

## Diferentes tipos de adubação no sorgo biomassa brs 716 e estimativa para a produção de biocombustível no noroeste do Rio Grande do Sul

Different types of fertilization in sorghum biomass brs 716 and estimates for biofuel production in the northwest of Rio Grande do Sul

Diferentes tipos de fertilización en biomasa de sorgo brs 716 y estimaciones para la producción de biocombustibles en el noroeste de Rio Grande do Sul

Recebido: 11/05/2022 | Revisado: 20/05/2022 | Aceito: 27/05/2022 | Publicado: 03/06/2022

### **Ketelyn Eduarda Schimdt**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8867-5069>  
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Brasil  
E-mail: [ketelyn-schmidt@uergs.edu.br](mailto:ketelyn-schmidt@uergs.edu.br)

### **Divanilde Guerra**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5136-2763>  
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Brasil  
E-mail: [divanilde-guerra@uergs.edu.br](mailto:divanilde-guerra@uergs.edu.br)

### **Danni Maisa da Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3600-0462>  
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Brasil  
E-mail: [danni-silva@uergs.edu.br](mailto:danni-silva@uergs.edu.br)

### **Robson Evaldo Gehlen Bohrer**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2001-8983>  
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Brasil  
E-mail: [robson-bohrer@uergs.edu.br](mailto:robson-bohrer@uergs.edu.br)

### **Marciel Redin**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4142-0522>  
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Brasil  
E-mail: [marciel-redin@uergs.edu.br](mailto:marciel-redin@uergs.edu.br)

### **Eduardo Lorensi de Souza**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4834-0066>  
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Brasil  
E-mail: [elorensi@yahoo.com.br](mailto:elorensi@yahoo.com.br)

### **Riteli Berticelli**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4264-822X>  
Universidade de Passo Fundo, Brasil  
E-mail: [ritiberticelli@gmail.com](mailto:ritiberticelli@gmail.com)

### **Mastrangelo Enivar Lanzaovva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2285-1052>  
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Brasil  
E-mail: [mastrangelo-lanzaovva@uergs.edu.br](mailto:mastrangelo-lanzaovva@uergs.edu.br)

### **Daniela Mueller de Lara**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2244-1793>  
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Brasil  
E-mail: [daniela-lara@uergs.edu.br](mailto:daniela-lara@uergs.edu.br)

### **Fernando Almeida Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2893-7853>  
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Brasil  
E-mail: [fernando-santos@uergs.edu.br](mailto:fernando-santos@uergs.edu.br)

## **Resumo**

O petróleo continua sendo a fonte de energia primária mundial. Por ser uma fonte não renovável, à medida que a demanda por combustíveis aumenta, intensificam-se a busca por fontes renováveis de energia. A produção mundial de Sorgo tem se mantido estável ao longo dos últimos anos, na faixa acima de 60 milhões de toneladas. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a adaptabilidade do Sorgo Biomassa BRS 716 em diferentes estratégias de adubação no Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. O experimento foi conduzido em 2 anos agrícolas, contendo 4 repetições, sendo eles: T1 – Sem Adubação; T2 – Adubação NPK (Nitrogênio, Fosforo e Potássio); T3 – Adubação com DLS (Dejetos Líquido de Suínos) ambos conforme Manual de Adubação e Calagem pra os Estados de RS e SC. Como resultados através de estimativas para potencial produção de bioetanol do sorgo biomassa na região com produção variando entre 1º e 2º ano de cultivo com 16.000 litros a 30.000 litros de bioetanol/hectare, e a produtividade de

milho produziu 371 litros à 2.600 litros de bioetanol/hectare. Não foi observado diferenças significativas entre os tratamentos, somente nos anos de cultivo, devido as intemperes climáticas ocorridas no período. Destaca-se o sorgo como uma cultura potencialmente marcante na região, principal no seu estágio final de desenvolvimento. Considera-se que o sorgo BRS 716 apresentou elevados índices produtivos na região para PMV (potencial de massa verde).

**Palavras-chave:** Fontes renováveis; Produção; Tratamentos.

#### **Abstract**

Oil remains the world's primary energy source. As it is a non-renewable source, as the demand for fuels increases, the search for renewable energy sources intensifies. The world production of sorghum has remained stable over the last few years, in the range above 60 million tons. The objective of the present work was to evaluate the adaptability of Sorghum Biomassa BRS 716 in different fertilization strategies in the Northwest of the State of Rio Grande do Sul. The experiment was carried out in 2 agricultural years, containing 4 replications, namely: T1 – Without Fertilization; T2 – NPK fertilization (Nitrogen, Phosphorus and Potassium); T3 – Fertilization with DLS (Liquid Swine Manure) both according to the Fertilization and Liming Manual for the States of RS and SC. As a result, through estimates for the potential production of bioethanol from sorghum biomass in the region with production varying between 1st and 2nd year of cultivation with 16,000 liters to 30,000 liters of bioethanol/hectare, and corn productivity produced 371 liters to 2,600 liters of bioethanol/hectare. No significant differences were observed between the treatments, only in the years of cultivation, due to the climatic intemper that occurred in the period. Sorghum stands out as a potentially outstanding crop in the region, mainly in its final stage of development. It is considered that sorghum BRS 716 showed high yields in the region for PMV (potential green mass).

**Keywords:** Renewable sources; Production; Treatments.

#### **Resumen**

El petróleo sigue siendo la principal fuente de energía del mundo. Al ser una fuente no renovable, a medida que aumenta la demanda de combustibles, se intensifica la búsqueda de fuentes de energía renovables. La producción mundial de sorgo se ha mantenido estable en los últimos años, en el rango de más de 60 millones de toneladas. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la adaptabilidad de Sorghum Biomassa BRS 716 en diferentes estrategias de fertilización en el Noroeste del Estado de Rio Grande do Sul. El experimento fue realizado en 2 años agrícolas, conteniendo 4 repeticiones, a saber: T1 – Sin Fertilización; T2 – Fertilización NPK (Nitrógeno, Fósforo y Potasio); T3 – Fertilización con DLS (Abono Líquido Porcino) ambas de acuerdo con el Manual de Fertilización y Encalado de los Estados de RS y SC. Como resultado, mediante estimaciones para la producción potencial de bioetanol a partir de biomasa de sorgo en la región con una producción que varía entre el 1er y 2do año de cultivo con 16.000 litros a 30.000 litros de bioetanol/ha, y la productividad de maíz produjo 371 litros a 2.600 litros de bioetanol/hectárea. No se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, solo en los años de cultivo, debido a la intemperie climática que se presentó en el período. El sorgo se destaca como un cultivo potencialmente importante en la región, principalmente en su etapa final de desarrollo. Se considera que el sorgo BRS 716 presentó altos rendimientos en la región para PMV (masa verde potencial).

**Palabras clave:** Recursos renovables; Producción; Tratos.

## **1. Introdução**

A produção mundial de Sorgo tem se mantido estável ao longo dos últimos anos, apresentando dificuldades em estabelecer-se na faixa acima de 60 milhões de toneladas. Individualmente, alguns países possuem grande destaque na produção de Sorgo, entre eles os Estados Unidos, que é o principal produtor do cultivar no mundo (Embrapa, 2015).

De acordo com o Levantamento de Safras da Companhia Nacional de Abastecimento – Conab 2019, a estimativa de produção do sorgo para a safra atual é de 1,9 milhões de toneladas, cultivadas numa área de 652,8 mil hectares. Se comparada com a produção da safra anterior, é superior em 0,8% e 3,86%, em área colhida. Os maiores produtores nacionais: Goiás, Minas Gerais e Bahia apresentam aumento produtivo de 14,47%, 6,08% e 11,42%, respectivamente.

