

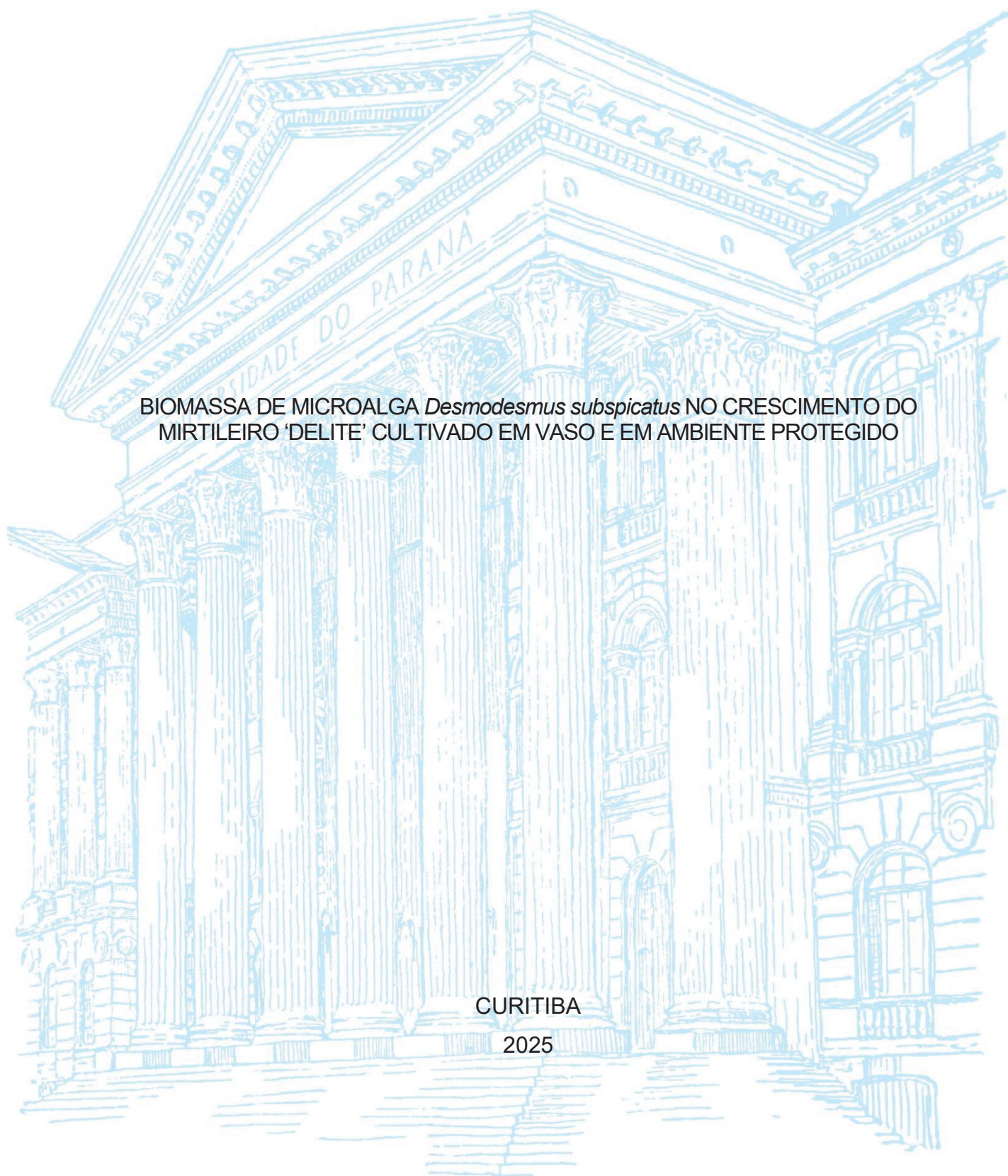
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

HENRIQUE GORIO OLIVEIRA

BIOMASSA DE MICROALGA *Desmodesmus subspicatus* NO CRESCIMENTO DO
MIRTILEIRO 'DELITE' CULTIVADO EM VASO E EM AMBIENTE PROTEGIDO

CURITIBA

2025



HENRIQUE GORIO OLIVEIRA

BIOMASSA DE MICROALGA *Desmodesmus subspicatus* NO CRESCIMENTO DO
MIRTILEIRO 'DELITE' CULTIVADO EM VASO E EM AMBIENTE PROTEGIDO

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Brasil Dias Tofanelli

Coorientador: Prof. Dr. Luiz Antonio Biasi

CURITIBA

2025

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Oliveira, Henrique Gorio

Biomassa de microalga *Desmodesmus subspicatus* no crescimento do mirtilheiro 'delite' cultivado em vaso e em ambiente protegido / Henrique Gorio Oliveira. – Curitiba, 2025.

