

A literatura traz, valores médios, de produção por área da cana de açúcar, que, apesar da instabilidade climática em algumas regiões produtoras brasileiras, como o Nordeste, também mostram perspectiva de crescimento no rendimento da cultura. A produtividade média brasileira está, na safra 2012/13, em $69.407 \text{ kg ha}^{-1}$, sempre condicionada às condições climáticas anuais. Exigem um alto investimento em manutenção dos canaviais e, para a safra seguinte, o clima se mostra instável, não está na normalidade, o que gera insegurança na estabilidade de fornecimentos de matéria prima para a indústria (CONAB, 2014).

A extração do caldo do material, consiste no processo físico de separação da fibra (bagaço), e isso pode ser feito, usualmente, por meio de dois processos, a moagem ou a difusão. Na extração por moagem, são usados rolos de moenda, a separação é feita por pressão mecânica o colchão de cana desfibrada com a adição de água. Na difusão, ocorre um fluxo contrário ao deslocamento da cana desintegrada, e isso separa o caldo rico em sólidos da fibra. Após esse processo, ocorre o tratamento do caldo, para remover as impurezas e sua clarificação, realizada com o intuito de não afetar o teor de sacarose. Então o caldo pode ser resfriado e seguir a fermentação. Todo esse processo é realizado em um volume de caldo que pode chegar em 70 – 80% do peso da cana. E da fermentação, e, posterior destilação, há, nessa composição, de 7° a 10°GL (% em volume) de álcool, além de outros componentes (MEZARROBA; MENEGUETTI; GTROFF, 2010).

Analisando a planta de sorgo sacarino pela mesma ótica e números que já comentamos, observa-se que sua estrutura de porte é idêntica à da cana de açúcar, possui colmos e nós. A extração do seu caldo por prensagem apresentará as mesmas características de rendimento da cana de açúcar, variando esse número em relação a materiais analisados e seu teor de sólidos solúveis (°Brix), mas fisicamente teríamos os mesmos resultados obtidos com o material analisado da cana de açúcar (RIBEIRO FILHO et al., 2008).

Ao jogarmos esses números na Tabela 20, usando os números comentados e apresentados dos materiais de sorgo e cana de açúcar, vê-se claramente a diferença de rendimento em um hectare. Deve haver consciência do

maior gasto em máquinas para corte e transporte, visto o sorgo ser colhido em duas etapas.

Tabela 20 - Comparativo sorgo sacarino e cana de açúcar

Cultura	Peso total da biomassa (hectare)	Peso do caldo (70-80%)	Teor de etanol (7-10%)	Diferença
Cana de açúcar	69.407 (média brasileira - Conab)	48.584 a 55.526 kg	3.400 a 5.552 l	41,8 %
Sorgo sacarino	165.713	115.999 a 132.570 kg	8.119 a 13.257 l	

A quantidade de etanol verificada por hectare, no atual estudo, é substancialmente inferior a números encontrados na literatura, que citam 4.000 l.ha⁻¹ (CUNHA; SEVERO FILHO, 2010), mas o sistema de prensa usado para exaurir os sólidos da cana são bem mais intensos que esses, que usamos para esta análise.



Figura 6 - No laboratório da UFPR (Fonte: Autor).

No sul da Flórida, em experimento de Helsel e Álvarez, com sorgo sacarino, foi registrada a quantia de 1.482 l ha⁻¹ (2013).

O presente estudo sugere a retirada de uma fração de açúcares, que não implique em total retiradas dos mesmos, isso empobreceria o material a ser ensilado, pois o intuito é o uso em energia e alimentação, e, quando exaurimos de sólidos, o material resultante teria sua fermentação microbiana prejudicada.

Tomando-se os valores citados, obtidos nas análises das parcelas de sorgo sacarino, chegamos a uma produção de 1730 litros de etanol por hectare. Os equipamentos de destilação, de acordo com a empresa de equipamentos (LIMANA, 2014), necessitariam um investimento de R\$ 250.000,00, que valem US\$ 96.500,00 quando convertidos para a moeda americana em Dez-2014 (S.A., 2014), para indústrias, que destila 500 litros por dia e, para justificar sua instalação, seriam necessários triturar e prensar a biomassa de 0,3 hectares por dia. A área necessária para abastecer a indústria seria de 90 hectares, a um custo aproximado de R\$ 2.685,00 (US\$ 1.037,00) por hectare (tabela 1), resultaria em biomassa residual, para alimentar 665 animais no ano (fornecendo 20 kg de massa seca diária aos bovinos) se a usarmos integralmente.

Quando expomos os valores de produção em uma planilha e abrimos todos os possíveis fatores de funcionamento de uma agroindústria, como na Tabela 21, os custos fixos com pessoal, energia, aluguéis e outros valores que cercam a atividade, chegariam facilmente a R\$ 10.000,00 (US\$ 3.861,00) ao mês, somado com os custos de implantação da cultura, insumos e máquinas, chegaríamos ao montante de R\$ 361.650,00 (US\$ 139.633,00) ao ano para produzir em torno de 150.000 litros de etanol em 10 meses de atividade, os 2 (dois) meses posteriores seriam para manutenção e férias coletivas. Uma pequena propriedade teria dificuldades para realizar esse investimento, mas um grupo de agricultores pode fazê-lo, e obter uma renda extra, diversificando seus produtos.

Tabela 21 - Custos fixos na indústria para produção de 500 litros de etanol por dia

	Unidades	VALOR R\$ Unitário	VALOR Mensal R\$	VALOR Anual R\$
Funcionários + encargos	4	R\$ 1.700,00	R\$ 6.800,00	R\$ 81.600,00
Encargos sociais	1	R\$ 1.000,00	R\$ 1.000,00	R\$ 12.000,00
Deprec.manut. Seguro	1	R\$ 1.675,00	R\$ 1.675,00	R\$ 20.100,00
Outros	1	R\$ 500,00	R\$ 500,00	R\$ 6.000,00
TOTAL			R\$ 9.975,00	R\$ 119.700,00

Com esse investimento, com a área de 90 hectares para que o processo industrial não pare, por questões de matéria prima, e isso implicaria em um montante estimado na Tabela 22. A indústria não pararia por falta de matéria prima, mas podem ocorrer outras dificuldades, como, quebra de máquinas, chuvas e falta de pessoal.

Tabela 22 - Investimentos para industrialização

Investimento	R\$ unitário	Total (90 hectares)
Implantação cultura	R\$ 2.685,00	R\$ 241.650,00
Custos Industrialização	R\$ 10.000,00	R\$ 119.700,00
Total Anual		R\$ 361.350,00

O litro de combustível alcançaria R\$ 2,41 (US\$ 0,93), o preço atual está em torno de R\$ 2,00 por litro (Dez 2014). O principal produto é a silagem para produção animal e não o etanol. Quando dividimos o valor do investimento pela quantidade de massa verde produzida em dois cortes, chegamos ao valor unitário do kg da massa verde, da Tabela 23.

Tabela 23 - Custo da biomassa do sorgo sacarino

Discriminação	Quantidade produzida	Valor
Massa verde	165.713 kg ha ⁻¹	R\$ 2.685,00
Valor por kg		R\$ 0,0162

Desse modo o custo do caldo cai abruptamente, pois esse valor, quando dividido, chega em R\$ 0,0162 (US\$ 0,00629) por quilograma. O resultando total alcança R\$ 777,70 (US\$ 304,00) por hectare, pelo volume de 48.000 litros de calda. Usando esses valores chegamos em um custo aproximado da industrialização do etanol em R\$ 190.116,00, que, divididos pelo montante produzido (150.000 litros) resulta em R\$ 1,26 (US\$ 0,49) por cada litro produzido na propriedade. Significativamente interessante em valor, comparado com R\$ 2,41 (US\$ 0,93) anteriores.

Necessita-se melhorar a cultura para índices melhores de sólidos, ou de rendimento de conversão, pois cada um desses fatores resulta em mais produção pelo mesmo custo, ou seja, uma vez que a instalação está montada, a otimização

de seu uso é o esperado. E esse é o objetivo das grandes usinas, minimizar o tempo ocioso, produzindo em todo o período.

Ressaltando que a biomassa pode ser usada para outros fins, além de alimentação “*in natura*” ou silagem, pode ser secada para incorporação em rações ou simplesmente ser queimada para transformação em energia térmica.

Na pesquisa de Helsel e Álvarez, os valores do combustível chegaram em US\$ 3,12 por galão (3,785 litros), equivalendo a US\$ 0,82 por litro (2013).

Shapouri, em pesquisa com dados econômicos em 2006, cita valores de US\$ 0,634 por litro, na média comercial do *Texas-USA* (2006).

O rendimento de etanol foi de 1.035 litros por hectare no 1º corte e de 695 litros por hectare na rebrota. Resultando em R\$ 1,26 por cada litro produzido na propriedade. Com esse valor, o tempo de retorno estimado do valor de investimento (R\$ 250.000,00) é de 39 meses, quando a margem utilizada é de 10%, como segurança do investimento.

5.3. Silagem

Os valores de qualificação bromatológica (matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA)) da silagem foram analisados e estão divididos, conforme o ano agrícola, para que se veja as suas principais características.

A primeira relação de valores, na Tabela 24, refere-se aos valores da silagem colhida no ano agrícola de 2012-2013, que sofre comparação com o milho.

Tabela 24 - Análise bromatológica ano agrícola 2012-2013

	Rep	Mat. Seca %	Matéria Mineral %	Proteína Bruta %	Fibra em Det. Ácido %	Fibra em Det. Neutro %
Sorgo Sacar Inteiro	1	24,07983	6,6315	8,41416	42,37169	63,10546
	2	24,20478	6,744773	8,977908	42,07693	64,03488
Sorgo Sacar Prensado	1	29,59031	6,227422	7,205571	41,2056	64,47882
	2	30,27066	6,307278	7,270417	41,62259	63,88342
Silagem Milho	1	45,53397	6,503891	8,231476	32,16698	51,96276
	2	42,51711	6,570676	9,850307	32,97293	50,72839

E os valores laboratoriais da silagem colhida no ano agrícola 2013-2014, do 1º corte, estão na Tabela 25, com 2 parcelas de material fracionado e 3 de material inteiro.

Tabela 25 - Análise bromatológica do 1º corte do ano agrícola 2013-2014

	Rep	Mat. Seca %	Matéria Mineral %	Proteína Bruta %	Fibra em Det. Ácido %	Fibra em Det. Neutro %
Sorgo Sacarino Prensado 4	1	35,28830273	4,881593111	8,93312872	40,83019579	63,519391
	2	35,04260378	4,727312154	8,784422325	42,12144017	64,544068
Sorgo Sacarino Prensado 5	1	33,70487283	4,641075689	7,919418532	41,97799289	62,632351
	2	38,48034408	4,654067557	6,418562968	42,41609645	63,018091
Sorgo Sacarino Inteiro 1	1	23,80844582	6,444222522	7,349877451	41,48921671	61,790401
	2	24,57566481	6,334335042	7,391270833	41,26082864	62,380068
Sorgo Sacarino Inteiro 3	1	19,66903939	6,236141907	7,187922855	42,93535271	63,941411
	2	24,74176594	6,272222222	8,045288045	41,96205036	62,834532
Sorgo Sacarino Inteiro 5	1	26,07125576	4,99063192	7,5192131	42,84038793	63,403609
	2	25,97461746	5,631035257	6,1446622	41,82595985	62,759403

Na Tabela 26, temos os valores laboratoriais do material colhido no rebrote do ano agrícola 2013-2014.

Tabela 26 - Análise bromatológica do rebrote do ano agrícola 2013-2014

	Rep	Mat. Seca %	Matéria Mineral %	Proteína Bruta %	Fibra em Det. Ácido %	Fibra em Det. Neutro %
Prensado 1 Rebrot 2013/2014	1	25,81951982	5,946434265	7,70039856	40,39546006	64,494261
	2	23,47076441	5,993909931	7,930682945	40,241312	63,544424
Inteiro 1 Rebrot 2013/2014	1	23,40775711	6,167664671	8,289085821	41,52422428	61,953165
	2	21,88947751	6,325809083	7,986213235	42,80414255	63,128045

Para Deminicis e Vieira, quando se procura material para ensilar, com boa composição bromatológica, verifica-se preencher requisitos de uma boa silagem, como o teor de matéria seca entre 30 % a 35 %, e em torno de 3 % de carboidratos solúveis na matéria, baixo poder tampão e por proporcionar uma boa fermentação microbiana (2009).

Já Novinski et al., comentam que a existência de um material ideal, quer seja de milho ou de outra cultura qualquer, está em determinar parâmetros, como o citado anteriormente, aos quais busca-se alcançar quando ocorre a produção do alimento. Esses autores citam, em uma pesquisa realizada pelo departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Paraná, ocorrida nas cinco regiões brasileiras, foram colhidos parcelas de silagens de milho de 109 propriedades, com 327 amostras de material, e os resultados obtidos mostraram valores médios na seguinte proporção: (1) A porcentagem de matéria seca apresentou valores de 32,4%; (2) A proteína bruta ficou em 7,1% da matéria seca; (3) O valor de FDN era de 52,5% da matéria seca; (4) O valor de FDA apresentou números em 33,3% da matéria seca. Esses valores colhidos apresentaram altas variações, ou seja, os números apresentados são a média, não afirmando que a qualidade dessas parcelas era semelhante, mas sim, com valores muito altos ou muito baixos, dependendo do item analisado. Às vezes os números de mínimo e máximo tinham uma amplitude muito grande. O que nos leva a deduzir que, mesmo usando um material muito bom para o processamento da silagem, sua condução, quando não bem realizada, pode gerar um produto de qualidade inferior, e, quando bem processado, podemos melhorar o produto final com um material não tanto indicado para o mesmo (2009).