O sorgo foi introduzido no Brasil no início do século XX, mas desde então nunca se firmou como uma cultura com características comercialmente marcante. Por ser identificado como substituto do milho em seus vários usos, o sorgo teve problemas para ser explorado pelos produtores e consumidores como cultura comercial, trazendo consigo um preço de mercado desfavorável. Também por ser uma planta rústica, com origem nas regiões semiáridas e áridas, seria resistente à seca e foi introduzido no Nordeste como o produto que salvaria a produção agropecuária daquela região (Embrapa, 2017).

A produção de sorgo vem apresentando no Brasil um crescimento notável nos últimos anos, após situar-se ao redor de

300.000 toneladas até 1996. A partir de 2019, a quantidade de grãos de sorgo colhida evoluiu continuamente até atingir valores próximos a 900.000 toneladas. Isto é o reflexo de uma série de mudanças que ocorreram no agronegócio brasileiro, que criaram as condições tanto para este incremento como para absorção da produção resultante (Duarte, 2019).

O sorgo (*Sorghum bicolor*), é uma planta que pertence à família Poacea e apresenta elevada produção de biomassa e é indicada em ambientes com restrições hídricas (Aguiar, 2014). Seu metabolismo do grupo C4, permite através deste mecanismo, que as folhas capturem moléculas de CO<sup>2</sup> da atmosfera e as armazenam em moléculas de 4 carbonos que são disponibilizadas para a fotossíntese, assim tornando a planta menos dependente da abertura e fechamento dos estômatos (organela responsável pelas trocas gasosas), o que diminui a perda de água pelas folhas (Buckerridge, 2015).

Destacando pesquisas realizadas por (De Souza, 2016), onde foi gerado o primeiro híbrido de sorgo biomassa, BRS 716, desenvolvido para cogeração de energia por meio da queima de biomassa. Este híbrido apresenta alta produtividade, em média, de 120 a 150 toneladas de matéria fresca por hectare. Tem ciclo de cerca de seis meses, e porte entre cinco e seis metros de altura. Possui boa sanidade, resistência ao acamamento e adaptação amplos a diferentes regiões do Brasil (Embrapa, 2016).

Dessa forma, destaca-se o Sorgo Biomassa, como exemplo de cultura potencialmente energética por possuir características que o conferem na produção de energia (Parrella et al., 2014). Nesse contexto, May (2013) explica alguns experimentos realizados pela Embrapa, nos quais avaliou-se que as variedades apresentam superioridade na produção de etanol quando comparadas aos outros híbridos do mercado. Sua utilização na produção de energia baseia-se na digestão da fração fibrosa para transformá-lo em energia calórica (Parrella et al., 2014). Essa finalidade é dada ao sorgo biomassa, transformando-a em etanol de fonte celulósica e amiláceo.

Salientando (Parrella, 2010) “o sorgo biomassa apresenta-se como uma matéria-prima promissora, devido ao seu alto rendimento energético por hectare e ciclo curto (6 meses)”. Os altos níveis de produtividade e a qualidade da biomassa, bem como os aspectos fitotécnicos da cultura como ciclo curto, plantio, manejo e colheita mecanizados, destaca-se como uma cultura promissora no fornecimento de matéria prima, na produção de etanol celulósico e cogeração de energia, quando produzida em grande quantidade pode se tornar uma fonte interessante de forragem (Embrapa, 2017).

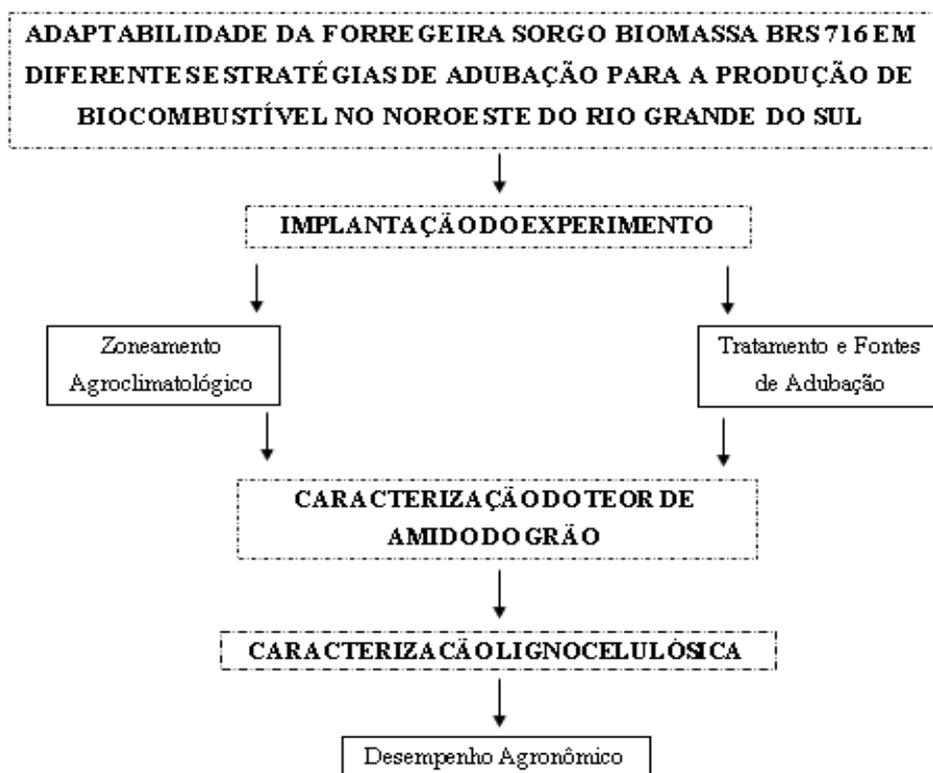
Assim, com o passar dos anos, a uma grande preocupação na atualidade com a escassez de produtos provenientes do petróleo dentre eles o de maior destaque os combustíveis. Pensando em fontes renováveis de energia, o sorgo biomassa apresenta ótimas referências na produção de etanol podendo assim fomentar o consumo de derivados da biomassa qual agirá de forma sustentável no meio ambiente (Decicino, 2016).

Dessa forma, é importante conhecer as características de produção e qualidade da planta do sorgo biomassa submetidas a diferentes estratégias de adubação para subsidiar a tomada de decisão quanto qual o melhor programa de fertilização a ser aplicado. Essas informações poderão proporcionar ao produtor uma maior eficiência no manejo da cultura, no uso de insumos e no planejamento da plantação, otimizando o uso dos recursos de produção da propriedade, e incrementando a renda. Com isso, o objetivo foi avaliar a adaptabilidade do Sorgo Biomassa BRS 716 em diferentes estratégias de adubação no Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, objetivando o potencial bioenergético da cultura.

## 2. Metodologia

Os estudos foram conduzidos na área experimental de Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS, Unidade Três Passos -RS localizada junto a Escola Técnica Estadual Celeiro – ETEC em Bom Progresso – RS. Testes laboratoriais foram conduzidos em laboratórios terceirizados a fim de analisar o potencial energético do Sorgo Biomassa BRS 716.