1 recurso online: PDF.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal).

Orientador: Prof. Dr. Mauro Brasil Dias Tofanelli

Coorientador: Prof. Dr. Luiz Antonio Biasi

1. Produção vegetal. 2. *Vaccinium virgatum*. 3. Ericaceae. I. Tofanelli, Mauro Brasil Dias. II. Biasi, Luiz Antônio. III. Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal). IV. Título.

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL) da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **HENRIQUE GORIO OLIVEIRA**, intitulada: **BIOMASSA DE MICROALGA *Desmodesmus subspicatus* NO CRESCIMENTO DO MIRTILEIRO 'DELITE' CULTIVADO EM VASO E EM AMBIENTE PROTEGIDO**, sob orientação do Prof. Dr. MAURO BRASIL DIAS TOFANELLI, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 06 de Março de 2025.



MAURO BRASIL DIAS TOFANELLI
Presidente da Banca Examinadora



RUY INÁCIO NEIVA DE CARVALHO
Avaliador Externo (PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ)



LUIZ ANTONIO BIASI
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Dedico esse estudo a meus pais, Valmir de Oliveira e Marli Bez Gorio, cujo amor, o cuidado e o apoio foram cruciais para que eu fosse quem sou e alcançasse o que conquistei. Meu mais profundo obrigado!

AGRADECIMENTOS

À Deus, bondoso e todo poderoso, pelo dom da vida, sabedoria, saúde e principalmente seu amor por todos nós.

À Universidade Federal do Paraná, seu corpo docente, técnicos, direção e administração, pelo ensino de qualidade oferecido.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Produção Vegetal – PGAPV – por todo suporte que contribuíram para que me tornasse um profissional de qualidade

Aos professores Dr. Mauro Brasil Dias Tofanelli e Dr. Luiz Antonio Biasi, pela orientação, paciência e principalmente por todas as oportunidades de aprendizado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES – pelo apoio financeiro.

Aos laboratórios de Micropropagação de Plantas e Ecofisiologia da Produção Vegetal, por toda a estrutura e material disponibilizados para realização do meu experimento.

À doutoranda Jacqueline Romero Pereira pela concessão das 80 mudas de mirtilheiro ‘Delite’ para realização do experimento.

À Marli, Matheus e aos estagiários e doutorandos do laboratório de Micropropagação de Plantas, que de alguma forma me auxiliaram no presente estudo.

Ao Matheus Diogo Silva Santos por todo companheirismo, amor, apoio nas dificuldades e ser uma pessoa tão incrível.

Aos meus amigos Adriana, Juliane, Kátia, Nicolas, Rodrigo, Sarah e Thenille, pela amizade, conversas, trocas de ideias, risadas e aos momentos preciosos que são pontos de luz em minha vida.

Às professoras Dr^a Giovana Bomfim de Alcantara e Dr^a Rozimeiry Gomes Bezerra Gaspar, por todos os conhecimentos e ensinamentos que me encaminharam à área da pesquisa em fruticultura.

Aos primos e amigos que não foram mencionados, mas que sabem que estão guardados em meu coração e que somam em minha vida.

Aos demais colegas do mestrado pelo bom convívio.

A morte é o que dá significado à vida. A beleza da finitude faz você
aproveitar o seu tempo com mais intensidade.
(ANE RODRIGUES)

