

**CRESCIMENTO, FISIOLOGIA E PRODUÇÃO DE GENÓTIPOS DE
GERGELIM SOB NÍVEIS DE ADUBAÇÃO ORGANOMINERAL**

SAINT-CLEAR SENA E SANTOS

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA

**CAMPINA GRANDE – PB
MARÇO DE 2016**

CRESCIMENTO, FISIOLOGIA E PRODUÇÃO DE GENÓTIPOS DE GERGELIM SOB NÍVEIS DE ADUBAÇÃO ORGANOMINERAL

SAINT-CLEAR SENA E SANTOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, da Universidade Estadual da Paraíba / Embrapa Algodão, como parte das exigências para obtenção do título de Mestrado em Ciências Agrárias/ Área de concentração: Energias Renováveis e Biocombustíveis.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes

**CAMPINA GRANDE – PB
MARÇO DE 2016**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

z

S237c Santos, Saint-Clear Sena e.
Crescimento, fisiologia e produção de genótipos de gergelim sob níveis de adubação organomineral [manuscrito] / Saint-Clear Sena e Santos. - 2016.
77 p. : il.

Digitado.
Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, 2016.
"Orientação: Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa".

1. Sesamum indicum L. 2. Gergelim. 3. Biofertilizante. 4. Nutrição. I. Título.

21. ed. CDD 633.85

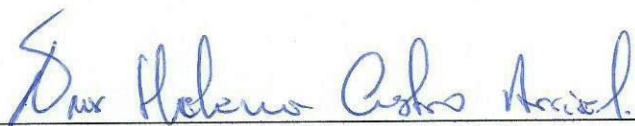
**CRESCIMENTO, FISIOLOGIA E PRODUÇÃO DE GENÓTIPOS DE
GERGELIM SOB NÍVEIS DE ADUBAÇÃO ORGANOMINERAL**

SAINT-CLEAR SENA E SANTOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, da Universidade Estadual da Paraíba / Embrapa Algodão, como parte das exigências para obtenção do título de Mestrado em Ciências Agrárias/ Área de concentração: Energias Renováveis e Biocombustíveis.

Aprovada em 11 de Março de 2016

Banca Examinadora:



Dra. Nair Helena Castro Arriel (D. Sc., Produção Vegetal) – Embrapa Algodão



Prof. Carlos Henrique S. Gadelha Meneses (D. Sc., Biotecnologia Vegetal) – UEPB



**Prof. Pedro Dantas Fernandes (D. Sc., Solos e Nutrição de Plantas) – UEPB
Orientador**

DEDICO

Aos meus pais, **Ivan Vicente** e **Fátima Sena**, que sempre me apoiaram e incentivaram nos meus estudos, para que eu pudesse conquistar mais um degrau em minha caminhada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado a vida, força de vontade, inteligência e ter iluminado o meu caminho na luta contra os obstáculos surgidos durante o Curso de Mestrado em Ciências Agrárias, proporcionando assim a sua conclusão;

Aos meus pais Ivan Vicente dos Santos e Maria de Fátima França de Sena e Santos, por terem me educado e dado oportunidade de avançar cada vez mais em meus estudos, mostrando o valor da educação e me incentivando a sempre seguir em frente;

A minha esposa Hanna Carolina Viana Dantas e Santos pelo incentivo, companheirismo, apoio e, sobretudo, pela paciência durante essa jornada;

A minha irmã Lydia Maria Sena Lima e Santos, que sempre compartilhou comigo e me deu forças para seguir em frente;

Aos meus familiares e aos amigos Alde e Carlos pelo incentivo e estímulo durante esse período;

Ao meu orientador Prof. Pedro Dantas Fernandes, pelos ensinamentos, dedicação e paciência com que me orientou;

Aos colegas Josely e Antônio pelo suporte durante esse período; e aos discentes Emerson, Josué, Samuel e Victor por todo o apoio durante a condução do experimento em campo;

Ao corpo docente, técnico administrativo e discente do Mestrado em Ciências Agrárias da UEPB, pelo apoio e orientação recebidos ao longo desses 24 meses;

Aos colegas de trabalho da UEPB – Campus II – Lagoa Seca/PB, na pessoa dos diretores Suenildo Josémo e Messias Firmino, pela compreensão e apoio;

Aos membros da banca, Dra. Nair Helena Castro Arriel e Carlos Henrique Salvino Gadelha Meneses, pelas contribuições;

Enfim, agradeço a todos que de maneira direta e indireta contribuíram para a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADO!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO	16
2. OBJETIVOS	18
2.1. Geral	18
2.2. Específicos	18
3. REVISÃO DE LITERATURA	19
3.1. A cultura do gergelim: aspectos gerais	19
3.2. Importância socioeconômica	20
3.3. Nutrição do gergelim	22
3.3.1. Adubação mineral	23
3.3.2. Adubação organomineral	24
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	27
4.1. Localização.	27
4.2. Fatores em estudo, tratamentos e delineamento estatístico.....	28
4.3. Adubo organomineral e solução estoque.....	29
4.4. Irrigação.....	32
4.5. Semeadura, tratos culturais e colheita.....	32
4.6. Variáveis avaliadas.....	33
4.7. Análises estatísticas.....	35
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
5.1. Fenologia.....	36
5.2. Crescimento.....	39
5.2.1. Altura média de planta (AP).....	43

5.2.2. Altura média de inserção do primeiro fruto (AIPF).....	46
5.2.3. Diâmetro médio caulinar (DC).....	47
5.2.4. Número médio de ramos por planta (NRP).....	50
5.2.5. Número médio de folhas por planta (NFP).....	53
5.3. Parâmetros fisiológicos.....	55
5.4. Componentes de produção.....	58
5.4.1. Número médio de frutos por planta (NFRP).....	60
5.4.2. Peso médio de frutos por planta (PFP).....	63
5.4.3. Peso médio de sementes por planta (PSP).....	64
5.4.4. Peso médio de 1000 sementes (P1000).....	65
6. CONCLUSÕES.....	67
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68
APÊNDICES	

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Cultura do gergelim no Brasil, nas grandes Regiões e nos Estados do Nordeste.....	22
Tabela 2. Atributos físico-hídricos e químicos de amostras de solo do local da pesquisa, em duas profundidades. Lagoa Seca, PB.....	28
Tabela 3. Composição química percentual dos insumos orgânicos e minerais utilizados para formulação da solução e respectivas quantidades (kg) para o preparo de 200 litros do adubo organomineral para aplicação na área do ensaio com gergelim. Lagoa Seca, PB 2014/2015.....	30
Tabela 4. Volumes de solução estoque utilizados por aplicação em função dos tratamentos no ensaio experimental com 2 genótipos de gergelim. Lagoa Seca, PB 2014/2015.....	31
Tabela 5. Média fenológica de genótipos de gergelim ‘BRS Seda’ e ‘Preto’ sob níveis de adubação organomineral via fertirrigação por gotejamento. Campina Grande - PB, 2016.....	36
Tabela 6. Resumo da análise de variância e contrastes para as variáveis fenológicas em plantas de gergelim ‘BRS Seda’ e ‘Preto’ em níveis de adubação organomineral e mineral, via fertirrigação por gotejamento. Campina Grande - PB, 2016.....	37
Tabela 7. Intervalos e médias das fases fenológicas de genótipos de gergelim ‘BRS Seda’ e ‘Preto’ nos níveis de adubação organomineral e mineral, via fertirrigação por gotejamento. Campina Grande - PB, 2016.	39
Tabela 8. Resumo da análise de variância e contrastes para as variáveis: altura média de planta (AP), diâmetro médio caulinar (DC), número médio de folhas (NFP), número médio de ramos (NRP) e altura média de inserção do primeiro fruto (AIPF), em genótipos de gergelim sob níveis de adubação organomineral, ao final do ciclo. Campina Grande - PB, 2016... ..	40
Tabela 9. Resumo da análise de variância e contraste para variáveis de crescimento em genótipos de gergelim sob níveis de adubação organomineral e mineral, ao longo do ciclo da cultura. Campina Grande - PB, 2016.	41
Tabela 10. Equações referentes à altura média de planta em função do desenvolvimento de genótipos de gergelim nos diferentes níveis de adubação organomineral e mineral. Campina Grande - PB, 2016.....	46
Tabela 11. Equações referentes ao diâmetro médio caulinar em função do desenvolvimento de genótipos de gergelim nos diferentes níveis de adubação organomineral e mineral. Campina Grande - PB, 2016.....	50
Tabela 12. Equações referentes ao número médio de ramos por planta em genótipos de gergelim nos diferentes níveis de adubação organomineral e mineral. Campina Grande - PB, 2016.....	53

Tabela 13. Equações referentes ao número médio de folhas por planta em genótipos de gergelim nos diferentes níveis de adubação organomineral e mineral. Campina Grande - PB, 2016.....	55
Tabela 14. Resumo da análise de variância e contraste para as variáveis: concentração interna de CO ₂ (<i>C_i</i>), transpiração (<i>E</i>), condutância estomática (<i>g_s</i>), fotossíntese líquida (<i>A</i>), eficiência instantânea da carboxilação (<i>E_{iC}</i>) e eficiência instantânea no uso da água (<i>E_{iUA}</i>), em genótipos de gergelim nos diferentes níveis de adubação organomineral e mineral. Campina Grande - PB, 2016.....	56
Tabela 15. Resumo da análise de variância e contrastes para as variáveis: número médio de frutos (NFRP), peso médio de frutos (PFRP), peso médio de sementes (PSP) e peso médio de 1000 sementes (P1000), em genótipos de gergelim sob níveis de adubação organomineral. Campina Grande - PB, 2016.....	59
Tabela 16. Equações referentes ao número médio de frutos por planta em genótipos de gergelim nos diferentes níveis de adubação organomineral e mineral. Campina Grande - PB, 2016.....	62

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fenologia do gergelim ‘BRS Seda’ e ‘Preto’. Campina Grande - PB, 2016.....	38
Figura 2. Altura média de planta em genótipos de gergelim submetidos à adubação organomineral e mineral. Campina Grande - PB, 2016.....	43
Figura 3. Altura média de planta em função do desenvolvimento vegetativo de genótipos de gergelim. Campina Grande - PB, 2016.....	45
Figura 4. Altura média de inserção do primeiro fruto em genótipos de gergelim. Campina Grande - PB, 2016.....	47
Figura 5. Diâmetro médio caulinar em genótipos de gergelim submetidos a adubação organomineral e mineral. Campina Grande - PB, 2016.....	48
Figura 6. Diâmetro médio caulinar em função do desenvolvimento vegetativo de genótipos de gergelim. Campina Grande - PB, 2016.....	49
Figura 7. Número médio de ramos produtivos em genótipos de gergelim submetidos à adubação organomineral e mineral. Campina Grande - PB, 2016.....	51
Figura 8. Número médio de ramos por planta em função do desenvolvimento vegetativo de genótipos de gergelim. Campina Grande - PB, 2016.....	52
Figura 9. Número médio de folhas por planta em função do desenvolvimento vegetativo de genótipos de gergelim. Campina Grande - PB, 2016.....	54
Figura 10. Concentração média de CO ₂ (Ci) em genótipos de gergelim submetidos à adubação organomineral e mineral. Campina Grande - PB, 2016.....	57
Figura 11. Número médio de frutos por planta em genótipos de gergelim submetidos à adubação organomineral e mineral. Campina Grande - PB, 2016.....	60
Figura 12. Número médio de frutos por planta em função do desenvolvimento vegetativo de genótipos de gergelim. Campina Grande - PB, 2016.....	61
Figura 13. Peso médio de frutos por planta em genótipos de gergelim submetidos à adubação organomineral e mineral. Campina Grande - PB, 2016.....	63
Figura 14. Peso médio de sementes por planta em genótipos de gergelim submetidos à adubação organomineral e mineral. Campina Grande - PB, 2016.....	64
Figura 15. Peso médio de 1000 sementes em genótipos de gergelim submetidos à adubação organomineral e mineral. Campina Grande - PB, 2016.....	65

LISTA DE ABREVIATURAS

- AP – Altura de planta
DC – Diâmetro caulinar
NFP – Número de folhas por planta
NRP – Número de ramos por planta
AIPF – Altura de inserção do primeiro fruto
NFRP – Número de frutos por planta
PFRP – Peso de fruto por planta
PSP – Peso de semente por planta
P1000 – Peso de mil sementes
C_i – Concentração interna de CO₂
E – Transpiração
g_s – Condutância estomática
A – Fotossíntese líquida
E_{iC} – Eficiência instantânea da carboxilação
E_{iUA} – Eficiência instantânea do uso da água

RESUMO

SANTOS, SAINT-CLEAR SENA E M.Sc, Universidade Estadual da Paraíba / Embrapa Algodão, março de 2016. **Crescimento, fisiologia e produção de genótipos de gergelim sob níveis de adubação organomineral.** Campina Grande - PB, 2016. 77p. Dissertação (Pós-Graduação em Ciências Agrárias). Orientador: Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes.

O gergelim é uma oleaginosa muito cultivada em regiões tropicais, por sua boa adaptação a lugares secos, constituindo-se uma alternativa de exploração em áreas semiáridas pelo grande potencial econômico da cultura, tanto no mercado nacional como internacional. Suas sementes (ricas em óleo) podem ser utilizadas em diferentes setores, como gastronomia, biocombustíveis, cosméticos, medicamentos e defensivos agrícolas. Visando a desenvolver tecnologia para o cultivo da espécie em sistemas agrícolas da agricultura familiar, foi realizado este trabalho, objetivando-se avaliar variáveis de crescimento, fisiologia e produção de dois genótipos de gergelim ('BRS Seda' e gergelim 'Preto'), variando os níveis de adubação organomineral, via fertirrigação. Os genótipos foram cultivados em condições de campo, em área agrícola do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais/UEPB, em Lagoa Seca-PB. Foram estudados cinco níveis de adubação organomineral (0, 30, 60, 90 e 120% da exigência nutricional da cultura), à base de vinhoto de cana-de-açúcar e um tratamento adicional contendo adubação mineral (100% da exigência da cultura). Portanto, foram dois fatores: 2 genótipos de gergelim e 5 níveis de adubação, com 2 tratamentos adicionais ($2 \times 5 + 2$), perfazendo 12 tratamentos, no delineamento experimental em blocos ao acaso, com 4 repetições, totalizando 48 parcelas. Foram avaliadas as seguintes variáveis: fenologia (germinação / crescimento vegetativo, floração, frutificação, maturação / colheita), fisiologia (transpiração, condutância estomática, fotossíntese líquida, concentração interna de CO₂, eficiência instantânea do uso de água e de carboxilação) e componentes de crescimento e de produção (altura de planta, altura de inserção do primeiro fruto, diâmetro caulinar, número de ramos por planta, número e peso de frutos por planta, peso de sementes por planta e peso de 1000 sementes). Os dados foram avaliados por análise de variância (teste F), submetendo-se os relacionados ao fator níveis de adubação a análises dos

componentes de regressão polinomial, já os relacionados a genótipos foram analisados por comparação de médias pelo teste Tukey ($p < 0,05$). Em relação à fenologia, foi constatada diferença cronológica nos períodos de início da floração e início da frutificação dos genótipos de gergelim ‘BRS Seda’ e ‘Preto’. As variáveis de crescimento altura média de planta, diâmetro médio caulinar e número médio de ramos por planta, variaram positivamente em função da adubação organomineral à base de vinhoto de cana de açúcar. Em relação aos parâmetros fisiológicos, apenas a variável concentração interna de CO_2 (C_i) foi afetada pelos níveis de adubação organomineral. Os componentes de produção número médio de frutos, peso médio de frutos, peso médio de sementes e peso médio de 1000 sementes, das duas cultivares foram favorecidos pela adubação organomineral. Por fim, ressalta-se que o nível de 120% de adubação organomineral proporcionou aos genótipos de gergelim ‘BRS Seda’ e ‘Preto’, nas variáveis estudadas, resultados superiores aos alcançados com a adubação exclusivamente mineral.

Palavras chave: *Sesamum indicum* L, biofertilizante, ‘BRS Seda’, nutrição.

ABSTRACT

SANTOS, SAINT-CLEAR SENA E M.Sc, Universidade Estadual da Paraíba / Embrapa Algodão, March 2016. **Growth, physiology and production of Sesame genotypes under organomineral fertilizer levels.** Campina Grande, PB, 2016. 77p. Dissertation (Graduate Agricultural Sciences). Major professor: Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes.

Sesame is one of the most grown oilseeds in tropical regions, because of its good adaptation to drought. It is an alternative for semi-arid areas for its great economic potential in both domestic and international markets. Its seeds (rich in oil) can be used in different sectors such as food, biofuel, cosmetics, pharmaceuticals and agrochemicals. This work was carried out to develop technology for the cultivation of this species in agricultural systems of family farming, and to evaluate growth variables, physiology and production of two sesame genotypes ('BRS Seda' and sesame 'Preto'), with varying organic-fertilizer levels, through fertirrigation. The genotypes were grown under field conditions in the agricultural area of Centro de Ciências Agrárias e Ambientais/UEPB, in Lagoa Seca-PB. Five levels of organic-fertilizer (0, 30, 60, 90 and 120% of the nutritional requirements of the culture) were studied based on stillage from sugarcane and one additional treatment containing mineral fertilizer (100% of crop requirement). Thus, there were two factors: 2 sesame genotypes and five fertilizer levels, with 2 additional treatments ($2 \times 5 + 2$), totaling 12 treatments. The experimental design was randomized blocks, with four replications, totaling 48 plots. Plant growth variables (plant height, insertion height of the first fruit, stem diameter, number of branches per plant), phenology (germination / vegetative growth, flowering, fruiting, maturity / harvest), physiology (transpiration, stomatal conductance, net photosynthesis, internal CO₂ concentration, instantaneous efficiency of water use and carboxylation) and production components (number of branches per plant, number and weight of fruits per plant, seed weight per plant and weight of 1000 seeds) were evaluated. The data were evaluated by analysis of variance, then the data related to fertilization levels factor were analyzed by polynomial regression; however the data related to genotypes were analyzed by comparison of means by Tukey test ($p < 0,05$). Regarding to phenology chronological, difference was found in

the periods of early flowering and early fruiting of sesame genotypes 'BRS Seda' and 'Preto'. The growth variables of plant height, stem diameter and number of branches per plant, positively varied depending on the organomineral fertilizer based on sugar cane stillage. In relation to physiological parameters, only the variable internal CO₂ concentration (C_i) was affected by organic-fertilizer levels. Production components of number of fruits, fruit weight, seed weight and weight of 1000 seeds of the two cultivars were favored by organic-fertilizer. Finally, it is noteworthy that the level of 120% of organic-fertilizer provided to the sesame genotypes 'BRS Seda' and 'Preto' superior results to those achieved with only mineral fertilizer.

Keywords: *Sesamum indicum* L, biofertilizers, 'BRS Seda', nutrition.

1. INTRODUÇÃO

O gergelim (*Sesamum indicum* L.) é uma das dez principais oleaginosas do mundo e uma das primeiras espécies domesticadas pelo homem, tendo como principal produto a semente, com elevado valor nutricional para alimentação humana e propriedades medicinais. As sementes do gergelim são fontes de vitaminas (complexo B), ricas em minerais (cálcio, fósforo, magnésio, sódio, zinco e selênio), óleo (50%) composto por ácidos graxos insaturados (40% de oléico e 41% de linoleico) e substâncias antioxidantes como a sesamina, a sesamolina e o tocoferol que conferem resistência à rancificação (QUEIROGA et al., 2009a).

Embora a produção do gergelim seja inferior à da maioria das oleaginosas cultivadas, tais como soja, coco, dendê, amendoim, girassol e mamona, o seu cultivo tem grande potencial de exploração, ao alcance de pequenos e médios produtores, por exigir práticas agrícolas simples e de fácil assimilação (ARRIEL et al., 2007).

O cultivo do gergelim possibilita a diversificação agrícola a partir da exploração de uma cultura com potencialidades econômicas, agrônômicas e sociais, em decorrência de suas características de tolerância à seca e facilidade de manejo. Mediante o avanço do conhecimento, vários esforços estão sendo direcionados para a criação e/ou adaptação de tecnologias que promovam elevação nos índices de produtividade das culturas, principalmente na Região Nordeste, em virtude de suas limitações climáticas, especialmente a questão pluviométrica (BELTRÃO et al., 2013).

Na região semiárida do Nordeste brasileiro há limitações de produção agrícola, em virtude de suas particularidades físico-ambientais, como alta evapotranspiração, solos de baixa fertilidade, dentre outros aspectos. Entretanto, com o manejo adequado de irrigação e de adubação nessas áreas, pode-se conseguir aumento na produção das culturas (COSTA et al., 2012). Uma alternativa para melhorar as qualidades físicas e químicas do solo é com insumos orgânicos, que inclusive podem aumentar a capacidade de retenção de água.

Em relação aos aspectos nutricionais, a adubação organomineral, à base de vinhoto da cana-de-açúcar, ativa a microbiota do solo, acelerando a decomposição e humificação de materiais secos e melhora a estrutura física do solo, tornando-o mais solto e arejado, ao mesmo tempo em que lhe dá maior capacidade de retenção de água. O vinhoto aumenta e diversifica a microbiota do solo, promovendo também o surgimento de organismos maiores, como as minhocas, que auxiliam na fertilização do solo (ORTIZ, 2006).

Perin et al. (2010) relatam que a planta de gergelim possui elevada resistência estomática, transpirando menos em períodos críticos e conferindo resistência à seca, sendo esta uma de suas principais características fisiológicas. Segundo Melo et al. (2010), o estudo de parâmetros fisiológicos como resistência estomática e fluorescência da clorofila 'a' são de fundamental importância no esclarecimento de efeitos das condições nutricionais sobre a eficiência fotossintética das plantas.

Outro mecanismo aplicado para verificação dos efeitos ocasionados à planta pelo ambiente são as trocas gasosas. FERRAZ et al. (2012) citam que a avaliação das trocas gasosas é uma importante ferramenta na determinação de adaptação e estabilidade de plantas a determinados ecossistemas, porque a redução no crescimento e consequente redução na produtividade das plantas, podem estar relacionadas à redução na atividade fotossintética, limitada por fatores abióticos intrínsecos ao local de cultivo.

Assim, propostas que venham a discutir o estado da arte do gergelim, no tocante a cultivares adaptadas e produtivas, técnicas de consórcio, aspectos envolvendo a nutrição das plantas, são de suma importância para o sucesso do cultivo dessa oleaginosa nas condições do semiárido (BELTRÃO et al., 2013).

Nesse sentido, estudos que promovam o desenvolvimento de alternativas que venham a suprir as necessidades nutricionais da cultura do gergelim e possibilitem um maior crescimento vegetativo, bem como maximize a produção de sementes, são de extrema relevância. Uma alternativa para atender essas necessidades nutricionais seria por meio da utilização de adubação organomineral a base de vinhoto de cana-de-açúcar, o qual é um resíduo da indústria sucroalcooleira, rico em macro e micronutrientes. Para Silvestre et al. (2014), a utilização da vinhaça na agricultura evita a poluição do meio ambiente, uma vez que se trata de um resíduo poluidor e, caso não seja destinada corretamente, pode contaminar rios e lagos.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

- Avaliar o crescimento, trocas gasosas e produção de genótipos de gergelim ‘BRS Seda’ e ‘Preto’, sob diferentes níveis de adubação organomineral, à base de vinhoto de cana-de-açúcar, via fertirrigação.

2.2. Específicos

- Testar um fertilizante organomineral que atendam as necessidades nutricionais das variedades ‘BRS Seda’ e ‘Preto’;
- Avaliar o crescimento e a produção de genótipos de gergelim submetidos a diferentes níveis de adubação organomineral à base de vinhoto de cana-de-açúcar;
- Avaliar os aspectos fisiológicos relativos às trocas gasosas em genótipos de gergelim sob influência de adubação organomineral;
- Caracterizar as fases fenológicas do gergelim, nas condições edafoclimáticas de área do agreste paraibano, em função da aplicação de diferentes níveis de adubação organomineral via fertirrigação;
- Identificar a dose do fertilizante organomineral que maximize a produção dos genótipos de gergelim em estudo;
- Comparar os efeitos da adubação organomineral sobre a produção do gergelim em relação à adubação mineral, atendendo 100% da necessidade das plantas.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. A cultura do gergelim: aspectos gerais

O gergelim (*Sesamum indicum L.*), família Pedaliácea, é uma das plantas oleaginosas mais antigas e usadas pela humanidade, sendo considerado como continente de origem a África, onde se encontra a maioria das espécies silvestres do gênero *Sesamum*, estando na Ásia a maior riqueza de formas e variedades das espécies cultivadas. No Brasil, o gergelim foi introduzido por navegantes portugueses no século XVI, momentos depois do início da colonização, com sementes provenientes de colônias indianas. A introdução ocorreu na região Nordeste, onde foi tradicionalmente plantado para consumo local, recebendo a denominação inicial de gergelly (ARRIEL et al., 2009; BELTRÃO et al., 2013).