**Figura 1** - Fluxograma das atividades executadas durante a realização do projeto em estudo.



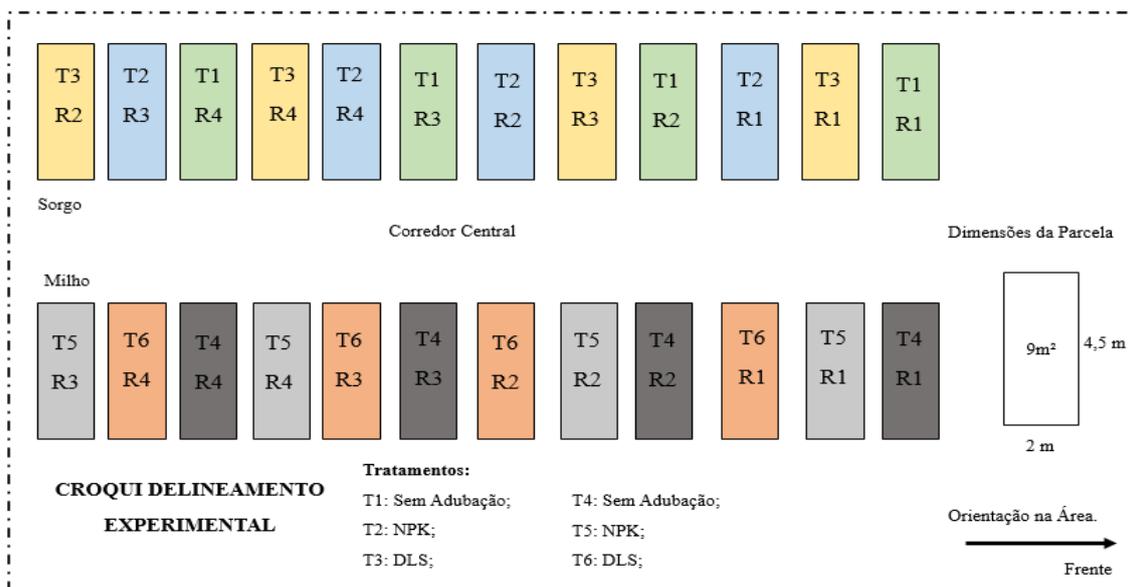
Fonte: Autores.

## 2.1 Implantação do Experimento

O estudo foi desenvolvido na área experimental da UERGS - Unidade Três Passos na Escola Técnica Estadual Celeiro - ETEC, localizada no município de Bom Progresso, Rio Grande do Sul. Esta se situa na latitude 27°33'49'' e longitude 53°51'30''. O clima da região corresponde, segundo a classificação de Köppen, ao tipo Cfa, temperado úmido, com verão quente. O município apresenta uma média anual pluviométrica de 1822 mm de chuvas distribuídas uniformemente durante os doze meses do ano. Conforme informações do Instituto Nacional de Meteorologia (Inpe, 2017) a temperatura média anual é de 19,4°C. O solo do local relevo da área é considerado plano ondulado com Latossolo Vermelho Distrófico típico (Streck et al., 2008).

Conforme a Figura 2, o delineamento blocos ao acaso, com as dimensões de 4,5 metros x 2 m (9m<sup>2</sup>). O espaçamento entre linha será de 45cm e 8,5 cm entre plantas com a densidade de semeadura de 06 sementes por metro linear (Parrella, 2010) com a profundidade de semeadura 2,5cm x o diâmetro da semente para cultivar do Sorgo BRS 716 e Milho Agroeste 1757. O corredor central com 5 metros de largura e entre as parcelas de cada tratamento 0,80 metros.

Figura 2 - Croqui de delineamento experimental.



Fonte: Autores.

O experimento com a cultivar Sorgo Biomassa BRS 716 foi conduzido em duas épocas de semeadura conforme o zoneamento agro climatológico para o estado, sendo inserida a campo em 23 de novembro de 2019 e cultivada em 2 anos agrícolas, contendo 4 repetições de cada tratamento, sendo eles: T1 – Sem Adubação (Controle); T2 – Adubação NPK (Nitrogênio, Fosforo e Potássio) (Testemunha); T3 – Adubação com DLS (Dejetos Líquido de Suínos) ambos conforme Manual de Adubação e Calagem pra os Estados de RS e SC. Foram realizada análise de solo antes da implantação da cultura, para posterior correção conforme tratos culturais necessário para ambos os tratamentos.

A área do experimento encontrava-se em pousio, sendo identificadas plantas espontâneas, com predominância de Papuã (*Brachiaria plantaginea*); Picão preto (*Bidens pilosa*); Buva (*Conyza bonariensis*). Sendo assim, foi realizado o sistema de plantio convencional, com o revolvimento do solo pra posterior inserção do experimento, com a densidade de 133.332 plantas por hectare.

Anterior a aplicação de adubação nas parcelas foi realizada a amostragem da área para a realização da análise de solo, sendo as seguintes características da área: Teor de argila 56%; pH 6,7; P (mg/dm<sup>3</sup>) 3,4; K (mg/dm<sup>3</sup>) 204; MO 3,3%; Ca (cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>) 9,7; Mg (cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>) 4,2; H + Al (cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>) 2,0; CTC<sub>pH7,0</sub> 16,4 (cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>); Saturação CTC<sub>pH7,0</sub> por bases 88,1%; Saturação CTC<sub>efetiva</sub> por alumínio 0%; Micronutrientes: Cu (mg/dm<sup>3</sup>) 5,5; Zn (mg/dm<sup>3</sup>) 1,5; Mg (mg/dm<sup>3</sup>) 4,6; S (mg/dm<sup>3</sup>) 3,1.

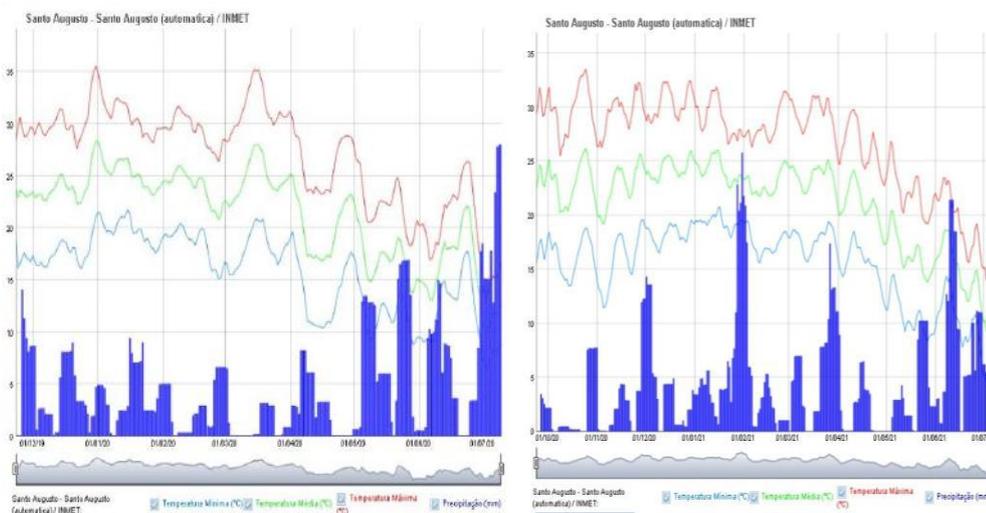
Ainda no delineamento de blocos ao acaso do experimento foi inserida a cultura do Milho Cultivar Agroeste 1757, está qual é adaptada para a Região Noroeste do Rio Grande do Sul, possibilitando assim avaliar a adaptabilidade da nova cultivar de sorgo. A cultura foi inserida a campo em 23 de novembro de 2019 e cultivada em 2 anos agrícolas, contendo 4 repetições de cada tratamento, sendo eles: T4 – Sem Adubação; T5 – Adubação NPK (Nitrogênio, Fosforo e Potássio); T6 – Adubação com DLS (Dejetos Líquido de Suínos) ambos conforme Manual de Adubação e Calagem pra os Estados de RS e SC, seguindo os mesmos parâmetros de adubação para ambas as cultivares.