Em outro trabalho de Novinski, o autor cita valores médios um pouco diferentes, para se dizer ideais: (1) A porcentagem de matéria seca apresentou valores de 27,8%; (2) A proteína bruta ficou em 8,0% da matéria seca; (3) O valor de FDN era de 53,5% da matéria seca; (4) O valor de FDA apresentou números em 28,4% da matéria seca. (2013).

No trabalho de Santos et al., os valores recomendados de massa seca eram de 21,9%, a proteína bruta alcançou 13,3%, a fração de minerais era de 7,1%, a fibra em digestão ácida valeu 35,3% e a fibra em detergente neutro alcançou 54,4% (2010).

Simon, com um estudo com a cultura de sorgo sacarino, obteve os valores de massa seca de 32,4%, da proteína bruta alcançou 8,03%, da fração de minerais era de 6,93%, da fibra em detergente ácido valeu 42,1% e a fibra em detergente neutro alcançou 67,0% (2006).

Os valores encontrados na literatura são bem variados, a qualidade almejada com a produção de silagem não é o alimento em si, mas sim a aceitação deste pelo animal e sua resposta em conforto nutricional, em leite, em carne e em novos animais sadios e vigorosos. Todos os trabalhos, intensos em alguns momentos, são para gerar esses outros momentos, em apreciação, de resultados.

Analisou-se cada elemento verificado no laboratório para, ao final deles, ter bagagem para uma visão amplificada sobre esses números.

Todas as amostras foram analisadas estatisticamente pelo teste de Tukey da diferença honestamente significativa (*honestly significant difference-HSD*), este teste foi proposto por Tukey (1953), e é também conhecido como comparação duas a duas, o teste de Tukey mostra-se analiticamente ótimo, no sentido que, entre todos os procedimentos que resultam em intervalos de confiança com mesmo tamanho para todas diferenças duas a duas, resulta em intervalos menores. Isso quer dizer que, se a família consiste em todas comparações duas a duas e o teste de Tukey pode ser usado, ele resultará em intervalos menores que qualquer outro método de comparação múltipla de uma etapa. É um dos testes de comparação de média mais utilizados, por ser, bastante rigoroso e fácil aplicação, não permite comparar grupos de tratamentos entre si e é utilizado para testar toda e qualquer diferença entre duas médias de tratamento. O teste de Tukey tem como base a DMS (diferença mínima significativa), que consiste em definir a menor diferença entre duas parcelas para torna-la significativa, ou seja, duas amostras que possuem as mesmas letras são consideradas semelhantes, estatisticamente e, se tiverem letras diferentes, são consideradas diferentes, estatisticamente (OLIVEIRA, 2008).

5.3. 1. Matéria Seca (MS)

Ao analisarem-se os valores apresentados em matéria seca, dividiu-se os resultados pela sua produção no ano agrícola. Com isso deseja-se comparar os resultados dentro da mesma época, para, ao final, verificar os valores lado a lado.

Os resultados de análise de matéria seca do ano agrícola 2012-2013, estão dispostos na Tabela 27, os valores representam a análise daquela parcela, naquele momento de armazenamento. As amostras foram analisadas pelo seu teor de matéria seca total, apresentando registros de valores diferentes.

Tabela 27 - Resultados em matéria seca no ano agrícola 2012-2013

Matéria seca 2012-2013	
Silagem Milho	44,0255449
Sorgo Sacar Inteiro	24,1423016
Sorgo Sacar Prensado	29,9304857

Esses mesmos valores, quando observados em um gráfico, ocorre uma melhor percepção visual entre as diferenças de tamanho das colunas, como no Gráfico 8.

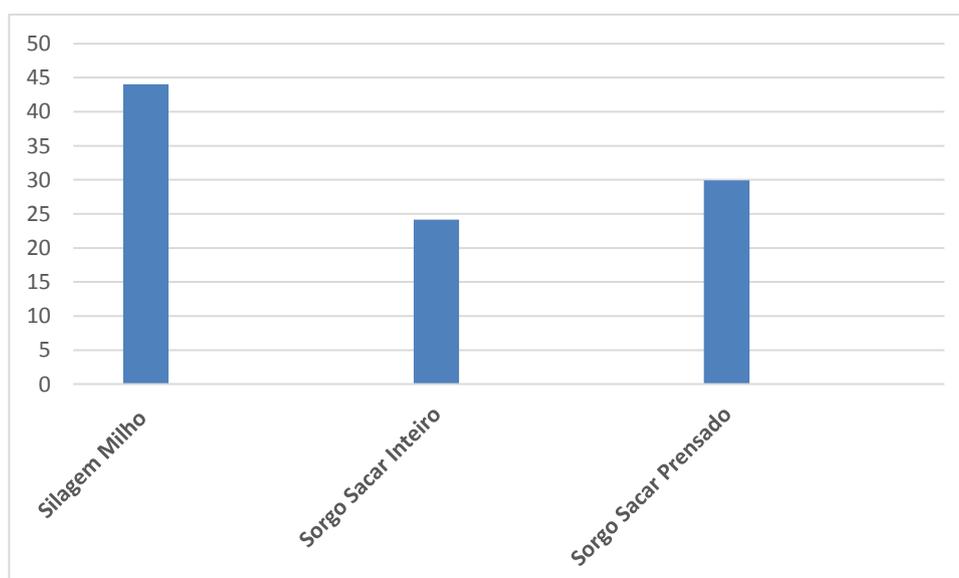


Gráfico 8 - Resultados em matéria seca no ano agrícola 2012-2013.

No gráfico, verifica-se uma distância relevante entre esses valores, que se mostrará significativa na análise estatística do material.

No ano agrícola de 2013/2014, os resultados estão na Tabela 28, e seus valores refletem apenas esse presente trabalho, com a metodologia citada.

Tabela 28 - Resultados de matéria seca no primeiro corte do ano agrícola 2013/2014

	Média matéria seca total
Sorgo Sacarino Prensado 4	35,16545326
Sorgo Sacarino Prensado 5	36,09260845
Sorgo Sacarino Inteiro 1	24,19205531
Sorgo Sacarino Inteiro 3	22,20540267
Sorgo Sacarino Inteiro 5	26,02293661

No Gráfico 9 vê-se a altura e colunas sensivelmente diferente entre os materiais prensados e inteiros do primeiro corte do ano agrícola 2013/2014.

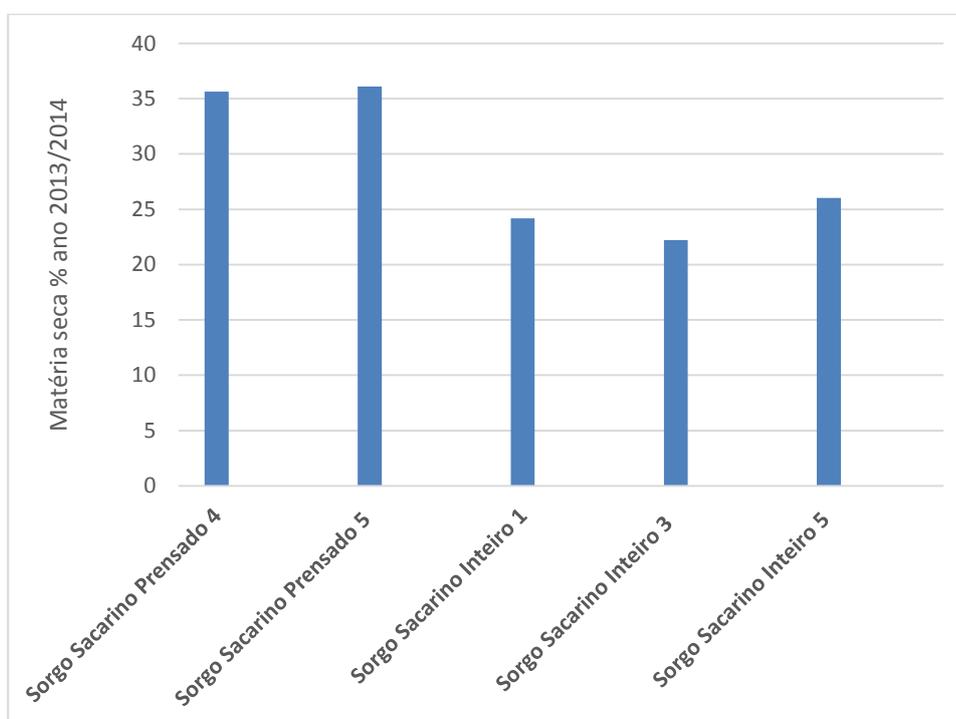


Gráfico 9 - Matéria seca % no 1º corte ano agrícola 2013/2014.

No gráfico, pode-se comprovar que há uma distância relevante entre esses valores.

Logo que a rebrota chegou em seu ponto de corte, os mesmos apresentaram os valores que se vê na Tabela 29, e, logo se percebe pelos números, que há pouca diferença entre eles.

Tabela 29 - Matéria seca % no rebrote do ano agrícola 2013/2014

	Matéria seca %
Prensado 1 Rebrota	24,64514211
Inteiro 1 Rebrota	22,64861731

No Gráfico 10, a diferença de 2% entre uma coluna e outra, no desenho ilustra algo relevante. Esses valores analisados mostram que não são.

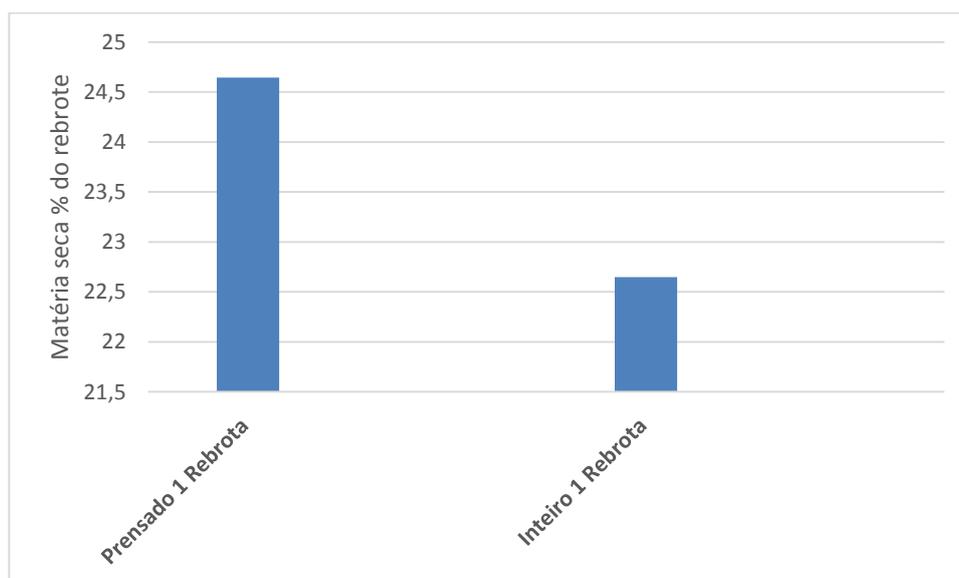


Gráfico 10 - Matéria seca % no rebrote do ano agrícola 2013/2014.

A referência pouco espaçada no gráfico, perde sua dimensão

Ao juntar-se todos esses valores, obtemos os seguintes números demonstrados na Tabela 30, que relatam a média das repetições de cada análise.

Tabela 30 - Matéria seca % em análise estatística geral

	Matéria seca %
Sorgo Sacar Int. 01 28-02-2013	24,14230157
Sorgo Sacar Prens 01 28-02-2013	29,9304857
Silagem Milho 01 28-02-2013	44,02554488
Sorgo Sacar Prens 4 31-01-2014	35,16545326
Sorgo Sacar Prens 5 31-01-2014	36,09260845
Sorgo Sacar Int 1.1 31-01-2014	24,19205531
Sorgo Sacar Int 3 31-01-2014	22,20540267
Sorgo Sacar Int 5 31-01-2014	26,02293661
Prensado 1 Rebrota 09-05-2014	24,64514211
Inteiro 1 Rebrota 09-05-2014	22,64861731

Esses valores geraram o Gráfico 11, que, junta parcelas de 2 anos agrícolas e dois cortes em um mesmo ano agrícola.