A planta do gergelim possui grande heterogeneidade de características morfológicas, podendo ser anual ou perene, com 0,50 a 3,00 m de altura, de caule ereto, com ou sem ramificações, com ou sem pelos e sistema radicular pivotante. As folhas são alternadas ou opostas, sendo as da parte inferior da planta adulta mais largas, irregularmente dentadas ou lobadas, ao passo que as da parte superior são lanceoladas. As flores são completas e axilares, variando de 1 a 3 por axila foliar. O fruto é uma cápsula alongada, pilosa, deiscente (abrem-se ao atingir a maturação) ou indeiscente, de 2 a 8 cm de comprimento, dependendo da variedade. As sementes são pequenas, variando a cor entre o branco e o preto, com peso de 1000 sementes variando de 2 a 4 g, dependendo da cultivar e do ambiente (BELTRÃO e VIEIRA., 2001). É uma planta de fácil cultivo com cultivares de ciclo rápido, entre 90 e 130 dias (QUEIROGA et al., 2009a).

A cultura é considerada tolerante à seca, podendo produzir de 350 kg ha⁻¹ a 500 kg ha⁻¹ em locais de precipitação de 300 mm, bem distribuídas ao longo do ciclo da planta. Porém, a faixa ótima se situa entre 500 e 650 mm. As temperaturas ideais para o crescimento e desenvolvimento da planta situam-se entre 25 °C e 30 °C, inclusive para germinação das sementes. Requer solos de textura mediana, com oxigênio no nível de 10 a 15%, relevo plano ou

suave ondulado e com boa capacidade de armazenamento de água. A planta também prefere solos profundos com textura franca, bem drenados e de boa fertilidade natural (macro e micronutrientes), com pH em torno da neutralidade, na faixa de 5,7 até 7,7, com um valor ótimo em torno de 7,0 (ARRIEL et al., 2009; SILVA et al., 2014)

O incremento da exploração comercial do gergelim no Nordeste teve início em 1986, após redução drástica no cultivo do algodão, embora seja explorado há mais de 60 anos na Região Centro-Sul do País, especialmente no Estado de São Paulo, para atender ao segmento agroindustrial oleaginoso e de alimentos *in natura* (ARRIEL et al., 2007). Nessa região, a exploração vem ocorrendo em localidades com altitudes variando entre 180 m e 722 m, e com precipitação média anual superior a 500 mm. Em tais condições, podem-se alcançar rendimentos, em média, de 2 a 3 vezes superiores aos alcançados em outros países produtores de gergelim (ARRIEL et al., 2009).

No entanto, Beltrão et al. (2013), citam que alguns fatores têm limitado a expansão da cultura, em especial para o Brasil, destacando-se, dentre eles, a falta de tecnologias apropriadas ao cultivo mecanizado, principalmente na época da colheita, restringindo seu cultivo a pequenas áreas de agricultura tradicional. Para Jasse (2013), esta oleaginosa é uma “*excelente alternativa para a diversificação agrícola, pela ampla adaptabilidade da cultura às condições edafoclimáticas de clima quente, bem como, nível de resistência à seca e facilidade de cultivo*”.

3.2. Importância socioeconômica

O gergelim tem grandes potencialidades de exploração econômica. Nesse cenário favorável, em áreas semiáridas de todo o mundo, a cultura surge como fonte de energia renovável, com a finalidade de suprir as necessidades de preservação das diversas formas de vida, além de apresentar grande importância social, devido às possibilidades de exploração, tanto nos mercados nacional quanto internacional, configurando uma cultura potencial para o agronegócio brasileiro (BELTRÃO et al., 2013).

A cultura do gergelim vem ganhando espaço no paladar dos brasileiros, principalmente pela crescente demanda por alimentos funcionais. Nas últimas três décadas, o consumo interno passou de mil toneladas por ano para 10.500 toneladas por ano, devido à instalação das redes de ‘fast food’ no País, atingindo, nos últimos 40 anos, um crescimento de 550% na demanda mundial de produtos a base de gergelim. O Brasil produz cerca de 10 mil toneladas de gergelim, o que corresponde a menos de 1% da produção mundial, chegando a importar 50% do que consome. Atualmente, a área plantada é de apenas oito mil hectares, concentrados

principalmente na região Centro-Oeste, que detém em torno de 70% da produção nacional, sendo o Estado de Goiás o maior produtor (EMBRAPA, 2014).

Segundo Jasse (2013), o grande potencial econômico do gergelim está no óleo oriundo das sementes, de elevada qualidade, com aplicação em diversos ramos da indústria alimentícia e óleo-química. A semente do gergelim é considerada alimento ideal para diminuir a acidez do sangue, aumentar a atividade e o reflexo cerebral, combater as doenças venéreas e fortalecer a pele. Corroborando com essa informação, Furtado et al. (2014) afirmam que, para a indústria alimentícia, o óleo do gergelim tem qualidade superior ao das demais oleaginosas cultivadas para a mesma finalidade.

O gergelim é uma alternativa de grande importância socioeconômica, pois gera renda e trabalho para a população da zona rural (MAIA FILHO et al., 2013). Para Beltrão et al. (2013), a tendência desta cultura é ascender no mercado dos cereais devido à sua demanda, pela descoberta nutritiva de variados produtos, devido às novas tecnologias de produção e às novas variedades cada vez mais produtivas e indeiscentes, facilitando a colheita totalmente mecanizada.

Na Tabela 1 estão informações relacionadas ao cultivo do gergelim no Brasil e em suas regiões, com destaques para os estados do Nordeste brasileiro, constatando-se o grande número de unidades agrícolas nesta região, uma evidência do predomínio de exploração em estabelecimentos da agricultura familiar. Os estados Ceará, Piauí, Bahia e Paraíba se sobressaem na região Nordeste, ainda em quantitativos de unidades agrícolas.

Geralmente, a cultura de gergelim predomina em sistemas de produção de pequena escala, que utilizam a mão-de-obra familiar e, normalmente, é consorciado com milho ou feijão, servindo de fonte alternativa de renda, tornando-se uma boa opção agrícola por exigir manejo simples e de fácil aprendizagem (JASSE, 2013). Essa oleaginosa pode ser inserida nos sistemas tradicionais de cultivo (convencional e plantio direto), bem como, no sistema de produção agroecológico, tanto por sua tolerância à seca, quanto pela facilidade de cultivo, além de ter um alto potencial produtivo, em sucessão, rotação e consorciação com outras culturas (PERIN et al., 2010).

Na perspectiva de substituição da agricultura convencional pela orgânica, a cadeia produtiva do gergelim, além de ecologicamente sustentável, pode ser uma cadeia produtiva solidária, que preserva os recursos naturais, gerando inclusão social e um produto final diferenciado (MAIA FILHO et al., 2013). Ao adquirir os conhecimentos tecnológicos relativos às atividades produtivas do gergelim, os agricultores familiares estão habilitados em gerar um produto de alta qualidade que permite atender as exigências do mercado (QUEIROGA et al., 2014).

Tabela 1. Cultura do gergelim no Brasil, nas grandes Regiões e nos Estados do Nordeste.

Brasil, Grande Região e Unidade da Federação	Variáveis				
	Número de estabelecimentos agropecuários (Unidades)	Quantidade produzida (Toneladas)	Quantidade vendida (Toneladas)	Valor da produção (Mil Reais)	Área colhida (Hectares)
Brasil	3.161	843	579	1.428	2.262
Norte	333	34	7	44	164
Nordeste	2.496	429	222	616	1.330
Sudeste	97	118	101	216	224
Sul	50	46	45	218	32
Centro-Oeste	185	215	203	334	506
Maranhão	123	33	27	34	44
Piauí	516	43	8	70	266
Ceará	966	98	53	195	333
Rio Grande do Norte	136	13	7	23	52
Paraíba	239	27	17	53	132
Pernambuco	82	13	3	45	32
Alagoas	9	3	3	6	11
Sergipe	-	-	-	-	-
Bahia	425	199	103	189	299

Fonte: Adaptado de Beltrão et al. (2013).

Na região semiárida, o gergelim pode ser uma alternativa viável para agricultores, ganhando destaque pelas perspectivas das potencialidades econômicas, uma vez que fornece matéria-prima para diversos produtos de diferentes áreas, como gastronomia, biocombustíveis, cosméticos, medicamentos e defensivos agrícolas (ARAÚJO et al., 2014). Devido ao aumento da demanda interna e externa por gergelim, surgem ótimas oportunidades para sua exploração, principalmente por sua aplicabilidade nos diversos ramos da indústria, devido ao alto teor de óleo das sementes, superior a 50%, elevada estabilidade química e serem ricas em vitaminas e minerais (vitamina B, fósforo, ferro, ômega 3, fibra e cálcio) (EMBRAPA, 2014).

3.3. Nutrição do gergelim

As plantas de gergelim extraem do solo 50 kg ha⁻¹ de N, 14 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 60 kg ha⁻¹ de K₂O para produzir 1.000 kg ha⁻¹ de sementes, portanto, são elevadas as quantidades de potássio (K) e de nitrogênio (N) extraídas do solo, variável com o volume da produção, do

estado nutricional, da variedade utilizada e da parte da planta colhida. Até o trigésimo dia após o plantio, absorve pouco NPK, porém, a exigência da planta por estes nutrientes cresce rapidamente, e alcança a demanda máxima de nitrogênio aos 74 dias, de fósforo dos 60 aos 90 dias e de potássio depois do 35º dia, crescendo até o final do ciclo (BELTRÃO e VIEIRA, 2001; ARRIEL et al., 2007).

O potássio é o nutriente mais requerido pela planta, e manejá-lo de forma adequada torna-se imprescindível para se alcançar altos rendimentos produtivos e econômicos da cultura. Já o nitrogênio é o segundo nutriente mais exigido pelo vegetal, sendo o mineral que mais limita o crescimento da planta (COSTA et al., 2012). Em solos arenosos e pobres em matéria orgânica, podem ocorrer deficiências de micronutrientes, principalmente boro (B) e zinco (Zn) (ARRIEL et al., 2009).

3.3.1. Adubação mineral

Para que um genótipo possa externar todo seu potencial produtivo é necessário que o solo forneça nutrientes em quantidade adequada (BELTRÃO et al., 2013). As recomendações de correção de solo e de adubação para a cultura do gergelim devem ser feitas com base em resultados de análises química e física do solo, realizadas em amostras retiradas da camada arável (ARRIEL et al., 2007).

A adubação aplicada ao solo favorece o suprimento de nutrientes necessários às plantas, além de contribuir para a permeabilidade e infiltração da água, melhorando as condições físicas e químicas do solo. Nessa perspectiva, os nutrientes minerais surgem com a função específica e essencial de atender as necessidades do metabolismo das culturas, garantindo seu potencial de produção (LIMA, 2011).

Objetivando-se maximizar a produtividade do gergelim, se faz necessário manejar a cultura de forma correta, contribuindo para atingir seu potencial produtivo. Para isso, é fundamental conhecer as necessidades de consumo de água e nutrientes da cultura, uma vez que o correto manejo da água e da adubação possibilita aumentar a produtividade, bem como a rentabilidade das lavouras (BELTRÃO et al., 2013).

Aliando-se as duas necessidades essenciais para as culturas (água e nutrientes), uma alternativa viável para fornecer os nutrientes às plantas, de forma eficiente, é por fertirrigação (PINTO e FEITOSA FILHO, 2009). A disponibilização de fertilizantes minerais e orgânicos para o vegetal via irrigação resulta em ganhos econômicos compensadores, uma vez que há economia de água, energia e mão-de-obra, além de ocasionar aumento na produtividade (MAROUELLI e SILVA, 2012).

A adubação do gergelim é, possivelmente, o assunto mais discutido e controvertido da cultura, com resultados positivos em determinados locais e cultivares; e negativos em outras situações, mostrando a complexidade e a grande dificuldade de se entender as relações solo, planta e atmosfera desta pedaliácea. A correta adubação das culturas aumenta a produtividade agrícola e a rentabilidade das lavouras, embora represente um custo significativo para o agricultor (NOBRE, 2007).

A prática de arrancar a cultura no momento da colheita, implica em maior exportação de nutrientes da área onde foi cultivada, representando a saída de quase 97% dos nutrientes extraídos do solo, implicando mais em seu empobrecimento. Desse total, é baixo o percentual correspondente aos frutos, cerca de 33% a 60% do NPK extraído. Para garantir a produtividade de plantios posteriores, essas quantidades de nutrientes precisam ser repostas pela adubação (ARRIEL et al., 2007).

Em termos econômicos, a adubação mineral influencia diretamente no valor do produto final, visto que boa parte dos fertilizantes são importados, além de sua aplicação no solo necessitar de um maior esforço operacional, aumentando, assim, os custos finais de produção (GOMES et al., 2014).

3.3.2. Adubação organomineral

O gergelim é uma cultura que se adapta bem em regiões semiáridas, reconhecidas pelo baixo teor de matéria orgânica dos solos. Devido ao alto custo dos insumos sintéticos e ao baixo poder aquisitivo da maioria dos pequenos agricultores, há necessidade de serem testadas novas alternativas orgânicas e de fácil acesso ao produtor, tais como os adubos orgânicos (MAIA FILHO et al., 2013).

Os fertilizantes orgânicos são os adubos mais antigos empregados na agricultura, provenientes de resíduos de origens animal e vegetal. Já os adubos químicos ou minerais são os que passam por processamento industrial. A mistura entre esses dois tipos de fertilizantes dão origem aos adubos organominerais (CIANCIO, 2010). De acordo com Junek et al. (2014), os fertilizantes organominerais são produzidos pela associação entre fontes orgânicas (frutas, dejetos de animais e compostos orgânicos) e fontes minerais (fertilizantes solúveis e agrominerais).

Os fertilizantes organominerais, comparativamente aos fertilizantes minerais, têm como vantagem o fato de serem formados com resíduos que são passivos ambientais de outros sistemas de produção, em consonância com a atual política nacional de resíduos sólidos, valorizando o reaproveitamento e a agregação de valor aos resíduos sólidos. A utilização de adubação

organomineral reduz as emissões de gases de efeito estufa, representando ganhos ambientais em relação ao uso dos resíduos *in natura* (JUNEK et al., 2014).

Dentre os diversos insumos para a composição de um fertilizante organomineral, destaca-se a vinhaça ou vinhoto, oriunda da indústria sucroalcooleira (fermentação do mosto e destilação). Para Silvestre et al. (2014), o Brasil, grande produtor de cana-de-açúcar, destina em média 67% de sua produção para fabricação de etanol e 33% para a produção de açúcar. Com a expansão das indústrias sucroalcooleiras, surge uma preocupação sobre a geração de vinhaça, resíduo proveniente da fabricação de álcool etílico que, se não for destinado corretamente, pode contribuir para a poluição, contaminando rios e lagos. Ainda segundo esses autores, os resíduos gerados pelas destilarias correspondem, em média, a 80 milhões de toneladas de bagaço e 200 milhões/m³ de vinhaça, ou seja, para cada litro de álcool produzido são gerados em média 12 litros de vinhaça.

Apesar de ser um dos piores efluentes do processo, responsável por mais de 60% da carga poluidora de uma destilaria, a vinhaça é rica em organominerais e sua utilização tem sido largamente ampliada nas lavouras de cana-de-açúcar, em substituição parcial ou total à adubação mineral (FÓRUM BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS, 2008). Também conhecida como vinhoto, a vinhaça é um líquido turvo de odor característico, com coloração variando de amarelo âmbar ao pardo escuro, constituído por elementos químicos como Mn, Cu, Zn, Fe, S, Mg, Ca, P, N, C, principalmente Potássio (K), que pode substituir fertilizantes químicos na produção vegetal (SILVESTRE et al., 2014).

Após digestão metanogênica, a vinhaça se transforma em um biofertilizante líquido de grande valor biológico, que, ao ser aplicado ao solo, contribui, quase instantaneamente, para melhorar a sua fertilidade (ORTIZ, 2006). Nesse sentido, uma solução para minimizar os impactos ambientais causados pela vinhaça seria sua utilização como adubo organomineral, fornecendo nutrientes ao solo, elevando a acidez, evitando erosões, aumentando a taxa de infiltração, além de elevar a capacidade do solo de reter água e formar agregados (SILVESTRE et al., 2014).

Em termos de pesquisas com adubação organomineral na cultura do gergelim, Lima et al. (2013), estudando o rendimento produtivo do gergelim sob diferentes níveis de irrigação na presença e ausência de biofertilizante bovino, constataram que a interação irrigação e biofertilizante bovino elevou a capacidade produtividade do gergelim cultivado em recipiente plástico com capacidade de 50 L. Já Barbosa et al. (2010), avaliando o comportamento fisiológico do gergelim cultivar 'BRS Seda' sob cultivo orgânico, observaram que a matéria orgânica e o biofertilizante aplicado ao solo influenciaram significativamente no crescimento do

gergelim, proporcionando aumento nas suas taxas de crescimento relativo em altura e diâmetro, à medida que se elevou os níveis de matéria orgânica no solo e teores de biofertilizante.

Nessa perspectiva, Maia Filho et al. (2013), comprovaram que a elevação do teor de matéria orgânica no solo produz efeitos significantes em todas as variáveis de crescimento do gergelim ‘BRS Seda’, ao avaliarem o crescimento e a fisiologia dessa variedade de gergelim sob cultivo orgânico,.

A adubação organomineral a base de vinhoto de cana-de-açúcar no cultivo do gergelim é algo novo, embora venha apresentando resultados excelentes em outras culturas, tais como os alcançados por Dalri et al. (2014), que registraram aumento na produtividade de feijão com o uso da vinhaça concentrada como biofertilizante, e os de Basso et al. (2013), que utilizaram vinhaça como fonte alternativa de potássio, além de avaliarem possíveis alterações em atributos químicos do solo, alcançando resultados excelentes, apontando a vinhaça como alternativa tecnicamente viável para utilização na lavoura, principalmente por ser uma forma de descarte desse resíduo.

Sendo assim, excelentes resultados podem ser alcançados na cultura do gergelim com a utilização de adubação organomineral a base de vinhoto de cana-de-açúcar, tendo em vista que a planta de gergelim responde bem à adubação quando há carência de nutrientes no solo, promovendo crescimento vegetativo e produção de sementes. Nesse sentido, a busca de alternativas orgânicas sustentáveis que não degradem o meio ambiente podem promover, de forma sustentável, o cultivo do gergelim orgânico.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Localização

O experimento foi desenvolvido em condições de campo durante a estação seca de novembro de 2014 a fevereiro de 2015, em área agrícola pertencente ao Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA), Campus II da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), em Lagoa Seca-PB, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude 7° 09' S; longitude 35° 52' W e altitude de 634 m.

O clima do local da pesquisa, segundo a classificação de Köppen, é do tipo AS, ou seja, tropical com estação seca, com médias anuais de temperatura em torno de 22 °C sendo a mínima de 19 °C e a máxima de 28 °C. A pluviosidade média anual é superior a 700 mm, com maiores índices pluviométricos concentrados nos meses de abril a agosto; a evapotranspiração de referência média anual é de 500 mm e umidade relativa média anual de 85% (QUEIROZ, 2013). Durante o período de condução do experimento, a pluviosidade total foi de 31 mm (nov/14 - 12,6 mm; dez/14 - 12,0 mm; jan/15 - 6,4 mm; fev/15 - 0,0 mm).

O solo da área do experimento, classificado como Neossolo Regolítico Eutrófico (EMBRAPA, 2009a), é declivoso (até 15%), profundo, de textura arenosa, com boa drenagem e de fertilidade moderada (Tabela 2).

Tabela 2. Atributos físico-hídricos e químicos de amostras de solo do local da pesquisa, em duas profundidades. Lagoa Seca, PB

Características físico-hídrica	Unidade	Profundidade (cm)	
		0 a 20	20 a 40
Areia	.g kg ⁻¹	871,07	884,47
Silte	.g kg ⁻¹	87,13	73,70
Argila	.g kg ⁻¹	41,80	41,80
Classificação textural	-	Franco-arenoso	Franco-arenoso
Densidade do solo (ds)	.g cm ⁻³	1,49	1,48
Densidade das Partículas (dp)	.g cm ⁻³	2,75	2,73
Porosidade (ε)	%	45,84	45,62
Umidade na Capacidade de Campo (10,13 kPa) (CC)	.g kg ⁻¹	95,93	121,50
Umidade no Ponto de Murchamento (1519,87 kPa) (PM)	.g kg ⁻¹	50,53	51,53
Água Disponível (AD)	.g kg ⁻¹	45,40	69,97

Características químicas (complexo sortivo)	Unidade	Profundidade (cm)	
		0 a 20	20 a 40
Cálcio – Ca	.cmol _c dm ⁻³	3,50	3,10
Magnésio – Mg	.cmol _c dm ⁻³	2,53	2,12
Sódio – Na	.cmol _c dm ⁻³	0,02	0,02
Potássio – K	.cmol _c dm ⁻³	0,26	0,19
Soma de bases – S	.cmol _c dm ⁻³	6,28	5,44
Hidrogênio	.cmol _c dm ⁻³	2,07	2,47
Alumínio	.cmol _c dm ⁻³	0,00	0,07
Capacidade de troca catiônica	.cmol _c dm ⁻³	8,34	8,14
Carbonato de Cálcio Quantitativo	%	Ausência	Ausência
Carbono orgânico	G kg ⁻¹	1,19	0,93
Matéria Orgânica - M.O.	G kg ⁻¹	2,05	1,61
Nitrogênio – N	.g kg ⁻¹	0,11	0,09
Fósforo assimilável – P	mg dm ⁻³	5,64	5,49
pH em água (1:2,5)	-	6,14	6,01
Condutividade elétrica suspensão solo-água (1:2,5) (CEsa)	dS m ⁻¹	0,14	0,13

Fonte: Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas – UFCG

4.2. Genótipos, fatores em estudo, tratamentos e delineamento estatístico

No experimento foram utilizados a cultivar de gergelim ‘BRS Seda’ e uma linhagem de coloração de sementes ‘Preto’ (*S. indicum* L.), provenientes da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA Algodão). De acordo com Suassuna (2013), Arriel et al. (2009), e Beltrão et al. (2013), a cultivar ‘BRS Seda’ é tolerante às principais doenças do gergelim, possui porte médio (155 cm), hábito de crescimento ramificado, cápsulas deiscentes, ciclo precoce de 85 a 89 dias, e início de floração aos 35 dias, sementes de coloração branca, com teor de óleo entre 50-53% do peso de suas sementes. Com este genótipo tem sido obtida produção de 2.300 kg ha⁻¹ de grãos em regime irrigado e com práticas adequadas de manejo. A linhagem de gergelim ‘Preto’ tem porte baixo (125 cm), hábito de crescimento bastante ramificado, ciclo médio de 100 dias, início de floração aos 29 dias, 01 fruto por axila e as sementes são de cor preta, com peso médio de 1000 sementes de 2,8 g e teor de óleo entre 48 e 50% do peso das sementes.

Foram estudados dois fatores, 2 genótipos de gergelim e 5 níveis de adubação organomineral, à base de vinhoto de cana-de-açúcar (T1=0%, T2=30%, T3=60%, T4=90% e T5=120% da exigência nutricional da cultura), e um tratamento adicional contendo adubação mineral (Ta=100% da exigência nutricional da cultura), nos dois genótipos, resultando em 12 tratamentos, no esquema fatorial $2 \times 5 + 2$, em blocos ao acaso, com 4 repetições, totalizando 48 parcelas. Os níveis de adubação seguiram a recomendação (50-80-20) para a cultura do gergelim (CAVALCANTI, 1998). A solução organomineral foi parcelada em doze aplicações, aos 15, 18, 21, 24, 27, 30, 33, 36, 39, 42, 45 e 48 dias após a emergência (DAE), período este que compreende o crescimento vegetativo até o início da floração do gergelim.

A parcela experimental foi constituída de três linhas com 3 m de comprimento, contendo 10 plantas por metro espaçadas a cada 10 cm, totalizando 3 m² de área por parcela, com espaçamento de 1 m entre linhas. A linha central foi considerada como área útil (onde foram realizadas avaliações periodicamente em 10 plantas no centro da linha), deixando-se as demais como bordaduras. Cada bloco foi composto de 12 parcelas experimentais, distribuídas em uma área de 18 m de comprimento por 6 m de largura.

