



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA
COORDENAÇÃO DO CURSO DE AGRONOMIA
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

NATANAEL LUCENA FERREIRA

TROCAS GASOSAS E FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA *a* DA PITAIA SOB
DIFERENTES DOSES DE ADUBAÇÃO ORGÂNICA

Serra Talhada - PE

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário(a): Israel Lacerda do Nascimento – CRB-4 2317

F383t Ferreira, Natanael Lucena.

Trocas gasosas e fluorescência da clorofila a da
pitaia sob diferentes doses de adubação orgânica /
Natanael Lucena Ferreira. – Serra Talhada, 2025.
33 f.; il.

Orientador(a): Adriano do Nascimento Simões.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Unidade Acadêmica Serra Talhada - UAST,
Bacharelado em Agronomia, Serra Talhada, BR-PE,
2026.

Inclui referências.

1. Cultivos agrícolas. 2. Frutas - Cultivo. 3.
Adubos e fertilizantes orgânicos. 4. Fertilidade do
solo 5. Água na agricultura. I. Simões, Adriano do
Nascimento, orient. II. Título

CDD 630

NATANAEL LUCENA FERREIRA

**TROCAS GASOSAS E FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA *a* DA PITAIA SOB
DIFERENTES DOSES DE ADUBAÇÃO ORGÂNICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Bacharelado em Agronomia da
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como
requisito parcial para obtenção do título de
Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Adriano do Nascimento
Simões

Serra Talhada - PE

2025

NATANAEL LUCENA FERREIRA

**TROCAS GASOSAS E FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA *a* DA PITAIA SOB
DIFERENTES DOSES DE ADUBAÇÃO ORGÂNICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Bacharelado em Agronomia da
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como
requisito parcial para obtenção do título de
Bacharel em Agronomia.

Aprovado em: 11/07/2025

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Adriano do Nascimento Simões (Orientador)

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Me. Ivanice da Silva Santos

Universidade Federal Rural do Semiárido

Dra. Valécia Nogueira Santos e Silva

Universidade Federal Rural do Semiárido

A mim mesmo, por não desistir mesmo diante das dificuldades. Este trabalho é prova da minha perseverança.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A realização deste Trabalho de Conclusão de Curso só foi possível graças ao apoio e dedicação de muitas pessoas que estiveram ao meu lado durante essa caminhada.

Agradeço primeiramente a Deus, pela saúde, força e sabedoria para enfrentar todos os desafios.

Ao meu orientador, Dr. Adriano do Nascimento Simões e ao Dr. Igor Tenório Marinho da Rocha pela paciência, orientação e incentivo constante, que foram fundamentais para a concretização deste trabalho.

Aos meus familiares, pelo amor incondicional, compreensão e apoio em todos os momentos, mesmo nos mais difíceis. Em especial a meu pai Francisco Manoel Neto e minha mãe Francisca Seilde Pereira Neto que foram minha base de apoio nos momentos difíceis.

Aos colegas e amigos, que compartilharam comigo dúvidas, angústias e conquistas ao longo dessa jornada acadêmica, tornando-a mais leve e significativa. Em especial a Carlos Natan, Israel Luis, Maria Aparecida, Vivian Soraia, Thauana Milena, Adélia Bisneta, Cintya Fausto, Emilio Gabriel, Geovane de Almeida e demais. E aos meus amigos do grupo de pesquisa, Ivanice, Gleison, Ericks, Taylane e Mayara.

A todos os professores e funcionários da UFRPE-UAST, pelo conhecimento transmitido e pela contribuição na minha formação pessoal e profissional.

Por fim, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, deixo meu mais sincero agradecimento.

RESUMO

A pitiaia tem se destacado como uma frutífera promissora em regiões semiáridas, devido à sua boa adaptação às condições de alta luminosidade e baixa disponibilidade hídrica. Apesar de ser uma planta rústica, pertencente à família Cactaceae e com metabolismo fotossintético do tipo ácido das crassuláceas, apresenta elevada exigência nutricional, especialmente por nitrogênio, fósforo e potássio, que são fundamentais para o desenvolvimento vegetativo, formação de frutos e qualidade produtiva. A adubação, portanto, exerce papel essencial no crescimento da pitiaia, influenciando diretamente processos fisiológicos como as trocas gasosas e a eficiência dos fotossistemas, que são determinantes para a fotossíntese e, consequentemente, para a produtividade da cultura. Este trabalho tem como objetivo avaliar a influência de diferentes doses de adubação orgânica com esterco bovino nas trocas gasosas e na fluorescência da clorofila *a* de pitiaia (*Hylocereus polyrhizus*) cultivada em condições de clima semiárido. O pomar foi implantado no ano de 2020 na área experimental da Universidade Federal Rural de Pernambuco/ Unidade Academia de Serra Talhada. As plantas foram adubadas com doses de esterco bovino nas concentrações 5,33; 10,66; 21,33 e 49,33 kg/planta de esterco bovino. Foram analisados os pigmentos no cladódio (clorofila *a*, *b* e totais), parâmetros fisiológicos, como a taxa fotossintética (P_n), condutância estomática (g_s) e a transpiração (E), bem como variáveis relacionadas à fluorescência da clorofila, como o rendimento quântico máximo do fotossistema II (F_v/F_m), quenching fotoquímico (qP) e o não fotoquímico (NPQ) e a taxa de transporte de elétrons (ETR). O experimento foi conduzido em delineamento em blocos ao acaso, com cinco tratamentos e cinco repetições. Os resultados demonstraram que o aumento das doses de adubação orgânica promoveu incremento significativo na taxa fotossintética, na ETR e no qP , refletindo em maior eficiência do fotossistema II e melhor capacidade de conversão de energia luminosa em energia química. Também houve aumento linear nos teores de clorofilas e carotenoides, evidenciando a influência direta do nitrogênio na síntese de pigmentos fotossintéticos. Por outro lado, variáveis como g_s , E , NPQ e F_v/F_m não foram significativas entre as doses testadas. De forma geral, a adubação orgânica com esterco bovino mostrou-se eficiente para melhorar aspectos fisiológicos da pitiaia, favorecendo maior desempenho fotossintético e qualidade dos cladódios, além de contribuir para práticas agrícolas mais sustentáveis e adaptadas às condições semiáridas.

Palavras-chave: *Hylocereus polyrhizus*, Fertilidade do solo, Metabolismo CAM, Semiárido, Eficiência fotossintética.

ABSTRACT

Pitaya has stood out as a promising fruit crop in semi-arid regions due to its good adaptation to conditions of high light intensity and low water availability. Despite being a rustic plant belonging to the Cactaceae family and having a crassulacean acid metabolism, it has high nutritional requirements, especially for nitrogen, phosphorus, and potassium, which are essential for vegetative development, fruit formation, and productive quality. Fertilization, therefore, plays an essential role in the growth of pitaya, directly influencing physiological processes such as gas exchange and photosystem efficiency, which are decisive for photosynthesis and, consequently, for crop productivity. This study aims to evaluate the influence of different doses of organic fertilization with cattle manure on gas exchange and chlorophyll a fluorescence in dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) grown in semi-arid climate conditions. The orchard was established in 2020 in the experimental area of the Federal Rural University of Pernambuco/Serra Talhada Academy Unit. The plants were fertilized with doses of cattle manure at concentrations of 5.33, 10.66, 21.33, and 49.33 kg/plant of cattle manure. The pigments in the cladode (chlorophyll a, b, and total), physiological parameters such as photosynthetic rate (P_n), stomatal conductance (g_s), and transpiration (E), as well as variables related to chlorophyll fluorescence, such as the maximum quantum yield of photosystem II (F_v/F_m), photochemical quenching (qP) and non-photochemical quenching (NPQ), and electron transport rate (ETR). The experiment was conducted in a randomized block design with five treatments and five replicates. The results showed that increasing organic fertilizer doses promoted a significant increase in the photosynthetic rate, ETR, and qP , reflecting greater photosystem II efficiency and improved capacity to convert light energy into chemical energy. There was also a linear increase in chlorophyll and carotenoid contents, evidencing the direct influence of nitrogen on the synthesis of photosynthetic pigments. On the other hand, variables such as g_s , E , NPQ, and F_v/F_m were not significant among the doses tested. In general, organic fertilization with cattle manure proved to be efficient in improving physiological aspects of pitaya, favoring greater photosynthetic performance and cladode quality, in addition to contributing to more sustainable agricultural practices adapted to semi-arid conditions.