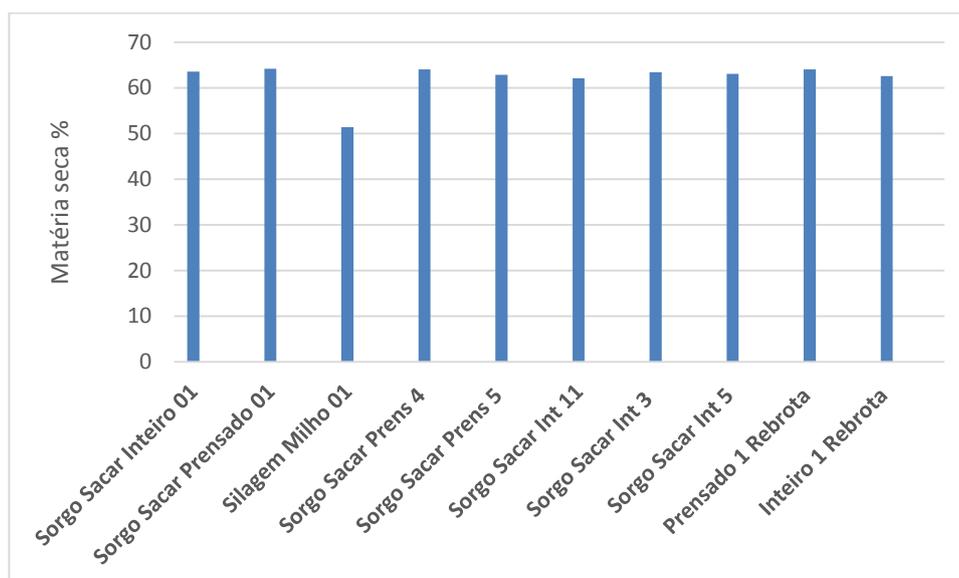


Gráfico 11 - Matéria seca % em todas as amostras nos anos agrícolas 2012/2013 e 2013/2014.

Na análise de significância dos valores, os resultados apresentados na Tabela 31 estão mostrando que alguns números são significativamente diferentes.

Tabela 31 - Análise de significância de matéria seca % de todas as amostras

Parcela	%Matéria Seca	Significância
Milho	44.02554	a
Sorgo5_prensado	36.09261	b
Sorgo4_prensado	35.16545	b
Sorgo1_prensado	29.93049	bc
Sorgo5_inteiro	26.02294	cd
Sorgo1rebrotaprensado	24.64514	cd
Sorgo11_inteiro	24.19206	cd
Sorgo1_inteiro	24.1423	cd
Sorgo1rebrotainteiro	22.64862	d
Sorgo3_inteiro	22.2054	d

Esses valores, na análise com “Tukey”, em 5% de significância, mostram o seguinte resultado, que foi transportado, como vê-se na Tabela 32.

Tabela 32 - Análise estatística em Matéria Seca de material do ano agrícola 2012/2013

Parcela	%Matéria Seca	Significância
Milho 12/13	44.02554	a
Sorgo prensado 12/13	29.93049	b
Sorgo inteiro 12/13	24.1423	b

O resultado da análise demonstra que a parcela de milho, nesse trabalho, é significativamente diferente às parcelas de sorgo prensado e sorgo inteiro, e que as parcelas dos sorgos prensado e inteiro são semelhantes, estatisticamente.

Na Tabela 33, temos os valores transportados do 1º corte do ano agrícola 2013/2014.

Tabela 33 - Significância dos materiais em matéria seca no ano agrícola 2013/2014

Parcela	%Matéria Seca	Significância
Sorgo5_prensado	36.09261	a
Sorgo4_prensado	35.16545	a
Sorgo5_inteiro	26.02294	b
Sorgo11_inteiro	24.19206	b
Sorgo3_inteiro	22.2054	b

O resultado avalia que entre as parcelas de sorgo iguais, ou seja, entre os sorgos prensados não há diferença significativa, assim como entre os sorgos inteiros. Há diferença significativa entre os sorgos inteiros com os sorgos prensados, ou seja, os sorgos prensados são diferentes dos sorgos inteiros.

Na análise estatística do rebrote do ano 2013/2014, com o teste de significância, tem seus resultados expostos na Tabela 34.

Tabela 34 - Resultado de análise de significância do rebrote no ano agrícola 2013/2014

Parcela	%Matéria Seca	Significância
Sorgo1rebrotaprensado	24.64514	a
Sorgo1rebrotainteiro	22.64862	a

Os valores refletem que não há diferença significativa entre os resultados dessa análise no rebrote do ano agrícola 2013/2014, nesse trabalho.

Juntando-se todos os valores, a parcela de milho, neste estudo mostrou-se diferente de todas as demais parcelas no quesito de matéria seca. A parcela prensada do ano agrícola 2012/2013 e as parcelas prensadas do ano agrícola 2013/2014 não apresentaram diferença significativa entre si. Todas as amostras de sorgo inteiro, tanto do ano agrícola 2012/2013, quanto do ano agrícola 2013/2014,

não foram diferentes significativamente, inclusive as amostras do rebrote do ano agrícola de 2013/2014.

Houve resultado de significância do milho em relação aos demais, mas quando atentamos que os valores médios nacionais estão na média de 32% (NOVINSKI; SOUZA; SCHMIDT, 2009), podemos considerar que está em conformidade com um valor esperado médio. Assim, entre as amostras analisadas há diferenças significativas, mas de acordo com Novinski (2013) o valor é de 28%. Esse resultado não é necessariamente ruim ou passível de exclusão para uso na alimentação bovina. Os números indicam que os materiais de sorgo sacarino produzido estão em uma faixa média, interessante em valores e proporcionam uma boa qualidade em seu produto acabado. Considerando, ainda, que foi extraída uma fração de 28% de líquido, pode-se alcançar os níveis ideais de matéria seca, aumentando ou diminuindo a extração dessa fração do material, o que pode ser realizado com a calibragem da máquina utilizada para esse fim. Se o teor de extração de caldo for aumentado, logicamente o valor de matéria seca em % será maior, porém deve-se lembrar que a facilidade de compactação fica alterada, pois quanto mais seca a massa, maior é a dificuldade de compactação. E o contrário também tem suas influências, quanto mais úmida for a massa, maior percolação ocorre, arrastando nutrientes para sua base e, muitas vezes é perdida.

Na pesquisa de *Simon* o material estava farináceo, apresentou teor em 32% de matéria seca (2006).

Na pesquisa de *Rodrigues*, houve análise dos matéria a partir da emissão da panícula até os 49 dias após, e o teor variou entre 21% até 42%, com consequências, também, nos teores dos outros elementos da pesquisa (2006).

A silagem produzida demonstrou que em matéria seca, o material produzido da cultura do milho, tem números significativamente diferentes dos valores dos materiais de sorgo utilizados.

5.3. 2. Matéria Mineral (MM)

Os valores apresentados em matéria mineral, na colheita do ano agrícola 2012/2013 geraram os valores constantes na Tabela 35, muito semelhantes, a princípio.

Tabela 35 - Matéria mineral % no ano agrícola 2012/2013

	Matéria mineral %
Sorgo Sacar Inteiro	6,688136548
Sorgo Sacar Prensado	6,267349926
Silagem Milho	6,537283469

O que foi observado também no Gráfico 12, os valores variaram, com colunas de tamanhos diferentes.

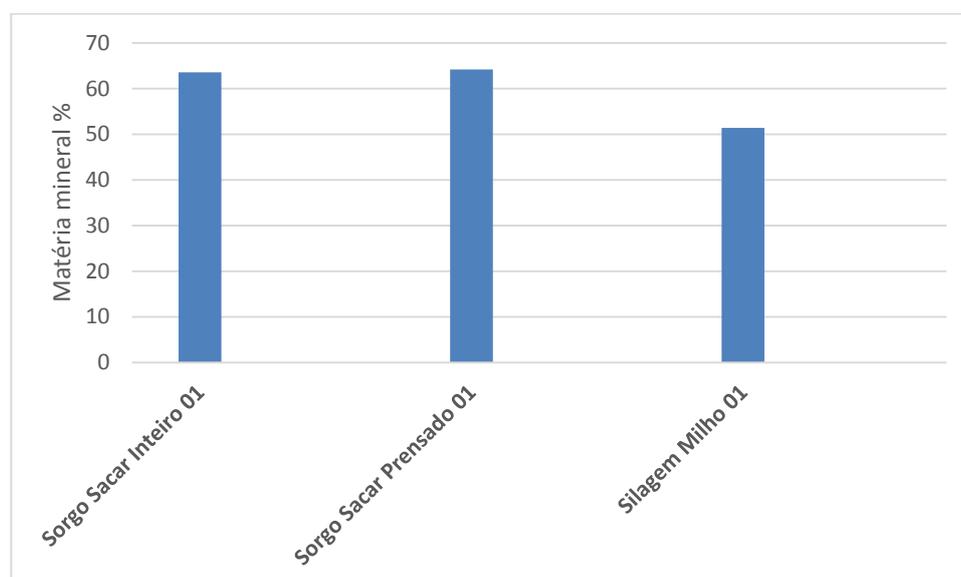


Gráfico 12 - Matéria mineral % no ano agrícola 2012/2013.

No ano agrícola 2013/2014, no 1º corte, a Tabela 36 contém os valores resultantes das análises laboratoriais dessas parcelas.

Tabela 36 - Matéria mineral % do 1º corte do ano agrícola 2013/2014

	Matéria mineral %
Sorgo Sacar Prens 4	4,804452633
Sorgo Sacar Prens 5	4,647571623
Sorgo Sacar Int 11	6,389278782
Sorgo Sacar Int 3	6,254182065
Sorgo Sacar Int 5	5,310833588

Esses valores já não parecem ser iguais, ao demonstrar esses números no Gráfico 13, já se percebe que há colunas com tamanhos diferentes.

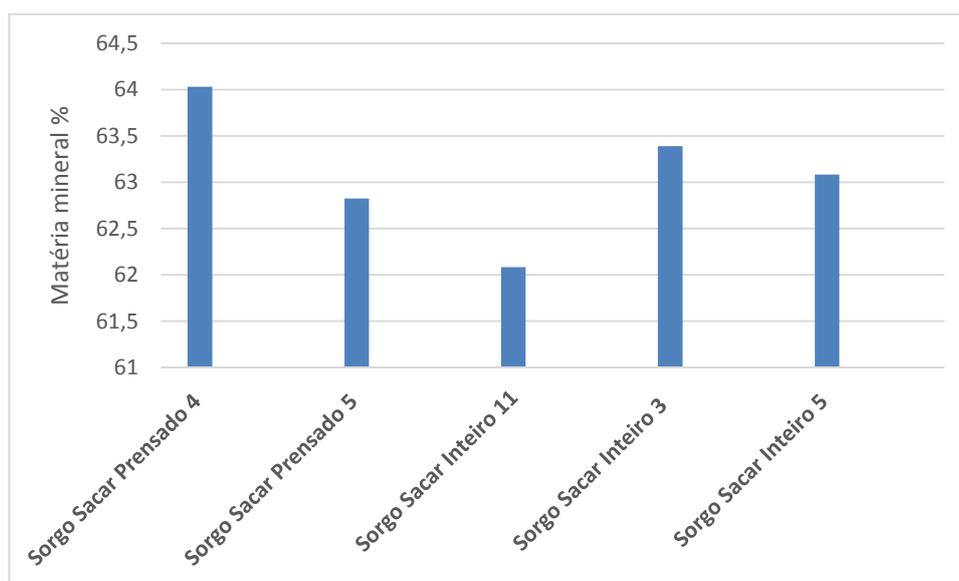


Gráfico 13 - Matéria mineral % do 1º corte no ano agrícola 2013/2014

No rebrote, do ano agrícola 2013/2014, os resultados estão na Tabela 37, seus valores também são expressivos.

Tabela 37 - Matéria mineral % na rebrota do ano agrícola 2013/2014

	Matéria mineral %
Prensado 1 Rebrota	5,970172098
Inteiro 1 Rebrota	6,246736877

No Gráfico 14, com colunas de diferentes tamanhos, há a impressão de serem significativas as diferenças.

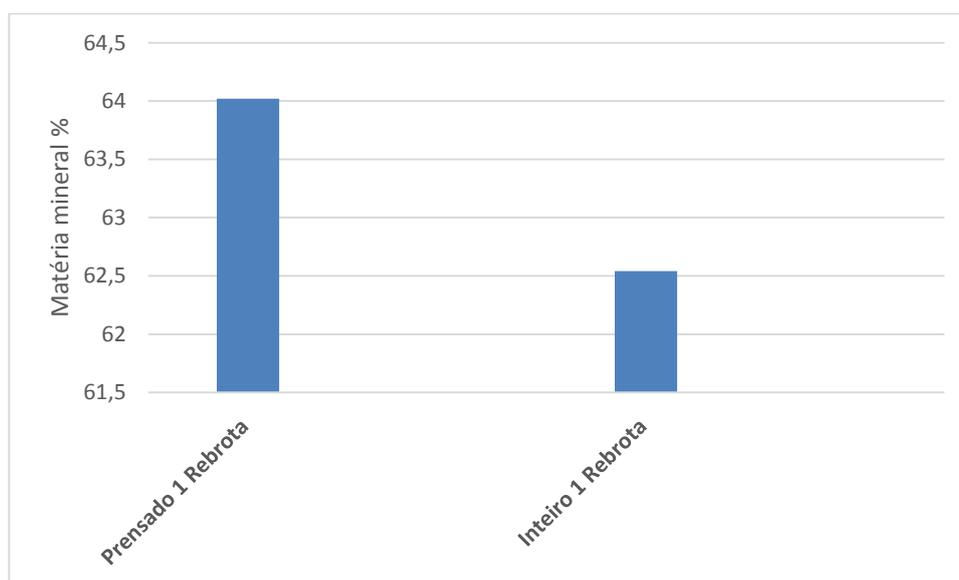


Gráfico 14 - Matéria mineral % do rebrote do ano agrícola de 2013/2014

Ao juntarmos todos os valores de análises de matéria mineral %, dos dois anos agrícolas, de 2012/2013 e 2013/2014, temos a Tabela 38.