No decorrer do experimento foram avaliados seu desempenho agrônômico na região, caracterização do teor de amido do grão; caracterização lignocelulósica. Ainda, foi avaliado o seu potencial produtivo de biomassa entre os 60 e 80 dias de plantio e no estágio final do ciclo (maturação), caracterizando como potencial produtivo final.

Tendo em vista que a deficiência hídrica é o principal fator condicionante do desempenho produtivo das culturas, há necessidade de definição de genótipos mais adaptados à carência de água no solo. No decorrer do experimento foram avaliados os índices pluviométricos com dados extraídos da Estação meteorológica de Santo Augusto – RS (automática) / INMET, distante a 41,7 km da área.

Conforme Figura 3, dados de 2019 – 2020, decorrer do primeiro ano de cultivo (23 de novembro/10 julho) para a região, mostrou-se uma precipitação média de 12 mm/dia, temperatura média de 25° C; temperatura máxima 36° C e temperatura mínima 8°C. Já no decorrer de 2020 – 2021, segundo ano de cultivo (24 de setembro/ 7 julho) conforme mostra a Figura 3, uma precipitação média de 4,7 mm/dia, temperatura média de 26°C, temperatura máxima 32°C, temperatura mínima 2°C.

**Figura 3 - Índices pluviométricos 1º e 2º cultivo.**

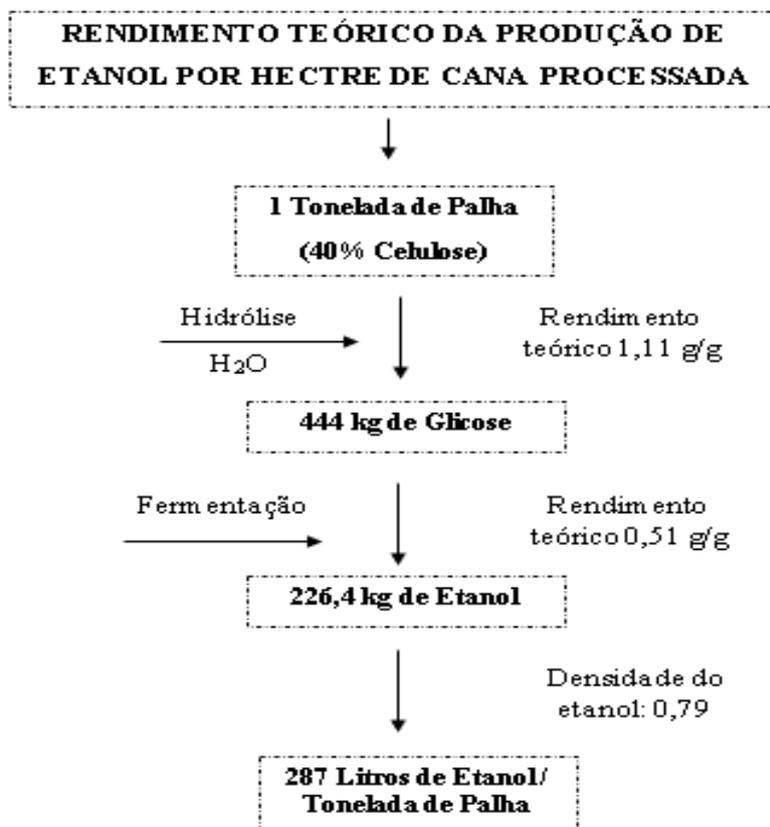


\*Fonte: Estação meteorológica de Santo Augusto – RS (automática) / INMET, 29/09/2021.

Com a criação de cenários e os possíveis percentuais celulósicos encontrados através da mediana de autores, podemos simular a produção de Bioetanol através do cálculo na Figura 4 proposta por Santos et al. (2012) na qual resulta o Rendimento Teórico para produção de etanol por hectare da cultura a ser processada. Esse cálculo como exemplo a cultura da cana de açúcar, pode ser adaptado em diferentes culturas, utilizando os percentuais de celulose obtidos na matéria seca.

O cálculo segue o percentual de celulose da cultura de interesse como exemplo a Cana-de-açúcar: (40% celulose \* 1,11 g/g (rendimento da hidrólise) \* 0,51 g/g / 0,79 (densidade do etanol)).

**Figura 4** - Rendimento teórico da produção de etanol por hectare de cana processada (Santos et al., 2012).



\*Cálculo de rendimento teórico para obtenção de bioetanol da cana de açúcar, adaptado para a utilização nas culturas de sorgo e milho, com percentuais de celulose da matéria seca. Fonte: Autores.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando o software R (R Development Core Team, 2013) e as médias submetidas ao teste Tukey ao nível de 5% de significância no programa estatístico Sisvar versão 5.6.

## 2.2 Caracterização do bioetanol

A avaliação da Massa Verde foi realizada no estágio reprodutivo de floração entre 60 e 80 dias no estágio final de desenvolvimento vegetativo. Avaliando o peso de massa verde de 12 plantas de cada parcela. Para as amostras laboratoriais, triturar as plantas de amostradas de cada parcela com o diâmetro de corte com 2 a 2,5cm; retirar uma amostra de 1kg do material triturado. Secar em estufa a 60°C durante 72 horas pesando o material até estabilizar a massa. Embalar o material a vácuo e encaminhar a outros processos laboratoriais, conforme a metodologia proposta por (Sluiter & Templeton, 2008) e modificado por (Azevedo et al., 2016).

Para a avaliação de teor amiláceo do grão, consistiu na colheita das espigas de 12 plantas selecionadas dentro de cada parcela em ambos os tratamentos no estágio reprodutivo R6 (maturação) entre 100 e 120 dias; posteriormente realizar-se a debulha e retirar as impurezas; para a amostra secar os grãos em estufa a 60°C durante 72 horas pesando as amostras até estabilizar a massa. Em seguida triturados os grãos até formar uma farinha e embalar em embalagens a vácuo para encaminhar a outros processos laboratoriais. O amido será determinado em laboratório segundo a metodologia proposta por (Bach Knudsen, 1997).

Os percentuais de celulose, hemicelulose, lignina e teor amiláceo foram dimensionados a partir de 5 autores para possível significância estatística, sendo que a média obtida foi utilizada para demonstrar dados avaliados no experimento e conduzidos pelos cenários.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1 Desempenho agrônômico

##### 3.1.1 Potencial Produtivo do Sorgo para Obtenção de Biomassa

Embora a produtividade das culturas dependa de uma série de fatores relacionados ao clima e as características químicas, físicas e biológicas dos solos, a fertilidade é um dos fatores mais importantes e naturalmente associados ao crescimento e desenvolvimento das plantas.

Conforme a Tabela 1 o potencial produtivo de massa verde, está diretamente relacionada as fontes de adubação e as exigências nutricionais de cada cultura. Avaliando qual a melhor fonte de adubação para a cultura do sorgo, como consta na tabela, quais ambas não demonstram diferença estatística entre os tratamentos, somente entre os anos de cultivo.

**Tabela 1** - Potencial produtivo de massa verde (PMV) sorgo toneladas por hectare.

Tratamentos	Sorgo		Sorgo	
	Massa Verde (60 dias) (ton. ha <sup>-1</sup> )		Massa Verde Total (ton. ha <sup>-1</sup> )	
	1°	2°	1°	2°
Testemunha	74,88 aB	234aA	211 aB	472aA
NPK	100 aB	163 aA	208 aB	378 aA
DLS	73,99 aB	175 aA	208 aB	376aA

\*Potencial produtivo de massa verde (PMV) em toneladas/hectare. Letras minúsculas iguais na coluna não diferem significativamente os tratamentos a 5% de significância. Letras maiúsculas iguais na linha, não diferem significativamente entre os anos. Fonte: Autores.

