



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA**  
**CURSO DE AGRONOMIA**

**FERNANDO ISAIAS DE BARROS**

**Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em milheto (*Pennisetum glaucum*)  
sob adubação orgânica e irrigação com águas cinzas**

**SERRA TALHADA, PE**

**2022**

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA  
CURSO DE AGRONOMIA**

**FERNANDO ISAIAS DE BARROS**

**Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em milheto (*Pennisetum glaucum*)  
sob adubação orgânica e irrigação com águas cinzas**

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como requisito básico para conclusão do curso.

**Orientador:** Eduardo Soares de Souza

**SERRA TALHADA, PE**

**2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

B277t de Barros, Fernando Isaias de  
Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em milho (Pennisetum glaucum) sob adubação orgânica e irrigação com águas cinzas / Fernando Isaias de Barros. - 2022.  
31 f. : il.

Orientador: FERNANDO ISAIAS DE BARROS.  
Coorientador: Eduardo Soares de Souza.  
Inclui referências.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco,  
Bacharelado em Agronomia, Serra Talhada, 2022.

1. Fotossíntese. 2. Condutância estomática. 3. Transpiração. 4. Esterco bovino. 5. Fotossistema II. I.  
BARROS, FERNANDO ISAIAS DE, orient. II. Souza, Eduardo Soares de, coorient. III. Título

---

CDD 630

**FERNANDO ISAIAS DE BARROS**

**Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em milho (*Pennisetum glaucum*)  
sob adubação orgânica e irrigação com águas cinzas**

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como requisito básico para conclusão do curso.

**Orientador:** Eduardo Soares de Souza

**Aprovado em: 18/10/2022**

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Eduardo Soares de Souza (Orientador)  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

Eng. Agrônomo Dr. Denizard Oresca (Examinador)

---

Eng. Agrônomo Me. José Raliuson Inácio Silva (Examinador)

**Não fui eu que ordenei a você? Seja forte e corajoso! Não se apavore nem desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar.**

**Josué 1:9**

## **AGRADECIMENTOS**

Inicialmente agradeço a Deus, pelo dom da vida e por guiar meus passos por onde caminho.

À minha família, minha mãe Maria Bemvinda Ferreira de Barros e aos meus irmãos pelo apoio e por acreditar em mim.

À minha companheira, Gisrraelly Tarssilla de Carvalho Conserva, pelo apoio durante toda minha formação.

Ao meu orientador, Eduardo Soares de Souza que me acompanhou durante toda minha trajetória como bolsista de iniciação científica, por suas correções minuciosas, paciência, amizade e pelo conhecimento passado.

Aos amigos membros do Grupo de Ecohidrologia do Semiárido pelo conhecimento compartilhado. Aline Oliveira, Clea Medeiros, Denizard Oresca, Lamon Simões, Lybson Simões, Mirna Clarisse, Rodolfo Souza e Sara Alves. Em especial aos amigos que muitas vezes estiveram presentes nas pesquisas e contribuíram incansavelmente nos trabalhos de campo Erison Martins, Gustavo Lira, Raliuson Silva e Romário Hora.

À CAPES/CNPq onde fui bolsista de iniciação científica.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco campos UAST, a qual me proporcionou o título de engenheiro agrônomo.

A todos que participaram e acreditaram, **MUITO OBRIGADO!**

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Trocas gasosas e teste de média aos 15, 30, 45 e 60 dias de irrigação com água cinza e adubação com esterco bovino. Médias seguidas pela mesma letra entre barras não diferem entre si pelo teste Tukey à 5%. ..... 19
- Figura 2.** Análise de regressão das trocas gasosas de milho irrigado com diferentes regimes hídricos de água residuária aos 45 e 60 dias após aplicação dos tratamentos. Os pontos indicam os valores médios medidos com o respectivo desvio padrão, as linhas indicam os valores estimado pela regressão e o CI é a concentração intercelular de CO<sub>2</sub>. .....21
- Figura 3.** Teste de média da Fluorescência da clorofila aos 15, 30, 45 e 60 dias de irrigação com água cinza e adubação com esterco bovino. Mínima fluorescência (Fo), Fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv). Mínima fluorescência adaptada à luz (Fo'), Fluorescência máxima adaptada à luz (Fm') e fluorescência variável adaptada à luz (Fv'). Médias seguidas pela mesma letra entre barras não diferem entre si pelo teste Tukey à 5%. .....23
- Figura 4.** Teste de média nos tratamentos com e sem adubação nos intervalos 15, 30, 45 e 60 DAT. Rendimento quântico efetivo (Fv'/Fm'), fluorescência saturada (Fs), Taxa de transporte de elétrons, Rendimento quântico real do fotossistema II (PSII), dissipação fotoquímica (quenching) (qP) e quenching não-fotoquímico (qN). Médias seguidas pela mesma letra entre barras não diferem entre si pelo teste Tukey à 5%. .....24
- Figura 5.** Análise de regressão com função da água disponível para Fluorescência variável (Fv'), Rendimento quântico efetivo (Fv'/Fm'), Quenching fotoquímico (qP), Quenching não-fotoquímico (qN), Taxa de transporte de elétrons (ETR), Rendimento quântico real do fotossistema (PSII), Fluorescência inicial após excitação (F0') e Fluorescência máxima após excitação (Fm). .....25

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Tabela 1. Análise química da água de abastecimento urbano (AA) e da água residuária (AR) utilizadas na irrigação do milho. ....	15
<b>Tabela 2.</b> Características físico-químico do Cambissolo Háplico coletado na camada 0-20 cm de profundidade. ....	16

## RESUMO

A região semiárida brasileira é marcada por baixas precipitações, longos períodos secos e pouca disponibilidade de forragens nativas. O déficit hídrico e a carência de nutrientes são os principais fatores envolvidos na baixa produção de fitomassa. Nesse sentido, a implementação de forragens tolerantes ao déficit hídrico é necessária para a manutenção dos rebanhos. O reuso de água residual na irrigação é uma alternativa para o manejo de pequenas áreas irrigadas, tanto por aumentar a disponibilidade de água na propriedade, quanto por fornece nutrientes para as plantas. A literatura mostra que a adubação orgânica reduz os efeitos de estresses abióticos como o estresse hídrico. Os diferentes tipos de estresses podem afetar as trocas gasosas e o fotossistema II, assim a inflorescência da clorofila é um bom indicador estresse não destrutivo nas plantas. Diante disso, objetivou-se avaliar o comportamento das trocas gasosas (assimilação de CO<sub>2</sub>, condutância estomática, transpiração e concentração interna de CO<sub>2</sub>) e da inflorescência da clorofila em plantas de milheto (*Pennisetum glaucum*) sob diferentes lâminas de irrigação com água residual (água cinza) com e sem a presença de esterco bovino. O estudo foi conduzido no período de setembro a novembro de 2017 em delineamento de blocos casualizados (4 x 2) com três repetições, sendo o primeiro fator a lâmina de irrigação (25, 50, 75 e 100% da água disponível do solo) e como segundo fator a presença do esterco bovino (0 e 34 Mg ha<sup>-1</sup>). As trocas gasosas e a fluorescência da clorofila foram avaliadas aos 15, 30, 45 e 60 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT). O estresse hídrico somente causou efeito após os 45 DAT nas trocas gasosas e na fluorescência da clorofila. O esterco bovino proporcionou menores valores nas trocas gasosas aos 60 DAT. A lâmina de 25% causou redução nas trocas gasosas e fluorescência da clorofila.

**Palavras chaves:** Fotossíntese; Condutância estomática; Transpiração; Esterco bovino; Fotossistema II.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	REFERÊNCIAL TEÓRICO .....	11
3	OBJETIVOS .....	13
	3.1 Geral.....	13
	3.2 Objetivos específicos.....	13
4	MATERIAL E MÉTODOS .....	14
	4.1 Área de estudo.....	14
	4.2 Delineamento.....	14
	4.3 Características físico-químicas da água de irrigação.....	14
	4.4 Características físico-químicas do solo .....	16
	4.5 Características físico-químicas do esterco bovino .....	16
	4.6 Semeadura.....	16
	4.7 Água disponível do solo .....	17
	4.8 Lâmina de irrigação.....	17
	4.9 Trocas gasosas.....	17
	4.9.1 Fluorescência da clorofila.....	18
	4.9.2 Análise estatística .....	18
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	18
	5.1 Trocas gasosas.....	18
	5.2 Florescência da clorofila.....	22
6	CONCLUSÕES.....	26
7	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA .....	27

## 1 INTRODUÇÃO

A região semiárida no Brasil estende-se do Piauí ao Norte de Minas Gerais, o equivalente a uma área de 982.563,3 km<sup>2</sup>, correspondente a 11% do território nacional (IBGE, 2016). A região é marcada por precipitações irregulares, que se concentra em um curto espaço de tempo, seguido por um longo período seco. Sendo esta característica climática o fator mais relevante que afeta a produção agropecuária da região, tornando o cultivo em sequeiro vulnerável (PERAZZO et al., 2013).