Tabela 38 - Valores de matéria mineral % de todas as parcelas colhidas

	Matéria mineral %
Sorgo Sacar Inteiro 01	6,688136548
Sorgo Sacar Prensado 01	6,267349926
Silagem Milho 01	6,537283469
Sorgo Sacar Prens 4	4,804452633
Sorgo Sacar Prens 5	4,647571623

Sorgo Sacar Int 11	6,389278782
Sorgo Sacar Int 3	6,254182065
Sorgo Sacar Int 5	5,310833588
Prensado 1 Rebrotado	5,970172098
Inteiro 1 Rebrotado	6,246736877

Essa tabela gerou o Gráfico 15, em que algumas diferenças podem ser vistas, com os valores formando colunas de diferentes tamanhos.

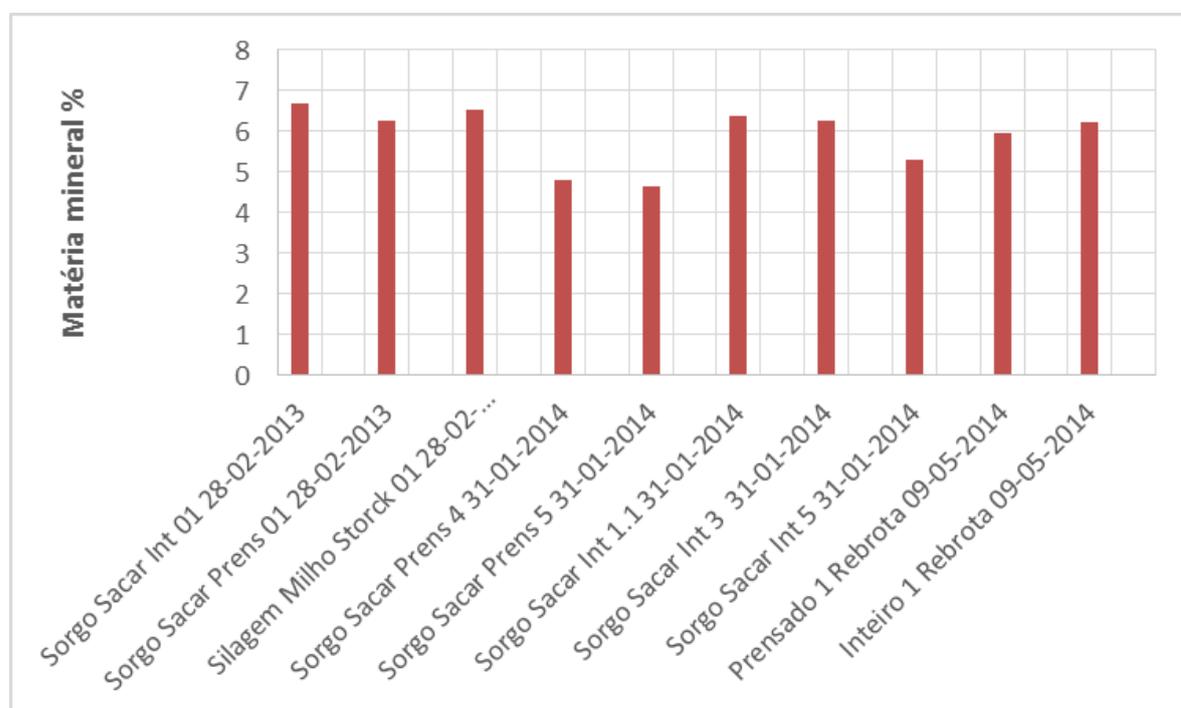


Gráfico 15 - Valores de matéria mineral % geral nos anos agrícolas 2012/2013 e 2013/2014.

Na análise estatística, na Tabela 39, os valores calculados geraram a conclusão significativa, como pode ser visto.

Tabela 39 - Análise estatística da matéria mineral % de todas as parcelas do experimento

Parcela	%Matéria Mineral	Significância
Sorgo1_inteiro	6.688137	a
Milho	6.537283	ab
Sorgo11_inteiro	6.389279	ab
Sorgo1_prensado	6.26735	ab
Sorgo3_inteiro	6.254182	ab
Sorgo1rebrotainteiro	6.246737	ab
Sorgo1rebrotaprensado	5.970172	b
Sorgo5_inteiro	5.310834	c
Sorgo4_prensado	4.804453	cd
Sorgo5_prensado	4.647572	d

A verdadeira sentença ocorreu com a análise estatística, relatada na Tabela 40, que mostra os valores sem diferença significativa nas parcelas do ano agrícola 2012/2013, quando transportados da análise geral.

Tabela 40 - Análise estatística da matéria mineral % do ano agrícola 2012/2013

Parcela	%Matéria Mineral	Significância
Sorgo1_inteiro	6.688137	a
Milho	6.537283	a
Sorgo1_prensado	6.26735	a

A leitura dos valores, e letras, mostra que, na análise das duplas de % de matéria mineral, não ocorre diferença significativa entre as amostras dessa pesquisa dos materiais do ano agrícola 2012/2013.

Quando a análise estatística do 1º corte é realizada, obtém-se a Tabela 36, e então os valores relatados transportados confirmam que há diferenças significativas nos resultados da análise da matéria mineral % do 1º corte do ano agrícola de 2013/2014.

Tabela 41 - Análise estatística da matéria mineral % do 1º corte do ano agrícola 2013/2014

Parcela	%Matéria Mineral	Significância
Sorgo11_inteiro	6.389279	a
Sorgo3_inteiro	6.254182	a
Sorgo5_inteiro	5.310834	b
Sorgo4_prensado	4.804453	bc
Sorgo5_prensado	4.647572	c

As letras iguais informam que, duas parcelas de sorgo, que não foram prensadas, possuem valores, significativamente, maiores que as demais. Destaca-se a não retirada do caldo de suas canas, fez reter os sólidos, para posterior confirmação pela leitura laboratorial.

Na Tabela 42, a análise estatística transportada, dos valores do rebrote, encerra a questão, com os valores observados.

Tabela 42 - Análise estatística da matéria mineral % do rebrote do ano agrícola 2013/2014

Parcela	%Matéria Mineral	Significância
Sorgo1rebrotainteiro	6.246737	a
Sorgo1rebrotaprensado	5.970172	a

Pelos valores, não existe diferença significativa, entre os materiais do rebrote em matéria mineral do ano agrícola 2013/2014.

A análise mostrou que existem diferenças significativas nos valores, e isso pode ser observado nas letras que diferem, do geral. Os resultados mais baixos são de materiais que foram prensados, ou seja, os minerais foram retirados antes de proceder a ensilagem. Entre os resultados da análise entre os materiais de Sorgo1_inteiro, Milho, Sorgo11_inteiro, Sorgo1_prensado, Sorgo3_inteiro e Sorgo1rebrotainteiro, não ocorreu essa diferença, igualando-se com o milho nesse quesito. Os resultados entre os materiais foram muito semelhantes entre si.

Observa-se valores maiores nas parcelas não prensadas, quando comparadas às prensadas, também não significativos. O produto final está em conformidade com aquele objetivado no processamento da matéria prima para alimentação animal. Da mesma forma que pode-se atingir níveis diferentes de matéria seca (MS) aumentando ou diminuindo a fração extraída de caldo do material, a matéria mineral também é reflexo dessa maior ou menor extração. A quantidade de sólidos retirada no caldo vai refletir no resultado maior ou menor na análise laboratorial.

Em pesquisa realizada na Amazônia, Simon conseguiu resultados em torno de 6,9% de matéria mineral (2006).

Schafhäuser, na Embrapa, avaliou a silagem de sorgo e chegou em valores de 6,47% de matéria mineral (2012).

Em pesquisa com diferentes teores de fertilização, em materiais de sorgo, Macedo et al. apresenta resultados que variam de 6,41% e 5,49%, que indica que esses resultados obtidos na pesquisa são pertinentes nos seus valores (2012).

E esse resultado em matéria mineral, indica que há bons resultados em valores, demonstrando que o sorgo sacarino é uma boa cultura para produzir silagem.

5.3. 3. Proteína Bruta (PB)

Os valores apresentados, em proteína bruta %, na colheita do ano agrícola 2012/2013, são demonstrados na Tabela 43.

Tabela 43 - Proteína bruta % na colheita do ano agrícola 2012/2013

	Proteína bruta %
Sorgo Sacar Inteiro 01	8,696033662
Sorgo Sacar Prensado 01	7,237994243
Silagem Milho 01	9,040891599

A proteína bruta analisada gerou o Gráfico 16, expressando colunas que refletem os resultados alcançados no campo.

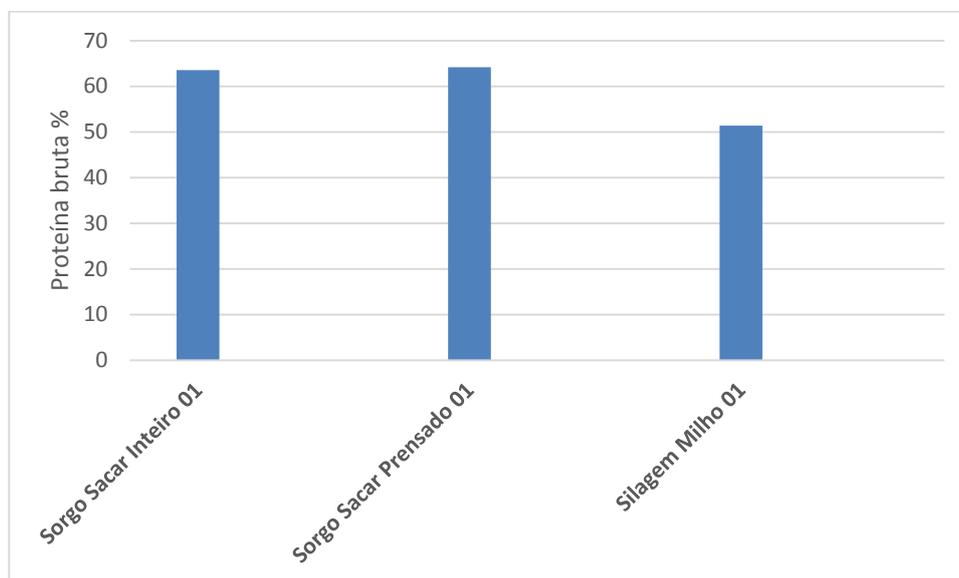


Gráfico 16 - Proteína bruta % nos materiais colhidos no ano agrícola 2012/2013.

Quando ocorreu a colheita do ano agrícola de 2013/2014, o 1º corte resultou nos valores da Tabela 44, também semelhantes.

Tabela 44 - Proteína bruta % no 1º corte do ano agrícola 2013/2014

	Proteína bruta mineral %
Sorgo Sacar Prensado 4	8,858775523
Sorgo Sacar Prensado 5	7,16899075
Sorgo Sacar Inteiro 11	7,370574142
Sorgo Sacar Inteiro 3	7,61660545
Sorgo Sacar Inteiro 5	6,83193765

E esses valores geram o Gráfico 17, com colunas semelhantes, podendo haver diferença significativa entre seus valores.

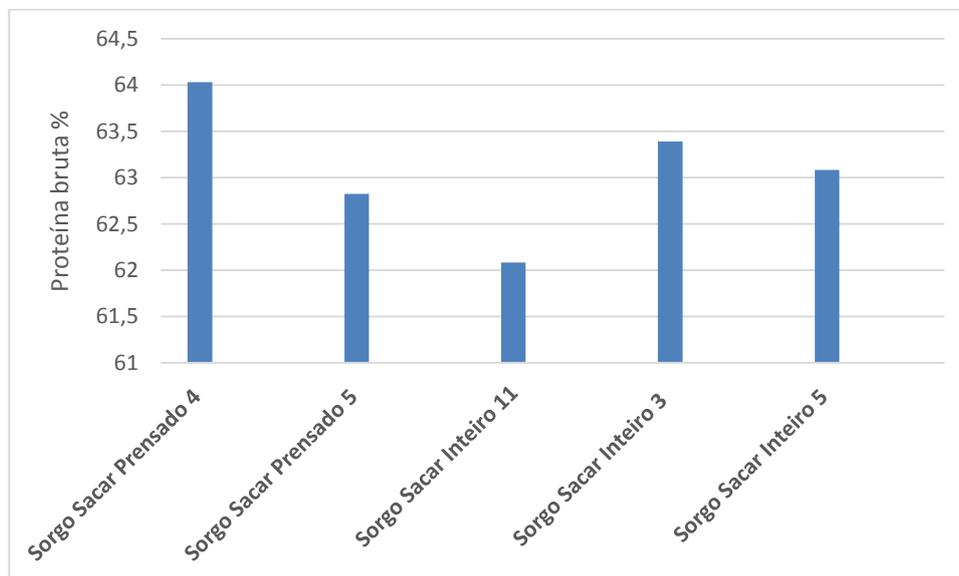


Gráfico 17 - Proteína bruta no 1º corte do ano agrícola 2013/2014.

Ao procedermos a colheita do rebrote do ano agrícola 2013/2014, seus resultados, na Tabela 45, mostraram teores interessantes.

Tabela 45 - Proteína bruta % no rebrote do ano agrícola 2013/2014

	Proteína bruta %
Prensado 1 Rebrot	7,815540752
Inteiro 1 Rebrot	8,137649528

E esses valores, no Gráfico 18, apresentam colunas demonstrativas do seu resultado.