Keywords: *Hylocereus polyrhizus*, Soil fertility, CAM metabolism, Semi-arid, Photosynthetic efficiency.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Características morfológicas que diferenciam as três principais variedades de pitiaia produzidas no mundo.	4
Figura 2. Representação de como a adubação (N, P, K) influencia na fluorescência da clorofila.....	8
Figura 3. Localização da UAST/UFRPE (A) e pomar experimental de pitiaia (B).	9
Figura 4. Fotossíntese líquida (Pn) de pitiaia submetida a doses de adubação orgânica com esterco bovino.....	12
Figura 6. Taxa de transporte de elétrons (ETR) de pitiaia submetida a doses de adubação orgânica com esterco bovino.	16
Figura 7. Quenching fotoquímico (qP) de pitiaia submetida a doses de adubação orgânica com esterco bovino.....	18

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise química dos teores de nutrientes no solo na implantação da cultura e do esterco utilizado na adubação orgânica.	10
Tabela 2. Adubação durante os cinco anos de instalação do pomar de pitaia.	10
Tabela 3. Condutância estomática (gs), transpiração (E), quenching não fotoquímico (NQP) e rendimento quântico máximo do fotossistema II (Fv/Fm) de pitaia submetida a doses de adubação orgânica com esterco bovino.	13

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Ca	Cálcio
CAM	Metabolismo ácido das crassuláceas
CO ₂	Dióxido de carbono
CTC	Capacidade de troca catiônica
E	Transpiração
ETR	Taxa de transporte de elétrons
EUA	Eficiência do uso da água
Fv/Fm	Rendimento quântico máximo do fotossistema II
gs	Condutância estomática
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IRGA	Analisador de Gases por Infravermelho
K	Potássio
Mg	Magnésio
Na	Sódio
N	Nitrogênio
NPQ	Quenching não fotoquímico
P	Fósforo
Pn	Fotossíntese líquida
PSI	Fotossistema I
PSII	Fotossistema II
ROS	Espécies Reativas de Oxigênio
UAST	Unidade Acadêmica de Serra Talhada
UFRPE	Universidade Federal Rural de Pernambuco
UV-Vis	Ultravioleta-visível (tipo de espectrofotometria)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	3
2. REFERENCIAL TEÓRICO	4
2.1 A cultura da pitaia.....	4
2.2 Adubação na pitaia.....	5
2.3 Influência da adubação nas trocas gasosas	6
2.4 Influência da adubação na fluorescência da clorofila	7
3. OBJETIVOS.....	8
3.1 Objetivo geral	8
3.2 Objetivos específicos	8
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	9
4.1 Caracterização da área experimental	9
4.2 Determinações de Trocas gasosas.....	11
4.4 Fluorescência da clorofila	11
4.5 Análises estatísticas	11
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
5.1 Trocas gasosas	12
6.2 Teor de pigmentos nos cladódios.....	14
6.3 Fluorescência da clorofila	16
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	20
7. REFERÊNCIAS	21

1. INTRODUÇÃO

A pitiaia (*Hylocereus spp.*), vem sendo cultivada em regiões de clima tropical e semiárido devido sua adaptabilidade as condições edafoclimáticas como alta luminosidade e baixa disponibilidade hídrica. Essa cultura pertence à família Cactácea e possui um metabolismo fotossintético do tipo ácido das crassuláceas (CAM), o que favorece sua aclimação a ambientes semiáridos (Gomes, 2021; Pandolfo *et al.*, 2018; Santos *et al.*, 2022).

A pitiaia embora apresente rusticidade, possui uma elevada exigência nutricional, sendo a adubação uma das práticas de manejo mais importantes para garantir o crescimento vegetativo, a floração e a frutificação. A cultura responde de forma significativa à adubação com macronutrientes, especialmente nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), que participam de processos fisiológicos cruciais (Gomes, 2021; Passos *et al.*, 2023).

A adubação influencia ainda, de forma direta as trocas gasosas das cactáceas. Segundo Silva *et al.* (2023) a fertilização no cultivo de palma Orelha de Elefante Mexicana pode atuar no melhoramento das taxas de assimilação líquida de CO₂ e na condutância estomática, levando a um melhor desempenho fotossintético. Estudos mostram que o fornecimento de N e K promove aumento da taxa fotossintética e da condutância estomática em culturas como feijão e berinjela (Hassan *et al.*, 2015; Souza *et al.*, 2017).

Além da influência da adubação nas trocas gasosas pode atuar nos parâmetros analisado na fluorescência da clorofila *a*. A fluorescência da clorofila *a* é um método utilizado para avaliar as condições fisiológicas das plantas. Assim como as trocas gasosas, os parâmetros analisados na fluorescência da clorofila podem ser afetados por uma nutrição adequada podendo melhorar valores de Fv/Fm e menor dissipação de energia (NPQ), indicando um sistema fotossintético funcional e eficiente. Segundo Gao *et al.* (2022), a adubação nitrogenada, combinada à irrigação, aumenta significativamente a eficiência fotossintética em trigo. Resultados semelhantes foram observados em arroz (Deng *et al.*, 2024), evidenciando a importância da nutrição no desempenho fotossintético, mesmo sob condições adversas.

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a influência da adubação orgânica com esterco bovino nas trocas gasosas e na fluorescência da clorofila *a* de pitiaia (*Hylocereus polyrhizus*) cultivada em condições de clima semiárido.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A cultura da pitaia

A pitaia começou a ser cultivada comercialmente em países tropicais do sul da Ásia a partir de 1990. Sua produção vem crescendo em diversos países, como Vietnã, China, México, Indonésia e Estados Unidos. Com 93% da produção mundial, Vietnã, China e Indonésia lideram a produção de pitaia. O Vietnã lidera, com 51,1% da produção global em 55.419 hectares, alcançando entre 22 e 35 toneladas por hectare ao ano. A China é o segundo maior produtor, com 33,3% da produção mundial, o que equivale a cerca de 700 mil toneladas em 40 mil hectares (Bhagath *et al.*, 2024).

Segundo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), em 2017 o Brasil possuía 3.086 estabelecimentos produtores de pitaia totalizando cerca de 536 hectares em produção, com um total de 1.493,19 toneladas. Entre os estados brasileiros São Paulo se destaca como o maior produtor, responsável por 39,3% da produção nacional. Apesar do crescimento emergente em sua produção, ainda há poucos dados consolidados sobre sua produção e comercialização (IBGE, 2017).

A cultura da pitaia, sendo pertencente à família das cactáceas que possui cerca de 100 gêneros e 1.500 espécies nativas das Américas (Santos *et al.*, 2022). O principal gênero de pitaia cultivada em todo mundo é o *Hylocereus*, onde as espécies híbridas *H. megalanthus*, *H. polyrhizus* e *H. undatus* se diferenciam, principalmente, pela coloração de polpa e casca. A *H. megalanthus* é caracterizada por possuir a casca de cor amarela e a polpa branca. A *H. polyrhizus* possui a polpa e a casca vermelha e a *H. undatus* possui a casca vermelha e a polpa branca (Figura 1) (Bhagath *et al.*, 2024).

Figura 1. Características morfológicas que diferenciam as três principais variedades de pitaia produzidas no mundo.

Variedades de pitaia			
Nomes	<i>Hylocereus undatus</i>	<i>Hylocereus polyhizus</i>	<i>Hylocereus megalanthus</i>
Cor da casca	Vermelha	Vermelha	Amarela
Cor da polpa	Branca	Vermelha	Branca



Fonte: Elaboração própria (2025).

Atributos morfológicos conferem a pitaia adaptações as condições do semiárido, além disso, a planta necessita de dias longos com alta taxa de luminosidade o que é bastante abundante nessa região. Possui metabolismo CAM e hábito de crescimento semi-epífito. Seu caule é fotossintetizante e denominado de cladódio. Seus frutos possuem formato arredondado e são envoltos por brácteas que se assemelham a escamas, o que originou o nome popular "fruta do dragão" (Dragon fruit) (Gomes, 2021; Pandolfo *et al.*, 2018).

Embora adaptada as condições do semiárido, a pitaia necessita de tratamentos culturais como irrigação, poda e a adubação. A adubação recomendada para a cultura é a utilização de NPK sendo recomendado 200g por planta em quatro aplicações anuais, também sendo ideal aplicar boro antes da floração para melhor pegamento das flores (Coelho & Oliveira, 2023; Santos *et al.*, 2022).

2.2 Adubação na pitaia

A pitaieira, embora seja adaptada as condições adversas de solo e clima, necessita de tratamentos culturais intensivos, entre eles a adubação, sendo considerada atividade de grande relevância, visto que, está diretamente relacionada com o desenvolvimento da planta (Duarte *et al.*, 2020; Gomes, 2021).

A adubação da pitaieira é um dos aspectos mais importantes para garantir o crescimento saudável da planta e uma boa produtividade. Por ser uma cultura ainda recente no

Brasil, as recomendações nutricionais específicas são limitadas, por isso o manejo costuma seguir a experiência de cultivo do produtor (Coelho & Oliveira, 2023; Santos *et al.*, 2022).

A pitaia tem um sistema radicular superficial, devido a isso recomenda-se a adubação de cobertura. Essa frutífera tem maior exigência pelos nutrientes N, P e K, pois atuam desde a formação até a qualidade dos frutos (Gomes, 2021). Entre eles o K desenvolve um papel muito importante, pois, é o nutriente que a planta mais exige e tem influência no teor de sólidos solúveis da fruta (Fernandes *et al.*, 2018).