O Brasil detém uma grande parcela de toda água doce existente no mundo. Com cerca de 13,8% das reservas hídricas mundial, está entre os países com maior reserva de água doce, possuindo uma disponibilidade hídrica entre 39 mil e 1.747.010 m<sup>3</sup> /habitante/ano em 11 unidades federativas (GOMES & BARBIERI., 2004) Contudo, devido as diversidades climáticas e suas dimensões geográficas algumas regiões têm sofrido sérios problemas de escassez, como a região semiárida (BRITO, SILVA & PORTO, 2010).

Uma alternativa na irrigação para a agricultura familiar é o tratamento e reuso de água residencial. Assim sendo, uma forma de reduzir a poluição dos solos e cursos de água e proporcionar uma fonte de irrigação econômica para culturas forrageiras. A utilização de água residuária na agricultura é importante tanto por fornecer uma fonte de água extra para a propriedade quanto para o fornecimento de nutrientes para as plantas (SANDRI et al., 2007).

Devido à baixa oferta de forragem nativa, principalmente no período seco, a implantação de forragens cultivadas é necessária para o mantimento de rebanhos. O cultivo de Milheto (*Pennisetum glaucum*) tem se destacado na região por apresentar baixa exigência hídrica, grande potencial forrageiro, alto valor nutritivo e ampla versatilidade de utilização (PEREIRA FILHO et al., 2016). Além de que, a má distribuição das chuvas, as taxas evaporativas superiores à precipitação e elevada incidência de radiação solar, proporcionam uma baixa disponibilidade de água no solo para as plantas nas regiões semiáridas. Sendo também importante a utilização de cultura tolerante ao déficit hídrico (GARCIA 2006).

A seca é o estresse abiótico mais importante que limita a produtividade das plantas (Valdez et al., 2013). Estudos que englobam o aparato fotossintético das plantas são importantes para compreender as respostas das plantas ao estresse

hídrico (SILVA et al., 2022). A medição da fluorescência da clorofila é uma abordagem adequada para avaliar a mudança na função do PSII e a fotoinibição da fotossíntese, que é usada como indicador para estimar possíveis danos ao mecanismo de desempenho fotossintético afetado por vários estresses (SCHANSKER et al., 2005). Assim, a medição da fluorescência da clorofila pode ser usada para determinar o estado da fisiologia da planta e o dano ao mecanismo fotossintético.

Diante disto, pretende-se avaliar o comportamento da fluorescência da clorofila de plantas de Milheto (*Pennisetum glaucum* (L.)) irrigado com diferentes lâminas de água residual com e sem a presença de esterco bovino.

## 2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

O milheto (*Pennisetum glaucum* (L.)) é uma gramínea de origem tropical, fácil implantação e manejo, tem destaque por sua adaptação a diferentes condições de clima e solo, com desenvolvimento precoce e elevado rendimento, com produção de matéria seca entre 5 e 15 t há<sup>-1</sup>. Pode ser cultivado para colheita de grãos ou como forragem, para alimentação dos rebanhos no período seco, além de produzir melhor que outros cereais em solos arenosos e de baixa fertilidade (EMBRAPA, 2009; TABOSA, 1999), além de apresentar boa tolerância a elevadas temperaturas e a estresses hídrico e salino (PAYNE, 2000). Sendo amplamente usado na alimentação animal, tanto na forma de forragem, pastejo ou silagem, como também na produção de grãos para formulação de ração (GUIMARÃES JUNIOR et al., 2009).

A região semiárida do Nordeste é caracterizada por baixas precipitações que se concentram em um curto espaço de tempo, seguido por um longo período seco. Sendo esta característica climática o fator mais relevante que afeta a produção agropecuária da região (PERAZZO et al., 2013). Diante disso, a agricultura irrigada é essencial para a produção de alimentos e o desenvolvimento socioeconômico da região. Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) por meio da irrigação a produtividade agrícola é cerca de 2,7 vezes maior que a em sequeiro, por outro lado é a atividade que mais consome água sendo responsável pelo consumo de aproximadamente 70% da água utilizada no mundo

(CHRISTOFIDIS, 2013). A FAO estima que a demanda por água na agricultura tende a aumentar 11% no período de 2008 a 2050.

O reuso de águas cinzas tem se mostrado como uma alternativa economicamente viável e ecologicamente sustentável para a irrigação de pequenas áreas agrícolas, promovendo a conservação dos recursos hídricos e o aumento da disponibilidade de água, desta forma, transformando um agente poluidor em agente de desenvolvimento (COSTA, 2021). As águas cinzas são águas provenientes dos resíduos domésticos em contato com a água de abastecimento, tais como águas oriundas da lavagem de roupas, uso na cozinha como também de efluentes do chuveiro e do lavatório de mãos do banheiro (FEITOSA et al., 2011, BOYJOO et al. 2013). Devido o teor de matéria orgânica presente nas águas cinzas, a prática permite adição de nutrientes de forma a reduzir a necessidade de aplicação de insumos fertilizantes (HESPANHOL, 2002). Portanto, a redução ou até mesmo a eliminação de adubação com fertilizantes sintéticos promovem economia ao produtor rural, principalmente para a agricultura familiar.

Sabe-se que a qualidade da água de irrigação e sua composição físico-química, está relacionado com as atividades fisiológicas das plantas tais como as trocas gasosas e fotossíntese. A exposição das plantas ao estresse hídrico e até mesmo o alto teor de sais presentes na água podem promover redução de pigmentos fotossintéticos, destruição de cloroplastos e diminuição da inflorescência da clorofila e em consequência, redução da fotossíntese, diminuindo assim a produtividade das plantas (OLIVEIRA, et al., 2018).

Durante o processo fotossintético, a luz é absorvida pelas moléculas da antena dentro da membrana fotossintética e a energia absorvida é transferida como energia de excitação (TAIZ, ZEIGER, 2006). Existem duas maneiras que determinam o destino dessa energia: uma é que a energia é aprisionada em um centro de reação e usada em fotoquímica, e a outra é que ela é dissipada principalmente na forma de calor e fluorescência. A fluorescência da clorofila é um método não invasivo para monitorar as alterações dos processos fotossintético medindo a radiação emitida pela cultura (KRAUSE; WEIS, 1991).

A fluorescência é um indicador útil, pois fornece informações importantes sobre o estado de saúde de um aparelho fotossintético e é uma ferramenta valiosa para estudos de plantas desde a folha até os níveis do ecossistema (THWE;

KASEMSAP, 2014). Os diferentes tipos de estresse afetam direta ou indiretamente o funcionamento do Fotossistema II. Assim, a fluorescência da clorofila pode ser utilizada como indicador de estresse nas plantas, sendo a relação  $F_v/F_m$  um importante indicador de estresses, entre eles o estresse hídrico (MACHADO et al., 2004). No entanto, o conhecimento de como a fotossíntese e a fluorescência do milho são afetados sob condições de limitação hídrica ainda é limitado.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Geral**

Avaliar as respostas da fluorescência da clorofila de plantas de Milheto irrigado com diferentes regimes hídricos de água residual (água cinza) com e sem esterco bovino.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Analisar as respostas da fluorescência da clorofila de plantas de milho a diferentes lâminas de irrigação;
- Analisar as respostas das fluorescências da clorofila a adubação orgânica;
- Compreender melhor as respostas fisiológicas das plantas de milho.

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Área de estudo**

O estudo foi conduzido durante o período de setembro a novembro de 2017 em ambiente localizado na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST), microrregião do Sertão do Pajeú, situado em altitude de 429 m, com coordenadas geográficas de 7° 56' 15" de latitude sul e 38° 18' 45" de longitude oeste. O clima da região enquadra-se no tipo BSw<sup>h</sup>, conforme a classificação de Köppen, denominado semiárido, quente e seco com chuvas de verão-outono. A pluviosidade média anual é 637 mm ano<sup>-1</sup> e as temperaturas do ar médias superiores a 25 °C (LEITE et al., 2017).