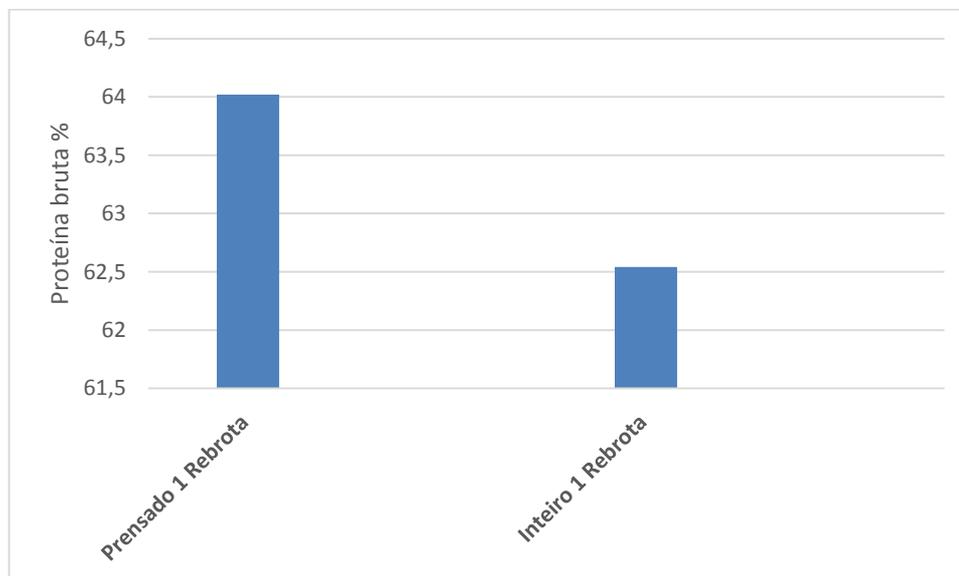


Gráfico 18 - proteína bruta no rebrote do ano agrícola 2013/2014.

E então quando dispomos todos os valores em uma só janela, obtemos a Tabela 46, com o apanhado geral de valores dos dois anos agrícolas, de 2012/2013 e 2013/2014.

Tabela 46 - Proteína bruta % geral

	Proteína bruta %
Sorgo Sacar Inteiro 01	8,696033662
Sorgo Sacar Prensado 01	7,237994243
Silagem Milho 01	9,040891599
Sorgo Sacar Prens 4	8,858775523
Sorgo Sacar Prens 5	7,16899075
Sorgo Sacar Int 11	7,370574142
Sorgo Sacar Int 3	7,61660545
Sorgo Sacar Int 5	6,83193765
Prensado 1 Rebrotado	7,815540752
Inteiro 1 Rebrotado	8,137649528

E esses valores geram o Gráfico 19, com todos os valores dos dois períodos, dos anos agrícolas de 2012/2013 e 2013/2014.

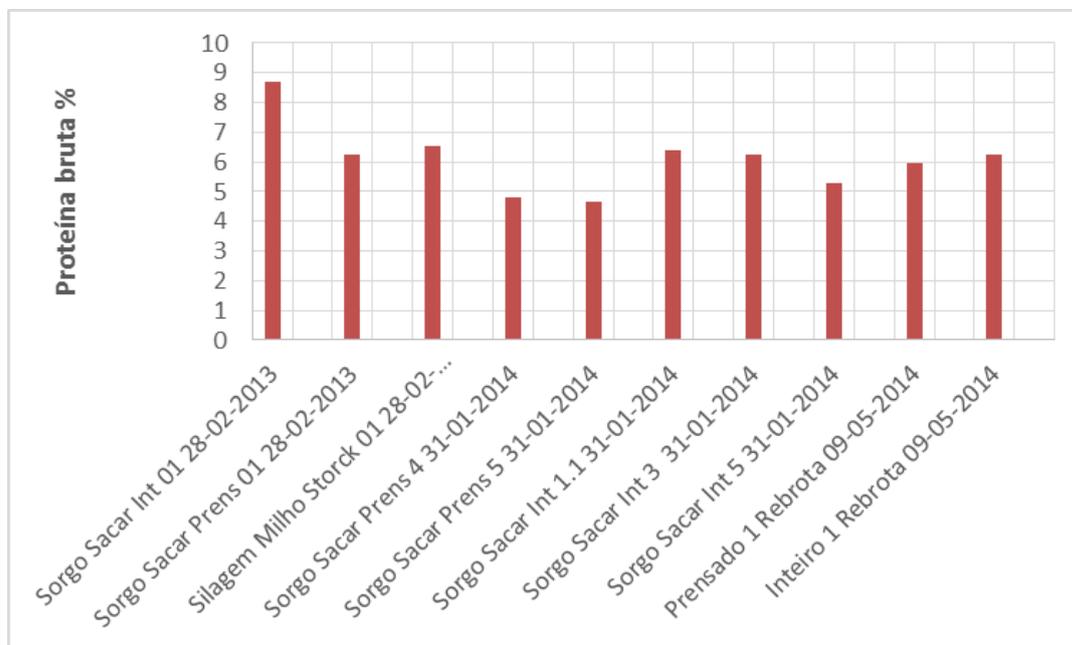


Gráfico 19 - Valores de proteína bruta (PB) nos anos agrícolas 2012/2013 e 2013/2014.

De acordo com a análise estatística com o teste “*Tukey*”, as médias não podem ser consideradas diferentes, ou seja, não há variação significativa entre as amostras na Tabela 47.

Tabela 47 - Análise estatística geral em Proteína Bruta nos anos agrícolas 2012/2013 e 2013/2014

Parcela	%Proteína bruta	Significância
Milho	9.040892	a
Sorgo11_inteiro	7.370574	a
Sorgo1_inteiro	8.696034	a
Sorgo1_prensado	7.237994	a
Sorgo1rebrota_inteiro	8.137650	a
Sorgo1rebrota_prensado	7.815541	a
Sorgo3_inteiro	7.616605	a
Sorgo4_prensado	8.858776	a
Sorgo5_inteiro	6.831938	a
Sorgo5_prensado	7.168991	a

Com as letras originadas da análise estatística, todas iguais, representam que não há diferença significativa entre as amostras desse estudo.

Esses valores transportados, analisados estatisticamente, forneceram dados da Tabela 48, do ano agrícola 2012/2013, que podem ser analisados.

Tabela 48 - Análise estatística da proteína bruta % no ano agrícola 2012/2013

Parcela	%Proteína bruta	Significância
Milho	9.040892	a
Sorgo1_inteiro	8.696034	a
Sorgo1_prensado	7.237994	a

Os resultados da análise estatística mostram que não há diferença significativa entre os materiais deste trabalho colhido no ano agrícola 2012/2013.

Com a análise estatística realizada nos valores transportados, podemos verificar o resultado na Tabela 49, expressado com as letras geradas pelos resultados.

Tabela 49 - Análise estatística do 1º corte no ano agrícola 2013/2014

Parcela	%Proteína bruta	Significância
Sorgo11_inteiro	7.370574	a
Sorgo3_inteiro	7.616605	a
Sorgo4_prensado	8.858776	a
Sorgo5_inteiro	6.831938	a
Sorgo5_prensado	7.168991	a

O resultado, novamente, resulta em letras iguais, que determinam que os materiais, nesse estudo, não apresentaram diferenças significativas no 1º corte no ano agrícola 2013/2014.

E no cálculo estatístico, para determinar sua significância, na Tabela 50, teve os mesmos resultados que toda a relação anterior de resultados, em seus dados transportados.

Tabela 50 - Análise estatística da proteína bruta % no rebrote do ao agrícola 2013/2014

Parcela	%Proteína bruta	Significância
Sorgo1rebrotado_inteiro	8.137650	a
Sorgo1rebrotado_prensado	7.815541	a

A tabela apresenta resultados que, estatisticamente, são todos semelhantes.

No experimento com variações de fertilização em materiais de sorgo, o trabalho de Silva et al. mostrou teores de 4,99% a 6,23%, que são abaixo do atual trabalho (2012).

Com o trabalho de Simon já houve um teor maior, que era de 8,03%, mas assim mesmo, se encaixa nos valores obtidos nas parcelas de sorgo e milho (2006).

Schafhäuser teve resultado de 7,89% em seus ensaios na Amazônia, que também não podem ser considerados diferentes dos aqui mencionados (2012).

Todas as amostras apresentaram valores semelhantes entre si, os materiais de sorgo ensilados, dos dois anos agrícolas, de 2012/2013 e 2013/2014, não diferem estatisticamente da silagem de milho produzida, conseguiu-se um produto acabado com um valor de proteína bruta semelhante, para ser oferecido aos animais. A média nacional está em 7,1% (NOVINSKI; SOUZA; SCHMIDT, 2009), o teor indicado na literatura, produzida mais tarde, é de 8% (NOVINSKI, 2013), todos os valores apresentados estão próximos desse número, às vezes, ultrapassando. Isso já é um indicativo de qualidade do material para uso na alimentação animal.

E em quesitos de proteína bruta, não houve diferença significativa nas análises das parcelas desses materiais.

5.3. 4. Fibra em detergente ácido (FDA)

Fibra em detergente ácido é a porção de menor digestibilidade da parede celular. É constituída basicamente de lignocelulose (lignina e celulose), sendo inversamente proporcional em digestibilidade, quanto mais alta a percentagem de fibra em detergente ácida mais baixa a digestibilidade do material.

Na primeira parte do presente trabalho, no ano agrícola de 2012/2013, os resultados estão representados na Tabela 51.

Tabela 51 - Fibra em detergente ácido % no ano agrícola 2012/2013

	Fibra em detergente ácido %
Sorgo Sacar Inteiro 01	42,22430828
Sorgo Sacar Prensado 01	41,41409301
Silagem Milho 01	32,5699587

E os valores são representados no Gráfico 20, destacando o valor menor do milho, em seu valor, que demonstra uma qualidade superior em digestibilidade.

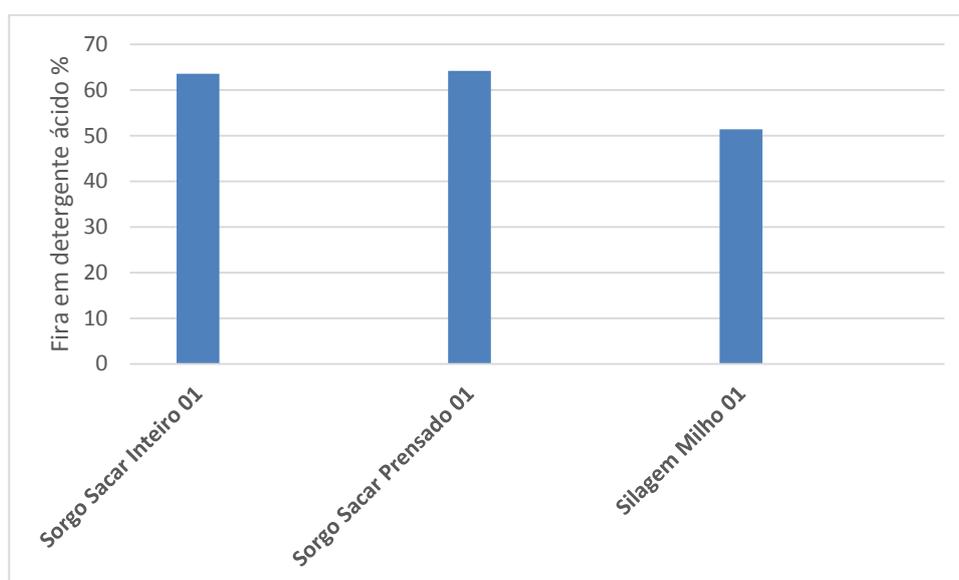


Gráfico 20 - Fibra em detergente ácido % do ano agrícola de 2012/2013

No decorrer do ano agrícola de 2013/2014, no 1º corte do sorgo sacarino, ocorreram os resultados apresentados na Tabela 52.

Tabela 52 - Fibra em detergente ácido % no 1º corte do ano agrícola de 2013/2014

Fibra em detergente ácido %	
Sorgo Sacar Prensado 4	41,47581798
Sorgo Sacar Prensado 5	42,19704467
Sorgo Sacar Inteiro 11	41,37502268
Sorgo Sacar Inteiro 3	42,44870154
Sorgo Sacar Inteiro 5	42,33317389

Esses números foram a base do Gráfico 21, com a representação dos seus números em colunas.

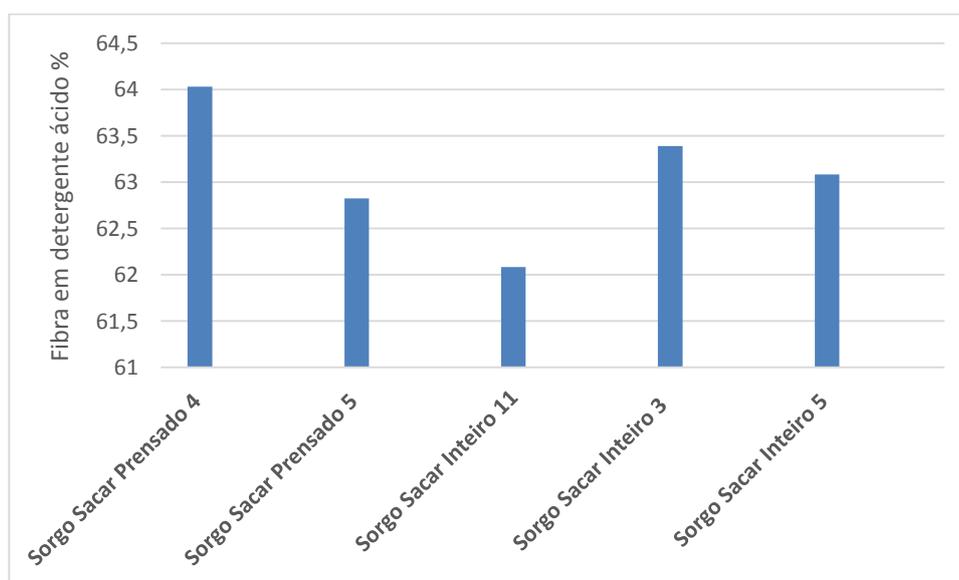


Gráfico 21 - Fibra em detergente ácido % do 1º corte do ano agrícola de 2013/2014.