Visto essa necessidade nutricional é necessário iniciar a adubação desde da implantação do pomar, sendo feito a adubação de fundação com as doses de N, P e K que tem variações a depender do resultado da análise de fertilidade do solo. Essa adubação deve ser parcelada acompanhando as fases fenológicas da cultura, brotação (junho a setembro), floração (setembro a novembro), frutificação (novembro a fevereiro) e final da safra (março a maio) (Santos *et al.*, 2022). Após o início da produção, a adubação passa a ser de manutenção, baseada na produtividade esperada. A aplicação dos fertilizantes deve ser feita ao redor do cladódio principal em plantas jovens e na projeção da copa em plantas adultas (Coelho & Oliveira, 2023).

A adubação química embora tenha seus efeitos positivos pode elevar o custo de produção. O uso de adubação orgânica pode ser utilizado para diminuir esses custos. Fertilizantes orgânicos, especialmente combinações de esterco bovino e de galinha, aumentam a produtividade e os níveis de nutrientes nos cladódios (Costa *et al.*, 2015; Moreira *et al.*, 2012).

Dentre esses fertilizantes orgânicos, o esterco bovino curtido é rico em N o que confere a ele uma alternativa para realizar adubação nitrogenada. Segundo Raij *et al.* (1996) o esterco bovino curtido possui um teor médio de 15 g/kg de N. Na cultura da pitaia pode ser fornecido para a planta doses de N (0, 80, 160, 320 e 740 g/planta), sendo equivalente em esterco às doses 0, 9, 18, 36 e 81 t ha⁻¹.

2.3 Influência da adubação nas trocas gasosas

Uma planta nutrida realiza seus processos fisiológicos alcançando uma eficiência máxima para a cultura. O uso de fertilizantes tem papel fundamental nas trocas gasosas das plantas podendo atuar no aumento das taxas fotossintéticas, na condutância estomática (Hassan *et al.*, 2015).

Em estudos na cultura da berinjela e na cultura do feijão, a fertilização com nitrogênio e potássio teve efeito significativo aumentando a fotossíntese líquida, a condutância estomática e as taxas de transpiração. Ou seja, as doses ideais desses nutrientes proporcionaram maiores taxas das trocas gasosas (Hassan *et al.*, 2015; Souza *et al.*, 2017).

Outro efeito benéfico que a adubação nitrogenada proporciona é a atenuação a condições adversas, como os danos causados por altas temperaturas que pode diminuir os teores de clorofila, a eficiência fotossintética. Com a utilização da adubação nitrogenada esses efeitos negativos são reduzidos melhorando também as trocas gasosas (Hassan *et al.*, 2015).

Em cactáceas doses mais altas de P apresentaram maior eficiência de carboxilação, indicando uma correlação direta entre a disponibilidade de nutrientes e o desempenho das trocas gasosas (Wanderley *et al.*, 2022).

2.4 Influência da adubação na fluorescência da clorofila

A fluorescência da clorofila *a* é uma ferramenta que pode ser utilizada para avaliar a eficiência do fotossistema II (PSII) e o estado fisiológico das plantas, sendo a adubação um fator que pode influenciar esse parâmetro, pois exerce um papel fundamental que age diretamente na captação de luz, no uso eficiente da energia e na dissipação do excesso de energia luminosa (Sousa & Sousa, 2020).

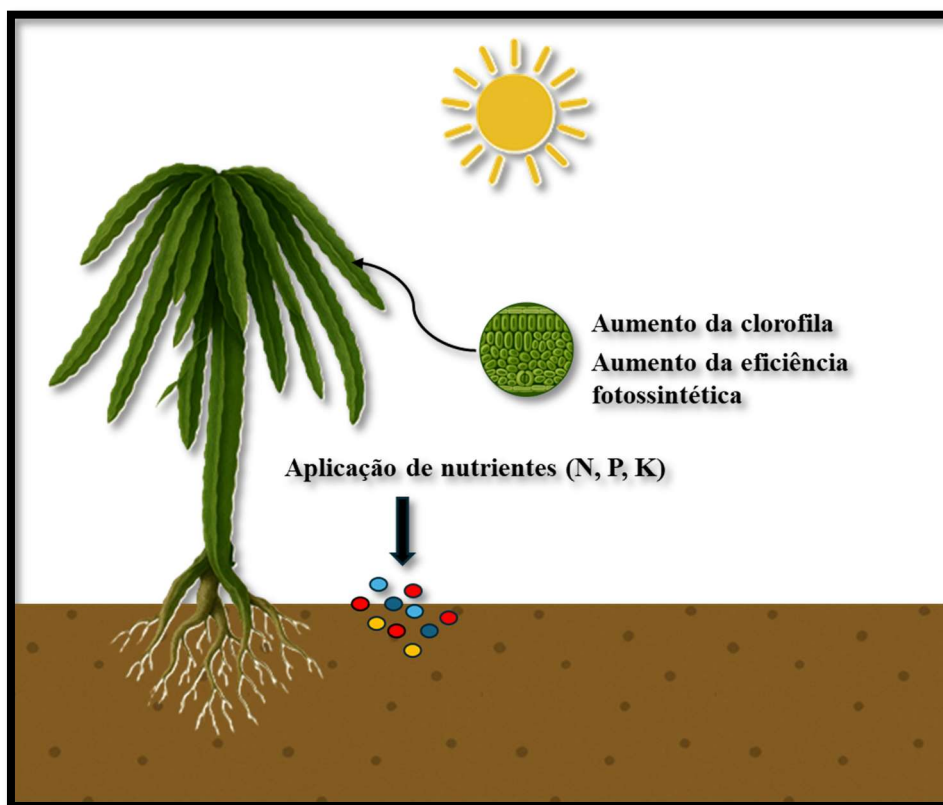
Na literatura, autores demonstram que uma planta com a nutrição adequada, como N, P e K tem uma maior atividade nos parâmetros de fluorescência da clorofila, como no rendimento quântico máximo do fotossistema II (F_v/F_m), Quenching fotoquímico (qP) e quenching não fotoquímico (NPQ), proporcionando uma maior integridade do aparato fotossintético e maior capacidade de conversão da luz em energia química (Oliveira *et al.*, 2021).

Segundo Gao *et al.*(2022) a utilização de adubação nitrogenada aliada à irrigação melhora significativamente a eficiência fotossintética em trigo, aumentando valores de F_v/F_m . Sousa & Sousa, (2020) constataram que a utilização de N na cultura do milho sob estresse salino aumenta o teor de clorofila, melhora a eficiência do PSII e reduz a dissipação de energia sob forma de calor.

Em plantas de arroz sob estresse salino-alcálico, Gao *et al.*(2022) constataram que a adubação nitrogenada além de favorecer a fotossíntese, também equilibra o transporte eletrônico no PSII e no PSI, reduzindo a dissipação de energia. Por fim, segundo Cardoso *et*

al. (2021) e Malta *et al.*(2019) a adubação em níveis ideais para a planta favorecem a estabilidade fotossintética mesmo sob estresses ambientais, e a fluorescência da clorofila *a* pode ser usada como um indicador confiável do estado nutricional das plantas.

Figura 2. Representação de como a adubação (N, P, K) influencia na fluorescência da clorofila.



Fonte: Elaboração própria (2025).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar a influência da adubação orgânica com esterco bovino nas trocas gasosas e na fluorescência da clorofila *a* de pitaia (*Hylocereus polyrhizus*) cultivada em condições de clima semiárido.

3.2 Objetivos específicos

- Analisar o efeito das doses de esterco bovino nas trocas gasosas da pitaia, como taxa fotossintética e condutância estomática (gs).