Conforme Athenas (2019), as **condições climáticas** são muito relevantes o processo de absorção de nutrientes. Podemos considerar que uma média de temperatura colabora para absorção da maioria dos nutrientes, independente da cultura, que é entre 15° C e 25° C.

Esses dados podemos observar no segundo ano de cultivo, apresentando temperaturas elevadas e baixos níveis de chuvas conforme Figura 3, demonstram que o potencial produtivo do sorgo na região, encontra-se na fase final de seu ciclo trazendo dados de suma relevância. Ainda, vale frisar que as condições climáticas do segundo ano de cultivo foram essenciais para o desenvolvimento favorável da cultura.

A cultura do sorgo destaca-se por sua rusticidade e pela grande tolerância ao déficit hídrico. Essas características têm favorecido a expansão de áreas plantadas no Brasil, principalmente em cultivos de safrinha e em regiões de baixa pluviosidade (Lanza et al, 2016).

O sorgo responde muito a falta de água e, em potencial, à adubação, podendo superar produtividades de grãos e biomassa normalmente obtidas em outras culturas (Resende et al., 2009). Para Guimarães et al. (2017), a adaptação das plantas ao déficit hídrico é um mecanismo muito complexo envolvendo interação entre genótipo e respostas de tolerância da planta a seca. Geralmente, no início do déficit, a planta passa por um período de aclimação em que são observadas alterações metabólicas e morfológicas para prevenir danos aos tecidos.

O PMV do Sorgo apresentou valores variando de 208 toneladas a 211 toneladas por hectares no primeiro ano de cultivo e no segundo ano valores de 376 toneladas a 472 toneladas por hectare.

Desenvolvido para cogeração de energia por meio da queima de biomassa, o híbrido apresenta alta produtividade, em média, de 120 a 150 toneladas de matéria fresca por hectare (Embrapa, 2018), assim observa-se que o potencial produtivo na região, já supera dados existentes na literatura.

Para Mota et al. (2018), observaram que as médias de PMV do sorgo sacarino aos 90 dias foram de 76,79 ton. ha<sup>-1</sup> e 87,44 ton. ha<sup>-1</sup>, demonstrando também o grande potencial forrageiro dos híbridos sensíveis ao fotoperíodo na Região de Sete Lagoas-MG. Esses valores de produtividade média de massa verde são superiores às produtividades das cultivares de sorgo forrageiros comerciais existentes no mercado, que estão em torno de 40 a 50 ton. ha<sup>-1</sup>.

Para Borghi et al. (2020), o sorgo biomassa é conhecido pelo alto potencial de produção de biomassa e pela tolerância à seca. Pode ser uma opção de cultivo de outono-inverno para produção de forragem ou para produção de palha no Sistema Plantio Direto (SPD) em áreas de sequeiro, com possíveis respostas à adubação nitrogenada, dependendo do sistema de manejo do solo. O Sorgo possuindo essa tolerância a seca, observamos seu potencial produtivo no segundo ano de cultivo na região, onde com a influência *lã niña* (seca) não sofreu impactos na sua qualidade e quantidade de produção, onde várias cultivares na região acarretaram em perdas produtivas.

Ainda, observou-se (Figura 3) que no segundo ano de cultivo o tratamento testemunha apresentou uma produção elevada quando comparada ao NPK e DLS quais não deferiram. Conforme o experimento de Lanza (2019), onde utilizou a adubação com 80 kg ha<sup>-1</sup> N e 60 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O, esta adubação para o sorgo biomassa é suficiente para a obtenção de alta produção de massa forrageira, isso explica que o solo utilizado no experimento já apresentava características químicas favoráveis a cultura.

Lanza et al. (2016), relatam que a adubação potássica pode não induzir acréscimos na produção. Como a massa verde não respondeu a doses crescentes de adubação potássica, pode-se afirmar que o K inativo foi, no mínimo, suficiente para atender às exigências de K da planta, e, portanto, as quantidades acumuladas em excesso, a partir da adubação efetuada, configuram o que muitos especialistas chamam de "consumo de luxo", onde a planta absorve o nutriente, mas não utiliza.

Outra relação importante, está disposta com a altura da planta. Segundo Batista et al. (2017), em ensaios desenvolvidos com sorgo biomassa cv BD 7607 e cv BRS 716 considera que os resultados da produção biomassa total, estão diretamente relacionados aos índices de produção de massa fresca total obtidos no período da safra, de 44 e 39 ton. ha<sup>-1</sup> respectivamente aos 30 dias, e em função principalmente da altura a planta observada em 2,86 m, e no experimento a média de altura encontrada foi de 5,45 m. , Observou-se que a altura das plantas aumentou de acordo com o avanço das épocas analisadas tendo um acréscimo acentuado da altura das plantas na época entre 45 e 100 dias.

É importante enfatizar a performance do Sorgo Biomassa BRS 716, com seu comportamento ao longo do ciclo, superando produções já existentes na literatura com médias de grande importância produtiva. Souza (2018), com os genótipos BRS 511(S) observou as seguintes alturas de 3,51m e 5,61m para cv BRS 716 (B) resultaram em maiores produtividades de matéria verde (PMV) e matéria seca (MS), com 108,58 ton. MV/ha<sup>-1</sup> e 32,17 ton. MS./ha<sup>-1</sup> e de 166,34 ton. MV. /ha<sup>-1</sup> e 66,96 ton. MS./ha<sup>-1</sup>

Como característica principal desse tipo de sorgo, tem-se a alta produção de biomassa, o qual de acordo com Parrella et al. (2010) corresponde ao potencial de produzir mais de 50 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca por ciclo (seis meses). Isso é possível pelo fato de o sorgo biomassa ser um tipo mais sensível ao fotoperíodo, florescendo apenas quando os dias possuem menos de 12 horas e 20 minutos

### 3.2 Potencial bioenergético

Nesse contexto e na expectativa na utilização de fontes renováveis, o sorgo como uma cultura potencialmente marcante no setor bioenergético traz a oportunidade de sua utilização na região Celeiro, como pode ser observado na Tabela 2, qual se avalia cenários produtivos entre os autores e comparando médias produtivas.

**Tabela 2** – Meta análise de constituição química 5 autores referenciados sorgo biomassa BRS 716.

<b>Cenários de Constituição Química Sorgo</b>						
<b>Constituinte (%)</b>	Batista et al. 2016	Damasceno et. al. 2019	Pimentel et al. 2017	Silva et al. 2016	Netto et al. 2018	<b>Média Autores</b>
<b>Celulose</b>	22,1	30,9	22,1	39,3	53,51	<b>33,582</b>
<b>Rendimento E2G</b>	154,62	221,42	154,62	281,61	383,44	240,64
Litros de Etanol/ton. Palha						

\*Constituição química de Celulose do Sorgo em diferentes cenários. Fonte: Autores.

Os resultados obtidos neste experimento para estimativa da produção de etanol, basearam-se na equação estequiométrica de índices de etanol disposta na Figura 4, sob o cálculo de rendimento teórico da produção de etanol por hectare em que reflete a condições atuais de fermentação, desenvolvida por Santos et al. (2012) na cultura da cana-de-açúcar e adaptado para o sorgo e milho.