4.3. Adubo organomineral e solução estoque

O adubo organomineral foi preparado considerando os níveis recomendados de adubação NPK (50-80-20) para a cultura do gergelim e foi formulado de acordo com a metodologia, e exigências nutricionais da espécie, contidas em Santos et al. (1982) e Cavalcanti (1998). Com auxílio da ferramenta SOLVER do Microsoft Office Excel, foi elaborada uma planilha, com base na composição dos diferentes ingredientes orgânicos e fertilizantes minerais (Tabela 3).

O preparo da solução organomineral foi realizado em duas etapas. Na primeira, os ingredientes orgânicos foram misturados a água em um reservatório de 220 L, onde passaram por fermentação aeróbica. Após estabilização, iniciou-se a segunda etapa, com acréscimo dos fertilizantes minerais, misturando-os até completa solubilização, tendo-se assim, a solução estoque. Na Tabela 4 estão descritos os volumes de solução estoque e os quantitativos dos macro e micronutrientes disponibilizados às plantas, por aplicação do biofertilizante.

Tabela 3. Composição química percentual dos insumos orgânicos e minerais utilizados para formulação da solução e respectivas quantidades (kg) para o preparo de 200 litros do adubo organomineral para aplicação na área do ensaio com gergelim. Lagoa Seca, PB 2014/2015.

Nutrientes	Composição química dos ingredientes utilizados na formulação da solução organomineral											Recomendação de adubação kg/360m ²
	Vinhoto	Melaço	Sangue	Leite	MAP ⁽³⁾	CuSO ₄	ZnSO ₄	MnSO ₄	FeSO ₄	Ac. Bórico	SAM ⁽⁴⁾	
	-----%-----											
Macronutrientes ⁽¹⁾												
N	0,012	0,800	2,550	5,370	11,000	-	-	-	-	-	19,600	1,440
P	0,005	0,210	0,047	0,680	60,000	-	-	-	-	-	-	2,304
K	0,040	2,190	0,191	1,470	-	-	-	-	-	-	-	0,576
Micronutrientes ⁽²⁾												
Zn	-	0,003	-	0,011	-	-	35,500	-	-	-	-	0,015
Fe	-	0,020	0,035	0,001	-	-	-	-	20,000	-	-	0,387
Mn	0,001	0,004	-	-	-	-	-	36,380	-	-	-	0,062
Cu	-	0,006	-	0,002	-	25,000	-	-	-	-	-	0,016
B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17,000	-	0,023
Quantidade (kg) dos ingredientes utilizados na formulação de 200 L de solução												
	161,454	20,000	5,000	5,000	3,696	0,036	0,076	0,159	2,065	0,179	2,334	

Fonte: ⁽¹⁾-Cavalcanti (1998); ⁽²⁾-Santos et al. (1982). ⁽³⁾-MAP=Fosfato monoamônio. ⁽⁴⁾-SAM= Sulfato de amônia.

Tabela 4. Volumes de solução estoque utilizados por aplicação em função dos tratamentos no ensaio experimental com 2 genótipos de gergelim. Lagoa Seca, PB 2014/2015.

Tratamento	% da dose recomendada	Volume da solução estoque (L) utilizado/aplicação	Quantidade (kg) do nutriente por aplicação							
			SAM ⁽¹⁾	MAP ⁽²⁾	KNO ₃	ZnSO ₄	FeSO ₄	MnSO ₄	CuSO ₄	Ac. Bórico
T1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T2	30	1,000	0,0072	0,0115	0,0029	0,0002	0,0019	0,0003	0,0001	0,0001
T3	60	2,000	0,0144	0,0230	0,0058	-	0,0039	0,0006	0,0001	0,0002
T4	90	3,000	0,0216	0,0346	0,0086	-	0,0058	0,0009	0,0002	0,0003
T5	120	4,000	0,0288	0,0461	0,0115	0,0006	0,0077	0,0012	0,0005	0,0005
Ta ⁽³⁾	100	-	0,0240	0,0384	0,0096	0,0005	0,0065	0,0010	0,0002	0,0004

⁽¹⁾-SAM= Sulfato de amônia; ⁽²⁾-MAP=Fosfato monoamônio; ⁽³⁾-Ta= Adubação Mineral.

4.4. Irrigação

Em função dos tratamentos, os volumes da solução estoque foram diluídos em 15 L de água, injetados no sistema de irrigação através do injetor do tipo Venturi e disponibilizados às plantas por gotejamento, com linhas de derivação do tipo fita gotejadora com 16 mm de diâmetro e emissores a cada 20 cm. A vazão média dos emissores, em litros por metro e por hora, foi determinada em condições de campo, durante a pressurização do sistema com auxílio de um motor-bomba [Marca Dancor, 3 CV, trifásico, CAM W14, centrífuga, altura manométrica máxima de coluna de água (mca) de 41 m, vazão mínima de $8,6 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ (40 mca) e máxima de $14,8 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ (34 mca), sem considerar as perdas por atrito]. Nos quatro blocos experimentais foram escolhidos, aleatoriamente, dez gotejadores para o teste de vazão, constatando-se a média de $2,53 \text{ L h}^{-1}$.

A primeira irrigação foi um dia antes do semeio, objetivando-se elevar a umidade do solo à capacidade de campo (CC). Os volumes das irrigações posteriores foram aplicados de acordo com a necessidade da cultura, variando o volume em função da evapotranspiração de referência (ET_o) e do balanço hídrico climatológico e foram calculados estimando-se o coeficiente cultural (K_c) para o valor 1,0 ($K_c = ET_c/ET_o$). Para a estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o), foi adotada a metodologia de Penman e Monteith (FAO56) (Allen et al., 1998). A irrigação foi suspensa aproximadamente aos 80 DAE.

4.5. Semeadura, tratos culturais e colheita

As sementes, fornecidas pela Embrapa Algodão passaram, previamente, por seleção rigorosa, pré-limpeza e ventilação, eliminando-se as defeituosas. A semeadura foi realizada no dia 06/11/2014 manualmente em sulcos rasos (2 cm de profundidade) e contínuos, colocando-se em torno de 30 sementes por metro linear (ARRIEL et al., 2009).

O desbaste foi realizado em solo úmido, logo após a irrigação, em duas etapas: inicialmente, quando as plantas estavam com 4 folhas, deixando-se 20 plantas por metro; e quando alcançaram 12 cm a 15 cm de altura, esse número foi reduzido a 10 plantas por metro, totalizando 30 plantas por fila (ARRIEL et al., 2009). O controle de plantas invasoras ocorreu sempre que necessário.

A colheita das sementes se deu em etapas, acontecendo à medida que os primeiros frutos adquiriram coloração amarelada ou sinais de mudança da coloração verde para marrom claro, conforme orientações de Arriel et al. (2009). Após o corte das plantas, os frutos permaneceram no interior da casa de vegetação em média de 15 a 20 dias para completa secagem.

Em todo o período experimental houve controle de insetos pragas, utilizando-se de quebra-ventos, óleo e folhas de ‘neem’, extrato de folha de mamona e uso de manipueira. Os principais insetos pragas foram: formigas saúvas (*Atta spp*), cachorro d’água (*Gryllotalpidae*), pulgão (*Aphis sp.*) e mosca-branca (*Bemisia tabaci*). Os genótipos utilizados nos estudos são considerados resistentes a doenças, porém as principais doenças que incidiram sobre a cultura foram: cercosporiose, considerada a principal doença do gergelim no Brasil, juntamente com a murcha-de-fusarium (ARRIEL et al., 2009). Para controle dessas doenças, eliminaram-se as plantas portadoras, uma vez que a incidência foi mínima.

4.6. Variáveis avaliadas

Fenologia e crescimento

Visando-se aos estudos de duração das fases fenológicas do gergelim, foram realizadas, diariamente, vistorias nas plantas úteis das parcelas experimentais para se identificar as diferentes fases fenológicas dos genótipos de gergelim utilizados no trabalho. O número de dias foi determinado a partir da média aritmética dos resultados registrados durante o experimento, adaptando-se critérios contidos em Rincón e Salazar (1997; Queiroz, 2013) e considerando:

- Fase I: Germinação / Crescimento vegetativo – compreendida a partir da germinação das plântulas no campo até o dia anterior à emissão do primeiro botão floral;
- Fase II: Floração – compreendida a partir do surgimento dos primeiros botões florais, até o início da formação das cápsulas;
- Fase III: Frutificação – formação dos primeiros frutos até o início de maturação dos frutos;
- Fase IV: Maturação / Colheita – período de maturação e colheita dos frutos.

Na área útil da parcela foram avaliados: altura média de planta (AP), altura média de inserção do primeiro fruto (AIPF), diâmetro médio caulinar (DC), número médio de ramos por planta (NRP) e número médio de folhas por planta (NFP). As avaliações foram realizadas aos 20, 30, 40, 50, 60, 70 e 100 dias após a emergência das plantas (DAE). A ‘AP’ foi medida em cm, entre o colo da planta e a gema localizada na extremidade do ramo mais alto, com auxílio de uma trena fixada em um cano de PVC rígido; a ‘AIPF’ foi medida em cm, entre o colo da planta e a axila foliar de aparecimento do fruto, utilizando-se uma trena; o ‘DC’ foi medido em mm, no colo da planta, com a utilização de um paquímetro digital; para determinação do ‘NRP’, foram

contados todos os ramos existentes nos vegetais acima de 3 cm de comprimento; e para determinação do 'NFP', foram consideradas todas as folhas totalmente desenvolvidas acima de 3 cm de comprimento. Após aplicação de teste para constatar a normalidade dos dados, verificou-se que o número médio de folhas não apresentava distribuição normal, sendo necessária sua transformação para \sqrt{x} .

Parâmetros fisiológicos

Foram avaliadas as variáveis de trocas gasosas, determinando-se a transpiração (E) ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (gs) ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), fotossíntese líquida (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 (C_i) ($\mu\text{mol mol}^{-1}$), e foram estimadas a eficiência instantânea do uso da água ($EiUA$) pela relação A/E [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$], e de carboxilação (EiC) pela relação A/C_i [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$]. As avaliações de trocas gasosas foram realizadas com um equipamento IRGA (Infra Red Gas Analyser, modelo LCpro – SD, da ADC Bioscientific, UK), sob densidade de fluxo de fótons fotossintéticos de $1.800 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (SUASSUNA, 2013).

Os parâmetros de trocas gasosas foram medidos entre 8 e 10 horas da manhã, em folhas completamente expandidas e não sombreadas, escolhendo-se o terceiro ou o quarto par de folhas da porção superior das plantas, contadas do ápice para a base, com preferência por aquelas mais largas (SUASSUNA, 2013). As avaliações das variáveis fisiológicas no gergelim foram realizadas aos 50, 65 e 70 dias após a emergência.

Componentes de produção

Foram avaliadas, por planta útil, as seguintes variáveis de produção: número e peso de frutos por planta (NFRP e PFRP), peso médio de sementes por planta (PSP) e peso de 1000 sementes (P1000) (BRASIL, 2009). Para obtenção do 'NFRP' foram contados todos os frutos produzidos nas unidades vegetais. As avaliações foram realizadas nas plantas úteis de cada parcela por ocasião da colheita e secagem natural dos frutos. Após o corte das plantas, os frutos foram acondicionados em sacos de papel, mantidos abertos, e conduzidos até o interior da casa de vegetação para completa secagem. Os frutos foram separados por genótipo e por nível de adubação. Após 15 a 20 dias, foram pesados e separados das sementes, as quais foram ventiladas e pesadas para determinação da respectiva produção. Em seguida, foram contadas aleatoriamente 1000 sementes e realizado passagem para determinação do P1000.

4.7. Análises estatísticas

Os procedimentos estatísticos dos dados obtidos foram realizados pelo programa SISVAR 5.1 ($p < 0,05$) (FERREIRA, 2008). Os dados foram submetidos à análise de variância com ‘teste F’ e, quando verificado efeito significativo para níveis de adubação organomineral, as médias foram submetidas a análise de regressão polinomial. Para os genótipos, foi realizada comparação de médias pelo teste de Tukey e por meio de contrastes ortogonais com teste t (5 e 1% de probabilidade) para a interação Fatorial vs Adicional.

Os contrastes foram realizados nos dois genótipos, entre o tratamento adicional e os tratamentos de adubação organomineral à base de vinhoto de cana de açúcar (TB x TaG1 + TaG2). Primeiro foram realizados os contrastes entre o tratamento adicional (Ta) na cultivar ‘BRS Seda’ (G1) e os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5 de ambos os genótipos. Posteriormente, foi contrastado o tratamento adicional no gergelim ‘Preto’ (G2) com os tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5 de ambos os genótipos.

Após aplicação do teste de normalidade (Shapiro-Wilk, $p < 0,05$) e constatação de distribuição anormal nos dados obtidos, foi realizada a transformação destes em $\text{Log } x$; \sqrt{x} ; $1/\sqrt{x}$; e $1/x$ para alcançar a normalidade (PIMENTEL-GOMES, 2000).

As curvas de desenvolvimento dos genótipos de gergelim em função das leituras realizadas, foram ajustados pelos modelos logísticos [$y = a / (1 + \exp(b - cx))^{(1/d)}$], [$y = a / (1 + b * \exp(-cx))$] e [$y = \exp(a + b/x + \ln(x))$] pelo programa CurveExpert 1.4 (HYAMS, 2010).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Fenologia

Na Tabela 5, encontram-se os resultados médios referentes às fases fenológicas dos genótipos de gergelim cultivar ‘BRS Seda’ e linhagem ‘Preto’ nos diferentes níveis de adubação organomineral e mineral, via fertirrigação por gotejamento. O conhecimento da fenologia das espécies, de suas fases de crescimento vegetativo e reprodutivo, torna possível o entendimento dos ciclos e fornece informações úteis para se avaliar a adaptabilidade das espécies (RÊGO et al., 2006).

Durante a fase I, ambos os genótipos demonstraram o mesmo desenvolvimento, com germinação média aos 4 dias após a semeadura (DAS). Nas fases II e III, merece destaque a cultivar ‘Preto’, a qual iniciou sua floração e frutificação respectivamente, aos 34 e 44 DAS, demonstrando ser, das espécies em estudo, a mais precoce nessas duas fases, uma vez que as flores e os frutos da cultivar ‘BRS Seda’ só vieram a surgir aos 39 e 50 DAS, respectivamente. Na fase IV, a cultivar ‘BRS Seda’ se sobressaiu, completando seu ciclo em média aos 98 DAS, enquanto o gergelim ‘Preto’ iniciou sua maturação / colheita por volta dos 100 DAS. Para Gomes et al. (2008), a observação do vegetal promove conhecimento das diferentes fases de sua vida, desde a germinação da semente até a senescência da planta, proporcionando o conhecimento da duração das diferentes fases fenológicas.

Tabela 5. Média fenológica de genótipos de gergelim ‘BRS Seda’ e ‘Preto’ sob níveis de adubação organomineral via fertirrigação por gotejamento. Campina Grande - PB, 2016.

FASE FENOLÓGICA	‘BRS SEDA’ DAS ¹	‘PRETO’ DAS ¹
FASE I: INÍCIO DA GERMINAÇÃO	4	4
FASE II: INÍCIO DA FLORAÇÃO	39	34
FASE III: INÍCIO DA FRUTIFICAÇÃO	50	44
FASE IV: INÍCIO DA MATURAÇÃO / COLHEITA	98	100

1-DAS: Dias após a semeadura.

Estudando fenologia em gergelim (cultivar CNPA G4), Severino et al. (2004) observaram início da floração entre 35 e 60 dias após a emergência das plântulas, sendo que cerca de 50% das plantas estavam floradas aos 45 dias após a emergência. A colheita teve início no 85º dia após a emergência, com ciclo de 120 dias entre germinação e maturação dos frutos. Já Grilo Jr et al. (2015), em estudo sobre o crescimento, desenvolvimento e produtividade do gergelim ‘BRS Seda’ a nível de campo e irrigado por gotejamento, concluíram que a germinação teve início no quarto dia após a sementeira, finalizando apenas no 6º dia, enquanto a floração teve início no 35º dia após a emergência e a maturação dos frutos, por sua vez, iniciou-se no 75º dia após a emergência, terminando aos 90 dias. Segundo Arriel et al. (2009), e Beltrão et al. (2013), a cultivar ‘BRS Seda’ inicia a floração aos 35 dias e com ciclo precoce de 85 a 89 dias e o gergelim ‘Preto’ inicia sua floração aos 29 dias e ciclo médio de 100 dias.

Na Tabela 6 estão os resultados da análise de variância e o contraste entre os tratamentos de adubação organomineral em função do tratamento adicional para as variáveis fenológicas: início da germinação (IG); início da floração (IF); início da frutificação (IFR); e início da maturação / colheita (IM/C) dos genótipos ‘BRS Seda’ e ‘Preto’ submetidos à adubação organomineral e mineral. Apenas os dados referentes a IF e IFR tiveram diferença significativa entre cultivares (Tukey a 5%).

Tabela 6. Resumo da análise de variância e contrastes para as variáveis fenológicas em plantas de gergelim ‘BRS Seda’ e ‘Preto’ em níveis de adubação organomineral e mineral, via fertirrigação por gotejamento. Campina Grande - PB, 2016.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		IG	IF	IFR	IM/C
Biofertilizante (B)	4	0,10 ^{ns}	1,33 ^{ns}	3,53 ^{ns}	7,08 ^{ns}
Genótipo (G)	1	0,02 ^{ns}	207,02 ^{**}	348,10 ^{**}	19,60 ^{ns}
B x G	4	0,02 ^{ns}	8,71 ^{ns}	1,41 ^{ns}	17,91 ^{ns}
TB vs TaG1 + TaG2	1	0,20 ^{ns}	0,15 ^{ns}	7,70 ^{ns}	10,83 ^{ns}
G1 x G2	1	0,00 ^{**}	6,12 ^{ns}	136,12 ^{**}	28,12 ^{ns}
G1		3,95a	38,75a	50,00a	98,65a
G2		3,90a	34,20b	44,10b	100,05a
Tratamentos	11	0,06 ^{ns}	23,04 ^{ns}	46,52 ^{**}	14,41 ^{ns}
Blocos	3	0,29 ^{ns}	4,38 ^{ns}	8,57 [*]	5,18 ^{ns}
Resíduo	33	0,14	9,55	2,57	7,62
CV (%)		9,84	8,47	3,40	2,77
Média geral		3,89	36,50	47,22	99,56

IG: início da germinação; IF: início da Floração; IFR: início da Frutificação; IM/C: início da Maturação / Colheita; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação; TaG1: tratamento adicional na cultivar ‘BRS Seda’; TaG2: tratamento adicional no gergelim ‘Preto’; TB: tratamentos a base de solução organomineral; ^{ns}, não significativo, ^{*}, significativo a 5% e ^{**}, significativo a 1% de probabilidade pelo teste ‘F’; G1 e G2 genótipos ‘BRS SEDA’ e ‘PRETO’, respectivamente.

Não houve influencia significativa ($p>0,05$) para os níveis de adubações organomineral e mineral sobre os genótipos de gergelim ‘BRS Seda’ e ‘Preto’. Porém, a comparação de média (Tukey a 5%) para os genótipos, ocorreu diferença significativa nas fases fenológicas de início da floração e início da frutificação, sendo a cultivar ‘BRS Seda’ a mais tardia (Figura 1). Essas características são próprias de ambas as cultivares (ARRIEL et al., 2009; BELTRÃO et al., 2013).

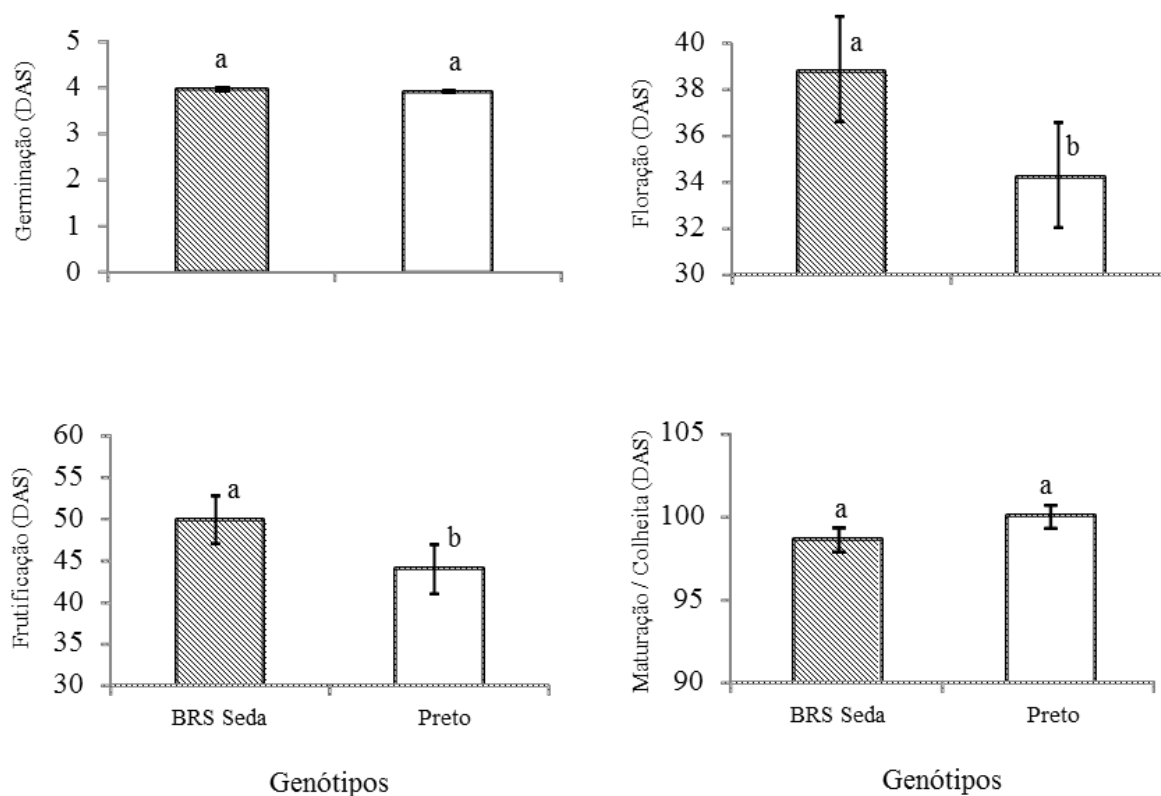


Figura 1. Fenologia do gergelim ‘BRS Seda’ e ‘Preto’. Campina Grande - PB, 2016.

Na Tabela 7, são apresentados os intervalos e médias fenológicas de desenvolvimento dos genótipos de gergelim ‘BRS Seda’ e ‘Preto’. Em ambos os genótipos a germinação ocorreu entre três e quatro dias após a semeadura, com germinação total até o 4º dia, destacando-se que a variedade ‘Preto’, em quatro de seis parcelas, iniciou sua germinação no 3º dia. A fase de floração na cultivar ‘BRS Seda’ teve início entre o 33º e o 47º DAS, já no gergelim ‘Preto’ o intervalo de floração ocorreu do 31º ao 41º DAS. A fase de frutificação na cultivar ‘BRS Seda’ foi do 46º ao 53º DAS e do 43º ao 47º DAS no genótipo ‘Preto’. A maturação / colheita apresentou variação de 91 a 105 e de 95-104 DAS, respectivamente nas cultivares ‘BRS Seda’ e ‘Preto’. Por meio desses resultados, pode-se perceber a precocidade do genótipo ‘Preto’ nas fases de germinação, floração e frutificação.

Tabela 7. Intervalos e médias das fases fenológicas de genótipos de gergelim ‘BRS Seda’ e ‘Preto’ nos níveis de adubação organomineral e mineral, via fertirrigação por gotejamento. Campina Grande - PB, 2016.

GENÓTIPOS	TRAT.	FASE FENOLÓGICA							
		FASE I (DAS ¹)		FASE II (DAS ¹)		FASE III (DAS ¹)		FASE IV (DAS ¹)	
		INTERV.	MÉDIA	INTERV.	MÉDIA	INTERV.	MÉDIA	INTERV.	MÉDIA
BRS SEDA	T1	4	4	34-41	39	47-50	49	96-103	99
	T2	4	4	35-41	38	47-52	50	95-99	97
	T3	4	4	34-41	39	46-52	50	97-102	100
	T4	3-4	4	33-47	38	49-52	51	91-103	96
	T5	4	4	40-41	40	50-52	51	99-104	101
	Ta ²	3-4	4	33-42	38	52-53	52	100-105	103
PRETO	T1	4	4	33-40	35	43-47	45	98-100	99
	T2	3-4	4	33-40	35	43-47	45	98-104	101
	T3	3-4	4	31-33	33	43-45	44	95-100	98
	T4	3-4	4	34-40	36	43-47	45	98-104	102
	T5	4	4	33-34	33	43-47	45	100-103	101
	Ta ²	3-4	4	34-41	36	43-46	44	96-100	99

1-DAS: Dias após a semeadura; 2-Ta: tratamento adicional de adubação mineral.