### **4.2 Delineamento**

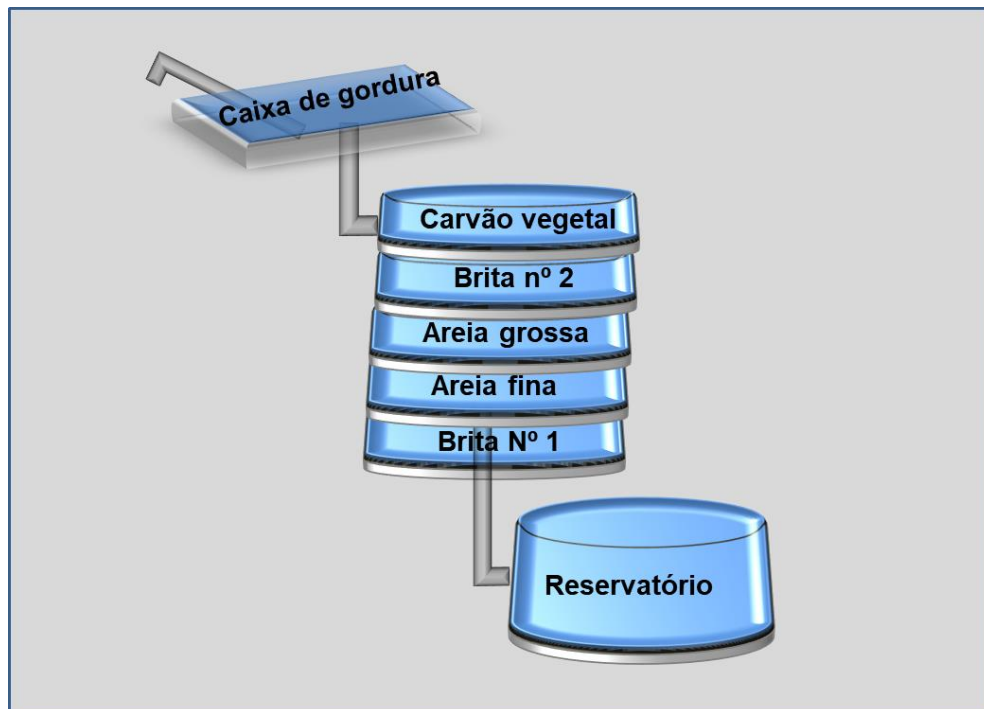
Foi adotado o delineamento em blocos casualizados, no esquema fatorial 4 x 2 com três repetições, sendo o primeiro fator as lâminas de irrigações com água residuária (25, 50, 75 e 100% de água disponível do solo) e o segundo fator adubação orgânica (com e sem aplicação de esterco bovino).

### **4.3 Características físico-químicas da água de irrigação**

As características químicas da água residuária estão presentes na Tabela 1. A água foi coletada em uma residência rural do Município de Carnaíba – PE, captada em um sistema de uso doméstico como banho, cozinha e da lavagem da roupa da família residente. O sistema de coleta (Figura 1) possui um mecanismo de filtragem constituído por uma caixa de retenção de gordura, um tanque de filtragem (formado por uma camada superficial de carvão vegetal, seguidas por camadas de brita grossa, areia grossa, areia fina e brita fina, respectivamente) com o objetivo de reter as resíduo de gordura, sabão e restos de alimentos que não foram retidos na caixa de gordura, por último, um tanque tranquilizador, onde é captada a água utilizada para irrigação.

**Tabela 1.** Tabela 1. Análise química da água de abastecimento urbano (AA) e da água residuária (AR) utilizadas na irrigação do milho.

Elementos	AA	AR	Elementos	AA	AR
Cálcio (mmol L <sup>-1</sup> )	0,64	2,2	Cloretos (mmol L <sup>-1</sup> )	0,60	9,60
Magnésio (mmol L <sup>-1</sup> )	0,48	0,68	Cobre (mg L <sup>-1</sup> )	0,04	0,06
Sódio (mmol L <sup>-1</sup> )	0,32	17,04	Ferro (mg L <sup>-1</sup> )	0,08	0,08
Potássio (mmol L <sup>-1</sup> )	0,07	0,46	Manganês (mg L <sup>-1</sup> )	0,03	0,05
Carbonato (mmol L <sup>-1</sup> )	0,00	0,24	Zinco (mg L <sup>-1</sup> )	0,05	0,05
Bicarbonato (mmol L <sup>-1</sup> )	0,40	4,00	Potencial hidrogeniônico (pH)	7,20	7,75
Sulfatos (mmol L <sup>-1</sup> )	0,04	0,17	Condutividade elétrica (dS m <sup>-1</sup> )	0,20	0,98



**Figura 1.** Ilustração do sistema de filtragem da água residuária instalado em domicílio.

#### 4.4 Características físico-químicas do solo

O solo foi coletado na camada de 0-20 cm sendo classificado como Cambissolo Háplico, após a coleta o solo foi destorroado e peneirado (malha de 4 mm). As características químicas e físicas desse solo estão presentes na Tabela 2.

**Tabela 2.** Características físico-químico do Cambissolo Háplico coletado na camada 0-20 cm de profundidade.

	CE	P	Fe	K	Ca	Na	Al	H	M.O	Are.	Sil.	Ari.	Ds	
Prof. (cm)	pH	dS m <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>					%			g cm <sup>-3</sup>		
0-20	7,1	0,55	40	43	0,68	1,3	0,27	0	1	0,88	72,2	17,2	10,5	1,66

pH- potencial hidrogeniônico; CE – condutividade elétrica do extrato; P – fósforo; Fe – ferro; K – potássio; Ca – cálcio; Na – sódio; Al – Alumínio; H – hidrogênio; M.O – matéria orgânica; Are – areia; Sil – silte, Arg – argila; Ds – densidade do solo.

#### 4.5 Características físico-químicas do esterco bovino

Para os tratamentos que irão receber esterco, o mesmo foi adicionado ao solo e homogeneizado para posterior preenchimento dos vasos, sendo adicionado 645 g de esterco por vaso, equivalente a dose de 34 Mg ha<sup>-1</sup>, segundo Nicolau Sobrinho et al. (2009) dose suficiente para pleno crescimento do milho. Sendo que as características químicas do esterco estão presentes na Tabela 3.

**Tabela 3.** Características físico-químicas do esterco bovino.

N	P	K	Ca	Mg	C	C:N
g Kg <sup>-1</sup>						
10,40	5,28	10,50	11,20	6,85	113	11

N – nitrogênio; P – fósforo; K – potássio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; C – carbono e C:N – relação carbono nitrogênio.

#### 4.6 Semeadura

A cultivar de milho IPA-Buck-1 BF (*P. glaucum*) foi semeada em vasos com capacidade para 18 litros. Os vasos foram preenchidos com solo até atingir uma densidade de 1,30 g cm<sup>-3</sup>. Na semeadura, foram distribuídas nove sementes por vaso a 2,0 cm de profundidade. Até o décimo quinto dia da emergência todos os

vasos foram irrigados diariamente com água de abastecimento urbano, mantendo-se o solo sempre na capacidade de campo. Após esse período, foi realizado um desbaste, deixando-se apenas uma planta por vaso.

#### **4.7 Água disponível do solo**

Para a definição da água disponível do solo (AD), foi determinada a umidade do solo na capacidade de campo (CC) nos próprios vasos, seguindo a metodologia de Cassaroli e Jong van Lier (2008), e do ponto de murcha permanente (PMP), submetendo amostras de solo indeformadas a uma tensão de 15 ATM na Câmara Extratora de Richards. A água disponível do solo (AD) é o resultado da subtração do PMP da umidade na CC. Os procedimentos descritos para determinação da AD serão realizados para amostras de solo com e sem esterco, obtendo os seguintes resultados para o solo sem esterco: 0,18 g g<sup>-1</sup> e 0,03 g g<sup>-1</sup> respectivamente, para CC e PM; para o solo com esterco estes valores foram de 0,20 g g<sup>-1</sup> e 0,05 g g<sup>-1</sup> referente à CC e PM, respectivamente.

#### **4.8 Lâmina de irrigação**

Após o desbaste iniciou-se a aplicação das diferentes lâminas de água residuária com base nas frações de água disponível (AD) do solo (25, 50, 75 e 100 % de AD). As irrigações foram realizadas diariamente, repondo-se a massa de água perdida pelo processo de evapotranspiração, pesando-se os vasos.