Para obtenção de etanol lignocelulósico, utiliza-se a fração de massa seca para os processos industriais, sendo assim referenciando Marafon (2017), com experimento implantado no mês de setembro de 2016 na Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento de Rio Largo da Embrapa Tabuleiros Costeiros, situada no município de Rio Largo, estado de Alagoas, encontrou que o material resultante de Massa Seca é 33% do total de Massa Verde. Utilizando a metodologia descrita por Marafon (2017) fez-se a estimativa com os dados de massa verde deste estudo e obteve-se os seguintes valores de matéria seca: para o tratamento testemunha no 1º ano o valor obtido foi de 69,63 e no 2º ano 155,76 PMV/hectare; para o tratamento NPK obteve-se 68,64 no 1º ano e 124,74 PMV/hectare no 2º ano; no tratamento DLS os valores foram de 68,64 no 1º ano e 124,08 PMV/hectare no 2º ano.

A avaliação do potencial químico do Sorgo Biomassa BRS 716 através de diferentes cenários demonstrou a qualidade produtiva de bioetanol da cultura na região, podendo ser observada na Tabela 2, qual utilizando a média de autores para o cálculo de rendimento teórico pra a produção de etanol de segunda geração (EG2) variando de 98,8 litros à 240,64 litros/etanol/tonelada/palha.

Além das vantagens supracitadas, o sorgo biomassa também apresenta uma composição química considerada inicialmente adequada, pois, objetivando a produção do etanol de segunda geração, além da necessidade de uma alta produtividade de biomassa seca, a matéria-prima utilizada deve apresentar composição centesimal favorável aos processos químicos posteriormente empregados na obtenção do bioetanol (Almeida, 2019)

De acordo com Damasceno et al. (2010) e Almeida (2019), as características químicas da biomassa têm influência direta no processo de conversão de energia, sendo que a produção de biocombustíveis lignocelulósicos envolve a despolimerização dos polissacarídeos da parede celular (celulose e hemicelulose) em açúcares simples e fermentáveis, pelos processos de pré-tratamento e sacarificação, e conversão de açúcares simples em biocombustíveis pela fermentação (Reis et al., 2016).

Conforme demonstra a Tabela 3, a produção de E2G por hectare nos cenários produtivos, trouxe resultados de suma relevância, não diferindo entre os tratamentos, mas nos anos produtivos.

**Tabela 3** - Produção de bioetanol celulósico do sorgo por hectare em meta análise representativos 1º e 2º ano de cultivo.

<b>L/etanol/hectare 2019/2020</b>						
<b>Tratamentos</b>	<b>Batista et. al 2016</b>	<b>Damasceno et. al. 2019</b>	<b>Pimentel et. al. 2017</b>	<b>Da Silva et. al. 2016</b>	<b>Netto et. al. 2018</b>	<b>Média Autores</b>
<b>Testemunha</b>	6.879	15.417	6.879	19.609	26.699	16.756
<b>NPK</b>	6.782	15.198	6.782	19.330	26.319	16.518
<b>DLS</b>	6.782	15.198	6.782	19.330	26.319	16.518
<b>L/etanol/hectare 2020/2021</b>						
<b>Tratamentos</b>	<b>Batista et. al 2016</b>	<b>Damasceno et. al. 2019</b>	<b>Pimentel et. al. 2017</b>	<b>Da Silva et. al. 2016</b>	<b>Netto et. al. 2018</b>	<b>Média Autores</b>
<b>Testemunha</b>	15.389	34.488	15.389	43.864	59.725	37.482
<b>NPK</b>	12.324	27.620	12.324	35.128	59.725	30.017
<b>DLS</b>	12.259	27.474	12.259	34.942	47.577	29.859

\*Potencial produtivo de etanol celulósico por hectare através dos cenários. Fonte: Autores.

O potencial de geração de E2G a partir do sorgo na Região Ceilero do estado, apresentou resultados satisfatórios, quando a utilização da MS, variando de 6.879 a 59.725 litros de bioetanol por hectare comparando os cenários produtivos (composição de celulose) nos anos de experimento.

Freita (2017), encontrou resultados semelhantes, considerando o ciclo médio da cultura de sorgo como de 12 meses entre primeiro cultivo e rebrote, tem-se uma produção de 1083,3 a 1250,0 L. ha<sup>-1</sup>/mês. Esses dados refletem que a produção de biocombustíveis de segunda geração está associada ao aquecimento global resultante da queima de combustíveis fósseis, onde o uso dos biocombustíveis está associado à sua capacidade de reduzir a emissão dos gases de efeito estufa.

O sorgo biomassa, é uma cultura promissora no fornecimento de matéria prima na produção de etanol celulósico e cogeração de energia. Essa biomassa produzida em grande quantidade pode ser também uma fonte interessante de forragem (Franco, 2011). Dessa forma, a biomassa do sorgo, de elevada adaptabilidade, apresenta elevado teor de fibras, além de quantidades significativas de açúcares fermentescíveis, que pode ser explorada em larga escala (Santos et al., 2014; Almeida 2019).

Segundo a Embrapa (2018), com ajustes no manejo da cultura e adequações industriais, há potencial produção de 3.500 litros de etanol em 50 toneladas de colmo por hectare, ou seja, um rendimento de 70 litros de etanol por tonelada de colmo. Esta, inclusive, tem sido considerada uma produtividade referência para a cultura do sorgo sacarino. Em relação ao sorgo biomassa, ainda são escassos os dados do potencial de produtividade.

### 3.2.1 Comparativo a Produção de Bioetanol Sorgo com uma cultura Tradicional

Comparando o potencial produtivo do Milho, como sendo uma cultura já inserida a décadas nas lavouras regionais e adaptada as condições edafoclimáticas existentes, adquirimos um novo potencial produtivo sendo a produção de etanol de segunda geração (E2G) na região, assim utilizando a mesma metodologia de formação de cenários disposta na Tabela 4.

**Tabela 4** – Meta análise de constituição química 5 autores referenciados milho.

<b>Cenários de Constituição Química Milho</b>						
<b>Constituinte (%)</b>	Rocha et. al. 2017	Hernandez et. al. 2017	Silva et. al. 2018	Bohn et. al. 2018	Muller et. al. 2019	<b>Média Autores</b>
<b>Celulose</b>	36,7	32,1	38	34,6	34,4	<b>35,16</b>
<b>Rendimento E2G</b>	262	229,3	272,3	247,93	246,5	251,95

\*Constituição química de Celulose do Milho em diferentes cenários. Fonte: Autores.

O etanol é produzido a partir da biomassa industrial que através de fermentação, destilação e tratamento químico é formada em álcool. A produção de etanol pode ocorrer através de dois métodos de transformação para a cultura do milho: moagem seca ou úmida. Conforme a Tabela 4, produção de etanol varia de 229,30 à 262 litros/etanol/Ton. Palha. Para obtenção da Massa Seca, neste estudo para obtenção utilizou-se a fração de 22% de material resultante da massa verde, conforme metodologia descrita pela Embrapa (2017), os valores de Massa verde obtidos nesse estudo e a estimativa da massa seca seguindo metodologia da Embrapa (2017), podem ser observados na Tabela 5.

**Tabela 5** - Produção de Massa Verde e Estimativa da Massa Seca do Milho conforme Embrapa (2017).

<b>Tratamentos</b>	<b>Milho</b>		<b>Milho</b>	
	Massa Verde		Massa Seca Final	
	1°	2°	1°	2°
<b>Testemunha</b>	38,66 aA	6,77 aB	10,65 aA	1,48 bB
<b>NPK</b>	30,44 bA	7,22 aB	8,7 aA	1,69bB
<b>DLS</b>	38,22 aA	8,78 aB	8,4 aA	1,93bB

\*Potencial produtivo de massa verde (PMV), potencial produtivo de Massa Seca em toneladas/hectare. Letras minúsculas iguais na coluna não diferem significativamente os tratamentos a 5% de significância. Letras maiúsculas iguais na linha, não diferem significativamente entre os anos. Fonte: Autores.