RESUMO

O mirtilheiro é uma frutífera cujo cultivo tem crescido devido à sua alta rentabilidade, em pequenas áreas, rusticidade e às suas propriedades nutricionais e antioxidantes de interesse da indústria farmacêutica e alimentícia. O mirtilheiro é uma planta de desenvolvimento lento o que acarreta maiores custos de produção de mudas. Uma alternativa para incrementar o crescimento das mudas sem o uso dos insumos tradicionais têm sido os produtos biológicos e dentre esses as microalgas se destacam devido suas propriedades biofertilizantes. Tendo isso em vista elaborou-se um experimento para avaliar o efeito da aplicação de biomassa da microalga *Desmodesmus subspicatus*, no crescimento das mudas de mirtilheiro em respostas. O experimento foi conduzido, de março a junho de 2024, em estufa agrícola, pertencente ao Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade do Setor de Ciências Agrárias da UFPR. Para instalação do experimento realizou-se o plantio, em vasos, de mudas de mirtilheiro da cultivar Delite, oriundas da micropropagação. O delineamento foi em blocos casualizados com 4 tratamentos, 4 repetições e 4 plantas por parcela. Em março iniciaram-se as aplicações foliares semanais da biomassa de microalgas, utilizando um mililitro por planta, nas concentrações: 0; 0,4; 0,8; 1,6 (g L⁻¹) por dez semanas. No final desse período foram avaliadas as seguintes características biométricas: número de folhas, altura da planta, comprimento da brotação (basal e lateral), diâmetro do coleto e número total de brotações, bioquímicas (clorofila a, b e total; açúcares totais e redutores; proteínas; aminoácidos) e fisiológicas (taxa fotossíntese líquida, transpiração, concentração carbono interno, condutância estomática, carboxilação da rubisco, eficiência do uso água e água intrínseca). Os tratamentos não apresentaram diferenças significativas para a maioria das características, havendo efeito da biomassa de microalgas apenas sobre número de folhas, comprimento da brotação lateral, altura, teores de proteínas e açúcar total e transpiração, apresentando curvas de tendencia com elevado R². Para altura, a utilização da biomassa reduziu em incremento. Para proteínas e açúcar total, houve um aumento em seus teores tendo seus pontos máximo estimados 0,9 e 0,6 g L⁻¹ respectivamente. Conclui-se que a aplicação de biomassa de *D. subspicatus*, por 10 semanas, de forma geral não tem efeito sobre o crescimento e desenvolvimento de mudas de mirtilheiro 'Delite'.

Palavras-chave: *Vaccinium virgatum*; pequenas frutas; bioinsumos; Ericaceae; Rabbiteye.

ABSTRACT

Blueberry cultivation has grown due to its high profitability in small areas, hardiness, and nutritional and antioxidant properties of interest to the pharmaceutical and food industries. Blueberry plants have slow development, which leads to higher production costs for seedlings. An alternative to increase the growth of seedlings without the use of traditional inputs has been biological products, and among these, microalgae stand out due to their bioestimulant properties. With this in mind, an experiment was designed to evaluate the effect of applying biomass from the microalgae *Desmodesmus subspicatus* on the growth of blueberry seedlings in responses. The experiment was conducted from March to June 2024 in an agricultural greenhouse belonging to the Department of Plant Science and Phytosanitary of the Agricultural Sciences Sector of UFPR. To install the experiment, blueberry seedlings of the Delite cultivar, originating from micropropagation, were planted in pots. The design was randomized blocks with 4 treatments, 4 replicates and 4 plants per plot. In March, weekly foliar applications of microalgae biomass were started, using one milliliter per plant, at concentrations: 0; 0.4; 0.8; 1.6 (g L⁻¹) for ten weeks. At the end of this period, the following biometric characteristics were evaluated: number of leaves, plant height, shoot length (basal and lateral), stem diameter and total number of shoots, biochemical (chlorophyll a, b and total; total and reducing sugars; proteins; amino acids) and physiological (net photosynthesis rate, transpiration, internal carbon concentration, stomatal conductance, rubisco carboxylation, water use efficiency and intrinsic water). The treatments did not show significant differences for most characteristics, with microalgae biomass having an effect only on the number of leaves, length of lateral shoots, height, protein and total sugar contents and transpiration, presenting trend curves with high R². For height, the use of biomass reduced incrementally. For proteins and total sugar, there was an increase in their contents, with their maximum estimated points being 0.9 and 0.6 g L⁻¹ respectively. It is concluded that the application of *D. subspicatus* biomass, for 10 weeks, in general has no effect on the growth of 'Delite' blueberry seedlings.