No rebrote, os resultados estão na Tabela 53, com semelhança em resultados.

Tabela 53 - Fibra em detergente ácido% no rebrote do ano agrícola de 2013/2014

Fibra em detergente ácido %	
Prensado 1 Rebrotas	40,31838603
Inteiro 1 Rebrotas	42,16418341

Esses valores no Gráfico 22, são bem próximos, apesar da diferença de tamanho de colunas.

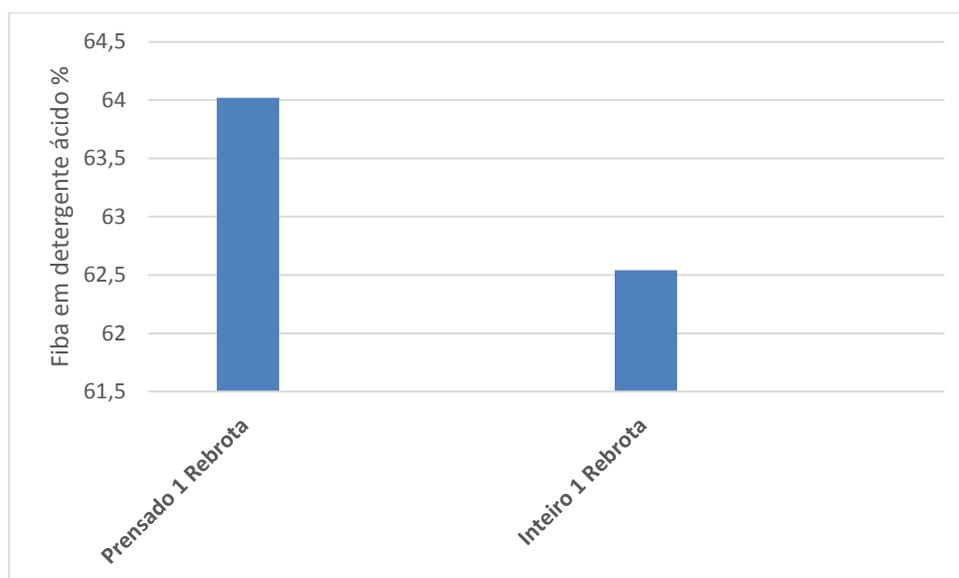


Gráfico 22 - Fibra em detergente ácido no rebrote no ano agrícola 2013/2014

No apanhado geral dos dados, a Tabela 54 apresenta todos os resultados obtidos no presente estudo nos dois anos agrícolas.

Tabela 54 - Fibra em detergente ácido % geral

	Fibra em detergente ácido %
Sorgo Sacar Inteiro 01	42,22430828
Sorgo Sacar Prensado 01	41,41409301
Silagem Milho 01	32,5699587
Sorgo Sacar Prens 4	41,47581798
Sorgo Sacar Prens 5	42,19704467
Sorgo Sacar Int 11	41,37502268
Sorgo Sacar Int 3	42,44870154
Sorgo Sacar Int 5	42,33317389
Prensado 1 Rebrot	40,31838603
Inteiro 1 Rebrot	42,16418341

E o Gráfico 23 representa em colunas esses valores colhidos em laboratório.

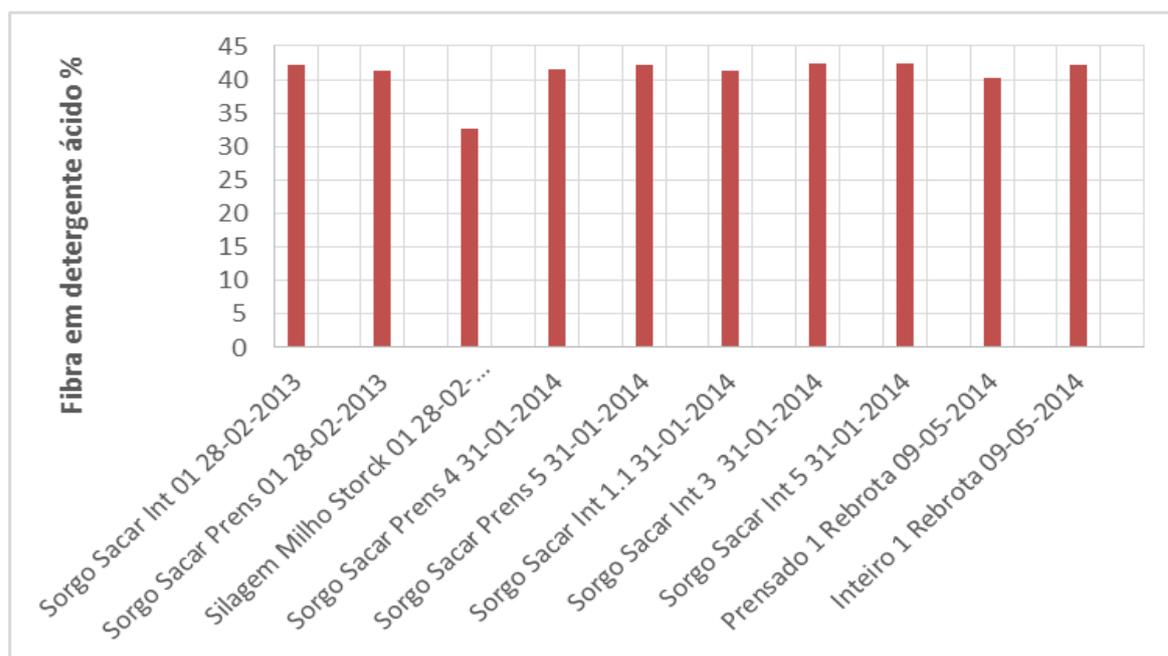


Gráfico 23 - Fibra em detergente ácido % nos anos agrícolas 2012/2013 e 2013/2014.

Na análise estatística, na Tabela 55, o resultado manteve a silagem de milho com resultado diferente dos materiais de sorgo sacarino.

Tabela 55 - Análise estatística em Fibra em Detergente Ácido % nos dois anos agrícolas

Parcela	%FDA	Significância
Sorgo3_inteiro	42.4487	a
Sorgo5_inteiro	42.33317	a
Sorgo1_inteiro	42.22431	a
Sorgo5_prensado	42.19704	a
Sorgo1rebrotado_inteiro	42.16418	a
Sorgo4_prensado	41.47582	a
Sorgo1_prensado	41.41409	a
Sorgo11_inteiro	41.37502	a
Sorgo1rebrotado_prensado	40.31839	a
Milho	32.56996	b

Os valores analisados estatisticamente, transportados, produziram a Tabela 56.

Tabela 56 - Análise estatística de fibra em detergente ácido % no ano agrícola de 2012/2013

Parcela	%Fibra em detergente ácido	Significância
Sorgo1_inteiro	42.22431	a
Sorgo1_prensado	41.41409	a
Milho	32.56996	b

Os resultados da análise mostram que, nesse presente estudo, a parcela de milho é diferente, estatisticamente, que as parcelas de sorgo sacarino, no ano agrícola 2012/2013.

E a análise estatística revelou os dados da Tabela 57.

Tabela 57 - Análise estatística da fibra em detergente ácido % do 1º corte do ano agrícola 2013/2014

Parcela	%Fibra em detergente ácido	Significância
Sorgo3_inteiro	42.4487	a
Sorgo5_inteiro	42.33317	a
Sorgo5_prensado	42.19704	a
Sorgo4_prensado	41.47582	a
Sorgo11_inteiro	41.37502	a

Os números transportados, quando analisados estatisticamente, revelaram que não há diferença significativa entre os resultados do 1º corte do ano agrícola 2013/2014.

Ao analisar-se estatisticamente esses resultados, a Tabela 58 revela, de novo, a semelhança dos números.

Tabela 58 - Análise estatística de fibra em detergente ácido % do rebrote do ano agrícola de 2013/2014

Parcela	%FDA	Significância
Sorgo1rebrotado_inteiro	42.16418	a
Sorgo1rebrotado_prensado	40.31839	a

A análise estatística transportada mostrou que não há diferença significativa entre os valores apresentados no presente estudo do rebrote em fibra em detergente ácido no ano agrícola de 2013/2014.

Pela presente análise estatística, a conclusão determina que há uma diferença significativa nos resultados de fibra em detergente ácido na silagem de milho, quando comparada com os materiais de sorgo sacarino dos anos agrícolas 2012/2013 e 2013/2014, neste estudo.

O valor de Fibra em detergente ácido (FDA) médio nacional era de 33,3% (NOVINSKI; SOUZA; SCHMIDT, 2009) da matéria seca, e da literatura está em torno de 28% (NOVINSKI, 2013) da matéria seca total, é um valor elevado e mostra que os materiais amostrados não apresentam uma fácil digestão. Na análise de Tukey, houve a demonstração que o valor de fibra em detergente ácido do sorgo em geral é superior ao do milho amostrado, significativamente diferente, e mesmo a parcela de milho utilizada está diferente, em números, quando comparada à literatura (SCHAFHÄUSER JR, 2012), que apresenta valor de 29,36%, ainda há melhorias a pesquisar, a lignina do sorgo é o item a ser reduzido, o que pode ser conseguido com pesquisas de melhoramento de materiais. A parte insolúvel em detergente neutro, constituída de celulose, hemicelulose e proteína lignificada depende de ácidos para ser processada, o que acarreta em maior energia gasta pelo animal para processar esse alimento, energia esta que não será convertida em leite ou carne.

A silagem produzida demonstrou que em fibra em detergente ácido o material de silagem produzido da cultura do milho, nesse material, tem qualidade superior ao da silagem dos materiais de sorgo utilizados.

5.3. 5. Fibra em Detergente Neutro (FDN)

A fibra em detergente neutro está relacionada com o consumo voluntário. Quanto menor a percentagem de fibra em detergente neutro maior o consumo voluntário. É constituído principalmente por proteínas, gorduras, carboidratos solúveis e pectina, como outros constituintes solúveis em água. Quanto menor a percentagem de fibra em detergente neutro maior o consumo voluntário. A parte insolúvel em detergente neutro é constituída de celulose, hemicelulose e proteína lignificada. Os valores que foram encontrados em análise laboratorial estão na Tabela 59.

Tabela 59 - Fibra em detergente neutro % no ano agrícola 2012/2013

	Fibra em detergente neutro %
Sorgo Sacar Inteiro 01	63,570168
Sorgo Sacar Prensado 01	64,181121
Silagem Milho 01	51,345573

Esses valores, demonstrados no Gráfico 24, representam a dificuldade em digestão que os materiais apresentam no animal.

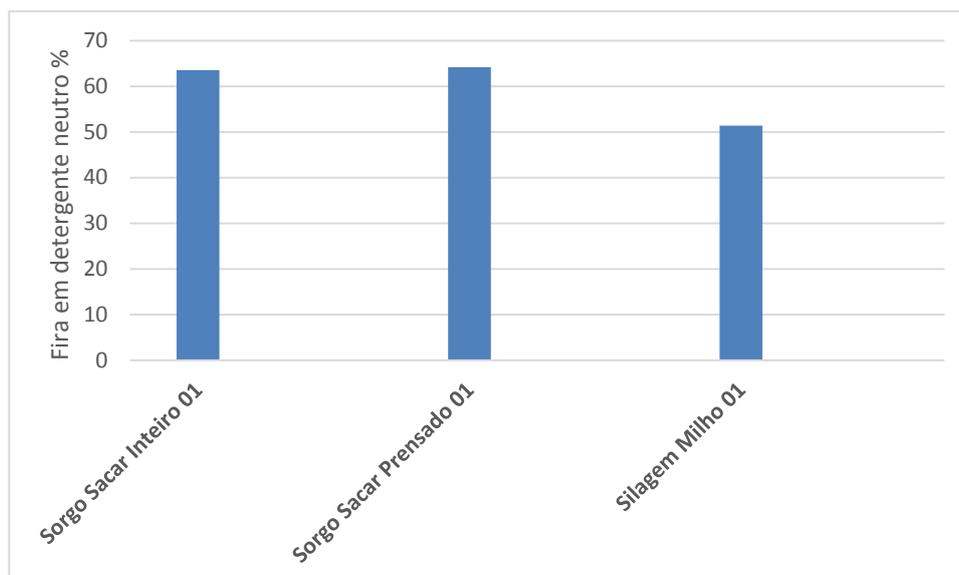


Gráfico 24 - Fibra em detergente neutro % no ano agrícola 2012/2013.

No ano agrícola 2013/2014, no 1º corte, obteve-se os resultados em fibra em detergente neutro apresentados na Tabela 60.