#### **4.9 Trocas gasosas**

A cada 15 dias, após aplicação dos tratamentos (DAT), foram determinadas as trocas gasosas a nível foliar nos intervalos 15, 30, 45 e 60 DAT para as variáveis assimilação líquida de CO<sub>2</sub>, condutância estomática, concentração intercelular de CO<sub>2</sub> e transpiração. Para estas determinações utilizou-se um Analisador Portátil de Gás a Infravermelho (IRGA), modelo Licor 6400XT, operando com luz artificial de 1000 μmol de fótons m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. As leituras foram efetuadas na segunda folha totalmente expandida, de cima para baixo, entre 8:00 e 11:00 horas, após a irrigação

#### 4.9.1 Fluorescência da clorofila

Após o início da aplicação dos tratamentos (DAT) o experimento foi conduzido por 60 dias. Em um intervalo de a cada 15 dias foram realizadas medidas de fluorescência da clorofila utilizando-se um fluorômetro Licor 6400-40, acoplado ao IRGA Licor 6400XT. Assim, foram monitorados os parâmetros fluorescência basal no estado dinâmico ( $F_0'$ ), fluorescência máxima no estado dinâmico ( $F_m'$ ), determinados simultaneamente as medidas das trocas gasosas. Já os parâmetros fluorescência basal ( $F_0$ ), fluorescência máxima ( $F_m$ ) foram determinadas após, um local na mesma folha que foi medida as trocas gasosas, ser submetida ao escuro, por no mínimo 30 minutos. De posse desses parâmetros torna-se possível a estimativa dos demais parâmetros de fluorescência: fluorescência variável ( $F_v = F_m - F_0$ ), eficiência potencial do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ), coeficiente de dissipação fotoquímica ( $q_P$ ), coeficiente de dissipação não-fotoquímica ( $q_N$ ) e taxa de transporte de elétrons (ETR) (ROHÁČEK, 2002; SCHREIBER et al., 1998).

#### 4.9.2 Análise estatística

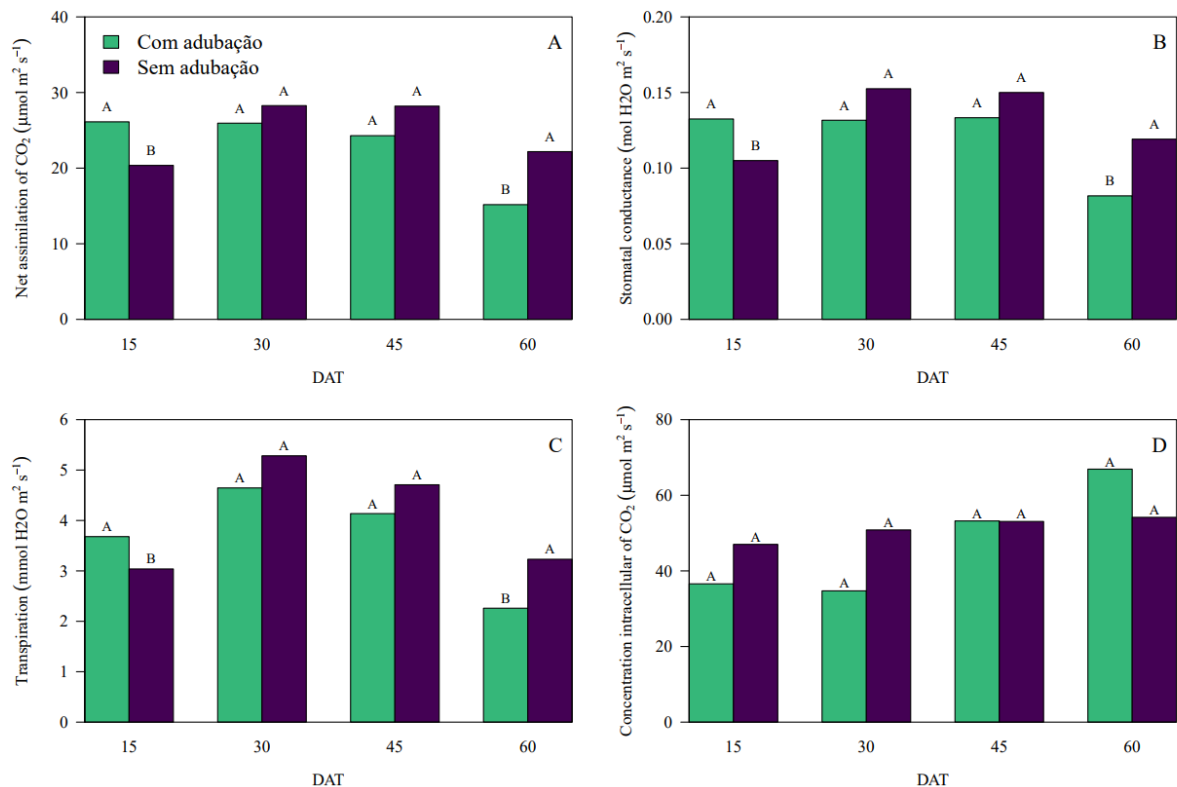
Os dados foram submetidos ao teste Shapiro-Wilk e teste de homoscedasticidade de Cochran. Atendidas as premissas, foi aplicada análise de variância teste F ( $p < 0,05$ ) e Teste Turkey ( $p < 0,05$ ). Para os tratamentos quantitativos (frações de água disponíveis no solo) foi aplicada análise de regressão. Os dados foram analisados no R software (R Core Team, 2017).

### 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 5.1 Trocas gasosas

Aos 30 e 45 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT) as trocas gasosas não tiveram diferença significativa independentemente da presença de adubação (Figura 1). Ainda assim, houve diferença nos tratamentos aos 15 e 60 DAT na Assimilação de  $CO_2$ , Condutância estomática e Transpiração. A concentração intracelular de  $CO_2$  não diferiu nos intervalos de avaliação estudados.

Aos 15 DAT obsevou-se um incremento de 22% na assimilação de CO<sub>2</sub> em plantas de milho com a presença de adubação (Figura 1A). Izidro (2019), constatou uma maior assimilação de CO<sub>2</sub> em plantas de milho irrigado com a presença de adubo orgânico e cobertura morta. Segundo Li et al., (2013), a adubação com esterco aumenta a quantidade de nutrientes na solução do solo, dentre eles o nitrogênio, proporcionando maior assimilação de CO<sub>2</sub>, por esse nutriente aumentar o teor de clorofila nas folhas e a atividade dos cloroplastos. Quando gramíneas estão com o manejo nutricional equilibrado as trocas gasosas tendem a atingir valores mais altos contribuindo inclusive para atenuar o efeito do estresse hídrico (KUWAHARA et al., 2016). Aos 60 DAT houve uma queda nas trocas gasosas, possivelmente por as plantas já estarem chegando ao final do ciclo reprodutivo, as folhas entram em senescência e ocorre conseqüente redução no ciclo fotossintético.