Keywords: *Vaccinium virgatum*; berries; bioinputs; Ericaceae; Rabbiteye.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – MIRTILEIRO DO GRUPO RABBITEYE COM FRUTOS MADUROS E IMATUROS	18
FIGURA 2 – MICROALGA <i>Desmodesmus subspicatus</i> , POR MICROSCOPIA.....	22
FIGURA 3 – TRANSPLANTE DAS MUDAS DE MIRTILEIRO ‘DELITE’ – A. MUDA NO SACO DE POLIETILENO; B. SUBSTRATO COMPOSTO; C. TRANSPLANTE COM TOALETE; D. ADUBAÇÃO	25
FIGURA 4 – PROCESSOS REALIZADOS ANTERIOR E DURANTE AS APLICAÇÕES DA BIOMASSA DA MICROALGA – A. PESAGEM E DILUIÇÃO DA BIOMASSA DE <i>Desmodesmus subspicatus</i> ; B. COLETA DA CARACTERÍSTICA BIOMÉTRICA DIÂMETRO; C. APLICAÇÃO DA BIOMASSA COM O ISOLAMENTO DAS MUDAS	27
FIGURA 5 – MUDAS DE MIRTILEIRO ‘DELITE’ – A. ANTES DA PRIMEIRA APLICAÇÃO; POSTERIOR À ÚLTIMA APLICAÇÃO DE BIOMASSA DE MICROALGA <i>Desmodesmus subspicatus</i>	28
FIGURA 6 – EQUIPAMENTO <i>INFRA-RED GAS ANALIZER</i> (IRGA) REALIZANDO LEITURA DA FOLHA DE MIRTILEIRO ‘DELITE’	29
FIGURA 7 - INCREMENTO NO NÚMERO DE FOLHAS EM MUDAS DE MIRTILEIRO ‘DELITE’ EM FUNÇÃO DE CONCENTRAÇÕES DE BIOMASSA DA MICROALGA <i>Desmodesmus subspicatus</i>	33
FIGURA 8 – INCREMENTO NA ALTURA DAS MUDAS DE MIRTILEIRO ‘DELITE’ EM FUNÇÃO DE CONCENTRAÇÕES DE BIOMASSA DA MICROALGA <i>Desmodesmus subspicatus</i>	35
FIGURA 9 – INCREMENTO DO COMPRIMENTO DA BROTAÇÃO LATERAL DE MUDAS DE MIRTILEIRO ‘DELITE’ EM FUNÇÃO DE CONCENTRAÇÕES DE BIOMASSA DA MICROALGA <i>Desmodesmus subspicatus</i>	36
FIGURA 10 – TEOR DE PROTEÍNA DE MUDAS DE MIRTILEIRO ‘DELITE’ EM FUNÇÃO DE CONCENTRAÇÕES DE BIOMASSA DA MICROALGA <i>Desmodesmus subspicatus</i>	39
FIGURA 11 – TEOR DE AÇÚCAR TOTAL DE MUDAS DE MIRTILEIRO ‘DELITE’ EM FUNÇÃO DE CONCENTRAÇÕES DE BIOMASSA DA MICROALGA <i>Desmodesmus subspicatus</i>	40

FIGURA 12 – TRANSPIRAÇÃO EM MUDAS DE MIRTILEIRO ‘DELITE’ EM FUNÇÃO DE CONCENTRAÇÕES DE BIOMASSA DA MICROALGA <i>Desmodesmus subspicatus</i>	43
---	----

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – INCREMENTO DAS CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS DE MUDAS DE MIRTILEIRO ‘DELITE’, SUBMETIDAS A DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BIOMASSA DE <i>Desmodesmus subspicatus</i>	32
TABELA 2 – TEOR DE CLOROFILA TOTAL, A E B, AÇÚCARES REDUTORES E AMINOÁCIDOS DE MUDAS DE MIRTILEIRO ‘DELITE’, SUBMETIDAS A DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BIOMASSA DE <i>Desmodesmus subspicatus</i>	37
TABELA 3 – CONCENTRAÇÃO INTERNA DE CARBONO, CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA E FOTOSSÍNTESE EM MUDAS DE MIRTILEIRO ‘DELITE’, SUBMETIDAS A DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BIOMASSA DE <i>Desmodesmus subspicatus</i>	41
TABELA 4 – EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA, EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA INTRÍNSECA E TAXA DE CARBOXILAÇÃO DA RUBISCO EM MUDAS DE MIRTILEIRO ‘DELITE’, SUBMETIDAS A DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BIOMASSA DE <i>Desmodesmus subspicatus</i>	42

LISTA DE SIGLAS, UNIDADES E SIMBOLOS

UFPR – Universidade Federal do Paraná

DNS – Ácido dinitrosalicílico

IRGA – *Infra-red Gas Analyzer*

Rubisco – Ribulose-1,5-bisfosfato-carboxilase-oxigenase

BBM – *Bold's Basal Medium*

cm – centímetro

g – grama

L – litro

m – metro

mm – milímetro

mg – miligrama

mL – mililitro

® – Marca registrada

°C – Graus Celsius

nm – Nanômetro

µL – Microlitro

µg – Micrograma

RPM – rotações por minuto

s – segundo

% – porcentagem

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 MIRTILEIRO	17
2.1.1 <i>Vaccinium virgatum</i>	17
2.1.2 Cultivar Delite	19
2.2 BIOINSUMOS	19
2.2.1 Microalgas	21
2.2.2 <i>Desmodesmus subspicatus</i>	22
3 MATERIAL E MÉTODOS	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1 CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS	32
4.2 CARACTERÍSTICAS BIOQUÍMICAS	37
4.3 CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS.....	41
CONCLUSÃO	44
CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
REFERÊNCIAS.....	46