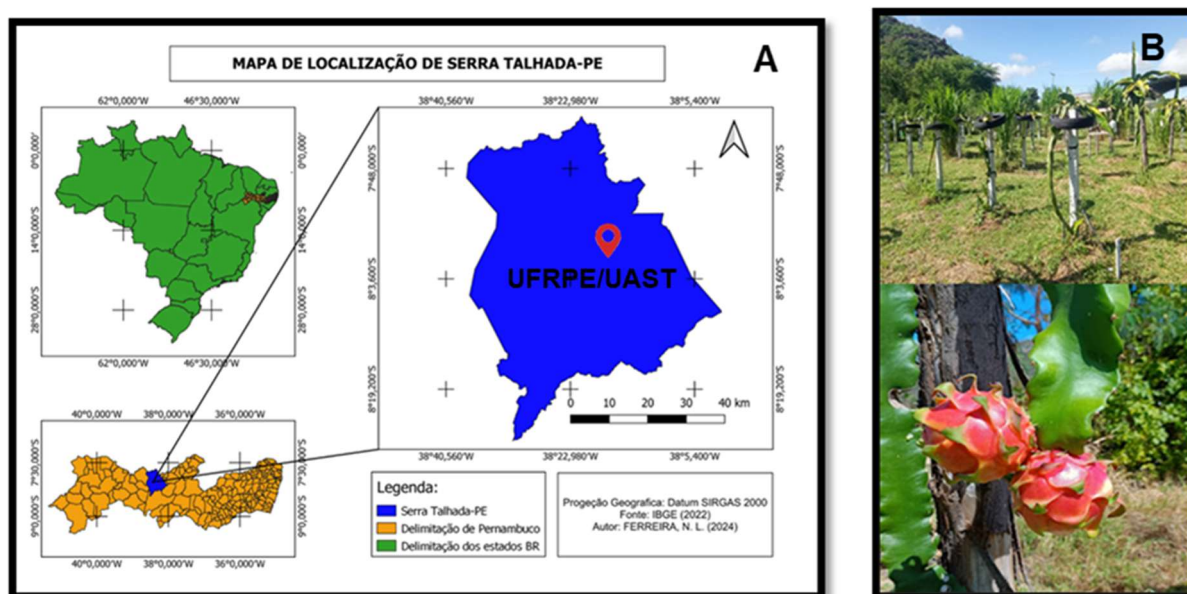
- Avaliar os parâmetros de fluorescência da clorofila (F_v/F_m , qP , NPQ e ETR) em resposta às diferentes doses de adubação orgânica.
- Avaliar os efeitos das doses de esterco bovino nos pigmentos fotossintéticos, clorofila a, b, totais e carotenoides.
- Identificar a dose de esterco bovino que proporciona a melhor eficiência fotossintética da pitiaia.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido no pomar experimental de pitiaia da Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST/UFRPE) (Figura 3). A UAST situa-se nas coordenadas geográficas $7^{\circ} 57' 15''S$ e longitude de $38^{\circ} 17' 41''W$ Gr, com altitude aproximada de 498 m (Figura 3 A). O clima local é classificado segundo Koppen como Bwh, denominado semiárido, quente e seco, médias anuais térmicas superiores a $25^{\circ}C$ e pluviosidade média anual de 650 mm/ano.

Figura 3. Localização da UAST/UFRPE (A) e pomar experimental de pitiaia (B).



Fonte: Elaboração própria (2025).

O solo em que o experimento foi implantado foi classificado como Cambissolo, e possui as seguintes características químicas (Tabela 01).

Tabela 1. Análise química dos teores de nutrientes no solo na implantação da cultura e do esterco utilizado na adubação orgânica.

Solo													Esterco		
pH	P	Na	K	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC total	CTC efetiva	V	m	N	P	K	
cm	Mgdm ⁻³	cmol _c dm ⁻³					%					%			
0-20	6,70	0,55	0,39	0,76	3,9	2,1	0	0	7,15	7,15	100%	0	1,29	0,28	0,88

Em 2020, na implantação do pomar, foram aplicadas as doses de esterco bovino (0; 5,33; 10,66; 21,33 e 49,33 kg/planta de esterco). As doses de adubação com esterco foram baseadas considerando o teor médio de N no esterco bovino curtido de 15 g/kg (Raij *et al.*, 1996) fornecendo à planta doses de N (0, 80, 160, 320 e 740 g/planta), sendo equivalente em esterco às doses 0, 9, 18, 36 e 81 t ha⁻¹ o que resultou na quantidade de esterco por plantas utilizadas no experimento (tabela 2).

Tabela 2. Adubação durante os cinco anos de instalação do pomar de pitaia.

Aplicação (mês/ano)	Tipo de adubação	Doses de N (g/planta)					Doses de N correspondente em esterco (g/planta)				
		T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
set/20	Adubação de fundação	0	80	160	320	740	0	5,33	10,66	21,33	49,33
set/21	não foi realizado	0					0				
set/22	Adubação de Manutenção	0	80	160	320	740	0	5,33	10,66	21,33	49,33
set/23	Adubação de Manutenção	0	80	160	320	740	0	5,33	10,66	21,33	49,33
set/24	Adubação de Manutenção	0	80	160	320	740	0	5,33	10,66	21,33	49,33

A espécie de pitaia utilizada foi a *Hylocereus polyrhizus*, que possui casca vermelha e polpa vermelha. A condução das plantas foi feita com estacas de cimento com 1,80 m de altura. As plantas foram conduzidas em haste única até o tamanho do tutor para que os ramos produtivos se concentrassem na parte final (Moreira *et al.*, 2012).

A irrigação atual do pomar está sendo realizada por microaspersão com fornecimento de 1.500 mm de água anualmente. Mensalmente são aplicados 125 mm de água e 31,25 mm por semana. Foram instalados microaspersores individuais para cada planta de pitaia. A irrigação semanal está sendo realizada em três turnos de rega, sendo fornecidos 10,41 mm por

turno, aproximadamente 14 L considerando a eficiência de irrigação de 90% e 25% de área molhada. Durante a condução do experimento foi realizado o controle de pragas, doenças e plantas daninhas.

4.2 Determinações de Trocas gasosas

As trocas gasosas foram avaliadas com a utilização de um analisador de gases por infravermelho (IRGA). A taxa fotossintética (P_n), condutância estomática (g_s) e a Transpiração (E) foram avaliadas no período das 02-04h da manhã devido a planta possuir metabolismo CAM, como descrito por Almeida *et al.* (2018).

4.3 Teor de pigmentos no cladódio

Na quantificação dos pigmentos foram coletados 50 mg de cladódios de cada tratamento, os quais foram acondicionados em tubos Falcon contendo 5 mL de acetona a 80% e incubados por 24 horas em geladeira. Em seguida foram determinados os teores de carotenoides, clorofila a e clorofila b por meio de espectrofotometria UV-Vis, conforme a metodologia descrita por Hendry e Grime (1993).

4.4 Fluorescência da clorofila

Os dados de fluorescência da clorofila foram obtidos por meio de um fluorômetro portátil de luz modulada MINI-PAM II (Heinz Walz, Alemanha). As coletas foram realizadas no período da manhã, selecionando-se cladódios completamente desenvolvidos. A região do terço médio de cada cladódio foi submetida à adaptação ao escuro por 50 minutos, utilizando presilhas metálicas específicas para bloqueio da luz. Após o período de escuro, foram determinados os seguintes parâmetros: rendimento quântico máximo do fotossistema II (F_v/F_m), quenching fotoquímico (qP), quenching não fotoquímico (NPQ) e taxa de transporte aparente de elétrons (ETR).

4.5 Análises estatísticas

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com cinco tratamentos correspondentes às doses de esterco bovino aplicadas em cobertura (0; 5,33; 10,66; 21,33 e 49,33 kg/planta) e cinco repetições, totalizando 25 parcelas experimentais. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e nos casos de significância, foi aplicado o ajuste de modelos de regressão para avaliar o comportamento das variáveis em função das

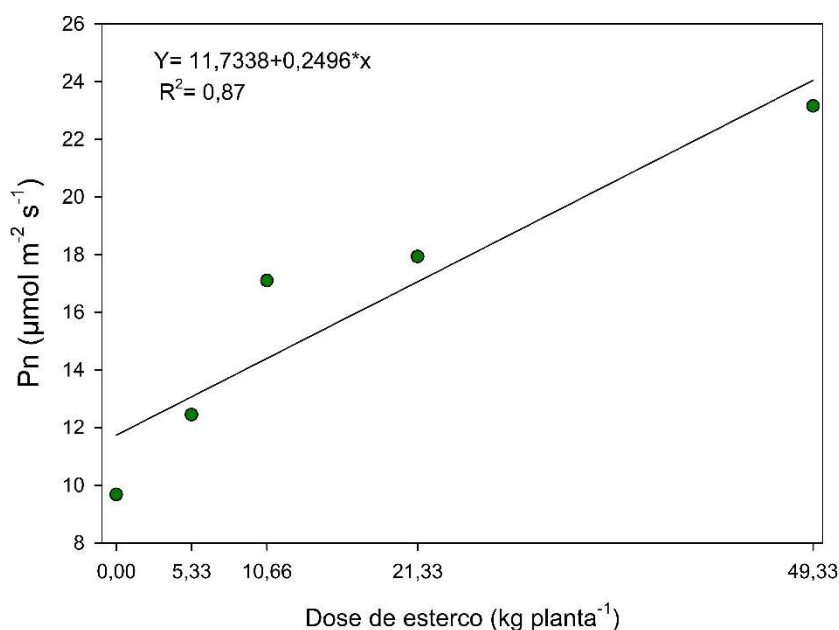
doses de esterco, adotando-se o nível de 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software R.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Trocas gasosas

Quando analisados as trocas gasosas da pitaia adubada com esterco bovino apenas a variável Pn (Figura 4) foi significativa gerando uma regressão linear.

Figura 4. Fotossíntese líquida (Pn) de pitaia submetida a doses de adubação orgânica com esterco bovino.



Fonte: Elaboração própria (2025).

A Pn é a variável responsável pelo desempenho fotossintético das plantas, mostrando a eficiência que a planta tem de converter luz em energia química. Ou seja, a Pn é a quantidade de dióxido de carbono (CO₂) que a planta fixa na fotossíntese, descontando o CO₂ que ela libera na respiração. Sendo por tanto uma representação do saldo líquido entre a assimilação de carbono (fotossíntese) e a liberação de carbono (respiração) (Cajazeira *et al.*, 2018; Qiang *et al.*, 2023).