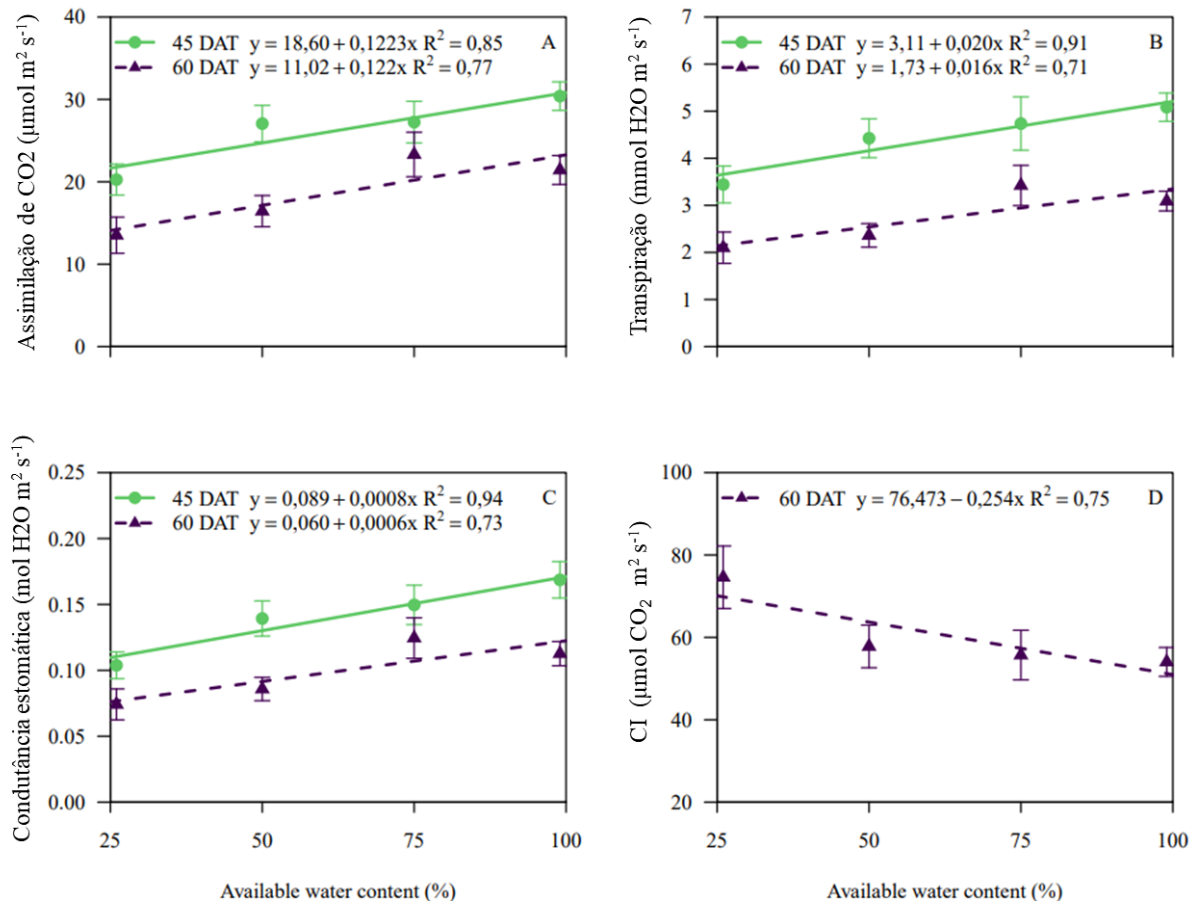
**Figura 1.** Trocas gasosas e teste de média aos 15, 30, 45 e 60 dias de irrigação com água cinza e adubação com esterco bovino. Médias seguidas pela mesma letra entre barras não diferem entre si pelo teste Tukey á 5%.

Aos 45 e 60 DAT, a análise de regressão apresentada (Figura 2.) mostrou um aumento crescente na assimilação de CO<sub>2</sub> (A), Transpiração (E) e Condutância estomática (gs) em função do aumento da água disponível.

Quando irrigado com 100% da água disponível, a assimilação de CO<sub>2</sub> teve um incremento de aproximadamente 42,73 e 65,03% para 45 e 60 DAT respectivamente. A maior assimilação de CO<sub>2</sub> para os mesmo periodos foram respectivamente 30,83 e 23,22  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ . A Condutância estomática aumentou 90,91 e 84% para 45 e 60 DAT respectivamente. Em ambientes com maior disponibilidade de água, as plantas passam mais tempo com seus estômatos abertos todavia, quando o suprimento de água se torna inadequado, os estômatos se fecham, afetando a assimilação de CO<sub>2</sub> e a transpiração (HALDIMANN et al. 2008; TARDIEL et al. 2018). Maiores valores de condutância estomática, demonstram maior taxa de abertura dos estômatos, assim, permite maior assimilação de CO<sub>2</sub> em consequência, o processo de abertura dos estômatos promove a perda de água por transpiração (TARDIEL et al., 2018).

Os maiores valores de transpiração ocorreram com 100% da água disponível. A transpiração reduziu em 29,35 e 36,04% para DAT 45 e 60 respectivamente quando as plantas foram submetidas a irrigação com 25% da água disponível.

Destaca-se que em situação de ótima disponibilidade hídrica (capacidade de campo), as plantas geralmente apresentam altas taxas transpiratórias, em condições adversas do ambiente como estresses hídricos ou salinos, as plantas passam a controlar a abertura estomática a fim de reduzir as perdas de água por transpiração (SILVA, et al., 2015, CHAVES et al., 2009, CHAVES et al., 2016). Isso justifica o aumento na transpiração e de condutância estomática quando as plantas de milho foram irrigadas com maiores quantidades de água, pois não havia limitação hídrica.



**Figura 2.** Análise de regressão das trocas gasosas de milho irrigado com diferentes regimes hídricos de água residuária aos 45 e 60 dias após aplicação dos tratamentos. Os pontos indicam os valores médios medidos com o respectivo desvio padrão, as linhas indicam as linhas indicam os valores estimado pela regressão e o CI é a concentração intercelular de CO<sub>2</sub>.

A concentração interna de CO<sub>2</sub> (CI) só apresentou diferença em função das lâminas de irrigação aos 60 DAT. Contudo, aos 60 DAT observa-se que o aumento da água disponível na irrigação reduziu a CI no mesófilo foliar (Figura 2D).

Durante os 60 DAT a CI aumentou 37,30% quando irrigado com 25% da água disponível, enquanto que a Condutância estomática reduziu 62,40%. Normalmente, incrementos no CI acompanham o aumento da Condutância estomática. Quando os valores de CI aumentam concomitantemente com a condutância, a limitação estomática é considerada o principal fator da limitação do desempenho fotossintético, uma vez que quanto maior a abertura estomática maior a difusão de CO<sub>2</sub> para a câmara subestomática (SANTOS et al., 2013; NASCIMENTO, 2009).

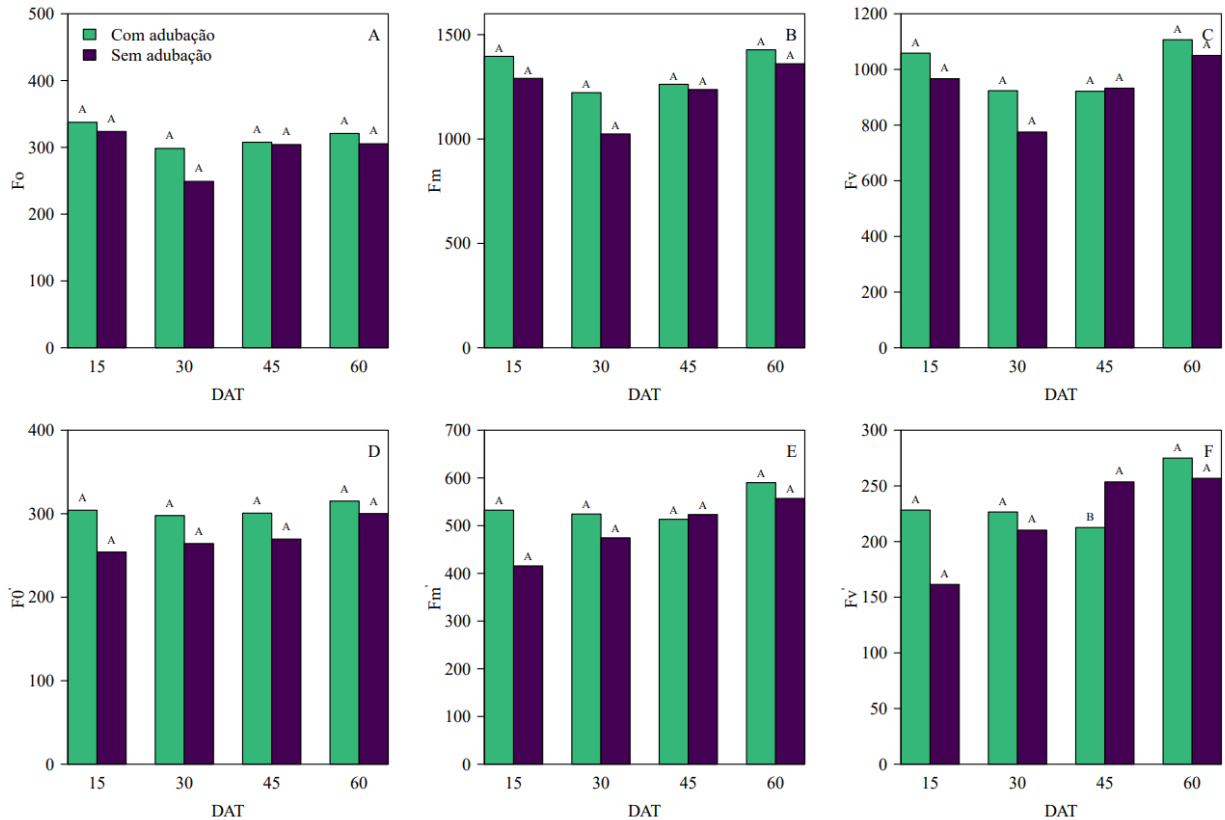
Nos resultados apresentados, os valores de CI aumentaram enquanto a condutância decresceu progressivamente em função da água disponível (Figura 2C,

2F). Nesse caso, quando ocorre aumento na concentração interna de CO<sub>2</sub> (CI) com diminuição da condutância, em ambientes com estresse hídrico, o decréscimo da fotossíntese indica que esta limitação não é devida apenas ao aumento da resistência estomática. Mas também, ao efeito do estresse hídrico sobre a fase luminosa da fotossíntese, visto que um alto valor de CI associado aos baixos valores de condutância, indicaria um decréscimo na eficiência de carboxilação (NASCIMENTO, 2009; ROZA, 2010; SANTOS et al., 2013).