1 INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa a terceira posição no ranking mundial de produção de frutas, contribuindo com 58 milhões de toneladas, o que representa 5,4% da produção global, sendo grande parte dessa produção seja destinada ao mercado interno (ABRAFRUTAS, 2023). Entre as espécies frutíferas cultivadas no país, aquelas de clima temperado possuem alta relevância econômica. Entre essas culturas, destaca-se o mirtilo (*Vaccinium spp.*), que tem ganhado espaço crescente na América do Sul.

Nos últimos anos, a cultura do mirtilo tem se expandido significativamente em países como Peru, Chile, Argentina e Brasil. Os dois últimos destacam-se como líderes em exportação, com o Peru ocupando a primeira posição do ranking, atingindo uma produção de 285.780 toneladas em 2022, o que representa um crescimento de 112% em relação a 2019. No Brasil, a produção de mirtilo cresceu 35% no mesmo período, alcançando 23 toneladas em 2022. No entanto, o país ainda importa mais do que exporta, adquirindo 786 toneladas da fruta no referido ano. Ademais, observa-se um aumento na demanda do mercado nacional por essa fruta (Hortifruti Brasil, 2024).

A produção de mirtilo tem sido impulsionada pela crescente demanda nos mercados da América do Norte, Ásia e Europa. No Brasil, o cultivo concentra-se em estados com climas mais amenos e invernos bem definidos, como Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, bem como em regiões específicas dos estados de São Paulo e Minas Gerais. Nos últimos anos, avanços nas técnicas de manejo têm possibilitado a expansão da área cultivada para outras regiões (Embrapa, 2007).

O mirtileiro é uma espécie frutífera arbustiva perene pertencente ao gênero *Vaccinium*, à família Ericaceae, sendo uma cultura de clima temperado que vem sendo estudada e despertando interesse de fruticultores devido à sua alta rentabilidade, rusticidade, alternativa de cultivo em pequenas áreas, pelas suas propriedades nutricionais e antioxidantes de interesse da indústria farmacêutica e alimentícia.

A cultivar de mirtileiro Delite pertence ao grupo Rabbiteye, sendo esse pouco exigência em frio; a tolerante ao calor, à seca, fungos e variações de solo; de alto vigor, longevidade e produtividade (Embrapa, 2007).

Visando melhorar o desempenho das culturas agrícolas, estimular o desenvolvimento e crescimento das plantas e reduzir os danos ao meio ambiente estudos são conduzidos utilizando microrganismos, uma vez que a utilização de insumos químicos cuja produção e uso incorreto acarretam impactos ambientais. Os microrganismos podem ser utilizados de diversas maneiras, realizando interações simbióticas e matéria prima para a produção de uma série de compostos bioativos que atuam nos processos fisiológicos da planta.

Entre os microrganismos utilizados, destacam-se as microalgas, cujos compostos promovem o desenvolvimento das estruturas vegetais, como sistema radicular e parte aérea, além de aumentarem a tolerância das plantas a estresses bióticos e abióticos. A biomassa de microalgas possui um grande potencial biotecnológico pela possibilidade de produzir metabólitos de interesse com diferentes tipos de cultivo e sua alta capacidade de absorção de nutrientes e matéria orgânica. A microalga *Desmodesmus subspicatus* é uma espécie de água doce, pertencente à classe Chlorophyceae, englobam as algas verdes, e à família Scenedesmaceae. Essa microalga possui substâncias estimuladoras do crescimento e o uso de sua biomassa promoveu um efeito benéfico na sobrevivência de orquídeas durante a aclimação e crescimento em mudas de amoreira-preta. (Navarro *et al.* 2021; Cosmo, 2024).