Pesquisadores da Embrapa (2019), salientam que o milho tem alto rendimento de bioetanol enquanto uma tonelada de cana-de-açúcar produz entre 70 a 85 litros de etanol hidratado, uma tonelada de palha de milho pode produzir entre 370 a 460 litros deste mesmo álcool, dependendo da qualidade do milho (teor de amido).

Comparando seu potencial produtivo com o Sorgo Sacarino pesquisado pela Embrapa (2019), a produtividade a que se chegou as usinas (em números arredondados, 2.400 litros de etanol por hectare, com 40 toneladas de colmo por hectare, ou seja, 60 litros de etanol por tonelada de colmo), considerada uma produtividade referência para a cultura do sorgo sacarino.

Dependendo das tecnologias empregadas, o custo do etanol celulósico pode ser menor que os da gasolina e do etanol proveniente do milho. Além disso, há menor liberação de gases que contribuem para o efeito estufa, e de matéria fina particulada, compostos que são altamente tóxicos ao ambiente (Manochio, 2019).

A produção de bioetanol celulósico para a cultura do milho, apresentou resultados satisfatórios utilizando a mediana de autores e correlacionado com as médias de produção obtidas em cada tratamento, variou de 1.923,6 à 2.673,1 litros etanol/hectare nos anos de cultivo, podendo ser observado na Tabela 6.

O milho tem alto rendimento, enquanto uma tonelada de cana produz entre 70 a 85 litros de etanol hidratado, uma tonelada de milho pode produzir entre 370 a 460 litros deste mesmo álcool, dependendo da qualidade do milho (teor de amido) (Piracicaba, 2020).

**Tabela 6** - Produção de bioetanol celulósico do milho por hectare em meta análise representativos 1º e 2º ano de cultivo.

Tratamentos	Rocha et. al. 2017	Hernandez et. al. 2017	Silva et. al. 2018	Bohn et. al. 2018	Muller et. al. 2019	Média Autores
<b>L/etanol/hectare 2019/2020</b>						
Testemunha	2.790	2.438,85	2.896,8	2.630,55	2.619,9	2.673,1
NPK	2.279,4	1.992,3	2.366,4	2.148,9	2.140,2	2.183,7
DLS	2.200,8	1.923,6	2.284,8	2.074,8	2.066,4	2.108,4
<b>L/etanol/hectare 2020/2021</b>						
Testemunha	387,76	338,92	402,56	365,56	364,08	371,48
NPK	442,78	387,01	459,68	417,43	415,74	424,19
DLS	505,66	441,97	524,96	476,71	474,78	484,43

\*Estimativa de produção do etanol celulósico do milho no período final, nos dois anos produtivos, conforme meta análise e fontes de adubação. Fonte: Autores.

As matérias-primas do processo de geração do E2G são subprodutos ou coprodutos do processo convencional de produção do combustível. No caso do Brasil, esses insumos estão disponíveis na própria unidade de produção, após o processamento da cana-de-açúcar pela tecnologia de primeira geração, no caso do milho a utilização da palhada (restos culturais) (Bndes, 2016).

A utilização desses subprodutos do processo convencional na produção do E2G, permite explorar todo o potencial energético desses insumos, fortalecendo a relação de custo-benefício para o produtor. O mesmo ocorre para todas as cadeias agroindustriais que dispõem de excedentes de biomassa, como por exemplo: papel e celulose, soja, milho, trigo, dentre outras (Bndes, 2016).

Diante do exposto, percebe-se um potencial de elevada produção de bioetanol do sorgo biomassa na região com potenciais de produção variando de entre 1º e 2º ano de cultivo com 16.000 litros a 30.000 litros de bioetanol/hectare, em uma mesma área de produção o milho produziu 371 litros à 2.600 litros de bioetanol/hectare.

No Brasil, a grande diversidade edafoclimática (combinação de fatores como o clima, o relevo, a temperatura, a humidade do ar, tipos de solos, chuvas e outros) possibilita a exploração de várias culturas energéticas para completar e descentralizar a produção de etanol – com destaque para a cana-de-açúcar, a matéria-prima mais utilizada para produção do combustível atualmente e que garante a maior produtividade com menor custo de produção (Syngenta, 2021).

O etanol tem uma importância ambiental muito relevante, pois além de ser produzido a partir de uma matéria-prima renovável, gerar empregos na cadeia sucroalcooleira e novas oportunidades de negócios, esse biocombustível também reduz a emissão de gases para a atmosfera, o que é uma preocupação mundial atualmente (Sebrae, 2016).

Comparando o potencial bioenergético do sorgo com o milho, observa-se a adaptabilidade da cultura voltada para região, sendo ela tanto para produção de forragens quanto para a produção de bioetanol. O clima da região possibilita a sua inserção nas lavouras regionais com êxito voltada a produção elevada de biomassa.

Como trabalhos futuros sugere-se realizar as análises laboratoriais de celulose, hemicelulose, lignina. Bem como concluir levantamento de dados e aprimorá-los, já que a cultura se tornou ótima produtora na região.

#### 4. Conclusão

- \* Conclui-se que o sorgo BRS 716 apresentou elevados índices produtivos na região para PMV no final de ciclo.
- \* A adubação aplicada do experimento não demonstrou diferença estatística entre os tratamentos.

- \* O Sorgo Biomassa torna-se improdutivo em anos com pluviosidade elevada, e a frios severos no período de formação do grão.
- \* A produção de biomassa de Sorgo superou dados já existentes na literatura com a produção acima de 200 toneladas de MV/ha.
- \* Para produção de bioetanol apresenta elevado rendimento quando comparado ao estado de Minas Gerais, variando em 1° e 2° ano de cultivo com 16.518 litros de bioetanol/hectare à 37.482 litros de bioetanol/hectare.
- \* Em comparação Milho e Sorgo, conclui-se que o sorgo apresenta um elevado rendimento de MV, MS e potencial para produção de bioetanol.