Tabela 60 - Fibra em detergente neutro no 1º corte do ano agrícola 2013/2014

	Fibra em detergente neutro %
Sorgo Sacar Prensado 4	64,0317295
Sorgo Sacar Prensado 5	62,825221
Sorgo Sacar Inteiro 11	62,0852345
Sorgo Sacar Inteiro 3	63,3879715
Sorgo Sacar Inteiro 5	63,081506

E estes números, são muito semelhantes, é o que se observa no Gráfico 25.

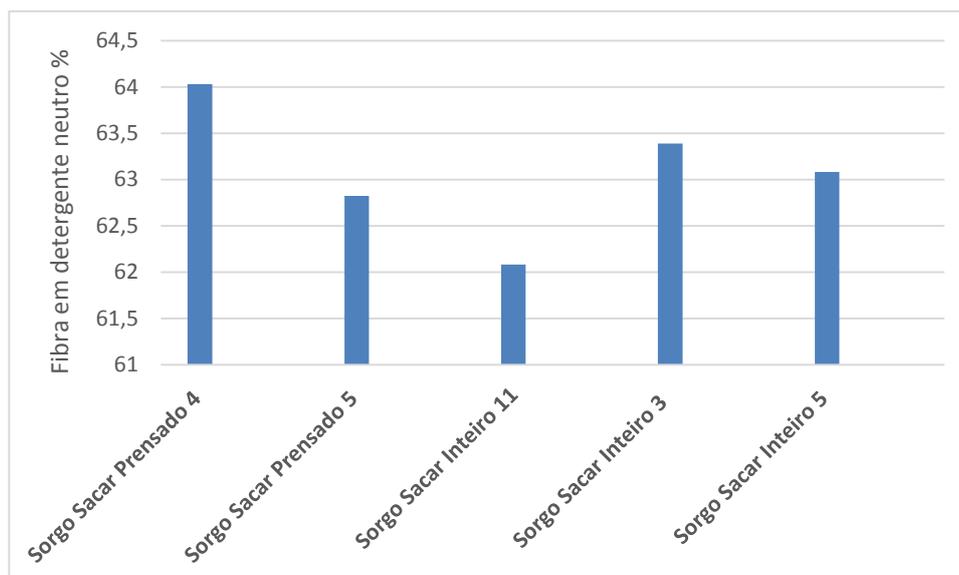


Gráfico 25 - Fibra em detergente neutro no 1º corte do ano agrícola de 2013/2014.

O rebrote, colhido em maio do ano agrícola 2013/2014, apresentou os valores relatados na Tabela 61.

Tabela 61 - Fibra em detergente neutro % no rebrote do ano agrícola 2013/2014

	Fibra em detergente ácido %
Prensado 1 Rebrot	64,0193425
Inteiro 1 Rebrot	62,540605

E, quando foram apresentados no Gráfico 26, houve uma clara semelhança nas colunas que representavam seus valores.

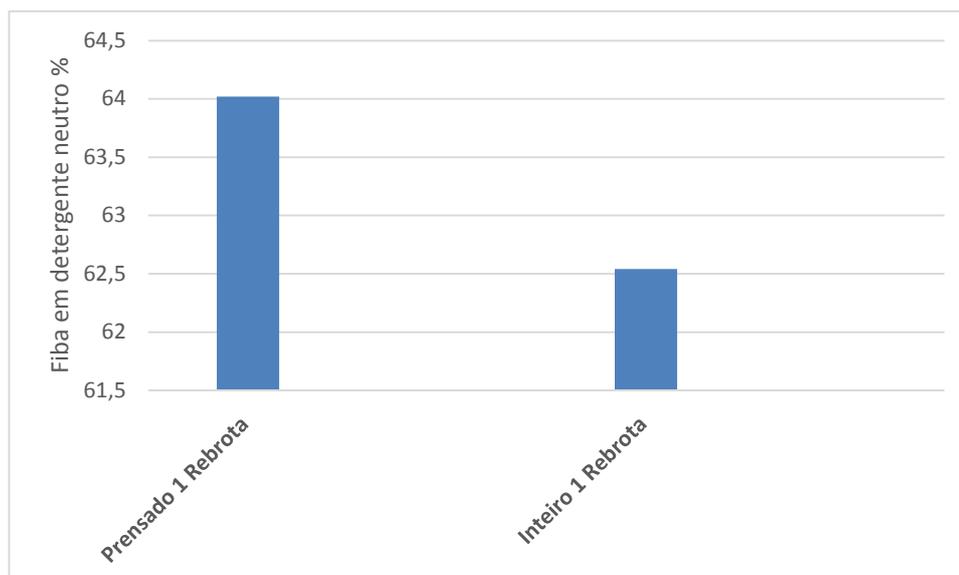


Gráfico 26 - Fibra em detergente neutro no rebrote do ano agrícola 2013/2014.

Todos os valores dos cortes, nos anos agrícolas de 2012/2013 e 2013/2014, resultaram na composição da Tabela 62, há, então, a diferença entre as parcelas, que vimos quando comparado à silagem de milho.

Tabela 62 - Fibra em detergente neutro % nos cortes dos anos agrícolas 2012/2013 e 2013/2014

	Fibra em detergente neutro %
Sorgo Sacar Inteiro 01	63,570168
Sorgo Sacar Prensado 01	64,181121
Silagem Milho 01	51,345573
Sorgo Sacar Prensado 4	64,0317295
Sorgo Sacar Prensado 5	62,825221
Sorgo Sacar Inteiro 11	62,0852345
Sorgo Sacar Inteiro 3	63,3879715
Sorgo Sacar Inteiro 5	63,081506
Prensado 1 Rebrota	64,0193425
Inteiro 1 Rebrota	62,540605

E gerou o Gráfico 27, onde se vê a diferença de altura nas colunas, somente na parcela de silagem de milho.

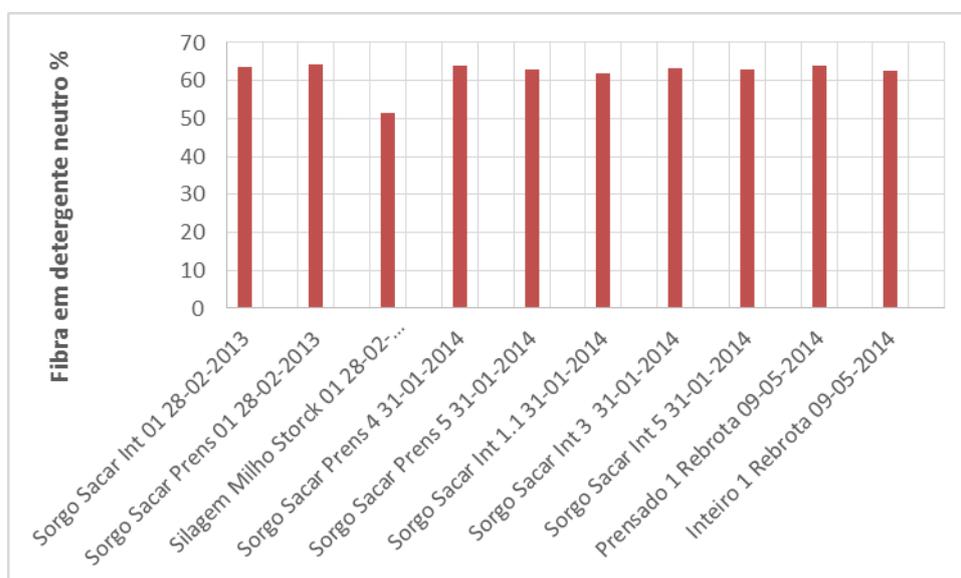


Gráfico 27 - Fibra em detergente neutro % nos cortes do ano agrícola 2012/2013 e 2013/2014.

E, na análise estatística, da Tabela 63, ocorre a conclusão já observada no gráfico anterior.

Tabela 63 - Análise estatística em Fibra em detergente neutro nos anos agrícolas 2012/2013 e 2013/2014

Parcela	%FDN	Significância
Sorgo1_prensado	64.18112	a
Sorgo4_prensado	64.03173	a
Sorgo1rebrotado_prensado	64.01934	a
Sorgo1_inteiro	63.57017	a
Sorgo3_inteiro	63.38797	a
Sorgo5_inteiro	63.08151	a
Sorgo5_prensado	62.82522	a
Sorgo1rebrotado_inteiro	62.5406	a
Sorgo11_inteiro	62.08523	a
Milho	51.34557	b

Na análise estatística, cujos resultados transportados estão apresentados na Tabela 64, pode-se observar que ocorrem valores diferentes nos resultados das análises das amostras de fibra em detergente neutro % no ano agrícola 2012/2013.

Tabela 64 - Análise estatística de teores de fibra em detergente neutro no ano agrícola 2012/2013

Parcela	%FDN	Significância
Sorgo1_prensado	64.18112	a
Sorgo1_inteiro	63.57017	a
Milho	51.34557	b

Os resultados mostram a diferença que ocorre entre as amostras, o sorgo sacarino é estatisticamente diferente quando comparado com o milho, nesse presente estudo do ano agrícola 2012/2013.

E, quando foram transportados e analisados estatisticamente, comprovaram a suspeita de semelhança no 1º corte do ano agrícola 2013/2014, como se observa no Tabela 65.

Tabela 65 - Análise estatística em fibra em detergente neutro no 1º corte no ano agrícola 2013/2014

Parcela	%FDN	Significância
Sorgo4_prensado	64.03173	a
Sorgo3_inteiro	63.38797	a
Sorgo5_inteiro	63.08151	a
Sorgo5_prensado	62.82522	a
Sorgo11_inteiro	62.08523	a

Os valores apresentados, em fibra em detergente neutro %, são estatisticamente semelhantes, nesse presente estudo, no 1º corte do ano agrícola de 2013/2014.

E na Tabela 66, houve o transporte e a comprovação dos valores do rebrote do ano agrícola 2013/2014.

Tabela 66 - Análise estatística fibra em detergente neutro no rebrote do ano agrícola 2013/2014

Parcela	%FDN	Significância
Sorgo1rebrotado_prensado	64.01934	a
Sorgo1rebrotado_inteiro	62.5406	a

Os valores de fibra em detergente neutro %, no rebrote do ano agrícola 2013/2014, não apresentam diferenças significativas nos seus resultados.

Ocorreram significâncias entre os valores da silagem de milho em relação aos valores da silagem de sorgo sacarino, que se mostraram diferentes, no presente estudo.

Tomando como base a média nacional, de 58% de fibra em detergente neutro (FDN) (NOVINSKI; SOUZA; SCHMIDT, 2009), deduz-se que não estamos muito aquém desse número, mas, ainda há melhorias a serem realizadas em pesquisas e experimentos com esse material. Em comparação ao ideal, à literatura, ou seja, 53,5% (NOVINSKI, 2013), esse número pesa mais contra o resultado obtido nas análises das parcelas, a quantidade de nutrientes que necessitará energia para ser absorvida é maior nos materiais de sorgo que no milho. Um ponto ruim a ser observado nesse item.

Schafhäuser citou o valor de 61,05% em sua pesquisa, número semelhante aos das análises investigadas no atual trabalho (2012).

Silva et al. obtiveram valores que variaram de 67,32% a 71,48%, quando realizaram diferentes fertilizações de seus materiais (2012).

As médias do 1º, 2º e 3º cortes, em ensaio de Pereira et al., foram respectivamente, 58,26%, 55,96% e 57,43%, analisando este quesito em função das datas de corte (2008a).

A silagem produzida de sorgo, neste experimento, demonstrou que em fibra em detergente neutro, o material de silagem produzido da cultura do milho, tem qualidade superior ao dos materiais de sorgo utilizados, mas não o torna inferior em qualidade, quando comparado aos materiais citados na literatura.

6. Conclusões

Neste trabalho, buscou-se avaliar os coeficientes técnicos para produção de etanol e silagem de sorgo sacarino, em dois cortes, e chegou-se às seguintes conclusões:

- A produção de biomassa atingiu 108.570 kg por hectare no corte único no ano agrícola de 2012/2013, 98.571 kg por hectare no 1º corte do ano agrícola de 2013/2014 e 67.142 kg por hectare no rebrote do ano agrícola de 2013/2014.
- Comparando a biomassa produzida entre as parcelas, são 108.570 kg de sorgo sacarino contra 33.000 kg de Milho no ano agrícola 2012/2013, são quase duas e meia vezes a mais. Com a produção do ano agrícola 2013/2014, de 165.713 kg por hectare, são quase quatro vezes a mais de biomassa produzida por hectare.
- A produção bruta de etanol estimada, usando a faixa de 70% de caldo da biomassa, e 7% de etanol do caldo (valores menores de Mezaroba et al. (2010)), chega-se em 5.319 litros por hectare no corte único do ano agrícola 2012/2013, 4.829 litros por hectare no 1º corte do ano agrícola 2013/2014 e 3.289 litros por hectare no rebrote do ano agrícola 2013/2014. O rebrote, no ano agrícola 2013/2014, iniciou logo após o corte e desenvolveu-se normalmente, e resultou num volume da biomassa expressivo, em torno de 68% do primeiro corte, semelhante em teores de sacarose ao do primeiro corte. Viabilizando sua permanência no campo para posterior corte.
- A silagem do material integral em cada corte foi analisada, assim como sua composição bromatológica (matéria seca, matéria mineral, proteína bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido), e apresentou resultados de qualidade pouco abaixo ao milho em qualidade, mas não deve ser desprezado, pois sua produtividade em massa verde, que é superior ao milho que foi utilizado, faz com que seja repensado o investimento.