Diante da crescente demanda mundial por alimentos e da necessidade de aprimorar a sustentabilidade agrícola, este estudo teve como objetivo avaliar o crescimento de mudas de mirtilheiro 'Delite', submetidas a diferentes concentrações biomassa da microalga *Desmodesmus subspicatus*.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 MIRTILEIRO

2.1.1 *Vaccinium virgatum*

O mirtilheiro pertence à família Ericaceae e ao gênero *Vaccinium*, que compreende aproximadamente 450 espécies distribuídas pelos continentes africano, americano, asiático e europeu. Essas plantas produzem bagas adocicadas, caracterizadas por um sabor distintivo. Os frutos são pequenos e delicados, apresentando polpa esbranquiçada e casca azul-escura quando maduros, conferindo-lhes o nome inglês *blueberry*, que significa "baga azul". Esses frutos possuem grande importância comercial, especialmente na Europa e nos Estados Unidos, o que tem despertado o interesse de investimentos em diversos países, incluindo Brasil, China e Peru. Este último se destaca como o maior produtor mundial, com uma produção de 285.580 toneladas em 2022 (Retamales; Hancock, 2018; Oliveira *et al.*, 2020; Hortifruti Brasil, 2024).

Dentre as espécies pertencentes ao gênero *Vaccinium*, algumas são de maior interesse comercial e podem ser classificadas em três grupos principais, conforme suas características genotípicas, hábito de crescimento e atributos do fruto, como formato, tamanho e palatabilidade. Esses grupos são (Raseira, 2006; Marangon, 2010):

- a) Highbush – arbusto alto – originário da região oeste-costeiro norte americana, possui a melhor produção entre os grupos, qualidade referente à palatabilidade e tamanho. A demanda por horas de frio hibernal – abaixo de 7,2° C – que o grupo precisa, varia entre 650 e 850 horas. Sendo um grupo tetraploide tendo *Vaccinium corymbosum* como espécie principal;
- b) Lowbush – arbusto baixo – originário da região central-leste canadense e nordeste estado-unidense, produz frutos pequenos destinado principalmente a indústria para processamento. A altura de seus indivíduos não passa de meio metro, tendo as espécies *Vaccinium angustifolium*, *Vaccinium myrtilloides* e *Vaccinium boreale* como componentes do grupo, sendo espécies diploides. *V. angustifolium* é agraciada com alta produtividade, doçura, resistência à seca e ao frio, maturação precoce e concentrada,

contudo possuiu alta exigência em horas de frio hibernal – superior a 1000 horas – baixa acidez, necessita de fecundação cruzada;

- c) Rabbiteye – olho de coelho – originária da região sul norte americana. Tem como espécie a espécie *Vaccinium virgatum*, sinonímia *V. amoenum* e *V. ashei*. Apresenta maior produção por planta e seus frutos têm maior durabilidade, sendo conhecidos como olho de coelho por serem vermelhos quando imaturos (Figura 1). Os indivíduos, hexaplóides pertencentes a esse grupo possuem a menor demanda por horas hibernais, chegando da metade a 1/3 das horas demandadas pelas Highbush, em torno de 360 horas. Esse grupo é de clima temperado possui maior aptidão as condições climáticas sul brasileira.

FIGURA 1 – MIRTILEIRO DO GRUPO RABBITEYE COM FRUTOS MADUROS E IMATUROS



Fonte: Monticello (2025)

Vaccinium virgatum é uma espécie arbustiva e longaeva – podendo ultrapassar meio século – caducifólias, porte ereto rasteiro, galhos lenhosos, podendo atingir seis metros de altura, com caules possuindo capacidade produtiva entre quatro e cinco anos. O mirtileiro possui sistema radicular superficial composto por raízes suportes, podendo atingir um metro de profundidade, sendo finas e

fibrosas, ausente de pelos radiculares, podendo associar-se com organismos simbióticos, como micorrizas. A associação com organismos simbióticos aumenta a eficiência de absorção de água e nutrientes e ocorre na entre 0,3 e 0,4 metros (Lobos, 1988; Muñoz, 1988; Eck, 1996).

2.1.2 Cultivar Delite

O grupo Rabbiteye inclui diversas cultivares de interesse comercial, entre as quais se destacam Aliceblue, Bluebelle, Bluegem, Briteblue, Climax, Delite, Powderblue e Woodard. A introdução da cultura do mirtilheiro no Brasil ocorreu por meio desse grupo, sendo a cultivar Delite uma das selecionadas, juntamente com Bluegem e Climax, como as mais adaptadas para o cultivo em clima subtropical. Essas cultivares apresentam alta adaptabilidade às condições edafoclimáticas, mantendo produtividade e qualidade de produção sem alterações significativas (Medeiros *et al.*, 2018).