5.2. Crescimento

Na Tabela 8, encontra-se o resultado da análise de variância e contrastes entre os tratamentos de adubação organomineral em função do tratamento adicional (TB vs TaC1 + TaC2) para todas as variáveis de crescimento avaliadas nos genótipos de gergelim ‘BRS Seda’ e ‘Preto’ ao final do ciclo da cultura, por volta dos 100 dias após a emergência. É possível constatar efeito significativo ($p < 0,05$) dos níveis de adubação organomineral nas seguintes variáveis: altura média de planta (AP), diâmetro médio caulinar (DC) e número médio de ramos (NRP). Porém, o número médio de folhas (NFP) e a altura média de inserção do primeiro fruto (AIPF) não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$).

Dentre as cultivares, apenas as variáveis altura média de planta (AP), diâmetro caulinar (DC) e a altura média de inserção do primeiro fruto (AIPF) diferiram significativamente (Tukey a 5%). No que diz respeito a interação adubação organomineral versus genótipo, não foi identificada diferença significativa para nenhuma das variáveis em estudo. Foi encontrado efeito significativo ($p < 0,05$) para o contraste entre os tratamentos a base de adubação organomineral e o tratamento adicional, composto por adubação mineral, apenas nas variáveis AP, DC, NFP e NRP.

Tabela 8. Resumo da análise de variância e contrastes para as variáveis: altura média de planta (AP), diâmetro médio caulinar (DC), número médio de folhas (NFP), número médio de ramos (NRP) e altura média de inserção do primeiro fruto (AIPF), em genótipos de gergelim sob níveis de adubação organomineral, ao final do ciclo. Campina Grande - PB, 2016.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio				
		Altura	Diâmetro	N.Folhas ¹	N. Ramos	Alt.P. Fruto
Biofertilizante (B)	4	781,24**	20,07**	8,02 ^{ns}	21,10**	114,67 ^{ns}
Linear	1	2965,09**	73,67**	-	76,05**	-
Quadrático	1	69,96 ^{ns}	3,32 ^{ns}	-	0,32 ^{ns}	-
Desvio	2	44,96	1,65	-	4,01	-
Genótipo (G)	1	9369,10**	59,04**	8,58 ^{ns}	9,02 ^{ns}	5622,58**
B x G	4	146,70 ^{ns}	2,55 ^{ns}	2,51 ^{ns}	1,65 ^{ns}	44,45 ^{ns}
TB vs TaG1 + TaG2	1	1412,65**	39,26**	17,84*	28,01**	218,50 ^{ns}
TaG1 vs T1G1	1	41,26 ^{ns}	13,08*	0,09 ^{ns}	0,12 ^{ns}	-
TaG1 vs T1G2	1	1491,94**	3,26 ^{ns}	1,59 ^{ns}	2,00 ^{ns}	-
TaG1 vs T2G1	1	196,51 ^{ns}	9,52 ^{ns}	1,11 ^{ns}	0,50 ^{ns}	-
TaG1 vs T2G2	1	664,84 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,12 ^{ns}	-
TaG1 vs T3G1	1	740,16 ^{ns}	11,95*	7,33 ^{ns}	8,00 ^{ns}	-
TaG1 vs T3G2	1	1028,08*	0,41 ^{ns}	0,47 ^{ns}	21,12*	-
TaG1 vs T4G1	1	824,18 ^{ns}	48,60**	6,80 ^{ns}	15,12 ^{ns}	-
TaG1 vs T4G2	1	317,01 ^{ns}	7,29 ^{ns}	1,46 ^{ns}	24,50*	-
TaG1 vs T5G1	1	1168,37*	42,45**	7,22 ^{ns}	18,00*	-
TaG1 vs T5G2	1	70,21 ^{ns}	28,69**	14,07 ^{ns}	55,12*	-
TaG2 vs T1G1	1	2178,00**	19,87*	6,23 ^{ns}	0,00 ^{ns}	-
TaG2 vs T1G2	1	2,62 ^{ns}	0,93 ^{ns}	0,86 ^{ns}	1,12 ^{ns}	-
TaG2 vs T2G1	1	2944,51**	15,42*	10,55 ^{ns}	0,12 ^{ns}	-
TaG2 vs T2G2	1	209,10 ^{ns}	0,16 ^{ns}	3,97 ^{ns}	0,00 ^{ns}	-
TaG2 vs T3G1	1	4549,62**	18,48*	24,01*	6,12 ^{ns}	-
TaG2 vs T3G2	1	66,93 ^{ns}	2,21 ^{ns}	2,26 ^{ns}	18,00*	-
TaG2 vs T4G1	1	4754,58**	61,05**	23,05*	12,50 ^{ns}	-
TaG2 vs T4G2	1	503,55 ^{ns}	12,55*	11,56 ^{ns}	21,12*	-
TaG2 vs T5G1	1	5539,30**	54,13**	23,80*	15,12 ^{ns}	-
TaG2 vs T5G2	1	2364,31**	38,41**	35,32**	50,00**	-
G1 x G2	1	1619,65**	0,70 ^{ns}	4,80 ^{ns}	0,12 ^{ns}	1571,92**
G1		158,99a	15,98a	10,68a	6,20a	71,07a
G2		128,38b	13,55b	9,76a	7,15a	47,36b
Tratamentos	11	1464,83**	17,23**	6,67*	11,65**	731,77**
Blocos	3	1057,29**	1,25 ^{ns}	19,32**	16,83**	414,54**
Resíduo	33	123,86	3,00	3,05	3,03	77,18
CV (%)		7,88	12,08	17,55	27,49	15,08
Média geral		141,26	14,36	9,95	6,33	58,26

1-Número médio de folhas transformado em \sqrt{x} ; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação; TaG1: tratamento adicional na cultivar 'BRS Seda'; TaG2: tratamento adicional no gergelim 'Preto'; TB: tratamentos a base de adubação organomineral; ^{ns}, não significativo, *, significativo a 5% e **, significativo a 1% de probabilidade pelo teste 'F'; G1 e G2 genótipos 'BRS SEDA' e 'PRETO', respectivamente.

Os genótipos de gergelim foram avaliados periodicamente e na Tabela 9 estão dispostos os resumos das análises de variância para todas as características avaliadas do 20º ao 70º dias após a emergência (DAE). Não foi possível realizar avaliações após o 71º DAE, pois as plantas se encontravam com ramos muito expandidos impossibilitando a passagem entre as linhas do campo experimental. A avaliação no 100º DAE foi feita por método destrutivo.

Tabela 9. Resumo da análise de variância e contraste para variáveis de crescimento em genótipos de gergelim sob níveis de adubação organomineral e mineral, ao longo do ciclo da cultura. Campina Grande - PB, 2016.

DAE	Fonte de variação	GL	Quadrado médio				
			Altura	Diâmetro	N. Folhas	N. Ramos	N. Frutos
20	Biofertilizante (B)	4	2,76 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,62 ^{ns}	-	-
	Linear	1	-	-	-	-	-
	Quadrático	1	-	-	-	-	-
	Desvio	2	-	-	-	-	-
	Genótipo (G)	1	2,27 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,00 ^{**}	-	-
	B x G	4	5,29 ^{ns}	0,49 ^{ns}	1,12 ^{ns}	-	-
	TB vs TaG1 + TaG2	1	6,27 ^{ns}	0,64 ^{ns}	0,41 ^{ns}	-	-
	G1 x G2	1	1,99 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,50 ^{ns}	-	-
	G1	-	7,29a	2,40a	4,50a	-	-
	G2	-	6,81a	2,30a	4,50a	-	-
	Tratamentos	11	3,88 ^{ns}	0,44 [*]	0,71 ^{ns}	-	-
	Blocos	3	13,08 ^{**}	0,44 ^{ns}	0,36 ^{ns}	-	-
	Resíduo	33	2,79	0,19	0,63	-	-
	CV (%)	-	26,82	19,17	17,86	-	-
	Média geral	-	35,57	2,30	4,45	-	-
30 ¹²³	Biofertilizante (B)	4	0,01 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,002 ^{ns}	-	-
	Linear	1	-	-	-	-	-
	Quadrático	1	-	-	-	-	-
	Desvio	2	-	-	-	-	-
	Genótipo (G)	1	0,00001 [*]	0,001 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	-	-
	B x G	4	0,006 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,001 ^{ns}	-	-
	TB vs TaG1 + TaG2	1	0,06 [*]	0,01 ^{**}	0,01 ^{**}	-	-
	G1 x G2	1	0,01 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,004 ^{ns}	-	-
	G1	-	1,14a	0,46a	0,32a	-	-
	G2	-	1,14a	0,47a	0,31a	-	-
	Tratamentos	11	0,01 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,002 [*]	-	-
	Blocos	3	0,02 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,004 [*]	-	-
	Resíduo	33	0,01	0,002	0,001	-	-
	CV (%)	-	9,28	9,78	10,90	-	-
	Média geral	-	1,12	0,47	0,32	-	-
40	Biofertilizante (B)	4	72,66ns	6,23 [*]	164,99 [*]	3,09ns	-
	Linear	1	-	14,56 [*]	588,61 ^{**}	7,20 [*]	-
	Quadrático	1	-	8,54ns	0,008ns	0,89	-
	Desvio	2	-	0,92	35,13	0,07	-
	Genótipo (G)	1	2,80ns	2,14ns	242,85 [*]	3,25ns	-
	B x G	4	93,46ns	3,47ns	39,76ns	1,20ns	-
	TB vs TaG1 + TaG2	1	488,71 ^{**}	21,46 ^{**}	381,55 ^{**}	5,28ns	-
	G1 x G2	1	91,66ns	0,76ns	272,02 [*]	0,08ns	-
	G1	-	31,31a	8,60a	24,28b	5,85a	-
	G2	-	30,78a	8,14a	29,21a	5,28a	-
	Tratamentos	11	113,42 [*]	5,74 ^{**}	155,94 ^{**}	2,34ns	-
	Blocos	3	87,44ns	0,70ns	140,01ns	8,72 ^{**}	-
	Resíduo	33	48,33	1,79	49,45	1,77	-
	CV (%)	-	23,47	16,60	27,59	24,54	-
	Média geral	-	29,62	8,07	25,48	5,42	-

Tabela 9. Continuidade dos dados da avaliação aos 50, 60 e 70 DAE.

DAE	Fonte de variação	GL	Quadrado médio				
			Altura	Diâmetro	N. Folhas	N. Ramos	N. Frutos
50 ⁴⁵	Biofertilizante (B)	4	180,63 ^{ns}	7,51 ^{ns}	0,05 ^{**}	12,91 ^{**}	0,37 ^{ns}
	Linear	1	-	26,51 ^{**}	0,20 ^{**}	49,61 [*]	-
	Quadrático	1	-	0,65 ^{ns}	0,006 ^{ns}	0,08 ^{ns}	-
	Desvio	2	-	1,44	0,008	0,97	-
	Genótipo (G)	1	194,65 ^{ns}	30,31 ^{**}	0,04 ^{ns}	21,02 ^{**}	25,77 ^{**}
	B x C	4	100,12 ^{ns}	2,69 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,96 ^{ns}	1,25 ^{ns}
	TB vs TaG1 + TaG2	1	1821,22 ^{**}	40,32 ^{**}	0,19 ^{**}	36,03 ^{**}	1,11 ^{ns}
	G1 x G2	1	409,69 ^{ns}	1,31 ^{ns}	0,10 ^{**}	0,50 ^{ns}	7,80 ^{**}
	G1		70,17a	12,07a	1,75a	8,80a	1,68b
	G2		65,76a	10,32b	1,81a	7,35b	3,29a
	Tratamentos	11	322,60 [*]	10,25 ^{**}	0,05 ^{**}	10,27 ^{**}	3,74 ^{**}
	Blocos	3	359,59 ^{ns}	1,62 ^{ns}	0,06 ^{**}	10,74 ^{**}	3,05 [*]
	Resíduo	33	130,40	2,92	0,01	1,84	0,89
	CV (%)		17,51	15,86	6,55	17,69	39,06
	Média geral		65,21	10,78	1,75	7,68	2,42
60 ⁶⁷	Biofertilizante (B)	4	303,35 ^{ns}	19,40 ^{**}	0,04 ^{**}	18,33 [*]	0,001 ^{ns}
	Linear	1	920,24 [*]	74,78 ^{**}	0,17 ^{**}	68,45 ^{**}	-
	Quadrático	1	206,91 ^{ns}	1,41 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,14 ^{ns}	-
	Desvio	2	43,13	0,71	0,001	2,37	-
	Genótipo (G)	1	1317,78 ^{**}	34,67 ^{**}	0,02 ^{ns}	27,22 [*]	0,06 ^{**}
	B x C	4	123,17 ^{ns}	1,34 ^{ns}	0,007 ^{ns}	4,41 ^{ns}	0,0005 ^{ns}
	TB vs TaG1 + TaG2	1	2118,73 ^{**}	44,81 ^{**}	0,21 ^{**}	51,33 ^{**}	0,01 [*]
	G1 x G2	1	141,96 ^{ns}	0,0003 [*]	0,03 ^{ns}	8,00 ^{ns}	0,04 ^{**}
	G1		106,48a	14,26a	2,01a	10,85a	0,24a
	G2		95,01b	12,40b	2,05a	9,20b	0,16b
	Tratamentos	11	480,42 ^{**}	14,77 ^{**}	0,04 ^{**}	16,14 ^{**}	0,01 ^{**}
	Blocos	3	466,53 [*]	-	0,04 [*]	-	0,01 [*]
	Resíduo	33	158,63	3,45	0,01	5,72	0,003
	CV (%)		12,88	14,41	5,14	25,03	27,14
	Média geral		97,77	12,89	2,00	9,56	0,21
70 ⁸	Biofertilizante (B)	4	650,58 ^{**}	10,86 [*]	1382,85 ^{ns}	26,97 ^{ns}	0,08 ^{**}
	Linear	1	2354,34 [*]	36,82 ^{**}	-	103,51 ^{**}	0,31 ^{**}
	Quadrático	1	200,33 ^{ns}	2,82 ^{ns}	-	2,58 ^{ns}	0,004 ^{ns}
	Desvio	2	23,83	1,89	-	0,90	0,0001
	Genótipo (G)	1	6515,25 ^{**}	44,37 ^{**}	1932,10 ^{ns}	84,10 ^{**}	0,11 ^{**}
	B x G	4	132,33 ^{ns}	3,97 ^{ns}	1961,35 ^{ns}	4,72 ^{ns}	0,007 ^{ns}
	TB vs TaG1 + TaG2	1	2109,47 ^{**}	25,76 ^{**}	7912,01 [*]	57,03 [*]	0,27 ^{**}
	G1 x G2	1	315,38 ^{ns}	5,07 ^{ns}	264,50 ^{ns}	10,12 ^{ns}	0,13 ^{**}
	G1		145,07a	14,91a	157,65a	13,25a	1,82b
	G2		119,55b	12,81b	143,75a	10,35b	1,92a
	Tratamentos	11	1097,43 ^{**}	12,23 ^{**}	2135,03 ^{ns}	25,27 [*]	0,07 ^{**}
	Blocos	3	644,15 ^{**}	5,85 ^{ns}	516,36 ^{ns}	32,07 [*]	0,05 [*]
	Resíduo	33	109,30	2,91	1726,52	10,42	0,01
	CV (%)		8,08	12,60	28,66	28,54	6,49
	Média geral		129,35	13,53	144,95	11,31	1,83

1-Altura de planta transformado em Logx; 2-Diâmetro caulinar transformado em $1/\sqrt{x}$; 3-Número de folhas transformado em $1/\sqrt{x}$; 4-Número de folhas transformado em Logx; 5-Número de frutos transformado em \sqrt{x} ; 6-Número de folhas transformado em Logx; 7-Número de frutos transformado em \sqrt{x} ; 8-Número de frutos transformado em \sqrt{x} ; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação; TaG1: tratamento adicional na cultivar 'BRS Seda'; TaG2: tratamento adicional no gergelim 'Preto'; TB: tratamentos a base de adubação organomineral; ^{ns}, não significativo, *, significativo a 5% e **, significativo a 1% de probabilidade pelo teste 'F'; G1 e G2 genótipos 'BRS SEDA' e 'PRETO', respectivamente.

5.2.1. Altura média de planta (AP)

A adubação organomineral aplicada às plantas de gergelim ‘BRS Seda’ e ‘Preto’ influenciou significativamente ($p < 0,05$) de forma linear crescente a variável altura média de planta (AP) (Figura 2), durante a avaliação realizada ao final do ciclo. A cultivar ‘BRS Seda’ atingiu uma altura média de 167,5 cm no nível 120% de adubação organomineral, com incremento de 19,6 cm (13,3%) sobre os 147,9 cm alcançados no nível 0% de biofertilizante. Já o gergelim ‘Preto’, obteve altura média de 149,3 cm na dose de 120% da necessidade da cultura atendida com adubação organomineral, com acréscimo de 33,2 cm (28,6%) na altura de planta em relação a dose 0%, que alcançou média de 116,1 cm.

Em comparação ao tratamento adicional (Ta), que recebeu apenas adubação mineral, a cultivar ‘BRS Seda’ atingiu 158,0 cm e o gergelim ‘Preto’ chegou a 127,3 cm de altura. Nota-se que a adubação organomineral conferiu uma maior altura as plantas em relação a adubação exclusivamente mineral.

Para Grilo Jr et al., (2015), a altura de planta está diretamente relacionada com a produtividade das plantas, assim, espera-se alcançar resultados positivos na produção de sementes, tendo em vista que a adubação promove influência no crescimento e desenvolvimento do gergelim.

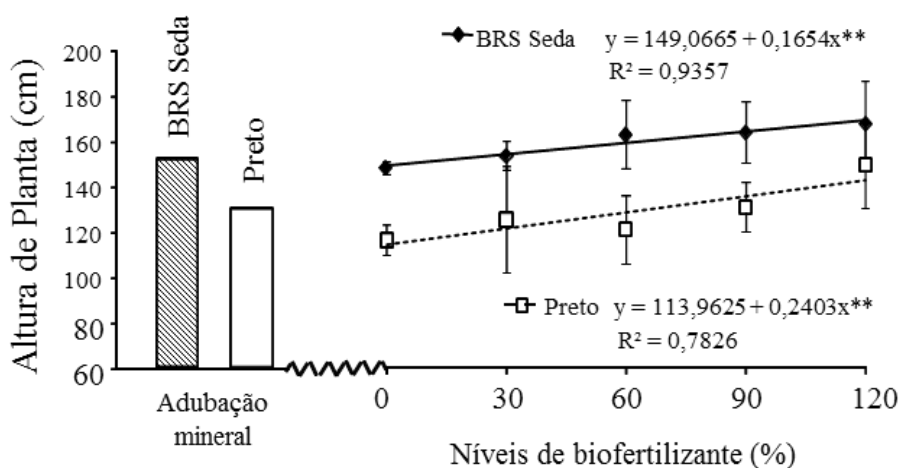


Figura 2. Altura média de planta em genótipos de gergelim submetidos à adubação organomineral e mineral. Campina Grande - PB, 2016.

Os resultados alcançados com esse trabalho são reforçados por Grilo Jr et al, (2015) ao comparar os efeitos da irrigação com água residuária de piscicultura e do lençol freático na altura de planta do gergelim ‘BRS Seda’, cultivado a nível de campo, onde encontraram, respectivamente, os valores de 192,0 e 170,0 cm aos 90 dias após a emergência, atribuindo essa

variação ao fornecimento de água rica em nutrientes, que foram utilizados pelo vegetal para promover crescimento e desenvolvimento.

Perin et al. (2010), afirmam que o gergelim responde positivamente em crescimento vegetativo quando submetido à adubação, principalmente quando há carência de nutrientes no solo. Esses autores avaliaram o desempenho do gergelim (variedade Trebol) em condições de campo, obtendo um valor de 158,0 cm de altura de planta. Segundo Suassuna (2013), a altura do gergelim é um aspecto morfológico de influência direta na capacidade produtiva e na quantidade de ramificações das variedades, e que, em seus estudos sobre a tolerância de genótipos de gergelim ao estresse salino, a altura média, em águas de baixa salinidade, para plantas dos genótipos 'BRS Seda' e 'Preto' foi respectivamente de 149,0 e 120,0 cm aos 84 DAE.

Smiderle et al. (2014), ao avaliarem o desempenho produtivo de gergelim 'BRS Seda' em condições de campo, obtiveram altura de planta variando de 151,0 a 168,0 cm, valores próximos aos alcançados nesse trabalho. Já a altura de planta encontrada por Sousa et al. (2014) para o gergelim 'BRS Seda' cultivado em vaso de 50 L foi de 80,02 cm aos 60 dias após a semeadura, reforçando que a associação de biofertilizante a base de esterco bovino à lâminas de irrigação no cultivo do gergelim, confere uma maior altura de planta, uma vez que o biofertilizante estimula o crescimento inicial do vegetal.

Durante seu desenvolvimento, as plantas de gergelim apresentaram, em ambos os genótipos, crescimento lento até aproximadamente 35-40 DAE, com aumento acentuado em altura, ramificações e expansão foliar no período de 40 a 70 DAE, estabilizando-se até o final do ciclo. Nesse período, ocorreu uma maior absorção e conversão de nutrientes para desenvolvimento da parte aérea do gergelim. Os dados referentes ao crescimento em altura do gergelim em função do desenvolvimento vegetativo estão dispostos na Figura 3, com suas equações na Tabela 10. Tais dados foram obtidos do 20º ao 70º DAE e durante a colheita, em média aos 100º DAE.

As plantas dos genótipos de gergelim em estudo se desenvolveram de forma paralela nos tratamentos 0, 30, 60 e 90% de adubação organomineral até os 60 dias após a emergência (DAE) e no Ta (adubação mineral) até os 70 DAE. No nível de 120%, as plantas de gergelim 'BRS Seda' e 'Preto' tiveram crescimento semelhante durante todo o ciclo produtivo. Constata-se ainda que a 'BRS Seda' apresentou os maiores valores de altura de planta em todos os tratamentos, no entanto, só houve efeito significativo ($p < 0,05$) da adubação organomineral e mineral sob a altura de planta, nas avaliações realizadas aos 70 e 100 dias após a emergência, e diferença entre as cultivares a partir dos 60 aos 100 DAE (Tukey a 5%).

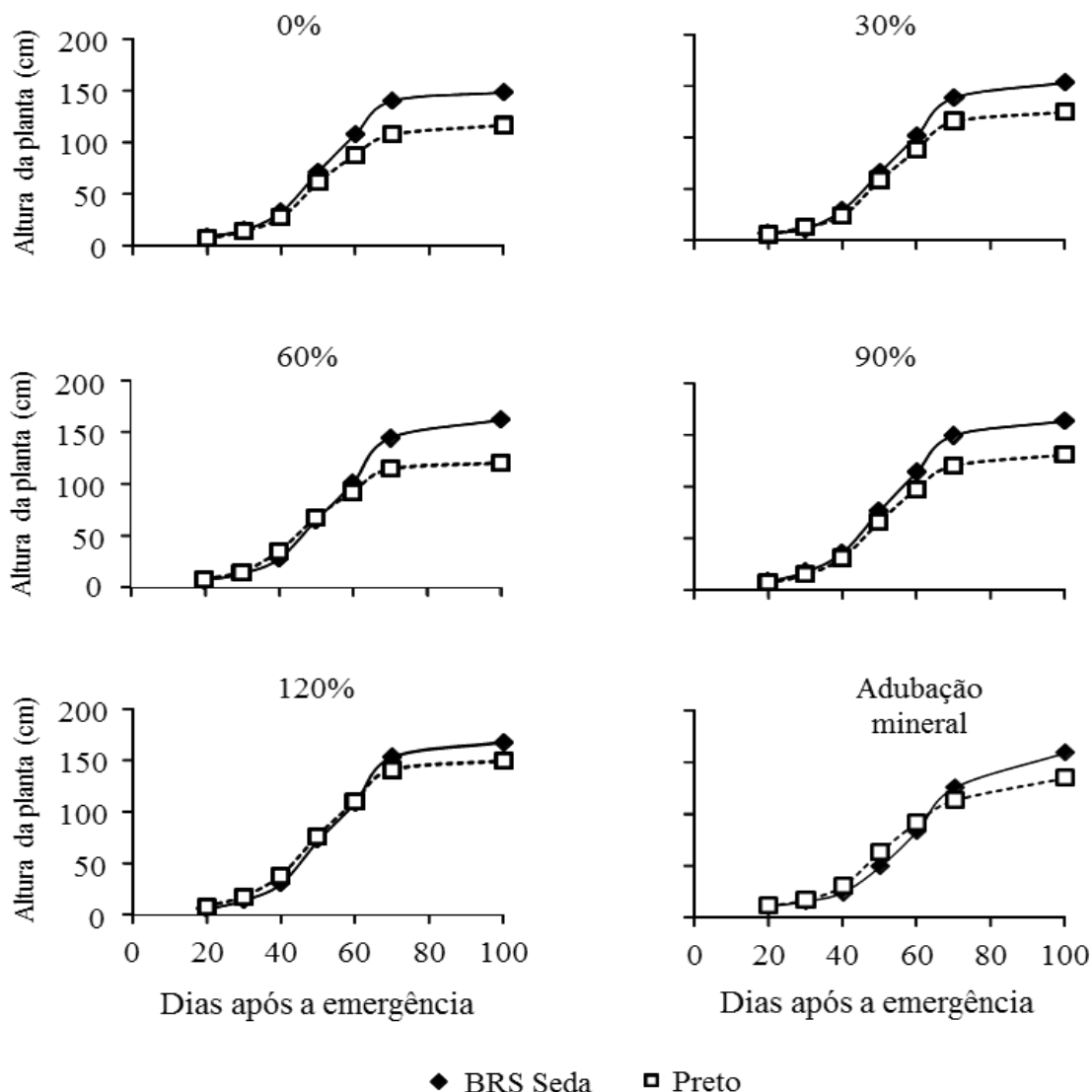


Figura 3. Altura média de planta em função do desenvolvimento vegetativo de genótipos de gergelim. Campina Grande - PB, 2016.