Roza (2010) afirma que o incremento de CI, sob baixa disponibilidade hídrica, pode estar relacionado à queda na atividade de enzimas envolvidas no processo de fixação de CO<sub>2</sub>. Fatores não estomáticos, como redução da atividade e concentração da enzima Ribulose 1-5 bifosfato carboxilase/ oxigenase (Rubisco), fotoinibição, taxa de transferência de elétrons e redução da eficiência fotoquímica de PS 2,

## 5.2 Florescência da clorofila

Na Figura 3 esta presente o teste de médias da fluorescência da clorofila, a qual não se constatou efeito significativo em função da presença ou ausência de adubação para as variáveis Mínima fluorescência no escuro (Fo), Fluorescência máxima no escuro (Fm) e Fluorescência variável adaptada ao escuro (Fv), mínima fluorescência adaptada à luz (Fo') e máxima fluorescência adaptada à luz (Fm') para as épocas de avaliação de 15, 30, 45 e 60 DAT (Figura 3). Ainda assim houve diferença na fluorescência variável adaptada à luz (Fv') para DAT 45 (Figura 3F). Maia Junior et al. (2020) não encontrou diferença significativa nas mesmas variáveis analisadas em plantas de mamoneiras adubadas com torta de mamona, em função da época.



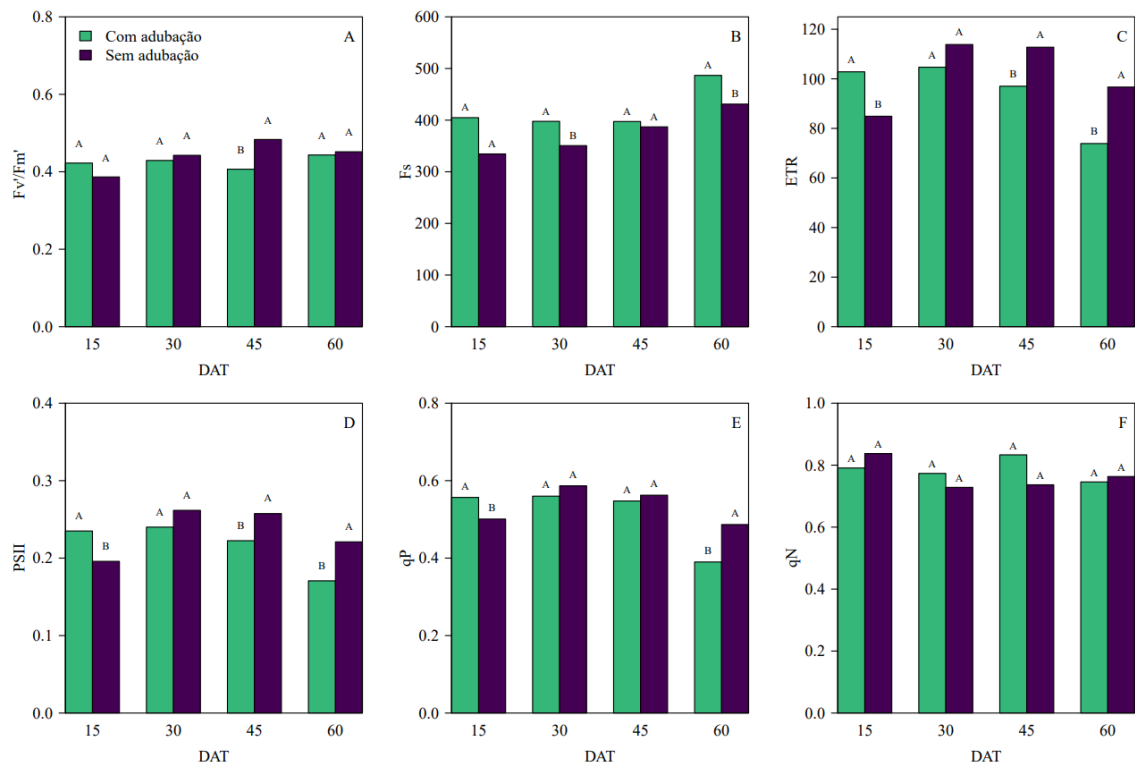
**Figura 3.** Teste de média da Fluorescência da clorofila aos 15, 30, 45 e 60 dias de irrigação com água cinza e adubação com esterco bovino. Mínima fluorescência ( $F_o$ ), Fluorescência máxima ( $F_m$ ), fluorescência variável ( $F_v$ ). Mínima fluorescência adaptada à luz ( $F_o'$ ), Fluorescência máxima adaptada à luz ( $F_m'$ ) e fluorescência variável adaptada à luz ( $F_v'$ ). Médias seguidas pela mesma letra entre barras não diferem entre si pelo teste Tukey à 5%.

Os testes de médias (Figura 4) não apresentaram diferença para o rendimento quântico efetivo do fotossistema II ( $F_v'/F_m'$ ) para 15, 30 e 60 DAT. A fluorescência saturada ( $F_s$ ) não apresentou diferença para 15 e 45 DAT em função da adubação.

As variáveis Taxa de Transporte de Eletrons (ETR) e rendimento quântico real do fotossistema II (PSII) apresentaram diferença significativa em função da adubação aos 15, 45 e 60 DAT. Sendo que aos 15 DAT o tratamento com adubação se sobressaia e aos 45 e 60 DAT o sem adubação se sobressaia. Em gramíneas como o trigo, também foi verificada a redução de parâmetros de fluorescência ao longo do ciclo da cultura (ALI et al., 2018). Em plantas adubadas o ciclo da cultura tende a ser mais rápido, conseqüentemente, o aparato fotossintético é debilitado primeiro (SILVA et al., 2022). Também deve-se considerar que as plantas de milho adubadas, apresentam número de folhas bem superior as plantas

sem adubação (SILVA et al., 2021). Assim, mesmo que a fotossíntese tenda a ser menor em plantas adubadas, o saldo de plantas com adubação sempre vai ser superior, devido a maior área fotossintetizante.

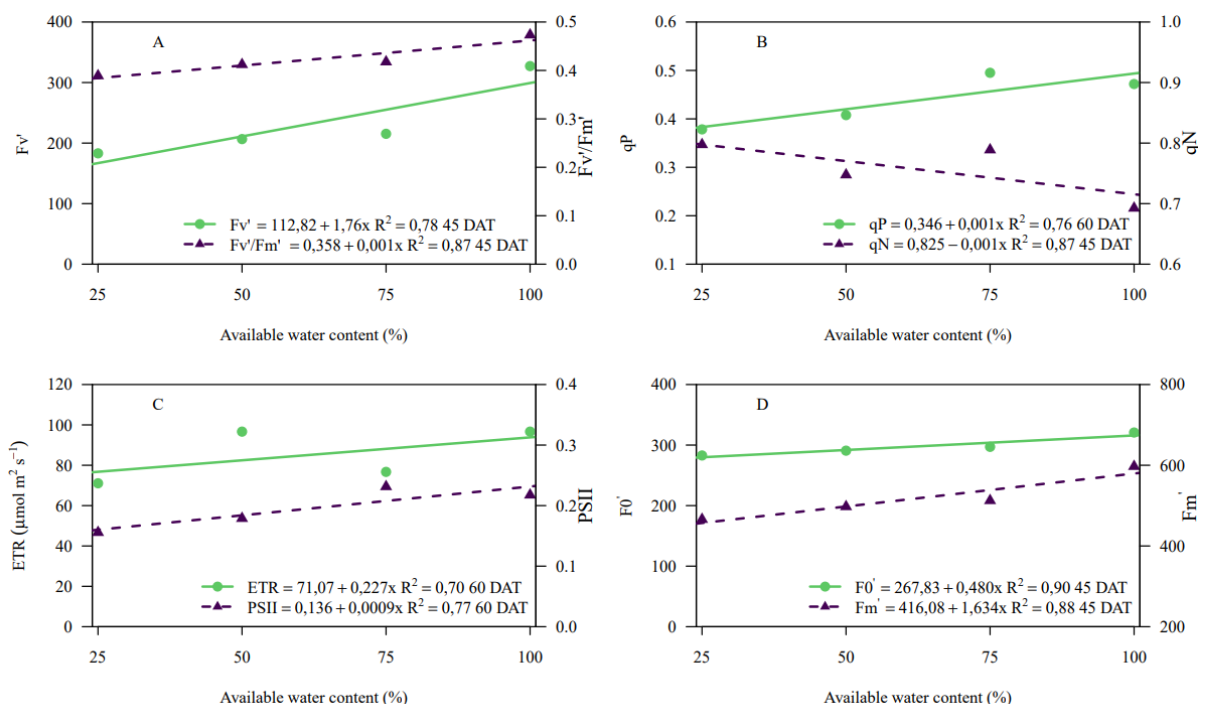
Já para a dissipação fotoquímica (*quenching*) (qP), apresentou diferença significativa aos 15 e 60 DAT. Sendo que aos 15 DAT o qP era superior nas plantas que receberam adubação, já aos 60 DAT ocorreu comportamento inverso. Quando as folhas começam a senescer o sistema fotossintético é rapidamente desmontado dentro dos cloroplastos, provocando redução em varios parametros de fluorescência (Brower et al., 2012). Para o quenching não-fotoquímico (qN) não houve diferença significativa.