O fornecimento da adubação orgânica proporcionou um aumento linear da Pn da pitaieira, não atingindo o ponto máximo da curva. À medida que se aumentou as doses de

adubação houve um crescimento na Pn indicando uma maior atividade fotossintética das plantas. Ou seja, o fornecimento de N na forma de esterco bovino proporciona um saldo positivo na assimilação de carbono (fotossíntese) e a liberação de carbono. Os maiores valores de Pn encontrados no presente estudo foi alcançado pelas plantas adubadas com a dose 49,33 kg de esterco por planta, o qual obteve uma Pn de $23,15 \pm 5,73 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Os estudos demonstram que o nitrogênio tem efeito direto e significativo no aumento da Pn. Segundo Noor *et al.*(2023) a aplicação de N em trigo promoveu elevação da Pn, da gs e da E, além de aumentar o conteúdo relativo de clorofila nas folhas, refletindo diretamente na melhoria do desempenho fotossintético da cultura. Resultados semelhantes foram observados por Chen *et al.*(2018) no cultivo de algodão, onde a aplicação de N, associada ao manejo hídrico, aumentou a eficiência fotossintética, elevando a Pn e, conseqüentemente, a produção de biomassa.

De forma complementar, Silva *et al.* (2021) observaram que na palma forrageira, planta que possui o mesmo metabolismo da pitaia (CAM), a aplicação de nitrogênio proporcionou incremento na atividade fotossintética, com aumento da Pn. Resultados semelhantes foram encontrados no presente trabalho utilizando a adubação orgânica com esterco bovino como fonte de N. Esses resultados indicam que o N é essencial para manter a integridade dos sistemas fotossintéticos da pitaia, favorecendo maior fixação de carbono e, conseqüentemente, maior produtividade.

As variáveis observadas gs e E não tiveram resposta significativa as doses de adubação orgânica com esterco bovino. Os valores obtidos não diferiram estatisticamente ($p > 0,05$) e foram expressos na tabela 3.

Tabela 3. Condutância estomática (gs), transpiração (E), quenching não fotoquímico (NQP) e rendimento quântico máximo do fotossistema II (Fv/Fm) de pitaia submetida a doses de adubação orgânica com esterco bovino.

Doses de esterco bovino (Kg planta ⁻¹)	Variáveis			
	gs (mmol/m ² /s)	E (mmol/m ² /s)	NQP	Fv/Fm
0	$10,98 \pm 1,32^{\text{ns}}$	$0,10 \pm 0,008^{\text{ns}}$	$2,19 \pm 0,89^{\text{ns}}$	$0,773 \pm 0,04^{\text{ns}}$
5,33	$12,22 \pm 0,57$	$0,12 \pm 0,021^{\text{ns}}$	$2,04 \pm 0,19^{\text{ns}}$	$0,770 \pm 0,04^{\text{ns}}$
10,66	$12,65 \pm 1,41^{\text{ns}}$	$0,13 \pm 0,033^{\text{ns}}$	$1,41 \pm 0,02^{\text{ns}}$	$0,779 \pm 0,03^{\text{ns}}$
21,33	$13,15 \pm 1,90^{\text{ns}}$	$0,13 \pm 0,018^{\text{ns}}$	$1,75 \pm 0,33^{\text{ns}}$	$0,782 \pm 0,06^{\text{ns}}$

49,33	15,13 ± 5,16 ^{ns}	0,11 ± 0,012 ^{ns}	1,41 ± 0,16 ^{ns}	0,815 ± 0,03 ^{ns}
Média	12,83 ± 1,79	0,12 ± 0,012	1,76 ± 0,34	0,783 ± 0,01

^{ns} não significativo

A gs é um parâmetro que representa o grau de abertura dos estômatos, que são estruturas reguladoras das trocas gasosas localizadas na epiderme foliar. A gs é uma variável fisiológica crucial, pois influencia diretamente a fotossíntese e a transpiração da planta. A transpiração refere-se à taxa de perda de água em forma de vapor pelas folhas, sendo majoritariamente controlada pelos estômatos, ou seja, a transpiração e condutância estomáticas estão interligadas (Cajazeira *et al.*, 2018; Chen *et al.*, 2018; Noor *et al.*, 2023).

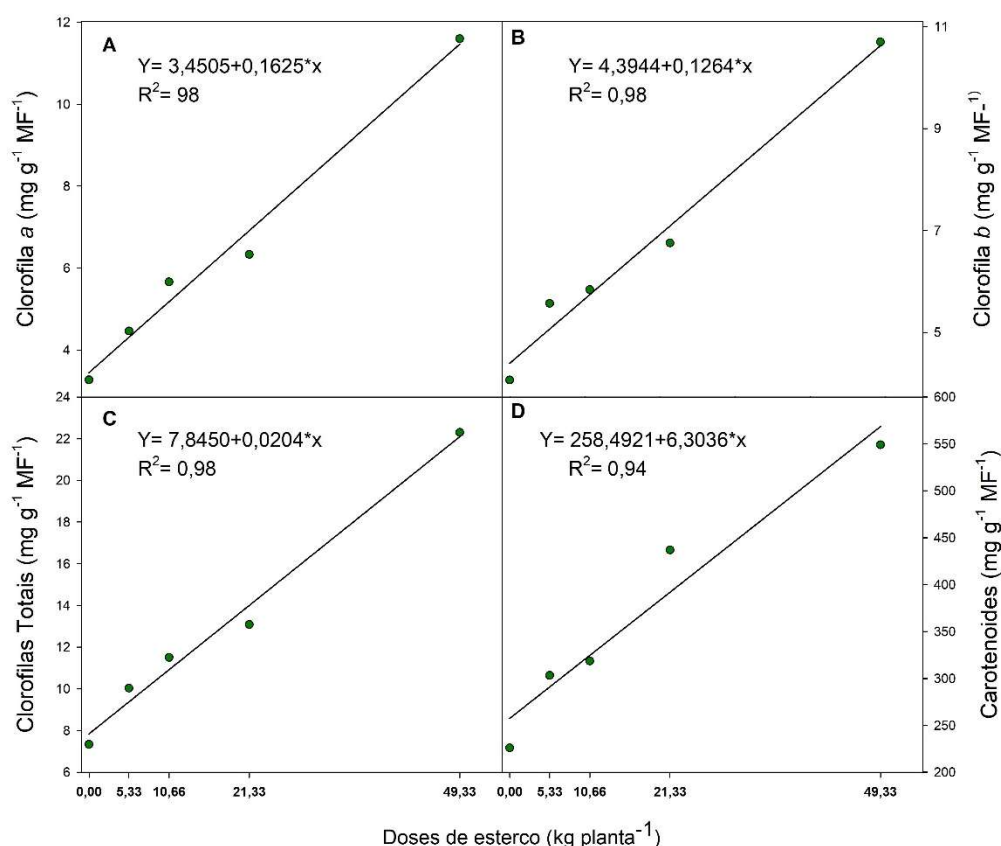
Segundo Qiang *et al.*(2023) pequenas doses de N aumentam a condutância, mas doses muito elevadas, como as doses utilizadas no trabalho, não promovem ganhos adicionais ou podem até induzir inibição por excesso. Cajazeira *et al.*(2018) destacam que a gs é dependente do fornecimento de potássio, pois é um nutriente essencial para o mecanismo de abertura estomática, principalmente em espécies adaptadas a ambientes áridos, como a pitaia.

A transpiração por sua vez pode ser influenciada pela necessidade hídrica da cultura ou elevadas temperaturas podem afetar essa variável forçando a planta a ter um controle estratégico no uso eficiente da água (Cajazeira *et al.*, 2018; Qiang *et al.*, 2023). Isso reforça a importância de se avaliar outras variáveis em conjunto com a transpiração, para se ter ciência de possíveis influências do ambiente na planta além dos tratamentos testados.

6.2 Teor de pigmentos nos cladódios

Ao analisar os pigmentos presentes nos cladódios de pitaia submetida a adubação orgânica com esterco bovino observa-se interação significativa onde, à medida que se aumenta a dose de adubação aumentam-se os teores de clorofila (*a*, *b* e totais) e os carotenoides. Os valores obtidos foram expressos com análise de regressão na figura 5.

Figura 5. Clorofila *a* (A), clorofila *b* (B), clorofilas totais (C) e carotenoides (D) de pitaia submetida a doses de adubação orgânica com esterco bovino.



Fonte: Elaboração própria (2025).

As clorofilas e carotenoides são pigmentos fotossintéticos essenciais que desempenham funções vitais no metabolismo das cactáceas. As clorofilas são pigmentos verdes localizados nos cloroplastos, onde captam a energia luminosa e as converte em energia química durante o processo de fotossíntese (Ahmed *et al.*, 2023; Silva *et al.*, 2023). Os carotenoides são pigmentos de coloração amarela, alaranjada ou avermelhada que também participam da fotossíntese, atuando principalmente na fotoproteção. Eles absorvem luz em comprimentos de onda que não são absorvidos pelas clorofilas e dissipam o excesso de energia luminosa, evitando a formação de espécies reativas de oxigênio (ROS) que podem danificar os tecidos vegetais (Muhammad *et al.*, 2022; Silva *et al.*, 2023).