Essa maior altura conferida às plantas pela adubação organomineral em relação a mineral pode ser justificada, segundo Perin et al. (2010), por o cultivo de gergelim não responder à adubação química em solo de alta fertilidade, influenciando nos componentes da produção de matéria seca e rendimento de grãos. Carneiro et al. (2014), colocam que o gergelim (cultivar Trhédua) responde significativamente em altura de planta ao ser submetido a níveis crescentes da adubação orgânica e fosfatada, alcançando uma altura de 112,3 cm em função de doses crescentes de adubação. Ainda segundo estes autores, a adubação orgânica possui potencial para o cultivo de gergelim, tornando-se uma alternativa eficiente de adubação. Para Nayek et al. (2014), a associação de fontes orgânicas e inorgânicas de adubação se sobressaem em comparação ao seu uso de forma isolada, o que promove uma maior absorção, translocação e assimilação de nutrientes pelas plantas de gergelim.

Tabela 10. Equações referentes à altura média de planta em função do desenvolvimento de genótipos de gergelim nos diferentes níveis de adubação organomineral e mineral. Campina Grande - PB, 2016.

VARIÁVEL	TRAT.	SEDA			PRETO		
		EQUAÇÃO	ERRO	R ²	EQUAÇÃO	ERRO	R ²
ALTURA DE PLANTA	0%	$y = \frac{149,07}{(1 + e^{8,53 - 0,14x})^{1/1,82}}$	3,34	0,99	$y = \frac{116,28}{(1 + e^{8,65 - 0,12x})^{1/1,33}}$	2,33	0,99
	30%	$y = \frac{154,59}{(1 + e^{7,33 - 0,12x})^{1/1,43}}$	3,48	0,99	$y = \frac{125,90}{(1 + e^{7,82 - 0,13x})^{1/1,57}}$	3,19	0,99
	60%	$y = \frac{163,63}{(1 + e^{9,25 - 0,14x})^{1/1,97}}$	4,05	0,99	$y = \frac{121,78}{(1 + e^{6,19 - 0,11x})^{1/1,31}}$	2,62	0,99
	90%	$y = \frac{164,87}{(1 + e^{7,43 - 0,12x})^{1/1,59}}$	3,17	0,99	$y = \frac{111,21}{(1 + e^{6,78 - 0,12x})^{1/1,38}}$	1,70	0,99
	120%	$y = \frac{169,13}{(1 + e^{8,12 - 0,13x})^{1/1,66}}$	5,02	0,99	$y = \frac{150,71}{(1 + e^{7,01 - 0,12x})^{1/1,50}}$	3,23	0,99
	Ta	$y = \frac{143,59}{(1 + e^{12,12 - 0,18x})^{1/2,53}}$	1,72	0,99	$y = \frac{115,37}{(1 + e^{7,87 - 0,14x})^{1/1,62}}$	2,21	0,99

5.2.2. Altura média de inserção do primeiro fruto (AIPF)

A adubação organomineral a base de vinhoto de cana de açúcar não afetou significativamente ($p > 0,05$) o parâmetro altura média de inserção do primeiro fruto no gergelim ‘BRS Seda’ e ‘Preto’, ocorrendo apenas diferença entre os genótipos (Tukey a 5%), uma vez que são linhagens com características de desenvolvimento particulares (Figura 4). O primeiro fruto da cultivar ‘BRS Seda’ foi emitido a uma altura média de 70,0 cm do solo enquanto que a inserção média do primeiro fruto no genótipo ‘Preto’ ocorreu a 46,0 cm de altura.

Estes valores se aproximam dos encontrados por Lima et al. (2011), 76,0 cm, por Smiderle et al. (2014), entre 55,5 e 63,5 cm, bem como os obtidos por Carneiro et al. (2014), que, ao combinar adubação orgânica e fosfatada, alcançaram uma altura de inserção do primeiro fruto de 49,95 cm de altura. Vale salientar que a altura de inserção do primeiro fruto pode sofrer influência da quantidade de água ofertada à cultura, bem como pela competição ou adensamento populacional proporcionando um estiolamento das plantas (LIMA et al. 2011).

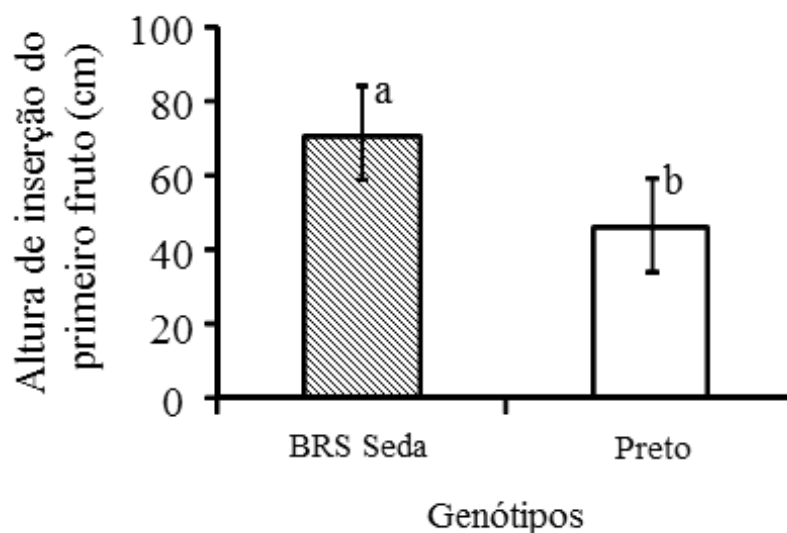


Figura 4. Altura média de inserção do primeiro fruto em genótipos de gergelim. Campina Grande - PB, 2016.

5.2.3. Diâmetro médio caulinar (DC)

Houve efeito significativo ($p < 0,05$) da adubação organomineral sobre o diâmetro caulinar nos genótipos de gergelim ‘BRS Seda’ e ‘Preto’, com um crescimento linear no DC para ambos (Figura 5). A ‘BRS Seda’ alcançou média de 15,91 mm, enquanto que o gergelim ‘Preto’ chegou a 15,35 mm, na dose de 120% da necessidade da cultura atendida com adubação organomineral. Ao serem comparados com os dados obtidos no nível de 0% de biofertilizante, percebeu-se um aumento de 18,2% no DC da cultivar ‘BRS Seda’, correspondendo a um acréscimo de 2,45 mm, e de 36,9% no genótipo ‘Preto’, promovendo incremento de 4,14 mm.

Corroborando com esses resultados, Santos et al. (2010), ao avaliar o diâmetro caulinar em duas cultivares de gergelim (CNPA G3 e CNPA G4) plantadas separadamente em vasos com a capacidade de 20 L, utilizando água de abastecimento potável e água residuária tratada, alcançaram, aos 90 dias após a emergência, o valor médio de 11,60 mm para o diâmetro caulinar das plantas, valor esse inferior aos diâmetros encontrados no presente trabalho. Por outro lado, Magalhães et al. (2013), estudando a viabilidade do consorcio mamona-gergelim, obtiveram 20,30 mm de diâmetro do caule no gergelim ‘BRS Seda’. Vale salientar que são vários os fatores que podem afetar o diâmetro caulinar na cultura do gergelim, dentre eles, pode-se citar: o tipo de solo, o tipo e época de adubação, a quantidade de água fornecida, o adensamento populacional e a competição com a vegetação espontânea (GOMES et al., 2014).

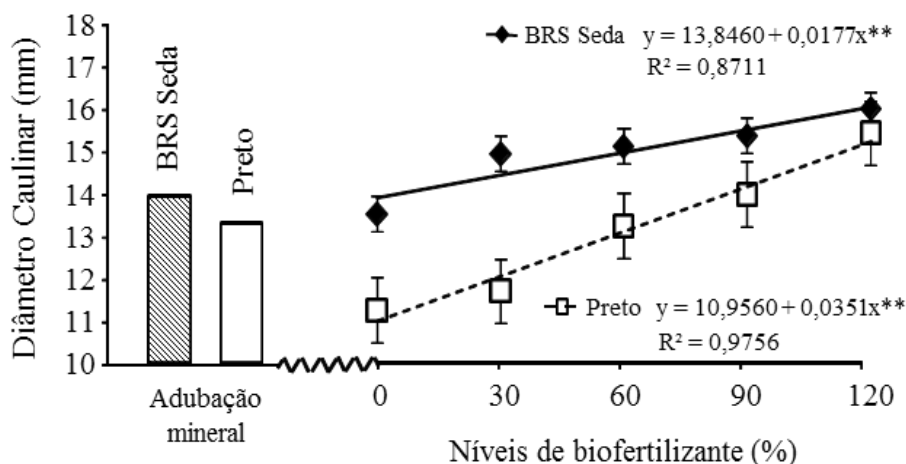


Figura 5. Diâmetro médio caulinar em genótipos de gergelim submetidos a adubação organomineral e mineral. Campina Grande - PB, 2016.

O maior ganho em espessura no DC dos genótipos em estudo aconteceu até os 70 dias após a emergência, estabilizando até o final do ciclo. Apenas a dose de 30% e o Ta obtiveram ligeiro aumento no desenvolvimento do DC após os 70° DAE (Figura 6, Tabela 11).

O tratamento que recebeu 120% de adubação organomineral se sobressaiu em 14,1% e 15,5%, nos respectivos genótipos 'BRS Seda' e 'Preto', em relação ao tratamento adicional (100% adubação mineral), demonstrando o efeito positivo da adubação organomineral na cultura do gergelim. Gomes et al. (2014), ao avaliar os efeitos das diferentes dosagens da adubação nitrogenada no crescimento caulinar do gergelim 'BRS Seda' irrigado, constataram que a aplicação em dose única de adubação nitrogenada aos 53 DAE proporciona melhor aporte físico à planta, chegando a 7,14 mm de diâmetro, porém, o parcelamento da adubação a base de nitrogênio afetou o diâmetro de caule do gergelim.

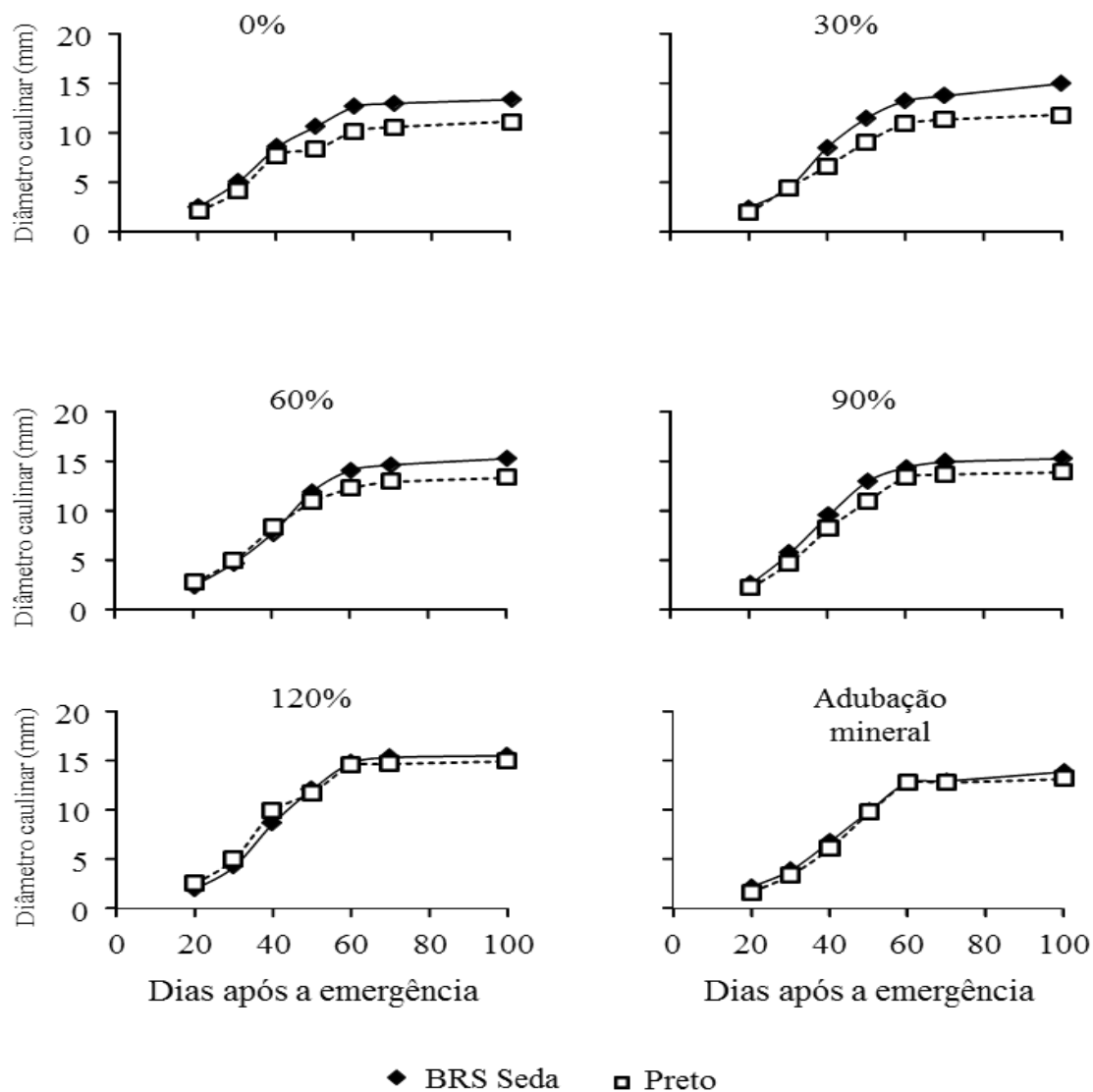


Figura 6. Diâmetro médio caulinar em função do desenvolvimento vegetativo de genótipos de gergelim. Campina Grande - PB, 2016.

Para dar uma melhor sustentação à produção de ramos, folhas e frutos, evitando tombamento, o gergelim necessita desenvolver bem seu caule. Suassuna (2013) ressalta que a maior espessura do diâmetro caulinar pode ser útil para evitar acamamento das plantas na fase adulta, devido a época de produção e/ou aos efeitos dos ventos, sendo este um critério importante a ser observado na avaliação do crescimento do gergelim.

Tabela 11. Equações referentes ao diâmetro médio caulinar em função do desenvolvimento de genótipos de gergelim nos diferentes níveis de adubação organomineral e mineral. Campina Grande - PB, 2016.

VARIÁVEL	TRAT.	SEDA			PRETO		
		EQUAÇÃO	ERRO	R ²	EQUAÇÃO	ERRO	R ²
DIÂMETRO CAULINAR	0%	$y = \frac{13,51}{(1 + e^{3,54 - 0,09x})^{1/1,05}}$	0,25	0,99	$y = \frac{11,24}{(1 + e^{6,54 - 0,07x})^{1/0,21}}$	0,56	0,99
	30%	$y = \frac{14,63}{(1 + e^{3,10 - 0,09x})^{1/0,76}}$	0,40	0,99	$y = \frac{11,74}{(1 + e^{3,30 - 0,09x})^{1/0,92}}$	0,28	0,99
	60%	$y = \frac{14,87}{(1 + e^{7,06 - 0,14x})^{1/2,18}}$	0,23	0,99	$y = \frac{13,12}{(1 + e^{4,06 - 0,10x})^{1/1,24}}$	0,09	0,99
	90%	$y = \frac{15,25}{(1 + e^{4,51 - 0,11x})^{1/1,29}}$	0,11	0,99	$y = \frac{14,03}{(1 + e^{5,10 - 0,12x})^{1/1,52}}$	0,29	0,99
	120%	$y = \frac{16,01}{(1 + e^{5,72 - 0,13x})^{1/1,62}}$	0,27	0,99	$y = \frac{15,45}{(1 + e^{3,90 - 0,10x})^{1/1,11}}$	0,61	0,99
	Ta	$y = \frac{13,77}{(1 + e^{7,46 - 0,14x})^{1/2,55}}$	0,35	0,99	$y = \frac{13,31}{(1 + e^{13,47 - 0,25x})^{1/4,42}}$	0,25	0,99

5.2.4. Número médio de ramos por planta (NRP)

A Figura 7 contém os resultados da análise de regressão para número médio de ramos frutíferos por planta ao final do ciclo vegetativo, obtidos nas plantas de gergelim ‘BRS Seda’ e ‘Preto’ submetidas à adubação organomineral a base de vinhoto de cana de açúcar. Percebe-se que a adubação influenciou de forma significativa ($P < 0,05$), provocando crescimento linear no número de ramos, onde o gergelim ‘Preto’ foi superior ao ‘BRS Seda’, mantendo a característica da linhagem de ser bastante ramificada.

Constatou-se que tanto o nível 0% de adubação organomineral quanto o tratamento adicional (adubação exclusivamente mineral), em ambos os genótipos, tiveram uma produção média de 05 ramos frutíferos por planta. O gergelim ‘Preto’ obteve, em média, 10 ramos frutíferos por planta no tratamento ofertado em 120% de adubação organomineral, correspondendo a 100% de aumento no número de ramos. Neste mesmo tratamento, foi verificado um acréscimo de 60% nos ramos frutíferos da cultivar ‘BRS Seda’, alcançando média de 08 ramos frutíferos por planta.

No entanto, Dias (2012), ao estudar os componentes de produção do gergelim ‘BRS Seda’, constatou variação média no número de ramos frutíferos de 3,19 a 3,22 aos 90 dias após a semeadura, atribuindo esse baixo resultado ao maior adensamento das plantas, o qual resultou em uma menor formação de ramos frutíferos, devido a maior competição entre plantas. Estes

resultados vêm a reforçar a relação entre o crescimento vegetativo do gergelim e o aumento no número de ramos emitidos pela planta.

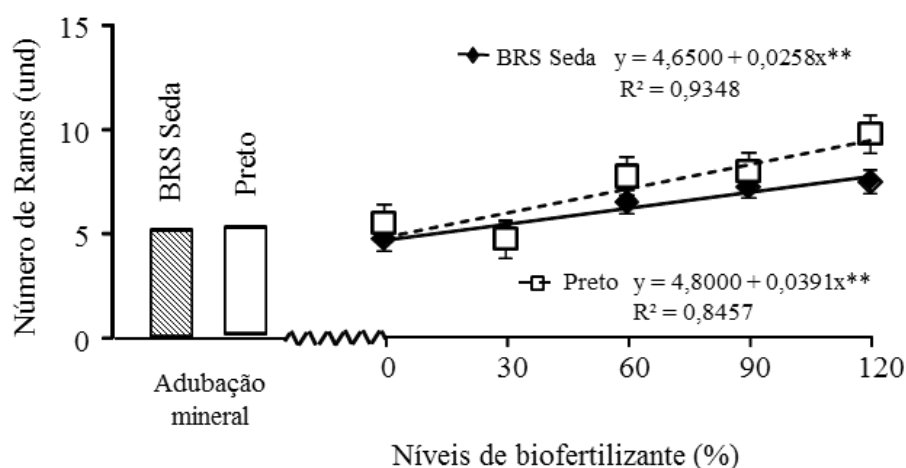


Figura 7. Número médio de ramos produtivos em genótipos de gergelim submetidos à adubação organomineral e mineral. Campina Grande - PB, 2016.

Observando ainda a Figura 7, percebe-se que o número de ramos produtivos do gergelim ‘Preto’, no tratamento de 30% de adubação organomineral, ficou um pouco abaixo em relação à quantidade de ramos emitidos no nível 0% de adubação organomineral. Essa queda na emissão de ramos produtivos pode ter sido influenciada por danos (quebra de ramos) causados às plantas durante a coleta de dados, uma vez que é característica do genótipo ‘Preto’ ser bastante ramificado, fato esse que veio a impedir a passagem nas linhas experimentais após os 70 DEA. Além disso, houve ataque de formigas saúvas (*Atta spp*) e cachorro d’água (*Gryllotalpidae*) no período inicial de cultivo, influenciando no espaçamento entre plantas e, conseqüentemente, afetando a quantidade de ramos frutíferos no vegetal.

Nos dados contidos na Figura 8 (Tabela 12), referente ao número médio de ramos por planta (NRP), foram contabilizados todos os ramos, produtivos e não produtivos, emitidos pelo gergelim durante o seu desenvolvimento. Percebe-se que os primeiros ramos foram emitidos aos 30 dias após a emergência, com maior incidência entre o 40° e o 70° DAE, mantendo a média até o final do desenvolvimento da planta de gergelim. Os genótipos em estudo cresceram de forma intensa, com ramos bem desenvolvidos, o que veio a impedir as avaliações entre os 71 e 100 DAE, uma vez que os ramos, principalmente do gergelim ‘Preto’, se expandiram de forma a impedir a passagem entre linhas do experimento.

Na Figura 8, constata-se que a cultivar ‘BRS Seda’ produziu um total de 15 ramos por planta na dose de 120% de adubação organomineral, enquanto que o gergelim ‘Preto’ produziu em média 13 ramos, nesse mesmo tratamento. Já no tratamento adicional, houve uma produção

total de 10 e 08 ramos por planta, respectivamente, nos genótipos ‘BRS Seda’ e ‘Preto’. No nível 0% de adubação organomineral, a produção total foi de 11 ramos na cultivar ‘BRS Seda’ e 07 ramos no gergelim ‘Preto’.