- As frações dos materiais, quando prensados, eram de 28% de fração líquida e 72% de fração sólida, e podem ser alteradas para composição diferente em matéria seca e matéria mineral nos materiais processados com a extração de caldo para produção de etanol.
- O rendimento de etanol foi de 1.035 litros por hectare no 1º corte e de 695 litros por hectare na rebrota. Resultando em R\$ 1,26 por cada litro produzido na propriedade.
- A silagem da fração sólida apresentou teores em matéria seca, fibra em detergente ácido e fibra detergente neutro, que se mostraram inferiores ao material produzido da cultura do milho, que, nesse material, tem qualidade superior ao dos materiais de sorgo utilizados. E em quesitos de matéria mineral e proteína bruta, não houve diferença significativa nas análises das parcelas desses materiais.
- Estima-se que o potencial econômico do material para produção de etanol e silagem no 1º corte e na rebrota, para trabalhar com a produção de etanol na propriedade, é necessário um valor de investimento de R\$ 250.000,00, e, para o retorno desse investimento, é necessário o tempo de 40 meses, quando a margem utilizada for de 10%, como segurança do investimento.
- O custo do sorgo sacarino, quando utilizado em dois cortes, chega a 24,50% do total do milho, ou seja, com 1 hectare de milho, pode-se implantar e processar 4 hectares de sorgo sacarino. E dessa área de 4 hectares, há a possibilidade de obter-se 6.920 litros de etanol.
- Os teores de açúcares (Brix) nessa variedade não apresentaram os valores registrados na literatura, tanto no primeiro, assim como no segundo corte, o que pode ter sido o resultado de um valor menor de etanol por hectare. Também não era interesse exaurir a sacarose do material, mas houve produção de sólidos, e estes geraram etanol, como era o esperado.
- A prensagem do material pode ser melhorada, visto ter sido feita com equipamento não apropriado, deixando caldo excedente nos colmos da planta, e este caldo aumentaria o volume final de matéria prima para etanol, reduzindo a massa verde restante, produzindo mais etanol por

hectare. Usando equipamentos adequados que prensariam o mesmo após a colheita pela ensiladeira e regulados para este fim, elevaria o montante de etanol a valores superiores aos obtidos no experimento, e isso acarretaria em diminuição de volume de biomassa alimentar e também alteraria os valores bromatológicos em matéria seca e matéria mineral nas análises.

- O material cresceu e se desenvolveu normalmente, não sofreu acamamento, não houve ataque de pragas, sendo de fácil manejo, tratos culturais e corte com ensiladeira comum, mesmo equipamento usado no processamento do milho.

O estudo mostrou que é possível produzir etanol e silagem a partir do sorgo sacarino em propriedades rurais. Cabe um investimento inicial. O potencial econômico do material, para produção de etanol e silagem, é viável, e também pode ser secado e incorporado à rações (fibras), ou em alimentação de biodigestores e produção de vapor em caldeiras.

Esses resultados mostram que há perspectivas de uso dessa energia pelos produtores de leite e carne bovina. Esse combustível poderá, talvez, ser produzido e usado na propriedade. Mas, ainda há, uma forte relutância em usar o sorgo sacarino como biomassa pelo produtor rural, e esse paradigma pode ser mudado pela pesquisa e pela extensão rural.

7. Referências

ALI, M. L. et al. Assessment of genetic diversity and relationship among a collection of US sweet sorghum germplasm by SSR markers. **Molecular Breeding**, v. 21, n. 4, p. 497–509, dez. 2007.

ALMEIDA, V. R. DE. Geografia do Paraná. **AMF Pré-Vestibular**, p. 1–39, 1998.

BANDEIRA, A. H. et al. Desempenho de genótipos de sorgo sacarino cultivados em diferentes épocas de semeadura na região Central do Rio Grande do Sul. **XXIX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO**, p. 2367–2371, 2012.

BARCELOS, C. A. Aproveitamento das Frações Sacarínea, Amilácea e Lignocelulósica do Sorgo Sacarino [*Sorghum bicolor* (L .) Moench] para a Produção de Bioetanol. **Universidade Federal do Rio de Janeiro**, p. 334, 2012.

BENNETT, A. S.; ANEX, R. P. Production, transportation and milling costs of sweet sorghum as a feedstock for centralized bioethanol production in the upper Midwest. **Bioresource technology**, v. 100, n. 4, p. 1595–607, fev. 2009.

CARLESSO, A. et al. Expansão Potencial da Cultura do Sorgo Granífero no Brasil Considerando o Zoneamento de Risco Climático. **Xxix Congresso Nacional De Milho E Sorgo**, p. 2893–2898, 2012a.

CARLESSO, A. et al. Seleção de progênies de meio irmãos de milho para ambiente com estresse em nitrogênio. **Xxix Congresso Nacional De Milho E Sorgo**, n. 1, p. 2893–2898, 2012b.

CARVALHO, I. Q. DE. Ponto de corte do milho para silagem. **Fundação ABC**, p. 6, 2013.

CARVALHO, I. Q.; JOBIM, C. C.; DAMASCENO, J. C. Tecnologia da produção de silagem de milho em sistemas de produção de leite. **Universidade Estadual de Maringa - Centro de Ciências Agrárias**, p. 96, 2013.

CASARIN, V. Produção de alimentos – o desafio do século. **INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE**, p. 1, 2012.

CHRISTOFOLETTI, J. C. A produção de alimentos. **A Coordenação-Geral da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança – CTNBio**, p. 1–4, 2015.

CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira - Cana-de-Açúcar Safra 2013/2014.

COSTA, C. C. DA; GUILHOTO, J. J. M.; MORAES, M. A. F. D. DE. Impactos Sociais Do Aumento De Demanda De Etanol Hidratado Versus Gasolina C Na Economia Brasileira. **IX Encontro Nacional da Economia Ecológica**, p. 20, 2011.

CRUZ, G. M. DA; NOVO, A. L. M.; PEDROSO, A. DE F. Produção e manejo de silagem-Resumo das Palestras. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa**, p. 31, 1998.

CUNHA, S. P. DA; SEVERO FILHO, W. A. Avanços tecnológicos na obtenção de etanol a partir de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L .) Moench). **Tecno-lógica**, p. 69–75, 2010.

CUTZ, L. et al. Bioenergy production in Central America: Integration of sweet sorghum into sugar mills. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 25, p. 529–542, set. 2013.

DEMINICIS, B. B.; VIEIRA, H. D. Silagem de milho - Características agrônômicas e considerações. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v. 10, p. 1–18, 2009.

HELSEL, Z. R.; ÁLVAREZ, J. Economic Potential of Sweet Sorghum for Ethanol Production in South Florida 1. **Food and Resource Economics Department**, p. 1–6, 2013.

KOLLODGE, R. et al. Relatório sobre a situação da população mundial 2012. **Fundo de População das Nações Unidas (UNFPA)**, p. 149, 2012.

LANDAU, E. C.; SCHAFFERT, R. E. Zoneamento agrícola. **Sistema Embrapa de Produção de Sorgo Sacarino para Bioetanol**, p. 31–34, 2009.

LAOPAIBOON, L. et al. Ethanol production from sweet sorghum juice using very high gravity technology: effects of carbon and nitrogen supplementations. **Bioresource technology**, v. 100, n. 18, p. 4176–82, set. 2009.

LEITE, R.; CORTEZ, L. O etanol combustível no Brasil. **Biocombustíveis no Brasil: REALIDADES E PERSPECTIVAS**, p. 61–75, 2008.

LIMA, V. C.; LIMA, M. R.; MELO, V. D. F. Conhecendo os principais solos do PR - Abordagem para professores do ensino fundamental e médio. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 26, 2012.

LIMANA, J. Limana Poliserviços Ltda. **Embrapa - simposio de agroenergia**, p. 42, 2014.

LOURENÇO, M. E. V et al. Potencialidades do sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] para a produção sustentável de bioetanol no Alentejo. **Rev. de Ciências Agrárias**, p. 103–110, 2006.

MACEDO, C. H. O. et al. Produção e Composição Bromatológica do sorgo (SORGHUM BICOLOR) Cultivado sob doses de Nitrogênio. **Universidade Federal da Paraíba - UFPB**, v. 61, n. 234, p. 209–216, 2012.

MAY, A.; SILVA, D. D. DA; SANTOS, F. C. DOS. Cultivo do Sorgo Biomassa para a Cogeração de Energia Elétrica. **Sete Lagoas: Embrapa milho e sorgo**, p. 65, 2013.

MEZARROBA, S.; MENEGUETTI, C. C.; GTROFF, A. M. Processos de produção do açúcar de cana e os possíveis reaproveitamentos dos subprodutos e resíduos resultantes do sistema. **Resumos IV Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial (FENILCAM)**, v. 1, p. 1–10, 2010.

MORRIS, B. D. et al. Economic Feasibility of Ethanol Production from Sweet Sorghum Juice in Texas. **Agricultural & Food Policy Center**, p. 1–22, 2009.

MOTEIRO, M. S. P.; PALMA, M. A. M.; ARICA, G. G. M. DE. Estudo de Viabilidade Econômica do Uso de Um Biodigestor Anaeróbio para Reduzir Os Impactos Ambientais do Processo de Produção do Álcool. **XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, p. 13, 2010.

NOVINSKI, C. O. Composição de micotoxinas e bromatologia de silagens de milho em silos de grande porte utilizando imagens em infravermelho. **Universidade Federal do Paraná**, p. 85, 2013.

NOVINSKI, C. O.; SOUZA, C. M. DE; SCHMIDT, P. Caracterização bromatológica das silagens de milho no Brasil. **Ensilagem.com.br**, n. 41, p. 1–3, 2009.

OLIVEIRA, A. F. G. Testes Estatísticos para Comparação de Médias. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 5, p. 777–788, 2008.

OLIVEIRA, J. S. E. Avaliação de cultivares de milho para silagem: resultados do ano agrícola 2002/2003. **Embrapa Gado de Leite**, p. 12, 2004.

OLIVEIRA, P. S.; PEREZ, J. R. O.; EVANGELISTA, A. R. Silagem de milho para ovinos. **Boletim Técnico Universidade Federal de Lavras**, v. 38, p. 27, 2009.

PEREIRA, A. C. et al. Avaliação da silagem do híbrido de sorgo BR 601 com aditivos – alterações nos teores de matéria seca, frações fibrosas e digestibilidade “in vitro” da matéria seca. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 7, p. 153–163, 2008a.

PEREIRA, R. G. DE A. et al. Processos de ensilagem e plantas a ensilar. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa**, v. 124, p. 18, 2008b.

PIRES, D. A. DE A. Avaliação de quatro genótipos de sorgo (sorghum Bicolor) com e sem taninos nos grãos para a produção de silagens. **Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG**, p. 107, 2007.

REINERT, J. R.; REICHERT, J. M. Propriedades física do solo. **Universidade Federal de Santa Maria/Centro de Ciências Rurais**, p. 18, 2006.

RIBEIRO FILHO, N. M. et al. Aproveitamento do caldo do sorgo sacarino para produção de aguardente. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 10, n. 1, p. 9–16, 2008.

RIBEIRO JR, C. S. et al. Uso de silagem de milho no balanceamento de dietas para vacas leiteiras. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, p. 1010–1018, 2011.

RODRIGUES, J. A. S. Produção e utilização de silagem de sorgo. **Embrapa Milho e Sorgo**, p. 14, 2006.

S.A., B. DO B. **Dolar.pdf**.

SANTOS, M. V. F. et al. Fatores que afetam o valor nutritivo da silagens de forrageiras tropicais. **Universidade Federal Rural de Pernambuco**, v. 59, p. 25–43, 2010.

SCHAFHÄUSER JR, J. Qualidade bromatológica de silagens de sorgo, arroz e milho. **AG a revista do criador**, 2012.

SHAPOURI, H. The Economic Feasibility of ethanol production from sugar in the United States. **U.S. Department of Agriculture - USDA**, n. July, p. 78, 2006.

SILVA, D. et al. Produção e Composição Bromatológica do sorgo (SORGHUM BICOLOR) cultivado sob doses nitrogênio. v. 61, n. 234, p. 209–216, 2012.

SIMON, J. É. Consumo e Digestibilidade de silagem de sorgo (Sorghum Bicolor [L.] Moench) Como Alternativa Para Alimentação Suplementar De Ruminantes Na Amazônia Oriental. **Universidade Federal do Pará**, p. 96, 2006.

SIPOS, B. et al. Sweet sorghum as feedstock for ethanol production: Enzymatic hydrolysis of steam-pretreated bagasse. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 153, n. 1-3, p. 151–162, 2009.

TEDESCHI, L. ET ALI. Composição Bromatológica de Silagens de Sorgo na Integração Lavoura-Pecuária. **XXIX CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO**, p. 3285–3289, 2012.

VERMERRIS, W. et al. Production of Biofuel Crops in Florida: Sweet Sorghum 1 Biology of Sweet Sorghum. **Agronomy Department, Florida Cooperative Extension, Service, institute of food and Agricultural Sciences, University of Florida - IFAS Extension**, p. 1–3, 2011.

WEBB, E. G.; DOWNING, M. E.; TURHOLLOW, A. F. Review of Sorghum Production Practices: Applications for Bioenergy. **Oak Ridge National Laboratory**, n. June, p. 36, 2010.

YU, J.; TAN, T. Ethanol production by solid state fermentation of sweet sorghum using thermotolerant yeast strain. **Fuel Processing Technology**, v. 89, n. 11, p. 1056–1059, nov. 2008.