A cultivar Delite é originária da *Coastal Plain Experimental Station*, localizada em Tifton, Geórgia, EUA, onde foi desenvolvida pela Universidade da Georgia em parceria com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA). Proveniente do cruzamento entre duas seleções – T-14 x T-15, foi obtida por Brightwell e Scott em 1959. Os frutos da cultivar tem como característica serem são grandes, arredondados, e possuem casca azul-clara. Nos EUA a cultivar é adaptada a região do golfo do México ao sudoeste. Para condições edafoclimáticas de Pelotas – RS, em cultivo com ausência de irrigação, apresentou frutos de tamanho médio a pequeno, com 1,2 a 1,8 cm de diâmetro e pesando 1,2 gramas, com o teor de sólidos solúveis variando entre 10,8 e 12,5° Brix. A película apresenta menos pruína o que confere tonalidade mais escura quando comparado a ‘Climax’ (Brooks; Olmo, 1997; Embrapa, 2007).

2.2 BIOINSUMOS

Com o agravamento da degradação ambiental, aumentam também as preocupações globais, nas quais também se inclui a utilização de fertilizantes e defensivos agrícolas sintéticos, cuja produção e o mal uso geram impactos ambientais, o que por sua reflete em um crescimento na demanda por produtos e

substâncias de origem orgânica, como os bioinsumos. Esses produtos auxiliam o crescimento e bom desenvolvimento das plantas (Ronga *et al.*, 2019; Lemos, 2001).

A Instrução Normativa Mapa nº 61, de 08 de julho de 2020, estabelece as regras sobre definições dos fertilizantes orgânicos e dos biofertilizantes, destinados à agricultura. Então a instrução define que os biofertilizantes são produtos que contém princípio ativo ou agente orgânico, isento de substância agrotóxicas, capaz de atuar, direta ou indiretamente sobre todo ou parte das plantas cultivadas, elevando a sua produtividade, sem ter em conta o seu valor hormonal ou estimulante, do qual biofertilizantes a base de algas processadas faz parte (Brasil, 2020). Os bioinsumos contêm fitormônios, vitaminas, aminoácidos e sais minerais, entre outros, atuando em múltiplos processos fisiológicos, regulando-os, podendo conceder maior tolerância a estresses bióticos e abióticos, uma vez que agem no sistema antioxidante – enzimático e não enzimático (Ronga *et al.*, 2019; Calvo *et al.*, 2014; Carvalho *et al.*, 2014).

Conforme disposto no Art. 2º e nos incisos II e IV da Lei nº 15.070, de 23/12/2024 da Presidência da República, “bioinsumo” e “bioinsumo de uso agrícola” são: “bioinsumo” - produto, processo ou tecnologia de origem vegetal, animal ou microbiana, incluído o oriundo de processo biotecnológico, ou estruturalmente similar e funcionalmente idêntico ao de origem natural, destinado ao uso na produção, na proteção, no armazenamento e no beneficiamento de produtos agropecuários ou nos sistemas de produção aquáticos ou de florestas plantadas, que interfira no crescimento, no desenvolvimento e no mecanismo de resposta de animais, de plantas, de microrganismos, do solo e de substâncias derivadas e que interaja com os produtos e os processos físico-químicos e biológico e “bioinsumo de uso agrícola” - bioinsumo que contém exclusivamente ativos e substâncias permitidas, listadas em regulamento próprio, com uso destinado a animais aquáticos e seus ambientes de cultivo, não se enquadrando na definição legal de produtos de uso veterinário vigente no Decreto-Lei nº 467, de 13 de fevereiro de 1969 (BRASIL, 2024).

Entre os produtos biofertilizantes, que podem afetar o desenvolvimento vegetal, pode-se considerar a biomassa de algas. Ugarte *et al.* (2006) destacam que, em especial, espécies de águas salgadas, como a espécie *Ascophyllum nodosum* está entre as espécies marinhas mais utilizadas.

2.2.1 Microalgas

As microalgas são utilizadas na agricultura como biofertilizantes na produção de alimentos, suas propriedades metabólicas contribuem para que esses microrganismos sejam considerados como fonte de matéria prima para bioinsumos. As microalgas demonstram potencial biotecnológico ambiental, derivado da sua capacidade de assimilar nutrientes e metais pesados. As microalgas são capazes de produzir metabólitos diferentes em resposta há diferentes condições de cultivo, ou seja, pode-se cultivá-las a fim de produzir substâncias específicas (Zepka *et al.*, 2007; Ono; Cuello, 2007; Zhan *et al.*, 2017). Conforme Choo *et al.* (2017), as microalgas são compostas por proteínas (30-50%), carboidratos (0-20%), lipídios (30-50%), minerais e ácidos nucleicos (0-5%) em seu meio intracelular, encontram-se substâncias como os fitormônios das classes auxina, citocinina, giberilina, aminoácidos e ácidos graxos.