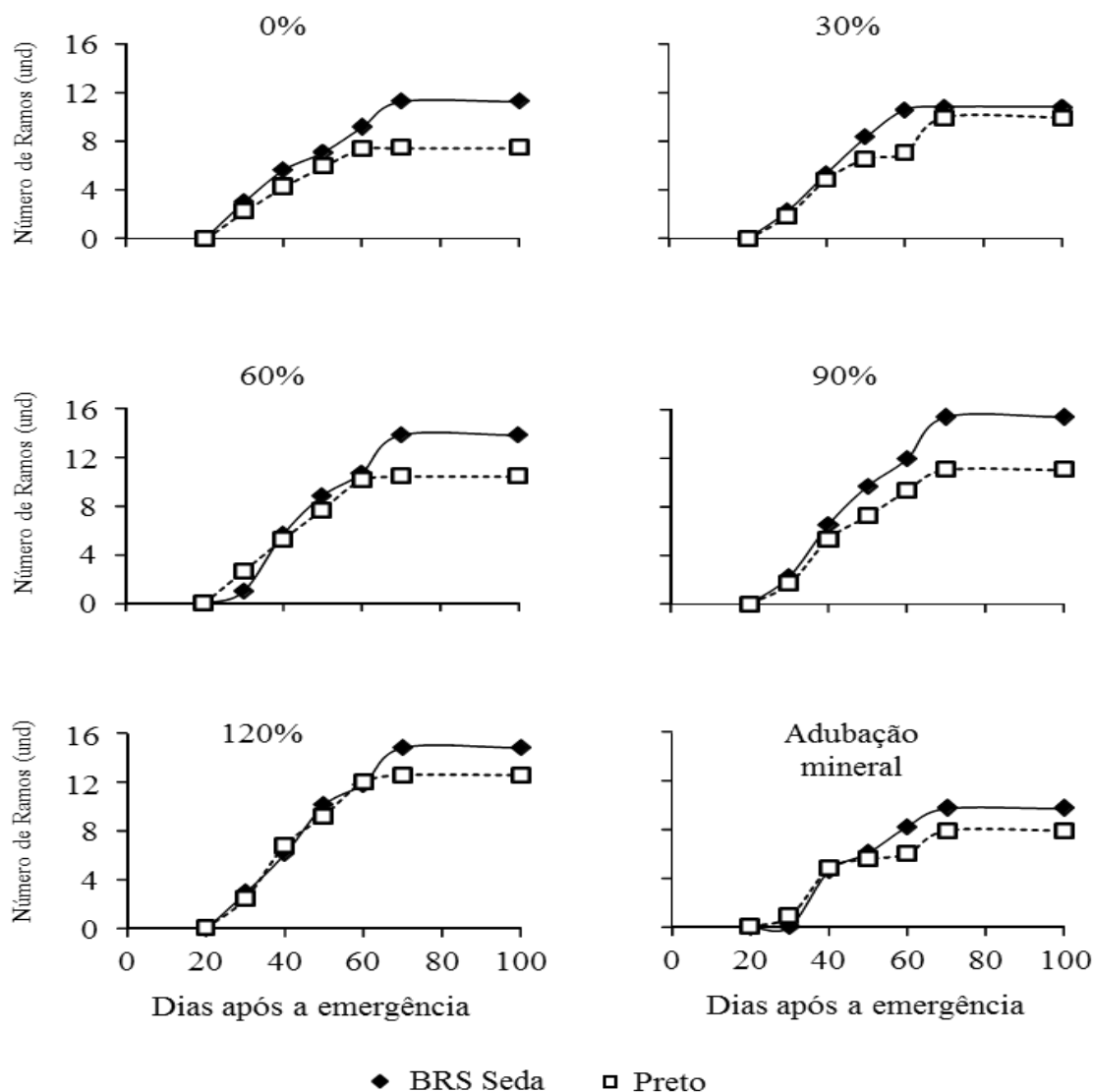


Figura 8. Número médio de ramos por planta em função do desenvolvimento vegetativo de genótipos de gergelim. Campina Grande - PB, 2016.

Ferreira et al. (2012), avaliando o desenvolvimento do gergelim ‘BRS Seda’ em casa de vegetação em função de doses crescentes de esterco bovino, obtiveram valor médio absoluto de 5,16 ramos por planta aos 120 dias após a germinação, reforçando a resposta positiva da cultura do gergelim ao fertilizante orgânico. Para Verma et al. (2014), ao verificarem os efeitos do fósforo e do enxofre no crescimento e produção do gergelim, constataram que o aumento do nível de enxofre no solo amplia o número de ramos por planta em 31,3% a 35,7%. Esses dados

corroboram com os resultados obtidos no presente trabalho com a utilização de adubação organomineral a base de vinhoto de cana de açúcar, o qual é bastante rico em nutrientes.

Tabela 12. Equações referentes ao número médio de ramos por planta em genótipos de gergelim nos diferentes níveis de adubação organomineral e mineral. Campina Grande - PB, 2016.

VARIÁVEL	TRAT.	SEDA			PRETO		
		EQUAÇÃO	ERRO	R ²	EQUAÇÃO	ERRO	R ²
NÚMERO DE RAMOS	0%	$y = \frac{11,45}{1 + 62,64 e^{(-0,09)x}}$	0,84	0,98	$y = \frac{7,51}{1 + 171,82 e^{(-0,13)x}}$	0,40	0,99
	30%	$y = \frac{10,93}{1 + 305,50 e^{(-0,14)x}}$	0,39	0,99	$y = \frac{9,93}{1 + 73,93 e^{(-0,09)x}}$	0,92	0,97
	60%	$y = \frac{13,81}{1 + 237,43 e^{(-0,12)x}}$	0,94	0,99	$y = \frac{10,55}{1 + 169,86 e^{(-0,12)x}}$	0,52	0,99
	90%	$y = \frac{15,53}{1 + 131,21 e^{(-0,10)x}}$	0,93	0,99	$y = \frac{11,08}{1 + 158,18 e^{(-0,11)x}}$	0,66	0,99
	120%	$y = \frac{14,88}{1 + 127,71 e^{(-0,11)x}}$	0,79	0,99	$y = \frac{12,60}{1 + 251,93 e^{(-0,13)x}}$	0,61	0,99
	Ta	$y = \frac{9,70}{1 + 424,08 e^{(-0,13)x}}$	0,92	0,98	$y = \frac{7,44}{1 + 256,13 e^{(-0,13)x}}$	0,92	0,97

5.2.5. Número médio de folhas por planta (NFP)

O número médio de folhas, ao final do ciclo vegetativo dos genótipos de gergelim ‘BRS Seda’ e ‘Preto’, não foi influenciado significativamente ($p > 0,05$) pelos níveis de adubação organomineral. Na Figura 9 e na Tabela 13, pode-se acompanhar a evolução do número de folhas durante o desenvolvimento vegetativo dos genótipos de gergelim ‘BRS Seda’ e ‘Preto’. Nota-se um crescente desenvolvimento da parte aérea das plantas até os 70 DAE, ressaltando-se que, após esse período, ainda houve lançamento de novas folhas, porém de forma lenta, cessando a emissão após a suspensão da irrigação, por volta dos 80 dias.

Perin et al. (2010), avaliando o desempenho de gergelim em condições de campo, verificaram que o aumento da área foliar, bem como o acúmulo de fitomassa de parte aérea e de frutos na cultura do gergelim ocorre entre 30 e 70 DAE, e decresce continuamente após esse período. Sousa et al. (2014), citam que a ampliação do número de folhas nas plantas é resultado da ação positiva da adubação com biofertilizante, o qual estimula substâncias húmicas que são responsáveis pela liberação de nitrogênio e carbono e eleva a porcentagem da CTC do solo, favorecendo, assim, absorção de nutrientes essenciais.

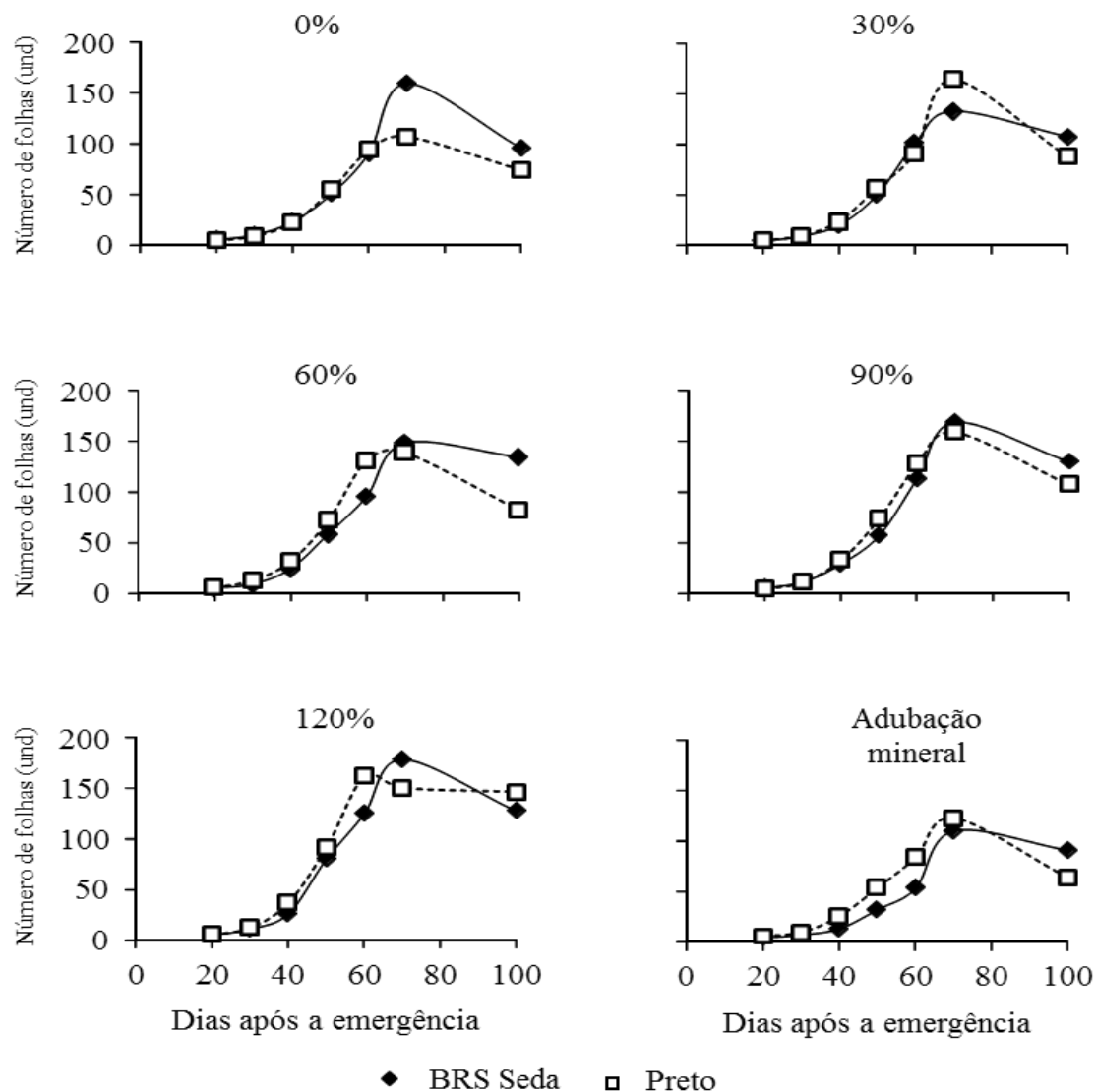


Figura 9. Número médio de folhas por planta em função do desenvolvimento vegetativo de genótipos de gergelim. Campina Grande - PB, 2016.

No tocante à produção de folhas, a cultivar ‘BRS Seda’ alcançou aos 70 DAE valores médios de 160, 132, 148, 169, 179 e 110 folhas, reduzindo para 96, 107, 134, 130, 128 e 91 folhas ao final do seu ciclo nos respectivos tratamentos 0, 30, 60, 90, 120% e Ta. Já o gergelim ‘Preto’, produziu em média até o 70° DAE 107, 164, 139, 159, 150 e 122 folhas, fechando seu ciclo com médias próximas a 74, 88, 82, 107, 146 e 63 folhas nos respectivos tratamentos 0, 30, 60, 90, 120 e Ta.

A redução no número de folhas nas plantas de gergelim acontece devido à cultura sofrer senescência foliar ao final do seu ciclo, direcionando os nutrientes absorvidos para a produção de frutos. Segundo Queiroga et al. (2009b), em algumas variedades de gergelim, os grãos só estão completamente cheios quando todas as folhas caem da planta.

Essa redução na área foliar de ambos os genótipos teve início, em média, aos 90 DAE, 10 dias após o fornecimento de água às plantas ter sido suspenso, provocando queda gradativa da

parte aérea em várias plantas, chegando ao final do ciclo vegetativo sem nenhuma folha. Para Taiz e Zeiger (2013), a expansão foliar é muito sensível à deficiência hídrica, sendo completamente inibida sob níveis moderados de estresse, o que afeta severamente as taxas fotossintéticas e, em consequência, a produção de fitomassa da parte aérea, provocando senescência das folhas.

Tabela 13. Equações referentes ao número ao médio de folhas por planta em genótipos de gergelim nos diferentes níveis de adubação organomineral e mineral. Campina Grande - PB, 2016.

VARIÁVEL	TRAT.	SEDA			PRETO		
		EQUAÇÃO	ERRO	R ²	EQUAÇÃO	ERRO	R ²
NÚMERO DE FOLHAS	0%	$y = e^{73,41 + \frac{(-972,02)}{x} + (-12,83)\ln x}$	14,40	0,97	$y = e^{45,85 + \frac{(-565,34)}{x} + (-7,79)\ln x}$	4,89	0,99
	30%	$y = e^{48,42 + \frac{(-632,00)}{x} + (-8,12)\ln x}$	5,91	0,99	$y = e^{74,82 + \frac{(-978,84)}{x} + (-13,14)\ln x}$	16,20	0,97
	60%	$y = e^{41,11 + \frac{(-548,87)}{x} + (-6,66)\ln x}$	8,60	0,99	$y = e^{52,51 + \frac{(-632,14)}{x} + (-9,07)\ln x}$	7,89	0,99
	90%	$y = e^{52,93 + \frac{(-696,51)}{x} + (-8,92)\ln x}$	11,41	0,98	$y = e^{47,95 + \frac{(-587,34)}{x} + (-8,01)\ln x}$	7,52	0,99
	120%	$y = e^{48,69 + \frac{(-619,00)}{x} + (-8,17)\ln x}$	9,78	0,99	$y = e^{32,78 + \frac{(-397,36)}{x} + (-5,17)\ln x}$	13,50	0,98
	Ta	$y = e^{66,68 + \frac{(-930,51)}{x} + (-11,47)\ln x}$	10,57	0,97	$y = e^{57,41 + \frac{(-714,74)}{x} + (-10,00)\ln x}$	11,01	0,97

5.3. Parâmetros fisiológicos

Nos resultados presentes na Tabela 14, referente às trocas gasosas avaliadas aos 50, 65 e 80 DAE, verifica-se efeito significativo ($p < 0,05$) da adubação organomineral na cultura do gergelim 'BRS Seda' e 'Preto' apenas na variável concentração interna de CO₂ (*C_i*), avaliada aos 65 DAE. Entre os genótipos, constata-se a superioridade da 'BRS Seda' para as variáveis concentração interna de CO₂ (*C_i*) e eficiência instantânea de carboxilação (*E_iC*), enquanto a linhagem 'Preta' se destacou para fotossíntese líquida (*A*), aos 50 DAE. As demais variáveis não sofreram influência da adubação organomineral.

Tabela 14. Resumo da análise de variância e contraste para as variáveis: concentração interna de CO₂ (*Ci*), transpiração (*E*), condutância estomática (*gs*), fotossíntese líquida (*A*), eficiência instantânea da carboxilação (*EiC*) e eficiência instantânea no uso da água (*EiUA*), em genótipos de gergelim nos diferentes níveis de adubação organomineral e mineral. Campina Grande - PB, 2016.

DAE	Fonte de variação	GL	Quadrados médios					
			<i>ci</i>	<i>E</i>	<i>gs</i>	<i>A</i>	<i>EiC</i>	<i>EiUA</i>
50 ¹²³	Biofertilizante (B)	4	943,52 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,04 ^{ns}	12,42 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,001 ^{ns}
	Linear	1	-	-	-	-	-	-
	Quadrático	1	-	-	-	-	-	-
	Cúbico	1	-	-	-	-	-	-
	Desvio	2	-	-	-	-	-	-
	Genótipo (G)	1	3394,80*	0,38 ^{ns}	0,04 ^{ns}	76,14*	1,32*	0,001 ^{ns}
	B x G	4	692,22 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,04 ^{ns}	6,95 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,0006 ^{ns}
	TB vs TaG1 + TaG2	1	37,20 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,08 ^{ns}	25,87 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,003 ^{ns}
	G1 x G2	1	820,12 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,002 ^{ns}	14,33 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,00005 ^{ns}
	G1		185,57a	3,17a	2,13a	18,04b	3,14a	0,17a
	G2		167,15b	3,36a	2,06a	20,80a	2,77b	0,16a
	Tratamentos	11	981,37 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,04 ^{ns}	17,62 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,001 ^{ns}
	Blocos	3	204,31 ^{ns}	6,21**	0,03 ^{ns}	5,80 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,01 ^{ns}
	Resíduo	33	751,88	0,31	0,03	12,19	0,20	0,001
	CV (%)		15,58	17,28	9,49	17,68	15,61	21,18
Média geral		175,96	3,23	2,08	19,75	2,93	0,16	
65 ⁴	Biofertilizante (B)	4	1448,41*	0,07 ^{ns}	0,83 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,0008 ^{ns}	0,19 ^{ns}
	Linear	1	3788,12**	-	-	-	-	-
	Quadrático	1	79,73 ^{ns}	-	-	-	-	-
	Cúbico	1	1248,20*	-	-	-	-	-
	Desvio	0	0,00**	-	-	-	-	-
	Genótipo (G)	1	855,62 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,63 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,0007 ^{ns}	1,96 ^{ns}
	B x G	4	299,92 ^{ns}	0,26 ^{ns}	1,07 ^{ns}	3,17 ^{ns}	0,00007*	0,56 ^{ns}
	TB vs TaG1 + TaG2	1	697,00 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,00003 ^{ns}	1,00 ^{ns}
	G1 x G2	1	12,50 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,0006 ^{ns}	0,002*	0,00005 ^{ns}	0,25 ^{ns}
	G1		176,15a	3,29a	4,26a	20,42a	0,12a	6,41a
	G2		185,40a	3,50a	4,00a	20,21a	0,11a	5,97a
	Tratamentos	11	778,04 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,76 ^{ns}	1,35**	0,0004 ^{ns}	0,57 ^{ns}
	Blocos	3	2126,56**	4,01**	0,21 ^{ns}	7,95 ^{ns}	0,001*	18,64**
	Resíduo	33	412,55	0,19	0,54	8,87	0,0006	0,92
	CV (%)		11,13	13,04	18,02	14,68	21,24	15,34
Média geral		182,47	3,36	4,10	20,29	0,11	6,26	
80	Biofertilizante (B)	4	265,38 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,001 ^{ns}	5,81 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	0,97 ^{ns}
	Linear	1	-	-	-	-	-	-
	Quadrático	1	-	-	-	-	-	-
	Cúbico	1	-	-	-	-	-	-
	Desvio	2	-	-	-	-	-	-
	Genótipo (G)	1	0,30 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,0008 ^{ns}	1,48 ^{ns}	0,00002 ^{ns}	0,30 ^{ns}
	B x G	4	430,82 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,002 ^{ns}	7,93 ^{ns}	0,0008 ^{ns}	1,38 ^{ns}
	TB vs TaG1 + TaG2	1	186,38 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,00004 ^{ns}	2,65 ^{ns}	0,0008 ^{ns}	0,83 ^{ns}
	G1 x G2	1	378,12 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,0008 ^{ns}	8,56 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,19 ^{ns}
	G1		189,75a	2,79a	0,21a	16,88a	0,09a	6,03a
	G2		189,57a	3,00a	0,21a	17,27a	0,09a	5,86a
	Tratamentos	11	304,51 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,001 ^{ns}	6,15 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	0,97 ^{ns}
	Blocos	3	1735,26 ^{ns}	1,63**	0,0001 ^{ns}	13,88 ^{ns}	0,002 ^{ns}	7,84**
	Resíduo	33	609,45	0,17	0,0021	14,15	0,001	0,75
	CV (%)		13,08	14,67	21,46	21,89	33,76	14,45
Média geral		188,78	2,88	0,21	17,18	0,09	6,01	

1-*gs* foi transformado em $1/\sqrt{x}$; 2-*EiC* foi transformado em $1/\sqrt{x}$; 3-*EiUA* foi transformado em $1/x$; 4-*gs* foi transformado em $1/x$; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação; TaG1: tratamento adicional na cultivar 'BRS Seda'; TaG2: tratamento adicional no gergelim 'Preto'; TB: tratamentos a base de adubação organomineral; ^{ns}, não significativo, *, significativo a 5% e **, significativo a 1% de probabilidade pelo teste 'F'; G1 e G2 genótipos 'BRS SEDA' e 'PRETO', respectivamente.

A partir das análises de regressão para a concentração interna de CO₂, verificou-se o modelo polinomial cúbico como o mais adequado ($p < 0,05$), com valores de R² de 0,99 para a cultivar 'BRS Seda' e de 0,71 para o genótipo 'Preto' (Figura 10). Os valores máximos de *Ci*, obtidos no cultivo dos genótipos de gergelim adubados com solução organomineral a base de vinhoto de cana de açúcar, foram observados, no nível 0% de biofertilizante da cultivar 'BRS Seda', 191,5 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ e 204,0 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ no tratamento ofertado 60% de adubação organomineral, no gergelim 'Preto', aos 65 DAE. Já os menores valores de *Ci* constatados nos genótipos, foram de 159,5 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ para o gergelim 'BRS Seda' e de 165,37 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ para o gergelim 'Preto', ambos no nível de 90% de adubação organomineral.

Valores da *Ci* próximos a esses foram encontrados por Suassuna (2013), ao estudar a tolerância do gergelim ao estresse salino, alcançando média de 186,14 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ entre os genótipos, destacando o valor superior da *Ci* na linhagem 'Preto', com média de 213,26 $\mu\text{mol mol}^{-1}$, enquanto que nos demais genótipos as médias permaneceram abaixo de 200,00 $\mu\text{mol mol}^{-1}$, sugerindo menor atividade fotossintética.

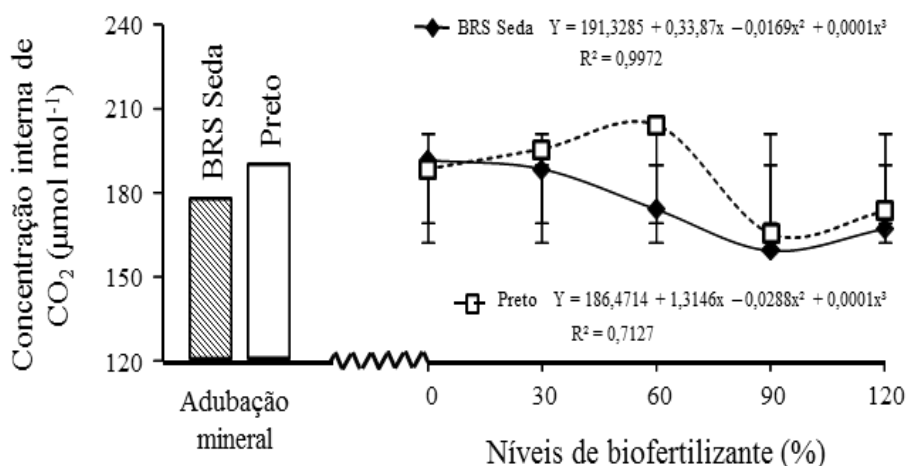


Figura 10. Concentração média de CO₂ (*Ci*) em genótipos de gergelim submetidos à adubação organomineral e mineral. Campina Grande - PB, 2016.

De acordo com Ikejiri (2007), o aumento na *Ci* teria a limitação estomática como fator limitante para o desempenho fotossintético, uma vez que quanto maior a abertura estomática maior a difusão de dióxido de carbono para a câmara subestomática. Para Taiz e Zeiger, (2013), a maior abertura dos estômatos favorece a entrada de CO₂ no mesófilo foliar, aumentando sua

concentração interna e, conseqüentemente, a fotossíntese. Já o fechamento estomático, por sua vez, promove diminuição na taxa de assimilação de dióxido de carbono.

Vale salientar que as alterações significativas nos valores da C_i , causadas pela adubação organomineral, foram registradas aos 65 DAE, período de maior frutificação do gergelim. Dessa forma, Taiz e Zeiger (2009), colocam que a concentração interna de CO_2 está associada à produtividade das plantas, analisada como o produto da energia solar interceptada e do CO_2 fixado durante um período. Para os autores, a quantidade adequada de luz e ausência de estresse podem proporcionar concentrações mais altas de CO_2 , elevando às taxas fotossintéticas, porém, em concentrações intercelulares de CO_2 muito baixas há limitação da fotossíntese.

Os resultados não significativos estatisticamente, observados na demais variáveis fisiológicas, podem ser atribuídos ao fato das plantas de gergelim não terem sido submetidas a nenhum tipo de estresse, principalmente hídrico, sendo cultivadas de forma favorável ao seu crescimento e desenvolvimento produtivo. Segundo Taiz e Zeiger (2009), o balanço nutricional adequado da planta pode manter sua capacidade fotossintética e, conseqüentemente, estabilizar todo o processo de trocas gasosas. Nesse sentido, os dados obtidos para trocas gasosas neste trabalho, podem ter sido resultado do equilíbrio nutricional promovido às plantas de gergelim pela adubação organomineral a base de vinhoto de cana de açúcar.

5.4. Componentes de produção

Na Tabela 15, pode-se observar o resultado da análise de variância e contrastes entre os tratamentos de adubação organomineral versus o tratamento adicional para todas as variáveis de produção avaliadas nos genótipos de gergelim 'BRS Seda' e 'Preto' ao final do ciclo da cultura, aos 100 dias após a emergência.