Os valores de clorofilas (*a*, *b* e totais) e carotenoides encontrados no presente trabalho demonstraram que à medida que se aumenta as doses de adubação ocorre um aumento nas clorofilas e carotenoides da pitaya. As doses de adubação utilizadas não alcançaram o ponto máximo em relação aos pigmentos fotossintéticos, gerando uma regressão linear e sugerindo que doses maiores podem ser aplicadas para o aumento do teor das clorofilas e dos

carotenoides. A dose 49,33 kg de esterco bovino por planta alcançou os maiores valores tanto para as clorofilas quanto para os carotenoides.

O N é um macronutriente essencial para o metabolismo vegetal e desempenha papel direto na síntese de pigmentos fotossintéticos, como as clorofilas, especialmente em cactáceas cultivadas sob condições semiáridas. A estrutura molecular das clorofilas contém átomos de nitrogênio, o que torna esse nutriente indispensável para sua formação. Dessa forma, o fornecimento adequado de N está diretamente relacionado ao aumento dos teores de clorofila nas plantas (Ahmed *et al.*, 2023; Muhammad *et al.*, 2022).

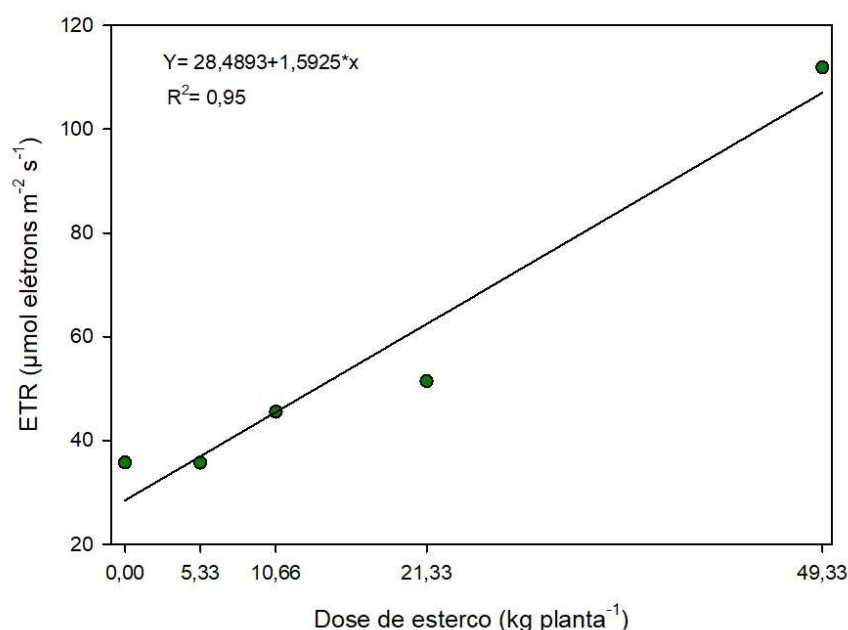
Os carotenoides, embora não dependam diretamente da presença de N na sua estrutura, são fortemente influenciados pela disponibilidade de N no solo. O N estimula o metabolismo geral da planta, favorece rotas biossintéticas secundárias e aumenta a produção de carotenoides, que atuam como pigmentos acessórios na fotossíntese e na fotoproteção contra o estresse oxidativo (Costa *et al.*, 2024; Silva *et al.*, 2023).

Estudos demonstram que tanto a adubação mineral (como o uso de NPK) quanto à fertilização orgânica (com esterco ou biofertilizante) promovem o acúmulo desses pigmentos. Em *Opuntia ficus-indica*, a aplicação de 120 g de N por planta resultou nos maiores teores de clorofila total e carotenoides nos frutos (Ahmed *et al.*, 2023). Em *Nopalea cochenillifera* e *Opuntia stricta*, o uso de esterco de frango e biofertilizantes orgânicos também levaram ao aumento significativo dos pigmentos nos cladódios (Costa *et al.*, 2024; Silva *et al.*, 2023). Portanto, a aplicação de N, seja por via orgânica ou mineral, é uma estratégia eficiente para melhorar o desempenho fotossintético, o estado fisiológico e a qualidade nutricional dos tecidos vegetais em cactáceas cultivadas no semiárido.

6.3 Fluorescência da clorofila

A pitia apresentou resposta positiva na taxa de ETR ao receber doses de adubação orgânica com esterco bovino. As doses de adubação proporcionaram um aumento da ETR obtendo uma equação de regressão linear (Figura 6).

Figura 6. Taxa de transporte de elétrons (ETR) de pitia submetida a doses de adubação orgânica com esterco bovino.



Fonte: Elaboração própria (2025).

A ETR é um parâmetro fisiológico associado ao funcionamento do Fotossistema II (PSII) durante a fase luminosa da fotossíntese, refletindo a atividade fotossintética efetiva da planta na presença de luz. A ETR corresponde à eficiência com que os elétrons são transferidos ao longo da cadeia transportadora de elétrons no PSII. Esse processo é de grande importância para as plantas visto que atua na formação de ATP e NADPH, que são moléculas energéticas utilizadas no ciclo de Calvin-Benson para a fixação de carbono (Ahmad *et al.*, 2021; Chen *et al.*, 2018; Nóbrega *et al.*, 2021).

O fornecimento de N para pitaia através da adubação orgânica, teve influência na ETR proporcionando um aumento nas taxas dessa variável. As plantas adubadas tiveram um crescimento linear da ETR não atingindo o ponto máximo, ou seja, podendo ainda responder positivamente a doses maiores de N. Entre os valores de ETR obtidos o da dose de 49,33 foi o maior alcançando cerca de $111,9 \pm 20,5 \mu\text{mol elétrons m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

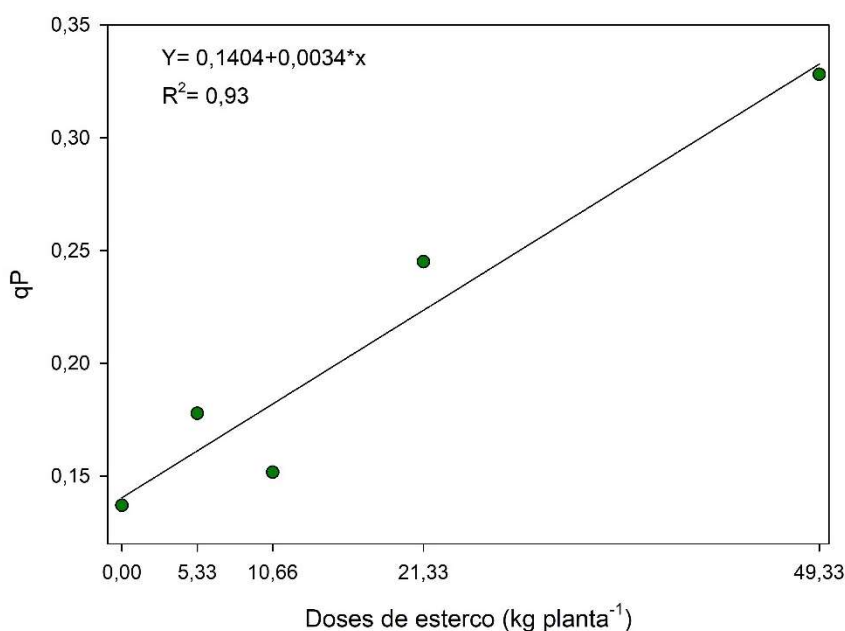
Consequentemente, o aumento das doses de adubação proporcionou maior fornecimento de N para a pitaia, o que possivelmente elevou a atividade de enzimas relacionadas ao metabolismo do nitrogênio (Ahmad *et al.*, 2021; Chen *et al.*, 2018). Com esse aumento das atividades enzimáticas há uma maior absorção e transporte de N para o órgão fotossintético da pitaia (cladódios) aumentando a síntese de clorofila e outros componentes fotossintéticos. Com o crescente fornecimento de N nos cladódios ocorre, consequentemente um aumento das clorofilas, visto que, o N é essencial para esse pigmento pois faz parte da sua

estrutura molecular, portanto, a disponibilidade de N melhora a capacidade fotossintética da pitiaia proporcionando uma maior eficiência no transporte de elétrons, ou seja, maior ETR (Ahmad *et al.*, 2021; Chen *et al.*, 2018).

Na literatura, autores relatam o aumento da ETR devido ao fornecimento de N. Segundo Song *et al.* (2019), avaliando aveia submetida a quatro doses de N (0, 100, 200 e 400 mg N vaso⁻¹) sob condições salinas, constatou-se que o aumento do N elevou significativamente a taxa de transpiração, indicando incremento na ETR. Da mesma forma, Ye-chun *et al.* (2013) constataram que diferentes doses de N (60 a 120 kg ha⁻¹) na aveia promoveram aumento na taxa fotossintética, na condutância estomática e na taxa de transpiração, refletindo diretamente em maior ETR. Lopes *et al.* (2021) ao estudarem a palma forrageira, também observaram que o fornecimento de N, aliado à disponibilidade hídrica, elevou a atividade fotossintética e o transporte de elétrons, o que, consequentemente, aumentou a ETR.