## Referências

- Aguiar, A. T. E. et al. (2014). Boletim 200: *Instruções Agrícolas para as principais culturas econômicas*. 7ª Edição. Campinas: Instituto Agrônomo (IAC), 452p
- Almeida, L. G. F. (2019). *Etanol de segunda geração utilizando sorgo biomassa* (Sorghum bicolor). [http://acervo.ufvjm.edu.br/jspui/bitstream/1/2066/6/luciana\\_gomes\\_fonseca\\_almeida.pdf](http://acervo.ufvjm.edu.br/jspui/bitstream/1/2066/6/luciana_gomes_fonseca_almeida.pdf).
- Athenas, 2019. *Nutrição de plantas*. Disponível: < [http://www.nutricaoeplantas.agr.br/site/culturas/mamao/asp\\_gerais.php](http://www.nutricaoeplantas.agr.br/site/culturas/mamao/asp_gerais.php)>.
- Azevedo, V. et al. (2016). *Caracterização de biomassa visando a produção de etanol de segunda geração*. *Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade*, 2(2), 61-65.
- Bach Knudsen, K. E (1997). *Teor de carboidratos e lignina de materiais vegetais usados na alimentação animal*. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 67(4): 319-338
- Batista, V. A. P.; *Avaliação Bioenergética de Sorgos Biomassa, Sacarino e Forrageiro*. 2016. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de Magister Scientiae. Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais – Brasil. < <http://repositorio.uft.edu.br>>.
- Bndes. *Etanol 2G: inovação em biocombustíveis*. <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/noticias/noticia/etanol-2g-inovacao-biocombustiveis>.
- Borghi, et al. (2020) *Sorgo biomassa BRS 716 para produção de forragem e palha em sistema de plantio direto e preparo convencional com soja*. Disponível: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1126603>
- Buckerridge, M. S. (2015). *Comparação entre os sistemas fotossintéticos C3 e C4*. <http://felix.up.br/pessoal/marcos/minhawe3/PDFs/Pratictese.pdf>> .
- Conab - Companhia Nacional de Abastecimento (2019). *Relatório mensal de sorgo*. <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista>>.
- Damasceno, C. M. B. (2013) *Análise morfoagronômica e bioquímica de um painel de sorgo energia para características relacionadas a qualidade da biomassa*. Sete Lagoas: Embrapa. 190. [https://ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/ppgca/Dissertacao%20Ana%20Lucia\\_15\\_09\\_2017.pdf](https://ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/ppgca/Dissertacao%20Ana%20Lucia_15_09_2017.pdf)
- De Souza, L. F. et al. (2016) *Desempenho produtivo de híbridos de sorgo biomassa em diferentes ambientes*. In: Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 31., Bento Gonçalves. Milho e sorgo: inovações, mercados e segurança alimentar: anais. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo.
- Decicino, T. (2016). *A importância do posicionamento de cultivares de soja para o sucesso da cultura*. <http://www.monsoy.com.br>.
- Duarte, J. de O. (2019). *Sorgo: aspectos econômicos*. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/486643/sorgo-aspectos-economicos>
- Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Milho e Sorgo (2014). *Cultivo do Sorgo*. Brasília.
- Embrapa, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Cultivar BRS 716*. (2015) <https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/busca/Barley>.
- Embrapa, Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias. *Sorgo BRS 716*. (2016) *Soluções Tecnológicas*. < <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/4654/sorgo-biomassa-brs-716>>.
- Embrapa, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Cultivo do sorgo e economia de produção* (2017). <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/>.
- Embrapa, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2019). *Sorgo biomassa é ótima opção para geração de energia*. <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2246665/sorgo>.
- Franco, A. (2011) *Indicadores e resultados do sorgo*. Disponível: <<http://repositorio.uft.edu.br>>.
- Guimarães, V. F. et al. (2017) *Bactérias Promotoras de Crescimento Vegetal: da FBN à regulação hormonal, possibilitando novas aplicações*. ZAMBOM, MA; KUHN, OJ; SILVA, NLS Da; STANGARLIN, JR, p. 193-212.
- Inpe, Instituto Nacional de Meteorologia. (2017) *Índices pluviométricos e temperatura médias*. <http://www.inpe.br/7>

Inmet Estação meteorológica de Santo Augusto – RS / *Centro de previsão de tempo e estudos climáticos*. <https://www.cptec.inpe.br/previsao-tempo/rs/santo-augusto>

Lanza, A. L. L. et al. (2016) *Análise de crescimento de plantas de sorgo biomassa (BRS 716)*. [http://www.abms.org.br/cnms2016\\_trabalhos/docs/1163.pdf](http://www.abms.org.br/cnms2016_trabalhos/docs/1163.pdf).

Lanza, A. L. L. *Avaliação forrageira do sorgo biomassa (brs 716) (2017) em diferentes épocas de corte e estratégias de adubação em cobertura*. Disponível: <[https://ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/ppgca/Disseratacao%20Ana%20Lucia\\_15\\_09\\_2017.pdf](https://ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/ppgca/Disseratacao%20Ana%20Lucia_15_09_2017.pdf)>

Marafon, A. C. et al. (2017). *Uso da biomassa para a geração de energia*. Documentos 211- Embrapa Tabuleiros Costeiros. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/222989/1/Flavio-dissertacao-Vera.pdf>.

May, A.; Silva, D. D.; Santos, F. C. (2013) *Cultivo do sorgo biomassa para a cogeração de energia elétrica*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 65 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 152). [https://ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/Dis\\_15\\_09\\_2017.pdf](https://ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/Dis_15_09_2017.pdf).

Monochio, c. Andrade, B. R.; R.P. Rodriguez; Moraes, B. S. (2017) Ethanol from biomass: A comparative overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, 743-755. [http://acervo.ufrj.edu.br/jspui/bitstream/1/2066/6/luciana\\_gomes\\_fonseca\\_almeida.pdf](http://acervo.ufrj.edu.br/jspui/bitstream/1/2066/6/luciana_gomes_fonseca_almeida.pdf).

Mota, M.R. et al. (2015) – *Fontes estabilizadas de nitrogênio como alternativa para aumentar o rendimento de grãos e a eficiência de uso do nitrogênio pelo milho*. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 39(2), 512-522. <<https://revistas.rcaap.pt/rca/article/download/25241/19364/107057>>.

Parrella, R. A. C. et al. (2014). *Sorgo do plantio à colheita*. Viçosa: Editora UFV, 275p. [https://ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/ppgca/\\_15\\_09\\_2017.pdf](https://ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/ppgca/_15_09_2017.pdf).

Parrella, R.A.C. et al. (2010) *Desenvolvimento de híbridos de sorgo sensíveis ao fotoperíodo visando alta produtividade de biomassa*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 25p (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 28). [http://www.abms.org.br/cnms2016\\_trabalhos/docs/1163.pdf](http://www.abms.org.br/cnms2016_trabalhos/docs/1163.pdf).

Piracicaba (2020). *Engenharia Sucroalcooleira Etanol De Cana X Etanol De Milho*. <https://www.piracicabaengenharia.com.br/etanol-de-cana-x-etanol-de-milho>.

Reis, A. L. S. et al. (2016). *Second generation ethanol from sugarcane and sweet sorghum bagasses using the yeast Dekkera bruxellensis*. *Industrial Crops and Products*, 92, 255-262, [http://acervo.ufrj.edu.br/jspui/bitstream/1/2066/6/luciana\\_gomes\\_fonseca\\_almeida.pdf](http://acervo.ufrj.edu.br/jspui/bitstream/1/2066/6/luciana_gomes_fonseca_almeida.pdf).

Resende, A. V. et al. (2016). *Adubação maximiza o potencial produtivo do sorgo*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. [http://www.abms.org.br/cnms2016\\_trabalhos/docs/1163.pdf](http://www.abms.org.br/cnms2016_trabalhos/docs/1163.pdf)

Santos et al., (2012). *Rendimento teórico da produção de etanol por hectare de cana processada*. *Bioenergia e biorrefinaria, cana de açúcar e espécies florestais*. 141.

Santos, F. C. et al.(2014). *Efeito da Adubação de Cobertura com Nitrogênio e Potássio na Cultura do Sorgo Biomassa*. Sete Lagoas: Embrapa / Milho e Sorgo; 73) (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento). <<http://repositorio.uft.edu.br>>.

Sebrae. *O que é etanol?* (2016). <https://brt.ifsp.edu.br/phocadownload/userupload/>.

Silva, M. D. (2018) *Produção de etanol de segunda geração por Saccharomyces cerevisiae ATCC 26602 a partir da hidrólise ácida de sabugo de milho (Zea mays L.)*.

Sluiter, B. H. D. Templeton (2008). *Determination of Structural Carbohydrates and Lignin in Biomass*. NREL Laboratory Analytical Procedures for standard biomass. <https://www.nrel.gov/docs/gen/fy13/42618.pdf>

Souza, H. (2018). *Características agronômicas e potencial bioenergético das cultivares de sorgo sacarino e biomassa sob baixa latitude*. <<http://repositorio.uft.edu.br>>.

Streck, E.V. et al. (2008) Solos do Rio Grande do Sul. Emater/RS. 222p

Syngenta (2021). *Culturas energéticas: geração de biocombustíveis a partir de fontes renováveis*. <https://blog.syngentadigital.ag/culturas-energeticas-geracao-de-biocombustivel-partir-de-fontes-renovaveis/>.