Foi verificada diferença significativa ($p < 0,05$) dos níveis de adubação organomineral em todas as variáveis de produção dos genótipos de gergelim em estudo: número de frutos por planta (NFRP), peso de fruto por planta (PFRP), peso de sementes por planta (PSP) e peso de 1000 sementes (P1000). Para os contrastes entre os tratamentos, foi observado diferença significativa ($p < 0,05$) apenas nas variáveis PFRP e PSP.

Tabela 15. Resumo da análise de variância e contrastes para as variáveis: número médio de frutos (NFRP), peso médio de frutos (PFRP), peso médio de sementes (PSP) e peso médio de 1000 sementes (P1000), em genótipos de gergelim sob níveis de adubação organomineral. Campina Grande - PB, 2016.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		N. Frutos	P. Frutos	P. Semente	P.1000 Sementes
Biofertilizante (B)	4	5587,71**	720,89**	207,03**	0,08*
Linear	1	22144,51**	1379,09**	792,03**	0,35**
Quadrático	1	153,22 ^{ns}	1,53 ^{ns}	25,38*	0,0009 ^{ns}
Desvio	2	26,55	15,26	5,35	0,001
Genótipo (G)	1	129,60 ^{ns}	172,05 ^{ns}	56,71 ^{ns}	0,06 ^{ns}
B x G	4	166,41 ^{ns}	7,28*	4,21 ^{ns}	0,0002**
TB vs TaG1 + TaG2	1	2968,06 ^{ns}	615,96*	191,54*	0,006 ^{ns}
TaG1 vs T1G2	1	-	0,23 ^{ns}	3,187 ^{ns}	-
TaG1 vs T2G1	1	-	18,54 ^{ns}	5,494 ^{ns}	-
TaG1 vs T3G1	1	-	21,12 ^{ns}	7,624 ^{ns}	-
TaG1 vs T4G1	1	-	0,12 ^{ns}	0,016 ^{ns}	-
TaG1 vs T5G1	1	-	320,67 ^{ns}	86,92 ^{ns}	-
TaG1 vs T1G2	1	-	83,98 ^{ns}	21,45 ^{ns}	-
TaG1 vs T2G2	1	-	526,66*	159,40*	-
TaG1 vs T3G2	1	-	209,92 ^{ns}	54,39 ^{ns}	-
TaG1 vs T4G2	1	-	1077,87**	315,38**	-
TaG1 vs T5G2	1	-	927,08**	310,62**	-
TaG2 vs T1G1	1	-	4,13 ^{ns}	6,82 ^{ns}	-
TaG2 vs T2G1	1	-	7,62 ^{ns}	2,30 ^{ns}	-
TaG2 vs T3G1	1	-	37,71 ^{ns}	12,87 ^{ns}	-
TaG2 vs T4G1	1	-	1,41 ^{ns}	0,91 ^{ns}	-
TaG2 vs T5G1	1	-	378,40 ^{ns}	103,03 ^{ns}	-
TaG2 vs T1G2	1	-	114,68 ^{ns}	29,79 ^{ns}	-
TaG2 vs T2G2	1	-	599,96*	180,97*	-
TaG2 vs T3G2	1	-	257,07 ^{ns}	67,28 ^{ns}	-
TaG2 vs T4G2	1	-	1181,70**	345,45**	-
TaG2 vs T5G2	1	-	1023,55**	340,47**	-
G1 x G2	1	12,50 ^{ns}	2,38 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,006 ^{ns}
G1		109,30a	38,57a	21,30a	2,96a
G2		112,90a	34,42a	18,92a	2,88a
Tratamentos	11	2375,15*	336,64**	99,44**	0,03 ^{ns}
Blocos	3	1121,72 ^{ns}	192,65 ^{ns}	44,34 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Resíduo	33	855,63	86,60	30,29	0,02
CV (%)		27,19	26,67	28,64	5,06
Média geral		107,58	34,89	19,21	2,92

GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação; TaG1: tratamento adicional na cultivar 'BRS Seda'; TaG2: tratamento adicional no gergelim 'Preto'; TB: tratamentos a base de adubação organomineral; ^{ns}, não significativo, *, significativo a 5% e **, significativo a 1% de probabilidade pelo teste 'F'; G1 e G2 genótipos 'BRS SEDA' e 'PRETO', respectivamente.

Dentre os genótipos, nenhuma das variáveis em estudo apresentou diferença significativa (Tukey a 5%). Porém, a interação adubação organomineral versus genótipo, promoveu efeito significativo ($p < 0,05$) para as variáveis PFRP e P1000.

5.4.1. Número médio de frutos por planta (NFRP)

Verifica-se, na Figura 11, o efeito significativo ($p < 0,05$) promovido pela adubação organomineral ao número médio de frutos por planta (NFRP) das cultivares de gergelim ‘BRS Seda’ e ‘Preto’ durante o seu ciclo produtivo. É perceptível o crescimento linear na produção de frutos em ambos os genótipos a medida que os níveis de adubação foram elevados, merecendo destaque para o gergelim ‘Preto’, que foi o mais produtivo. A maior frutificação desta linhagem se deu em razão do maior número de ramos, ampliando a área de produção de frutos, bem como pela adubação recebida.

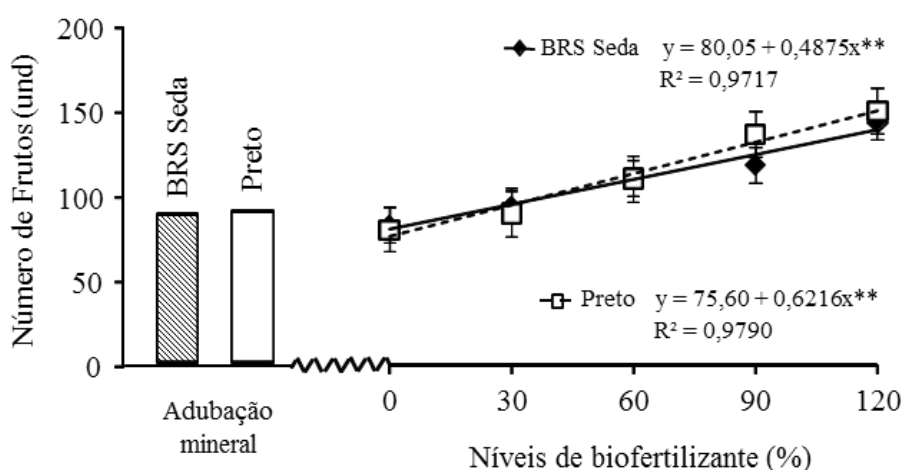


Figura 11. Número médio de frutos por planta em genótipos de gergelim submetidos à adubação organomineral e mineral. Campina Grande - PB, 2016.

Em suas particularidades, a cultivar ‘BRS Seda’ atingiu número médio aproximado de 143 frutos por planta no tratamento que recebeu 120% de adubação organomineral, com incremento de aproximadamente 61 frutos (74,4%) em relação ao nível 0% de biofertilizante, que chegou a produzir em média 82 frutos. Já o gergelim ‘Preto’, alcançou média de aproximadamente 150 frutos por planta na dose máxima de adubação organomineral, com acréscimo de 70 frutos (87,5%) em relação ao nível 0% de biofertilizante, que alcançou média próxima a 80 frutos.

Ao comparar os resultados obtidos na dose 120% com os encontrados no tratamento adicional (Ta – 100% adubação mineral), percebe-se que as cultivares ‘BRS Seda’ e ‘Preto’ produziram, respectivamente, 54 e 59 frutos a menos no Ta, demonstrando a influência benéfica da adubação organomineral perante a adubação exclusivamente mineral na cultura do gergelim.

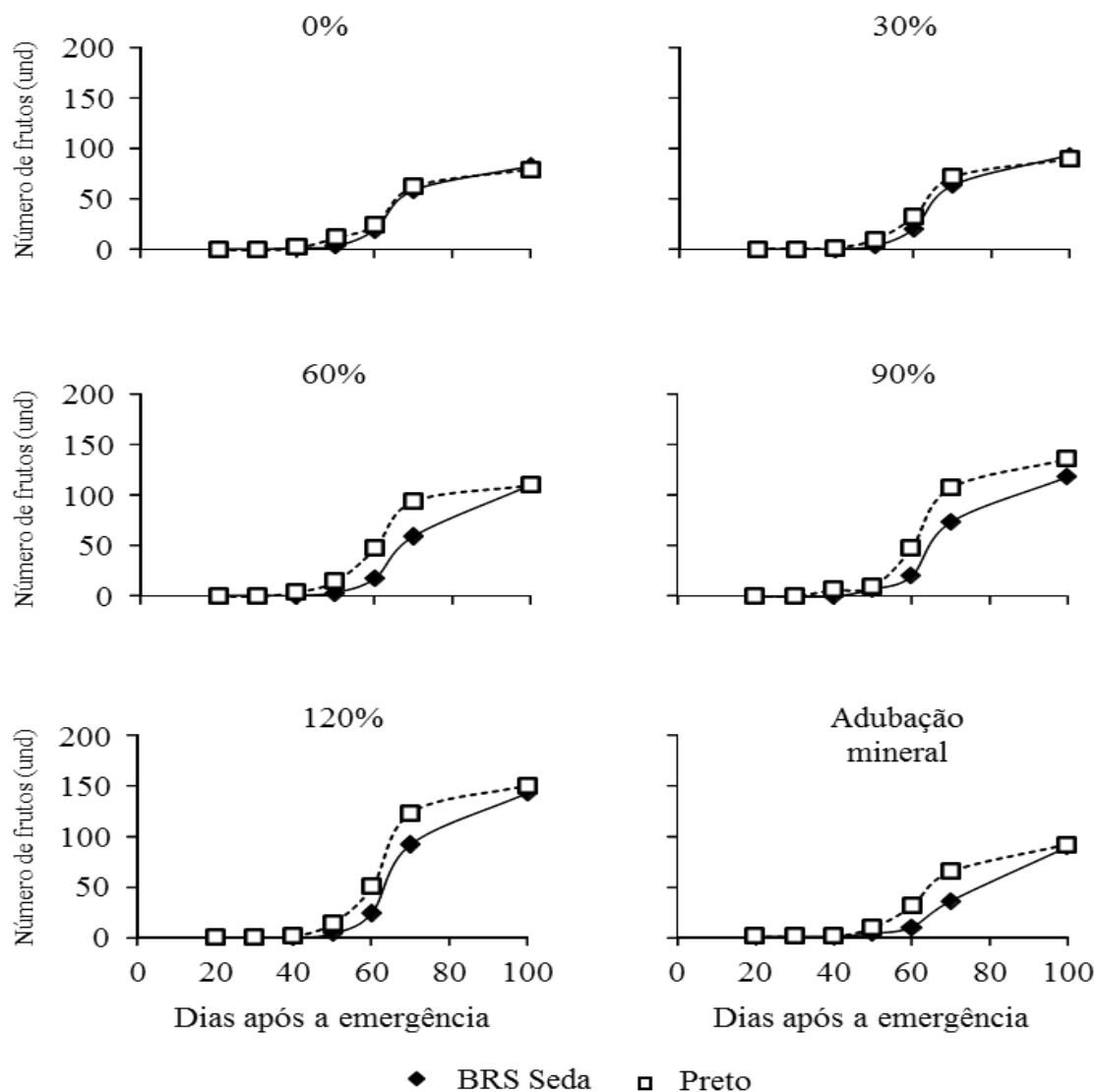


Figura 12. Número médio de frutos por planta em função do desenvolvimento vegetativo de genótipos de gergelim. Campina Grande - PB, 2016.

Nota-se, na Figura 12, com respectivas equações na Tabela 16, que os primeiros frutos das cultivares em estudo surgiram por volta do 50° DAE, com maior incidência de produção entre os 60 a 70 dias, aumentando até os 90 DAE. A partir desse período, as plantas de gergelim reduziram a emissão de novos frutos, direcionando os nutrientes para a maturação das cápsulas e produção de sementes.

Tabela 16. Equações referentes ao número médio de frutos por planta em genótipos de gergelim nos diferentes níveis de adubação organomineral e mineral. Campina Grande - PB, 2016.

VARIÁVEL	TRAT.	SEDA			PRETO		
		EQUAÇÃO	ERRO	R ²	EQUAÇÃO	ERRO	R ²
NÚMERO DE FRUTOS	0%	$y = \frac{82,07}{1 + 840881,65 e^{(-0,20)x}}$	0,30	0,99	$y = \frac{80,01}{1 + 563303,74 e^{(-0,17)x}}$	3,37	0,99
	30%	$y = \frac{93,08}{1 + 777714,89 e^{(-0,20)x}}$	0,23	0,99	$y = \frac{89,37}{1 + 112150,52 e^{(-0,18)x}}$	0,95	0,99
	60%	$y = \frac{110,36}{1 + 361543,05 e^{(-0,18)x}}$	0,25	0,99	$y = \frac{111,08}{1 + 62611,39 e^{(-0,18)x}}$	2,07	0,99
	90%	$y = \frac{118,31}{1 + 645770,09 e^{(-0,19)x}}$	1,90	0,99	$y = \frac{136,25}{1 + 191313,05 e^{(-0,19)x}}$	2,28	0,99
	120%	$y = \frac{143,13}{1 + 2304491,54 e^{(-0,21)x}}$	0,44	0,99	$y = \frac{150,87}{1 + 412131,69 e^{(-0,20)x}}$	2,62	0,99
	Ta	$y = \frac{80,56}{1 + 269256,11 e^{(-0,17)x}}$	0,65	0,98	$y = \frac{83,24}{1 + 55089,21 e^{(-0,17)x}}$	1,02	0,99

Corroborando com esses resultados, Bharathi et al. (2014), estudando os efeitos de diferentes tipos de fertilizante no rendimento e produtividade de gergelim, registraram médias entre 37 a 91 frutos por planta, atribuindo os resultados ao aumento do índice de área foliar, ao efeito fotossintético, ao número de ramos secundários e terciários existentes nas plantas e ao aumento da produção de flores, responsáveis pela formação dos frutos. Segundo Beltrão et al. (2013), o número de frutos por planta está diretamente relacionado ao número de flores emitidas pelo vegetal.

De acordo com Lima et al. (2013), a interação irrigação versus biofertilizante eleva a capacidade produtiva do gergelim, onde verificaram que, ao irrigar a cultura do gergelim com biofertilizante bovino, as plantas produziram em média 192 frutos, produção superior aos 148 frutos obtidos na ausência de insumos orgânicos. Cruz et al. (2013), atribuem esse aumento no número médio de frutos colhidos por planta de gergelim à rápida absorção, pelo vegetal, dos nutrientes disponibilizados via água.

Para Bharathi et al., (2014), a aplicação associada de fertilizantes inorgânicos e biofertilizantes aumenta o número de frutos por planta, devido a uma melhor absorção pelo vegetal dos nutrientes aplicados, bem como pelo aumento da atividade fotossintética e rápida translocação de nutrientes. Grilo e Azevedo (2013), citam que existe uma grande correlação entre o número total de frutos por planta e o rendimento da cultura, sugerindo que o aumento do número de frutos por planta contribui para o incremento na produção do gergelim.

5.4.2. Peso médio de frutos por planta (PFRP)

Na Figura 13, encontram-se os resultados da regressão para peso médio de frutos por planta nos genótipos de gergelim ‘BRS Seda’ e ‘Preto’, submetidos à adubação organomineral a base de vinhoto de cana de açúcar. É perceptível o efeito significativo ($p < 0,05$) da adubação no peso de frutos em ambos os genótipos, aumentando linearmente a medida que os níveis de adubação organomineral são elevados.

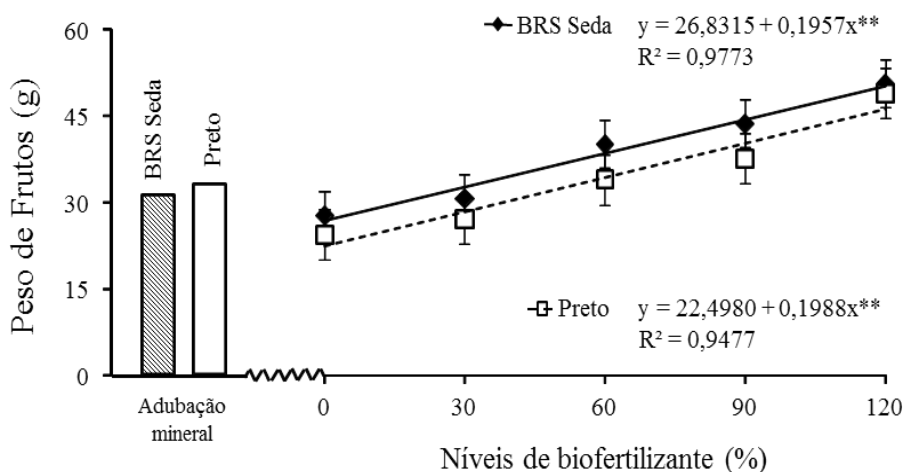


Figura 13. Peso médio de frutos por planta em genótipos de gergelim submetidos à adubação organomineral e mineral. Campina Grande - PB, 2016.

Observa-se, no tratamento 120%, que a ‘BRS Seda’ alcançou um peso médio de frutos por planta de 50,65 g, enquanto que a produção de frutos do gergelim ‘Preto’ obteve média de 48,96 g planta⁻¹. Em comparação ao nível 0% de biofertilizante, os genótipos tiveram um incremento no peso de frutos por planta de 22,87g na cultivar ‘BRS Seda’, e de 24,57 g no gergelim ‘Preto’.

No tratamento adicional (100% adubação mineral) foi constatado peso médio de frutos por planta de 31,82 g e 33,79g respectivamente para os genótipos ‘BRS Seda’ e ‘Preto’. Esses resultados confirmam que a adubação organomineral surte efeito positivo nas plantas de gergelim, promovendo aumento do peso médio dos frutos. Lima et al. (2013) afirmam que o biofertilizante constitui fonte potencialmente viável ao suprimento hídrico de plantas de gergelim, beneficiando o número de frutos, o peso de frutos e o peso de 1000 sementes.

5.4.3. Peso médio de sementes por planta (PSP)

Observa-se, na Figura 14, os efeitos significativos ($p < 0,05$) promovidos pela adubação organomineral na variável peso médio de sementes por planta de gergelim ‘BRS Seda’ e ‘Preto’. Ambos os genótipos tiveram aumento linear no seu peso de sementes, com variação entre 16,30 g na dose 0% a 27,60 g no tratamento de 120% na cultivar ‘BRS Seda’, e de 13,38g (0%) a 27,50 g (120%) no gergelim ‘Preto’, promovendo incremento na produção de sementes de 69,3% e 105,5%, nos respectivos genótipos. De acordo com os resultados obtidos para produção de sementes por planta, estima-se uma produtividade próxima a 2.700 kg ha^{-1} para os genótipos de gergelim ‘BRS Seda’ e ‘Preto’ na dose de 120% de adubação organomineral a base de vinhoto de cana de açúcar.

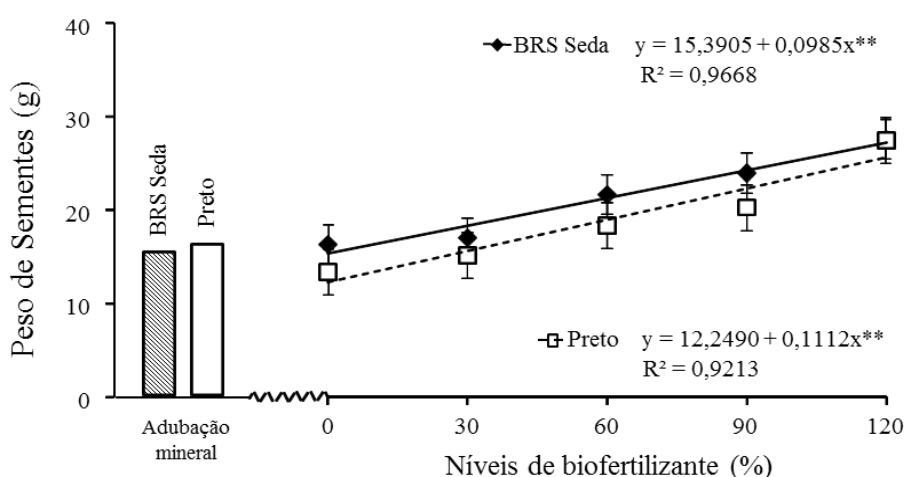


Figura 14. Peso médio de sementes por planta em genótipos de gergelim submetidos à adubação organomineral e mineral. Campina Grande - PB, 2016.

Corroborando com esses resultados, Grilo e Azevedo (2013) avaliaram o crescimento e o desenvolvimento vegetativo do gergelim irrigado e obtiveram, ao final do ciclo produtivo, 20,40 g de sementes por planta, correspondente a 1.600 kg ha^{-1} , em uma área de 0,7 ha, utilizando 80.000 plantas da cultivar ‘BRS Seda’. De acordo com Beltrão et al. (2013), a produtividade do gergelim ‘BRS Seda’ é de 1.000 kg ha^{-1} , com potencial para produzir mais de 2.500 kg ha^{-1} de sementes em sistema de cultivo irrigado e em condições ideais de espaçamento, solo e manejo correto da cultura.

Tais resultados se aproximam aqueles alcançados pelos dois genótipos ao serem submetidas à adubação mineral no tratamento adicional. Neste tratamento, o gergelim ‘BRS Seda’ alcançou uma produtividade de aproximadamente 1700 kg ha^{-1} , com 17,35 g de sementes por planta, enquanto que o gergelim ‘Preto’ produziu 18,29 g de sementes por planta, correspondente a uma produção próxima a 1800 kg ha^{-1} .

Nesse prisma, buscando maximizar a produção do gergelim por meio da combinação de fontes orgânicas e inorgânicas de nutrientes, Bharathi et al. (2014), alcançaram um rendimento no cultivo de gergelim de 541,23 kg ha⁻¹ a 1.160,75 kg ha⁻¹. Para os autores, esse aumento de produtividade ocorreu em virtude da aplicação conjunta das duas fontes de adubação. Souza et al. (2008), reforçam que esse efeito positivo pode estar relacionado à presença de matéria orgânica na adubação, a qual proporciona benesses ao solo, como a diminuição da compactação, aumento na retenção de água, melhorando a estruturação do solo.

5.4.4. Peso médio de 1000 sementes (P1000)

Encontra-se, na Figura 15, os resultados encontrados para a variável peso médio de 1000 sementes de gergelim ‘BRS Seda’ e ‘Preto’. Nota-se que os dois genótipos aumentaram linearmente o P1000, respondendo significativamente ($p < 0,05$) à adubação organomineral a que foram submetidos. As 1000 sementes das cultivares ‘BRS Seda’ e ‘Preto’ alcançaram, respectivamente, peso médio de 3,09 g e 3,00 g na dose de 120% de adubação organomineral, com um incremento de 9,2% e 9,1% em relação ao nível 0% de biofertilizante, que produziu 2,83 g e 2,75 g. Esses resultados comprovam a eficiência da adubação organomineral a base de vinhoto de cana de açúcar, uma vez que conferiu um maior peso as sementes do gergelim a medida que os níveis de adubação foram elevados.

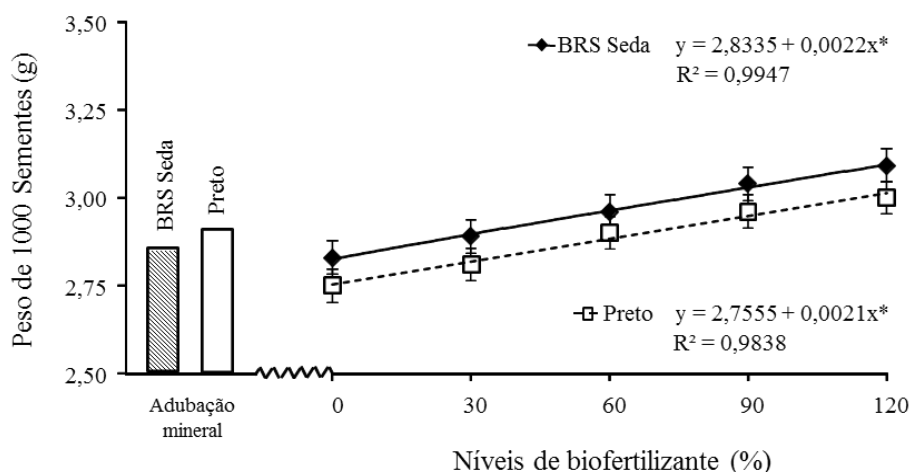


Figura 15. Peso médio de 1000 sementes em genótipos de gergelim submetidos à adubação organomineral e mineral. Campina Grande - PB, 2016.