**Figura 4.** Teste de média nos tratamentos com e sem adubação nos intervalos 15, 30, 45 e 60 DAT. Rendimento quântico efetivo ( $F_v'/F_m'$ ), fluorescência saturada ( $F_s$ ), Taxa de transporte de elétrons, Rendimento quântico real do fotossistema II (PSII), dissipação fotoquímica (*quenching*) (qP) e *quenching* não-fotoquímico (qN). Médias seguidas pela mesma letra entre barras não diferem entre si pelo teste Tukey à 5%.

Os valores de PSII foram de 0,22 e 0,16 para lâmina de 100 e 25 % respectivamente, houve uma redução de 30,9 % quando as plantas foram irrigadas com 25% da água disponível (Figura 6C). Baixos valores do PSII normalmente estão associados a baixos níveis de CI, devido ao fechamento estomático (BAKER, 1993). Contudo, observou-se que a CI aumentou mesmo sob estresse hídrico (Figura 2D). Outras possibilidades para baixos valores do PSII podem ser o aumento na peroxidação lipídica em decorrência do desvio do fluxo de elétrons da assimilação de CO<sub>2</sub> para a redução de O<sub>2</sub> e queda na atividade fotossintética em função da condição de estresse causado por deficiência hídrica (LEMOS FILHO, 2000; SMIRNOFF, 1993). No presente estudo também foi encontrado que a ETR reduziu significativamente em função das lâminas de irrigação, esse fator também pode ter influenciado para redução nos valores de PSII.

A fluorescência variável após exposição a luz (Fv') aumentou conforme o aumento da lamina de irrigação, conseqüentemente houve aumento Rendimento quântico efetivo (Fv'/Fm') (Figura 5A).



**Figura 5.** Análise de regressão com função da água disponível para Fluorescência variável (Fv'), Rendimento quântico efetivo (Fv'/Fm'), Quenching fotoquímico (qp), Quenching não-fotoquímico (qN), Taxa de transporte de elétrons (ETR), Rendimento quântico real do fotossistema (PSII), Fluorescência inicial após excitação (F0') e Fluorescência máxima após excitação (Fm').

O aumento do Quenching fotoquímico (qP) sugere uma maior transferência de energia no PSII, o que favoreceu a taxa de transporte de elétrons (ETR) com o aumento no fornecimento de água para as plantas. O Quenching não fotoquímico (qN) apresentou-se decrescente conforme qP aumentou. O qP indica a proporção dos centros de reação do PSII que estão abertos, enquanto qN refere-se ao nível de fluorescência máxima (Fm) no qual a eficiência fotoquímica está no máximo e a dissipação térmica está no mínimo (MAXWELL & JOHNSON, 2000). O qN é frequentemente usado como indicador da dissipação excessiva de energia radiante para o aquecimento nos complexos de antenas PSII, ou seja, quando qN aumenta ocorre dissipação de energia na forma de calor (GILMORE, 1997).

A taxa de transporte de elétrons (ETR) apresentou comportamento crescente em função do incremento de água no solo, a irrigação com 100% da água disponível aumentou em até 30,91% esta variável. O estresse hídrico promove redução nos valores de ETR devido aos distúrbios provocados por esse estresse no ciclo de Calvin e na regulação de enzimas e compostos relacionados com a fotossíntese (MAN et al., 2017).

A fluorescência inicial (F0') e a fluorescência máxima (Fm') tiveram uma redução de 12,34 e 21,15% respectivamente. Esse comportamento pode indicar uma resposta negativa ao constante decréscimo da água disponível no solo, atrelado a danos irreversíveis aos tecidos foliares (senescência). Modificações na fluorescência da clorofila, sob condições de estresse, ocorrem quando enzimas responsáveis pela redução de carbono são danificadas e o transporte de elétrons é inibido, o que sugere redução na quantidade de energia utilizada pela planta para processos fotoquímicos (ZHANG et al., 2012).

## **6 CONCLUSÕES**

O esterco bovino proporcionou maiores trocas gasosas aos 15 DAT.

Somente após os 45 DAT houve efeito do estresse hídrico para as variáveis analisadas.

A fluorescência da clorofila não foi influenciada pela adubação com esterco bovino.

Mais estudos são necessários para avaliar o efeito das águas cinzas sobre a inflorescência da clorofila.

## 7 REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

ALI, S., XU, Y., JIA, Q., MA, X., AHMAD, I., ADNAN, M., ... & JIA, Z. (2018). Interactive effects of plastic film mulching with supplemental irrigation on winter wheat photosynthesis, chlorophyll fluorescence and yield under simulated precipitation conditions. *Agricultural Water Management*, 207, 1-14.

BAKER NR. Light-use efficiency and photoinhibition of photosynthesis in plants under environmental stress. In: SMITH, J.A.C.; GRIFFITHS, H. (Eds.). *Water deficits plant responses from cell to community*, Bios Scientific Publisher, Oxford, 1993. p. 221-235.

BAKER, N.R.; ROSENQVIST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. *Journal of Experimental Botany*, Oxford, v.55, p.1607-1621, 2004.

BJÖRKMAN, O.; DEMMING, B. Photon yield of O<sub>2</sub> evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 k among vascular plants of diverse origins. *Planta*, v.170, p.61-66, 1987

BROUWER, B., ZIOLKOWSKA, A., BAGARD, M., KEECH, O., & GARDESTRÖM, P. (2012). The impact of light intensity on shade-induced leaf senescence. *Plant, Cell & Environment*, 35(6), 1084-1098.

CHAVES, M. M.; FLEXAS, J.; PINHEIRO, C. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. *Annals of Botany*, v. 103, n. 4, p.551-560, 2009.

CHAVES, M. M. et al. Plant Science Controlling stomatal aperture in semi-arid regions — The dilemma of saving water or being cool ?. *Plant Science*, v. 251, p. 54–64, 2016.

CHRISTOFIDIS, D. Água, irrigação e agropecuária sustentável. *Revista de política agrícola*. Ano XXII – No 1, p. 116, 2013

COSTA, R. O. Tratamento de água cinza visando o desenvolvimento sustentável da agricultura familiar / Rubenia de Oliveira Costa. - Campina Grande, 2021. 85 f.: Il. Color

FEITOSA, A. P.; LOPES, H. S. S.; BATISTA, R. O.; COSTA, M. S.; MOURA, F. N. Avaliação do desempenho de sistema para tratamento e aproveitamento de água cinza em áreas rurais do semiárido brasileiro. *Engenharia Ambiental*, v. 8, p. 196-206, 2011.

GARCIA, G. O. Alterações químicas no solo, aspectos nutricionais, fisiológicos e de produção da cultura do milho irrigado com água salina. 2006. 101 f. Tese (Doutorado Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

GILMORE, A. M. (1997). Mechanistic aspects of xanthophyll cycle-dependent photoprotection in higher plant chloroplasts and leaves. *Physiologia Plantarum*, 99(1), 197-209.