A variável quenching fotoquímico (qP) apresentou resposta significativa positiva ao fornecimento da adubação orgânica com esterco bovino. As doses de adubação proporcionaram um aumento do qP obtendo uma equação de regressão linear (Figura 7).

Figura 7. Quenching fotoquímico (qP) de pitiaia submetida a doses de adubação orgânica com esterco bovino.



Fonte: Elaboração própria (2025).

O qP é um parâmetro utilizado para quantificar a proporção de centros de reação do PSII que estão abertos e ativos durante a fotossíntese. Com ele é possível quantificar a utilização dos centros de reação do PSII na conversão de luz em energia química, fornecendo uma medida da eficiência do processamento de luz pela planta (Ahmad *et al.*, 2021).

Os resultados obtidos no presente trabalho demonstraram que o fornecimento de adubação orgânica rica em N aumenta o qP da pitaia. O fornecimento de N para a cultura da pitaiera proporciona um aumento na quantidade de centros de reação do PSII que estão abertos e disponíveis para captura de luz e transformação em energia química proporcionando uma alta eficiência fotossintética. Os valores obtidos no presente estudo não atingiram o ponto máximo resultando em uma equação linear, sugerindo que doses maiores de N podem aumentar ainda mais o qP. A dose de 49,33 apresentou maiores valores de qP alcançando $0,328 \pm 0,009$.

Segundo Ye-chun *et al.* (2013) o aumento das doses de N pode resultar em uma elevação significativa dos valores de qP na aveia, indicando maior eficiência no uso da energia luminosa para processos fotossintéticos. De forma semelhante, Song *et al.* (2019) observaram que a adubação nitrogenada, mesmo sob estresse salino, elevou o qP, demonstrando que o N contribui para melhorar a atividade fotossintética e a utilização da energia captada pelos fotossistemas. Lopes *et al.* (2021) ao estudarem a palma forrageira, também constataram que o fornecimento de N, principalmente durante o período chuvoso, promoveu aumento nos valores de qP.

O quenching não fotoquímico (NQP) é uma variável utilizada para quantificar o mecanismo de defesa que as plantas utilizam para dissipar o excesso de energia luminosa como calor, protegendo o PSII contra a fotoinibição. Quando a planta se encontra sob estresse ou excesso de luz, o NQP aumenta como resposta protetora. Contudo, quando a planta está sob condições favoráveis de nutrição e hidratação, esse índice tende a ser reduzido, indicando melhor aproveitamento da energia na fotossíntese (Ahmad *et al.*, 2021).

Os resultados obtidos no presente estudos não foram significativos na variável NQP (Tabela 3), ou seja, as doses de N não proporcionaram uma influência no NQP. Esses valores indicam um nível moderado de dissipação de energia excedente via calor, mecanismo que atua na proteção do PSII contra danos por excesso de luz. Deng *et al.* (2024) observaram incremento no NPQ com a aplicação de nitrogênio em cultivo de quinoa, sugerindo que o N

pode intensificar a dissipação de energia como estratégia de fotoproteção sob condições de estresse. A ausência de resposta significativa no presente trabalho pode indicar que, mesmo com a adubação nitrogenada via esterco bovino, fatores ambientais limitantes (como alta radiação, déficit hídrico ou temperatura elevada) possam ter predominado, fazendo com que a adubação isolada não fosse suficiente para alterar significativamente a dissipação não fotoquímica de energia.

A rendimento quântico máximo do fotossistema (F_v/F_m) representa o rendimento quântico máximo do PSII. Reduções nesse índice indicam estresses fisiológicos, como deficiência nutricional, salinidade ou limitações hídricas. A aplicação de N pode aumentar ou manter os valores de F_v/F_m , sendo por tanto essencial na preservação da integridade do aparato fotossintético e na mitigação de danos ao PSII sob condições adversas (Ahmad *et al.*, 2021; Chen *et al.*, 2018).

Os dados obtidos para a relação F_v/F_m (Tabela 3) não apresentaram diferença significativa entre as doses de adubação com esterco bovino. No entanto, a literatura relata que a adubação nitrogenada pode influenciar positivamente a relação F_v/F_m , mesmo sob condições de estresse (Nóbrega *et al.*, 2021). Em mudas de maracujazeiro submetidas à salinidade, por exemplo, a aplicação foliar de N elevou os valores de F_v/F_m , indicando maior eficiência fotoquímica e mitigação dos efeitos do estresse salino (Nóbrega *et al.*, 2021). Resultados semelhantes foram observados por Gao *et al.* (2022) em arroz cultivado sob deficiência nutricional, reforçando que o fornecimento adequado de nutrientes, especialmente o N, contribui para a preservação da integridade do PSII mesmo em ambientes adversos.

No presente estudo, a ausência de resposta significativa da relação F_v/F_m às doses de esterco bovino pode estar relacionada à natureza conservativa desse parâmetro, que representa a eficiência máxima do PSII em condições ideais. Conforme destacado por Deng *et al.* (2024) e Gao *et al.* (2022) o F_v/F_m tende a se manter estável, a menos que a planta esteja submetida a estresses severos, como deficiência crítica de nutrientes, salinidade elevada ou fotoinibição.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados do presente estudo evidenciaram que a aplicação de diferentes doses de esterco bovino proporciona incremento significativo na P_n , ETR, no qP e nos teores de pigmentos fotossintéticos (clorofilas *a*, *b*, totais e carotenoides). Estes aumentos

proporcionaram maior eficiência do aparato fotossintético e melhoria da capacidade de conversão da energia luminosa em energia química, contribuindo para o desenvolvimento da planta.

Visto isso, conclui-se que a adubação orgânica com esterco bovino é uma estratégia eficiente para incrementar a atividade fotossintética e a qualidade fisiológica da pitiaia, podendo contribuir positivamente para o manejo sustentável e produtivo da cultura em regiões semiáridas.

7. REFERÊNCIAS

- Ahmad, I., Ahmad, S., Kamran, M., Yang, X. N., HOU, F. J., YANG, B. P., DING, R. X., LIU, T., & HAN, Q. F. (2021). Uniconazole and nitrogen fertilization trigger photosynthesis and chlorophyll fluorescence , and delay leaf senescence in maize at a high population density. *Photosynthetica*, 59(1), 192–202.
<https://doi.org/10.32615/ps.2021.011>
- Ahmed, F. A., Fahmy, F. I., El-wahab, M. A. A., & El-, W. M. A. (2023). Effect of Chemical Fertilization on Yield and Natural Pigments of Cactus Pears Fruits. *INTERNATIONAL JOURNAL OF AGRICULTURE & BIOLOGY*, 214–220.
<https://doi.org/10.17957/IJAB/15.2022>
- Almeida, E. I. B., De Medeiros Corrêa, M. C., Mesquita, R. O., Queiroz, R. F., Cajazeira, J. P., & Amorim, F. F. V. R. (2018). Growth and gas exchanges of red pitaya under different shading conditions. *Revista Brasileirade Ciencias Agrarias*, 13(3), 1–8.
<https://doi.org/10.5039/agraria.v13i3a5554>
- Bhagath Lokesh T S, Mathad, P. F., Nidoni, U., Hiregoudar, S., & Pramod katti. (2024). Dragon fruit and its value addition. *Futuristic Trends in Agriculture Engineering & Food Sciences*, 3, 396–410.
- Cajazeira, J. P., Corrêa, M. C. de M., Almeida, E. I. B., Queiroz, R. F., & Mesquita, R. O. (2018). Growth and gas exchange in white pitaya under different concentrations of potassium and calcium. *Revista Ciencia Agronomica*, 49(1), 112–121.
<https://doi.org/10.5935/1806-6690.20180013>
- Cardoso, E. M. L., Costa, C. G. da, Sousa, L. A. S. de, Ribeiro, E. dos S., Sousa, J. M. de, Carneiro, F. da S., Lima, A. C. R. de, & Amorim, M. B. (2021). Biometria e trocas