Ao comparar os resultados alcançados no nível de 120% de adubação organomineral com os obtidos no tratamento adicional que recebeu exclusivamente adubação mineral, percebe-se uma redução de 7,7% no peso de 1000 sementes do gergelim ‘BRS Seda’, que chegou a apenas

2,87 g para cada 1000 sementes pesadas. Essa comparação dentro do genótipo 'Preto' apresentou redução bem menor, correspondente a 2,7%, com P1000 de 2,92 g.

Nesse sentido, Jadhav et al. (2015), testando adubação nitrogenada no gergelim, constataram 2,87 g para P1000. Já Campos et al. (2014), avaliando as características biométricas do gergelim, encontraram o peso de 3,8 g para 1000 sementes da variedade 'BRS Seda'. Porém, a EMBRAPA (2009b) estima o valor de 3,22 g como referência para o peso de mil sementes da cultivar 'BRS Seda'.

6. CONCLUSÕES

Em relação à fenologia, foi constatada diferença cronológica nos períodos de início da floração e início da frutificação dos genótipos de gergelim ‘BRS Seda’ e ‘Preto’.

As variáveis de crescimento altura média de planta, diâmetro médio caulinar e número médio de ramos por planta, variaram positivamente em função da adubação organomineral à base de vinhoto de cana de açúcar.

Em relação aos parâmetros fisiológicos, apenas a variável concentração interna de CO₂ (Ci) foi afetada pelos níveis de adubação organomineral.

Os componentes de produção número médio de frutos, peso médio de frutos, peso médio de sementes e peso médio de 1000 sementes, das duas cultivares foram favorecidos pela adubação organomineral.

O nível de 120% de adubação organomineral proporcionou aos genótipos de gergelim ‘BRS Seda’ e ‘Preto’, nas variáveis estudadas, resultados superiores aos alcançados com a adubação exclusivamente mineral.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M.. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ARAÚJO, F.S.; BORGES, S.R.S.; SILVA, G.Z.; ARAÚJO, L.H.B.; TORRES, E.J.M. Doses de fósforo no crescimento inicial do gergelim cultivado em solução nutritiva.. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.8, n.2, p.41-47, jun. 2014.
- ARRIEL, N. H. C.; FIRMINO, P. de T.; BELTRÃO, N. E. M. **Gergelim: O produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília DF, Embrapa Informação Tecnológica, 2009, 209p.
- ARRIEL, N.H.C.; FIRMINO, P.T.; BELTRÃO, N.E.M.; SOARES, J.J.V.; ARAÚJO, A.E.; SILVA, A.C.; FERREIRA, G.B. **A cultura do gergelim**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. 72 p. (Coleção Plantar, 50).
- BARBOSA, M.A.; SILVA, A.F.; PEREIRA, R.S.; DANTAS, G.F.; MESQUITA, E.F. Influência da adubação orgânica sobre as características fisiológicas do gergelim 'BRS Seda'. In: Congresso Brasileiro Ciência do Solo, 33, 2010, Uberlândia, MG. **Anais...** Viçosa: SBSC, 2010.
- BASSO, C.J.; SANTI, A.L.; PINTO LAMEGO, F.; SOMAVILLA, L.; BRIGO, T.J. Vinhaça como fonte de potássio: resposta da sucessão aveia-Preto/milho silagem/milho safrinha e alterações químicas do solo na Região Noroeste do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.4, p. 596-602, abr. 2013.
- BELTRÃO, N.E.M.; FERREIRA, L.L.; QUEIROZ, N.L.; TAVARES, M.S.; ROCHA, M.S.; ALENCAR, R.D.; PORTO, V.C.N. **O gergelim e seu cultivo no semiárido brasileiro**. Natal: IFRN, 2013. 225p.
- BELTRÃO, N.E.M.; VIEIRA, D.J. **O agronegócio do gergelim no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 348p.
- BHARATHI, K.; PANNEERSELVAM, P.; BHAGYA, H.P. Effect of clipping and plant growth regulator along with different kinds of fertilizers on yield and yield parameters in sesame (*Sesamum indicum* L.) during monsoon period. **Indian Journal of Agricultural Research**, v. 48, n. 3, 2014.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399p.
- CAMPOS, L.N.; GUILHERME, M.F.S.; OLIVEIRA, H.M.; COSTA, V.F.; SILVA, E. Avaliação biométrica de sementes de *Sesamum indicum* L. In: CONGRESSO NORDESTINO DE BIÓLOGOS, 4, 2014, João Pessoa, PB. **Anais...** João Pessoa: CONGREBIO, 2014. p. 145-147
- CARNEIRO, J.S.S.; SALÃO, V.J.P.; FREITAS, G.A.; LEITE, R.C.; SANTOS, A.C.; SILVA, R.R. Adubação orgânica e fosfatada no cultivo de gergelim no sul do estado do Tocantins. In: ENCONTRO DE CIÊNCIA DO SOLO DA AMAZÔNIA ORIENTAL, 01, 2014, Gurupi, TO. **Anais...** Gurupi: Amazon Soil, 2014.

CAVALCANTI, F.J.A. (Coord.). **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco**: 2ª aproximação. 2ª ed. rev. Recife: IPA, 1998. 198 p.

CIANCIO, N.H.R. **Produção de grãos, matéria seca e acúmulo de nutrientes em culturas submetidas à adubação orgânica e mineral**. Santa Maria, 2010. 85f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria.

COSTA, F. S.; Gomes, A.H.S.; Ferreira, D.J.L.; Chaves, L.H.G.; Magalhães, I.D.; PINTO SOBRINHO, P.F. Crescimento e produção do gergelim irrigado em função da adubação potássica e nitrogenada. **Workshop internacional de inovações tecnológicas na irrigação**. Fortaleza, 2012.

CRUZ, R.N.; AZEVEDO, C.A.V.; FERNANDES, J.D.; MONTEIRO FILHO, A.F.; WANDERLEY, J.A.C. Adubação orgânica residual no crescimento e produção do gergelim irrigado com água residuária. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 8, n. 1, p. 257-263. 2013.

DALRI, A.B.; PALARETTI, L.F.; DANTAS, G.F.; FARIA, R.T. Uso da vinhaça concentrada como biofertilizante em cultivo de feijão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 43, 2014, Campo Grande, MS. **Anais...** Campo Grande: CONBEA, 2014.

DIAS, C. S. **Componetes de produção do gergelim BRS Seda submetido a diferentes desbastes e espaçamentos**. Areia, 2012. 22 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. EMBRAPA: CNPS, Brasília, 2009a. 627p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Gergelim ‘BRS Seda’**. 2009b. Disponível em:

<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/FolderBRSSeda_000gkvfbxen02wx5ok0xkgyq53flvuil.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2016.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Potencial econômico e nutricional do gergelim mobiliza pesquisa**. 2014. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2202864/potencial-economico-e-nutricional-do-gergelim-mobiliza-pesquisa>>. Acesso em: 13 nov. 2014.

FERRAZ, R.L.S.; MELO, A.S.; SUASSUNA, J.F.; BRITO, M.E.B.; FERNANDES, P.D.; NUNES JÚNIOR, E.S. Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 181-188, 2012.

FERREIRA, D. F. SISVAR: Um programa para análise de ensino de estatística. **Revista Científica Symposium**, v. 6, n. 2, p.36-41, 2008.

FERREIRA, T.C.; SILVA K.E.; SOUZA, J.T.A., OLIVEIRA, S.J.C. Produção de *Sesamum indicum* L. orgânico no agreste paraibano. **Revista de Biologia e Farmácia**, Campina Grande, v. 7, n. 2, 2012.

FÓRUM BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS, Cartilha. **Biocombustíveis e Projetos de MDL**. 2008. Disponível em:

<http://www.forumclima.org.br/public/editor/cartilha_biocombustiveis-pb.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2014.

FURTADO, G.F. SOUZA, A.S.; SOUSA JÚNIOR, J.R.; SOUSA, J.R.M.; LACERDA, R.R.A.; SILVA, S.S. Rendimento e correlações da mamoneira consorciada com feijão-caupi e gergelim no semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 9, p. 892-898 2014.

GOMES, A.H.S.; CHAVES, L.H.G.; GERALDO, J.; GUEDES, F. Crescimento caulinar do gergelim irrigado submetido a doses de N. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 42, 2014, Campo Grande, MS. **Anais...** Campo Grande: CONBEA, 2014.

GOMES, R.; PINHEIRO, M.C.B.; HELOÍSA ALVES DE LIMA^{2a}. Fenologia reprodutiva de quatro espécies de sapotaceae na restinga de Maricá, RJ. **Revista Brasileira de Botânica**, Rio de Janeiro, v. 31, n. 4, p. 679-687, 2008.

GRILO JR, J.A.S.; AZEVEDO, P.V.; VALE, M.B.; SARAIVA, V.M. Crescimento, desenvolvimento e produtividade do gergelim irrigado com água de piscicultura e do lençol freático. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 9, n. 1, p. 45-50. 2015.

GRILO, J.A.S.; AZEVEDO, P.V.; Crescimento, desenvolvimento e produtividade do gergelim BRS SEDA na agrovila de Canudos, em Ceará Mirim (RN). **Revista Holos**, Natal, ano 29, v. 2. 2013.

HYAMS, D.G. CurveExpert Basic-Release 1.4, 2010.

IKEJIRI, L.; CAMILLI, L.; KLEIN, J.; RODRIGUES, J.D.; BOARO, C.S.F. Avaliação da limitação estomática e mesofílica da assimilação de CO₂ em girassol ornamental cultivado com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, sulp. 2, p. 855-857, 2007.

JADHAV, S.R.; NAIKNAWARE, M.D.; PAWAR, G.R.. Effect of nitrogen, phosphorus and biofertilizers on growth, yield and quality of summer sesamum (*Sesamum indicum* L.). **International Journal of Tropical Agriculture**, v. 33, n. 2, p. 475-480, 2015.

JASSE, A. **Cadeias de valor de cereais e oleaginosas**. 2013. Disponível em: <<http://www.perene.org/wp-content/uploads/2013/12/Estudo-cadeia-de-valor-cereais-e-oleaginosas-PERENE-CESVI-01-04-2013.pdf>>. Acesso em: 08 nov. 2014.

JUNEK, J.O.M.O.; LARA, T.S.; PAIVA, M.J.A.; MARTINS, D.B.; MORAIS, C.G. **Fertilizantes organominerais**. Circular Técnica 06. Araxá: Instituto de Ciências da Saúde, Agrárias e Humanas, 2014.

LIMA, F.A.; SOUSA G.G.; VIANA T.V.A.; PINHEIRO NETO, L.G.; Azevedo, B.M.; CARVALHO, C.M. Irrigação da cultura do gergelim em solo com biofertilizante bovino. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.7, n. 2, p. 102 - 111, 2013.

LIMA, F.V.; PEREIRA, J.R.; ARAÚJO, W.P.; ARAUJO, V.L.; ALMEIDA, E.S. A. B.; LEITE, A.G. Definição de espaçamentos para o gergelim irrigado definição de espaçamentos para o gergelim irrigado. **Revista Educação Agrícola Superior**, Brasília, v. 26, n. 1, p. 10–16, 2011.

LIMA, J.C.R. **Crescimento e desenvolvimento do gergelim BRS Seda irrigado com níveis de águas residuária e de abastecimento**. Campina Grande, 2011. 61f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Centro de Ciências e Tecnologias, Universidade Estadual da Paraíba.

MAGALHÃES, I.D.; SOARES, C.S.; COSTA, F.E.; ALMEIDA, A.E.S.; OLIVEIRA, A.B.; VALE, L.S.; Viabilidade do consórcio mamona-gergelim para a agricultura familiar no semiárido paraibano: Influência de diferentes épocas de plantio. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 8, n. 1, p. 57- 65, 2013.

MAIA FILHO, F.C.F.; PEREIRA, R.F.; COSTA, C.P.M.; CAVALCANTE, S.N.; LIMA, A.S.; MESQUITA, E.F. Crescimento e fisiologia do gergelim ‘BRS Seda’ sob cultivo orgânico. **Revista Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande, v. 9, n. 4, p. 06-14, 2013.

MARQUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. **Irrigação na cultura do pimentão**. Circular Técnica 101. Brasília: Ministério da Agricultura, Pesca e Abastecimento, 2012.

MELO, A.S.; SUASSUNA, J.F.; FERNANDES, P.D.; BRITO, M.E.B.; SUASSUNA, A.F.; AGUIAR NETTO, A.O. Crescimento vegetativo, resistência estomática, eficiência fotossintética e rendimento do fruto da melancia em diferentes níveis de água. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 73-79. 2010.

NAYEK, S.S.; BRAHMACHARI, K.; CHOWDHURY, MD.R. Integrated approach in nutrient management of sesame with special reference to its yield, quality and nutrient uptake. Nature to Survive. **The Bioscan**, v. 9, n. 1, p. 101-105, 2014.

NOBRE, J.G.A. **Respostas da mamona à irrigação e à aplicação de potássio em argissolo vermelho-amarelo**. Fortaleza, 2007. 75f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará.

ORTIZ, L. (Coord.). **Impactos cumulativos e tendências territoriais da expansão das monoculturas para a produção de bioenergia**. 2006. Disponível em: <<http://fboms.aspoan.org/wp-content/uploads/2013/03/agronegocioagroenergia.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2014.

PERIN, A.; CRUVINEL, J.D.; SILVA, W.J. Desempenho do gergelim em função da adubação NPK e do nível de fertilidade do solo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n.1, p. 93-98, 2010.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 14.ed. Piracicaba: ESALQ, 2000, 477p.

PINTO, J.M.; FEITOSA FILHO, J.C. **Fertirrigação**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2009. 49 p. (Documentos online, 219).

QUEIROGA, V.P.; FIRMINO, P.T.; SILVA, A.C.; KOJIMA, A.Y.; QUEIROGA, D.A.N. Qualidade de sementes de gergelim produzidas em três localidades no semiárido. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 8, n. 2, p. 9-14, 2014.

QUEIROGA, V.P.; GONDIM, T.M.S.; QUEIROGA, D.A.N. Tecnologias sobre operações de semeadura e colheita para a cultura do gergelim (*Sesamum indicum* L.). **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 3, n. 2, p. 106-121, 2009a.

QUEIROGA, V.P.; GONDIM, T.M.S.; SILVA, O.R.R.F. **Características do gergelim indeiscente e semideiscente para semeadura e colheita no sistema produtivo mecanizado**. Campina Grande: Embrapa Algodão. 2009b. 36 p.

QUEIROZ, M.F. de; FERNANDES, P.D.; DANTAS NETO, J.; ARRIEL, N.H.C.; MARINHO, F.J.L.; LEITE, S.F. Crescimento e fenologia de espécies de *Jatropha* durante a estação chuvosa. **Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.17, n.4, p. 405-411, 2013.

RÊGO, G.M.; LAVORANTI, O.J.; ASSUMPÇÃO NETO, A. **Monitoramento dos ciclos fenológicos da imbuia, no município de Colombo, PR**. Comunicado Técnico 174. Colombo: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2006.

RINCÓN, C.A.; SALAZAR, N. Descripción de las etapas de desarrollo del ajonjolí. **Revista Agronomía Tropical**, v.47, p 475-487, 1997

SANTOS, M.S; BARROS, H. M. M; MARTINS, E.S. C.S.; SAMPAIO, M.; LIMA, V.L.A.; BELTRÃO, N.E.M.; SALES SAMPAIO, F.M.A. de. Irrigação com efluente do reator UASB em duas cultivares de gergelim no semiárido paraibano. **Revista Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 4, n. 1, p. 27-30, 2010.

SANTOS, R.A.; HAAG, H.P.; MINAMI, k. Nutrição mineral do gergelim (*Sesamum indicum* L): II - concentração e acúmulo de micronutrientes em condições de campo. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v. 39, n. 2, p. 995-1018, 1982.

SEVERINO, L.S.; BELTRÃO, N.E.M.; CARDOSO, G.D.; FARIAS, V.A.; LIMA, C.L.D. **Estudo da fenologia do gergelim (*Sesamum indicum* L.) cultivar CNPA G4**. Campina Grande: Embrapa Algodão. 2004. 20 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 54).

SILVA, J.C.A.; FERNANDES, P.D.; BEZERRA, J.R.C.; ARRIEL, N.H.C.; CARDOSO, G.D. Crescimento e produção de genótipos de gergelim em função de lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.4, p.408-416, 2014.

SILVESTRE, A.A.F.; REIS, A.C.S.; GOMES, A.O.; SILVA, D.F.; DÉBIA, P.J.G.; GONÇALVES JR, A.C. Utilização da vinhaça na agricultura. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v.3, n. especial, p.47-62, 2014.

SMIDERLE, O.J.; SOUSA, D.N.; GOMES, H.H.S. Produtividade de linhagens de gergelim cultivadas em área de cerrado de Roraima. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 6.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 3., 2014, Fortaleza, CE. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2014. p. 206

SOUSA, G.G.; VIANA, T.V.A.; DIAS C.N.; SILVA, G.L.; AZEVEDO, B.M. Lâminas de irrigação para cultura do gergelim com biofertilizante bovino. **Magistra**, Cruz das Almas, BA, v. 26, n. 3, p. 347 - 356, 2014.

SOUZA, J. O.; MEDEIROS, J. F. M.; SILVA, M. C. C.; ALMEIDA, A. H. B. Adubação orgânica, manejo de irrigação e fertilização na produção de melão amarelo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 1, p. 015-018, 2008.

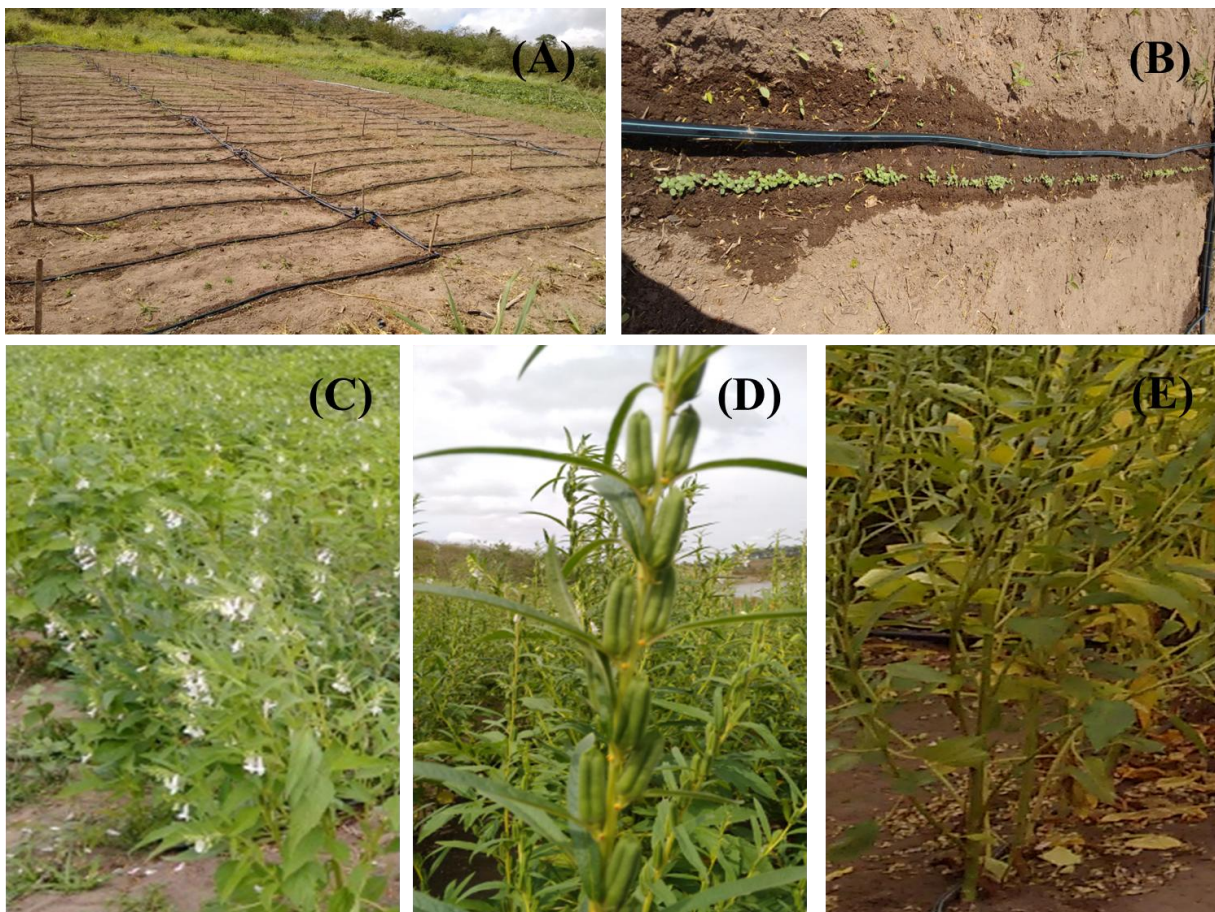
SUASSUNA, J.F. **Tolerância de genótipos de gergelim ao estresse salino**. Campina Grande, 2013. 181p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

VERMA, R.K.; YADAV, S.S.; PUNIYA, M.M.; YADAV, L.R.; YADAV, B.L.; SHIVRAN, A.C. Effect of phosphorus and sulphur fertilization on growth and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) under loamy sand soils of Rajasthan. **Annals of Agricultural Research**. v. 35, n. 1, p. 65-70, 2014.

APÊNDICES



APÊNDICE A: Visão geral do experimento, com detalhes da sementeira (A), germinação (B), floração (C), frutificação (D) e início da maturação (E) em genótipos de gergelim. Campina Grande - PB, 2016.



Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte S/A - EMPARN
Rua Eliza Branco Pereira dos Santos, s/n- Bairro Parque das Nações-Parnamirim /RN
CEP: 59.158-160 - Caixa Postal: 188 - Tel.: (84) 3232 - 5858 - Fax: (84) 3232 - 5868
CGC: 08.510.158/0001/13 - Insc.: 20.013.545-7 - site: www.emparn.rn.gov.br


LABORATÓRIO DE ANÁLISES DE SOLO, ÁGUA E PLANTA
Av. Interventor Mário Câmara, 2550 - Cid. da Esperança - Natal - RN 59074-600
Fone (84) 3232 - 5877

CERTIFICADO N.º 339/14

Amostra n.º: 339/14 Data: 22/08/14 Data de Entrada: 12/08/14
Solicitante: **PEDRO DANTAS FERNANDES**
Procedência: Lagoa Seca - PB
Material: Vinhoto Marca: -
Coletor: Laboratório Cliente

RESULTADOS DE ANÁLISES

<u>Identificação</u>		Macrom nutrientes g.kg ⁻¹							Micronutrientes mg.kg ⁻¹			
Remet.	Lab.	N	P	K	Ca	Mg	Na	B	Zn	Cu	Fe	Mn
	339/14	14,85	5,95	47,65	26,55	21,21	9,40	44,35	77	-	31.887	900



Coordenador do Laboratório
Alfredo Osvaldo Dantas de Azevedo
M. Sc Eng. Sanitária
CRQ N^o 15.1.00182



Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte S/A - EMPARN
Rua Eliza Branco Pereira dos Santos, s/n- Bairro Parque das Nações-Parnamirim /RN
CEP: 59.158-160 - Caixa Postal: 188 - Tel.: (84) 3232 - 5858 - Fax: (84) 3232 - 5868
CGC: 08.510.158/0001/13 - Insc.: 20.013.545-7 - site: www.emparn.rn.gov.br

LABORATÓRIO DE ANÁLISES DE SOLO, ÁGUA E PLANTA
Av. Interventor Mário Câmara, 2550 - Cid. da Esperança - Natal - RN 59074-600
Fone (84) 3232 - 5877

CERTIFICADO N.º 374 /14

Amostra n.º: 374/14

Data: 07/11/14

Data de Entrada: 28/10/14

Solicitante: SAINT CLEAR

Procedência: Lagoa Seca - PB

Material: Biofertilizante

Coletor Laboratório Cliente



RESULTADOS DE ANÁLISES

Identificação		Macronutrientes g.kg ⁻¹							Micronutrientes mg.kg ⁻¹			
Remet.	Lab.	N	P	K	Ca	Mg	Na	B	Zn	Cu	Fe	Mn
-	374/14	9,81	4,10	25,75	58,55	7,50	4,97	12,60	25	17	1.650	92



Coordenador do Laboratório

Alfredo Osvaldo Dantas de Azevedo

M. Sc Eng. Sanitária

CRQ N.º 15.1.00182