GOMES, J.L.; BARBERI, J.C. Gerenciamento de recursos hídricos no Brasil e no estado de São Paulo: um novo modelo de política pública Jésus. *Cadernos EBAPE.BR - Volume II – Número 3*, p.5, 2004.

GUIMARÃES JUNIOR, R.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S. Utilização do milheto para produção de silagem. Planaltina, 28p, 2009. (Documento 259 – Embrapa Cerrados).

HALDIMANN, P; GALLE, A; FELLER, U. Impact of an exceptionally hot dry summer on photosynthetic traits in oak (*Quercus pubescens*) leaves. *Tree Physiology*. v. 28, p.785–795, 2008.

HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, vol. 7, n. 4, p.75-95.2002.

KUWAHARA, F. A. et al. Phosphorus as a mitigator of the effects of water stress on the growth and photosynthetic capacity of tropical C4 grasses. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 38, n. 3, p. 363, 2016.

LEMOSFILHO, J.P. Fotoinibição em três espécies de cerrado (*Annona crassifolia*, *Eugenia dysenterica* e *Campomanesia adamantium*) na estação seca e na chuvosa. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 23, p.45 50. 2000.

LI, D. et al. Effects of low nitrogen supply on relationships between photosynthesis and nitrogen status at different leaf position in wheat seedlings. *Plant Growth Regul*, v. 70, n. 3, p. 257–263, 2013.

MACHADO, R. A. F.; DURÃES, F. O. M.; RODRIGUES, J. D.; MAGALHAES, P .C.; CANTÃO, F. R. O. Análise de Fluorescência da Clorofila em Linhagens de Milho

Contrastantes para Tolerância à Seca Submetidas a dois Níveis de Nitrogênio. XXV Congresso Nacional de Milho e Sorgo. 2004, Cuiabá, MT.

MAIA JUNIOR, S. O.; FERREIRA, R.S.; FIGUEREDO, L. F.; ANDRADE, J. R.; PEDROZA, J. P. Fluorescência da clorofila em mamoneira adubada com torta de mamona e níquel. Scientific Electronic Archives Issue ID: Sci. Elec. Arch. Vol. 13 (4) April 2020.

Man, J., Yu, Z., & Shi, Y. (2017). Radiation interception, chlorophyll fluorescence and senescence of flag leaves in winter wheat under supplemental irrigation. *Scientific Reports*, 7(1), 1-13.

MAXWELL, K.; JOHNSON, G.N. Chlorophyll fluorescence - a practical guide. *Journal of Experimental Botany*, v.51, n.345, p.659-668, 2000.

NASCIMENTO, J. L. do. Crescimento e assimilação de carbono em plantas jovens de *Attalea funifera* Mart. submetidas ao sombreamento e ao estresse hídrico. 2009. 97 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Santa Cruz. Ilhéus – Bahia, 2009.

OLIVEIRA, W. J.; SOUZA, E. R.; SANTOS, E. F. F. S.; DUARTE, H. H. F.; MELO, D. V. M. FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA COMO INDICADOR DE ESTRESSE SALINO EM FEIJÃO CAUPI. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada* v.12, nº.3, p. 2592 - 2603, 201.

PERAZZO, A.F.; SANTOS, E.M.; PINHO, M.A.; CAMPOS, F.S.; RAMOS, J.P.F.; AQUINO, M.M.; SILVA, T.C.; BEZERRA, H.F.C. Características agronômicas e eficiência do uso da chuva em cultivares de sorgo no semiárido. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.43, n.10, p.1771, 2013.

PERAZZO, A.F.; SANTOS, E.M.; PINHO, M.A.; CAMPOS, F.S.; RAMOS, J.P.F.; AQUINO, M.M.; SILVA, T.C.; BEZERRA, H.F.C. Características agronômicas e eficiência do uso da chuva em cultivares de sorgo no semiárido. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.43, n.10, p.1771, 2013

PEREIRA FILHO, I. A.; RESENDE, A.V.; COELHO, A.M. et al. Cultivo do milheto. Embrapa Milho e Sorgo, Sistema de produção, ISSN 1679-012X, 2016. Disponível em < [Cultivo do milheto. - Portal Embrapa](#) >. Acesso em 28 de setembro de 2022.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2017. Available on: . Accessed on: set. 2022.

ROHÁČEK, K., 2002. Chlorophyll fluorescence parameters: the definitions, photosynthetic meaning, and mutual relationships. *Photosynthetica* 40, 13e29.

- ROZA, F. A. Alterações morfofisiológicas e eficiência de uso da água em plantas de *Jatropha curcas* L. submetidas à deficiência hídrica. 2010. 67 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Santa Cruz. Ilhéus – Bahia, 2010.
- SANDRI, D.; MATSURA, E. E.; TESTEZLAF, R. Desenvolvimento da alface Elisa em diferentes sistemas de irrigação com água residuária. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 11, n. 1, 2007. 17-29p. Disponível em: [www.epublicações.uerj.br](http://www.epublicações.uerj.br). Acesso em 05/10/2022.
- SANTOS, M. R. dos; MARTINEZ, M. A.; DONATO, S. L. R. Gas exchanges of 'tommy atkins' mango trees under different irrigation treatments. *Bioscience Journal*, v. 29, n. 5, p. 1141- 1153, 2013.
- Schansker, G., Tóth, S. Z., & Strasser, R. J. (2005). Methylviologen and dibromothymoquinone treatments of pea leaves reveal the role of photosystem I in the Chl a fluorescence rise OJIP. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Bioenergetics*, 1706(3), 250-261.
- SCHREIBER, U., BILGER, W., HORMANN, H., NEUBAUER, C., 1998. Chlorophyll fluorescence as a diagnostic tool: basics and some aspects of practical relevance. in: raghavendra, a.s. (ed.), *photosynthesis: A comprehensive treatise*. cambridge university press, cambridge, pp. 320e336
- SILVA, F. G; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, L. M. B. F.; MELO, A. S. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* Campina Grande, v.19, n.10, p.946–952, 2015.
- SILVA, J. R. I., SOUZA, E., LEITE, M. L. D. M. V., JÚNIOR, G. B., de SOUSA LIMA, J. R., & SALES, A. T. (2021). Características estruturais e acúmulo de fitomassa do milho sob diferentes regimes de irrigação com água residuária e adubação orgânica. *Irriga*, 1(1), 206-220.
- SILVA, J. R., SOUZA, E., LEITE, M. L. D., BARROS JUNIOR, G., SALES, A. T., & ANTONINO, A. C. (2022). Gas exchange and millet phytomass under organic fertilization and graywater irrigation. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 26, 111-118.
- SILVA, M. M. P.; VASQUEZ, H. M.; BRESSAN-SMITH, R.; SILVA, J. F. C.; ERBESDOBLER, E. D.; ANDRADE JUNIOR, P. S. C. Eficiência fotoquímica de gramíneas forrageiras tropicais submetidas à deficiência hídrica. *R. Bras. Zootec.*, v.35, n.1, p.67-74, 2006.

SILVA, P.C.G.; MOURA, M.S.B.; KIILL, L.H.P.; BRITO, L.T.L.; PREIRRA, L.A.; SÁ, I.B.; CORREIA, R.C.; TEXEIRA, A.H.C.; CUNHA, T.J.F.; FILHO, C.G.

Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. Cap 1, p.19, 2010

TABOSA, J. N. et al. Programa de Melhoramento de Sorgo e Milheto em Pernambuco. Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas para o Nordeste Brasileiro, 1999.

TAIZ, L., & ZEIGER, E. (2006). *Fisiologia vegetal* (Vol. 10). Universitat Jaume I. TARDIEU, F; SIMONNEAU, T; MULLER, B. The physiological basis of drought tolerance in crop plants: A scenario-dependent probabilistic approach. *Annual Review Plant Biology*, v. 69, p. 733–759. 2018.

VADEZ, V., KHOLOVÁ, J., YADAV, R. S., & HASH, C. T. (2013). Small temporal differences in water uptake among varieties of pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) are critical for grain yield under terminal drought. *Plant and Soil*, 371(1), 447-462.

ZHANG, H., HU, H., ZHANG, X., WANG, K., SONG, T., & ZENG, F. (2012). Detecting Suaeda salsa L. chlorophyll fluorescence response to salinity stress by using hyperspectral reflectance. *Acta Physiologiae Plantarum*, 34(2), 581-588.