- gasosas de palmeiras ornamentais em diferentes fontes de adubação. *Research, Society and Development*, 10(4), e16910414001. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i4.14001>
- Chen, Z., Tao, X., Khan, A., Tan, D. K. Y., & Luo, H. (2018). Biomass Accumulation , Photosynthetic Traits and Root Development of Cotton as Affected by Irrigation and Description of Experimental Site. *Frontiers in Plant Science*, 9(February), 1–14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00173>
- Coelho, J. M. P., & Oliveira, G. G. de. (2023). *Cultivo da pitaya* (EMATER (Ed.)). <https://www.emater.mg.gov.br/download.do?id=87854>
- Costa, A. C., Ramos, J. D., Silva, F. O. dos R., Menezes, T. P. de, Moreira, R. A., & Duarte, M. H. (2015). Adubação orgânica e Lithothamnium no cultivo da pitaia vermelha. *Semina: Ciências Agrárias*, 36(1), 77. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n1p77>
- Costa, F. B. Da, Cruz, R. R. P., Silva, T. I. Da, Silva, I. D. C., Formiga, A. D. S., Silva, M. S. Da, Sales, G. N. B., Lira, R. P. De, Queiroga, R. C. F. De, & Almeida, F. A. De. (2024). Organic fertilization increases yield and affects the postharvest quality of *Nopalea cochenillifera* cladodes. *Food Science and Technology*, 2061, 1–10.
- de Oliveira, M. M. T., Albano-Machado, F. G., Penha, D. M., Pinho, M. M., Natale, W., de Miranda, M. R. A., Moura, C. F. H., Alves, R. E., & de Medeiros Corrêa, M. C. (2021). Shade improves growth, photosynthetic performance, production and postharvest quality in red pitahaya (*Hylocereus costaricensis*). *Scientia Horticulturae*, 286(March). <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110217>
- Deng, Y., Zheng, Y., Lu, J., Guo, Z., Sun, X., Zhao, L., Guo, H., Zhang, L., & Wang, C. (2024). Effects of Different N Fertilizer Doses on Phenology, Photosynthetic Fluorescence, and Yield of Quinoa. *Agronomy*, 14(5). <https://doi.org/10.3390/agronomy14050914>
- Duarte, A., Costa, A. C., Trindade, A. R., Magalhães, D. S., Silva, D. A. da, Emrich, E. B., & Saldanha, E. (2020). *I CIRCUITO de INTERNACIONAL Pitaia Tendências e projeções latino-americanas para a cultura da pitaia*. (T. C. Ferreira (Ed.)).
- Fernandes, D. R., Moreira, R. A., Cruz, M. do C. M. da, Rabelo, J. M., & Oliveira, J. de. (2018). Melhoria da produção e qualidade de pitaia com adubação potássica. *Acta Scientiarum - Agronomy*, 40(1), 1–9. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v40i1.35290>
- Gao, D., Ran, C., Zhang, Y., Wang, X., Lu, S., Geng, Y., Guo, L., & Shao, X. (2022). Effect of different concentrations of foliar iron fertilizer on chlorophyll fluorescence characteristics of iron-deficient rice seedlings under saline sodic conditions. *Plant Physiology and Biochemistry*, 185(April), 112–122.

- <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2022.05.021>
- Gomes, J. C. (2021). *CARTILHA: ASPECTOS TÉCNICOS DO CULTIVO DA PITAIA PARA O SEMIÁRIDO PARAIBANO*. 1–35.
file:///C:/Users/natan/OneDrive/Documentos/pitaia/CE_compressed.pdf
- Hassan, I. A., Abou Zeid, H. M., Taia, W., Haiba, N. S., Zahran, A., Badr, R. H., El Dakak, R. A., & Shalaby, E. A. (2015). Fertilization regimes under hot conditions alter photosynthetic response of bean plants. *Photosynthetica*, 53(1), 157–160.
<https://doi.org/10.1007/s11099-015-0090-9>
- Lopes, M. N., Gomes, G. M. F., Maranhão, T. D., Silveira, W. M., Pompeu, R. C. F. F., da Silva, R. G., Bezerra, M. A., & Cândido, M. J. D. (2021). Photochemical activity modulated by water, nitrogen, and phosphorus status in cactus pear. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 50, 1–14. <https://doi.org/10.37496/RBZ5020210012>
- Malta, A. O. de, Pereira, W. E., Torres, M. N. N., Malta, A. O. de, Medeiros, D. A., & Dias, J. A. (2019). Trocas gasosas em gravioleira ‘Morada’ sob adubação orgânica e mineral. *PesquisAgro*, 2(1), 34–46. <https://doi.org/10.33912/AGRO.2596-0644.2019.v2.n1.p34-46.id216>
- Moreira, R. A., Ramos, J. D., Silva, F. O. dos R., & Marques, V. B. (2012). CULTIVO DA PITAIA : IMPLANTAÇÃO. *UFLA*, 1, 1–16.
- Muhammad, I., Yang, L., Ahmad, S., Farooq, S., Al-ghamdi, A. A., Khan, A., Zeeshan, M., Elshikh, M. S., Abbasi, A. M., & Zhou, X. (2022). Nitrogen Fertilizer Modulates Plant Growth , Chlorophyll Pigments and Enzymatic Activities under Different Irrigation Regimes. *Agronomy*.
- Noor, H., Ding, P., Ren, A., Sun, M., & Gao, Z. (2023). Effects of Nitrogen Fertilizer on Photosynthetic Characteristics and Yield. *Agronomy*, 13(6).
<https://doi.org/10.3390/agronomy13061550>
- Pandolfo, C., Ricce, W. da S., Massignam, A. M., & Vianna, L. F. de N. (2018). Análise de riscos climáticos para a cultura da rúcula no estado de Santa Catarina. *Epagri*, 048.
- Passos, C. P., Sampaio, J. R., Freitas, T. A. S. de, Fonseca, M. D. S., & Santos, É. T. dos S. dos. (2023). Pitaia: a cactácea em ascensão no brasil. *Ciências Agrárias: Limites e Potencialidades Em Pesquisa*, 2, 1–20.
- Produção de Pitaia no Brasil | IBGE*. (2017). <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/pitaia/br>
- Qiang, B., Zhou, W., Zhong, X., Fu, C., Cao, L., Zhang, Y., & Jin, X. (2023). Effect of nitrogen application levels on photosynthetic nitrogen distribution and use efficiency in

- soybean seedling leaves. *Journal of Plant Physiology*, 287(October 2022), 154051.
<https://doi.org/10.1016/j.jplph.2023.154051>
- Santos, D. N. dos, Pio, L. A. S., & Faleiro, F. G. (2022). Pitaya Uma alternativa frutífera. In *Embrapa* (Vol. 1,). <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br>
- Silva, R. T. da, Figueiredo, F. R. A., Lopes, M. de F. Q., Bruno, R. de L. A., & Andrade, A. P. de. (2023). Gas exchange in forage cactus cultivars of genera *Opuntia* and *Nopalea*. *Revista Ciência Agronômica*, 54, 1–9. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20230035>
- Silva, M. S., Nóbrega, J. S., Abreu, D. C., Santos, C. C., Silva, W. M., Costa, F. B., Hoshida, A. K., Gomes, F. A. L., Pereira, U. S., Linné, J. A., & Scalón, S. P. Q. (2023). Organic Fertilization with Biofertilizer Alters the Physical and Chemical Characteristics of Young Cladodes of *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. *Sustainability*, 2–23.
- Silva Nóbrega, J., De Fátima De Queiroz Lopes, M., Teodoro De Fátima, R., Telvio, J., Ferreira, A., Romário, F., Figueiredo, A., Pereira, M. B., Walter, J., & Pereira, E. (2021). *Crescimento e Eficiência Fotoquímica em Mudanças de Maracujazeiro Submetidas em Níveis de Salinidade e Adubação Foliar Growth and Photochemical Efficiency in Passion Fruit Seedlings Submitted to Salinity Levels and Foliar Fertilization*. 25, 570–577. <https://doi.org/10.17921/1415-6938.2021v25n5-espp570-577>
- Song, X., Zhou, G., Ma, B.-L., Wu, W., Ahmad, I., Zhu, G., Yan, W., & Jiao, X. (2019). Nitrogen Application Improved Photosynthetic Productivity, Chlorophyll Fluorescence, Yield and Yield Components of Two Oat Genotypes under Saline Conditions. *Agronomy*, 1–17. <https://doi.org/10.3390/agronomy9030115>
- Sousa, H. C., & Sousa, G. G. de. (2020). CRESCIMENTO E TROCAS GASOSAS DO MILHO SOB ESTRESSE SALINO E DOSES DE NITROGÊNIO. *UNILAB*, 1–16.
- Souza, Á. H. C. de, Rezende, R., Lorenzoni, M. Z., Santos, F. A. S., & Maller, A. (2017). Effect of fertigation with potassium and nitrogen on gas exchange and biomass accumulation in eggplant 1. *Pesq. Agropec. Trop*, 2017, 345–352.
<https://doi.org/10.1590/1983-40632016v4747885>
- Wanderley, J. A. C., Azevedo, C. A. V. De, Brito, M. E. B., Ferreira, F. N., Cordão, M. A., & Lima, R. F. De. (2022). Gas exchange in yellow passion fruit under irrigation water salinity and nitrogen fertilization. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 26, 135–141. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n2p135-141>
- Ye-chun, L., Yue-gao, H., Chang-zhong, R., Lai-chun, G., Chun-long, W., Ying, J., Xue-jiao, W., Hlatshwayo, P., & Zhao-hai, Z. (2013). Effects of Nitrogen Application on

Chlorophyll Fluorescence Parameters and Leaf Gas Exchange in Naked Oat. *Journal of Integrative Agriculture*, 12, 2164–2171. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(13\)60346-9](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60346-9)