Nas microalgas, a atividade bioestimulante está correlacionada à existência de diferentes substâncias como aminoácidos, peptídeos, proteínas polissacarídeos, vitaminas, minerais e em especial às diferentes classes de fitormônios (Corrêa *et al.*, 2021). Entre os compostos produzidos pelas microalgas os compostos aminados podem influenciar no crescimento das plantas podendo promover ou modificar processos morfofisiológicos, com a finalidade a produtividade nos diferentes estágios de desenvolvimento (Cazzaniga *et al.* 2014).

As microalgas constituem um grupo heterogêneo de microrganismos fotossintetizantes e autotróficos, especialmente unicelulares, que ocorrem em ambientes aquosos – doce e salgado – ou terrestres, raramente. Tem-se ciência que há entre 200 a 800 mil espécies. Podendo ser procarióticas ou eucarióticas, as microalgas são passíveis de serem categorizadas de acordo com sua coloração, com suas classes (Begum *et al.*, 2016; Pöjo, 2016; Alam *et al.*, 2020):

- Chlorophyceae – algas verdes;
- Cyanophyceae – algas azuis;
- Phaeophyceae – algas castanhas;
- Rhodophyceae – algas vermelhas.

Dentre todas as classes, as mais comuns pertencem a classe Chlorophyceae – filo Chlorophyta – apresentando carotenoides, clorofila a e b, sua parede celular composta por celulose e amido, polissacarídeo, como substância de

reserva. Na ordem Sphaeropleales, pertencente a classe Chlorophyceae, a maior família é Scenedesmaceae, com microalgas verdes aquáticas. A família é caracterizada por ter parede celular constituída por uma camada interna de celulose e uma ou mais camadas externas de esporopolenina, e passível de demonstrar ornamentos, como espinhos, costelas ou granulações. A família conta com 60 gêneros, dentre eles o *Desmodesmus* (Bicudo; Menezes, 2006; Shurbert *et al.*, 2014; Ramos *et al.*, 2015).

2.2.2 *Desmodesmus subspicatus*

Das espécies de água doce, pode-se citar a *Desmodesmus subspicatus*, sinonímia *Scenedesmus subspicatus* e *Scenedesmus gutwinskii*, uma microalga clorofilada unicelular e uninucleada pertencente à família Scenedesmaceae. Os indivíduos formam cenóbios – colônias organizadas de células de algas possuindo forma, número de células e organização estrutural específica – planos, de uma, duas ou quatro células dispostas paralelamente. Tendo formato elipsoide a ovóides, variando entre 4,8 a 12 µm de comprimento e 2,8 a 6 µm de largura, com a existência de espinhos secundários em células internas, um a dois espinhos principais nas células exteriores variando 1,6 a 5,5 µm de comprimento (Figura 2) (Hentschke; Torgan, 2010; Shurbert *et al.* 2014).

FIGURA 2 – MICROALGA *Desmodesmus subspicatus*, POR MICROSCOPIA



Fonte: Algaebase (2015)

Conforme Franceschini *et al.* (2010) a parede celular pode apresentar ornamentações como pequenas verrugas, uma estrutura reticulada ou uma crista bem destacada. A reprodução característica da espécie é por via assexuada, na qual a formação de autocolônias são liberadas a partir da divisão célula-mãe rompendo a parede celular. A reprodução por via sexual não foi registrada. O habitat natural varia de águas lênticas a lólicas, com temperatura desejável, para o bom desenvolvimento, variando entre 23 e 27 °C (Gressler, 2011).

O gênero *Desmodesmus* possui grande plasticidade fenotípica, ou seja, sua forma muda em resposta a diferentes ambientes. A transformação mais destacada incide a formação de colônias, contudo, a metamorfose pode ser unicelular. Essa mudança morfológica pode ser “induzida” com o acréscimo na concentração dos elementos nitrogênio e fósforo no ambiente. O fenômeno ocorre tanto na natureza quanto em condições controladas – laboratórios (Gressler, 2011).

As espécies estão distribuídas por todo o mundo, embora não possuam estruturas de locomoção. São consideradas excelentes indicadores de qualidade da água, além de serem organismos exemplos amplamente utilizados em estudos, fisiológicos, ecológicos e evolutivos.

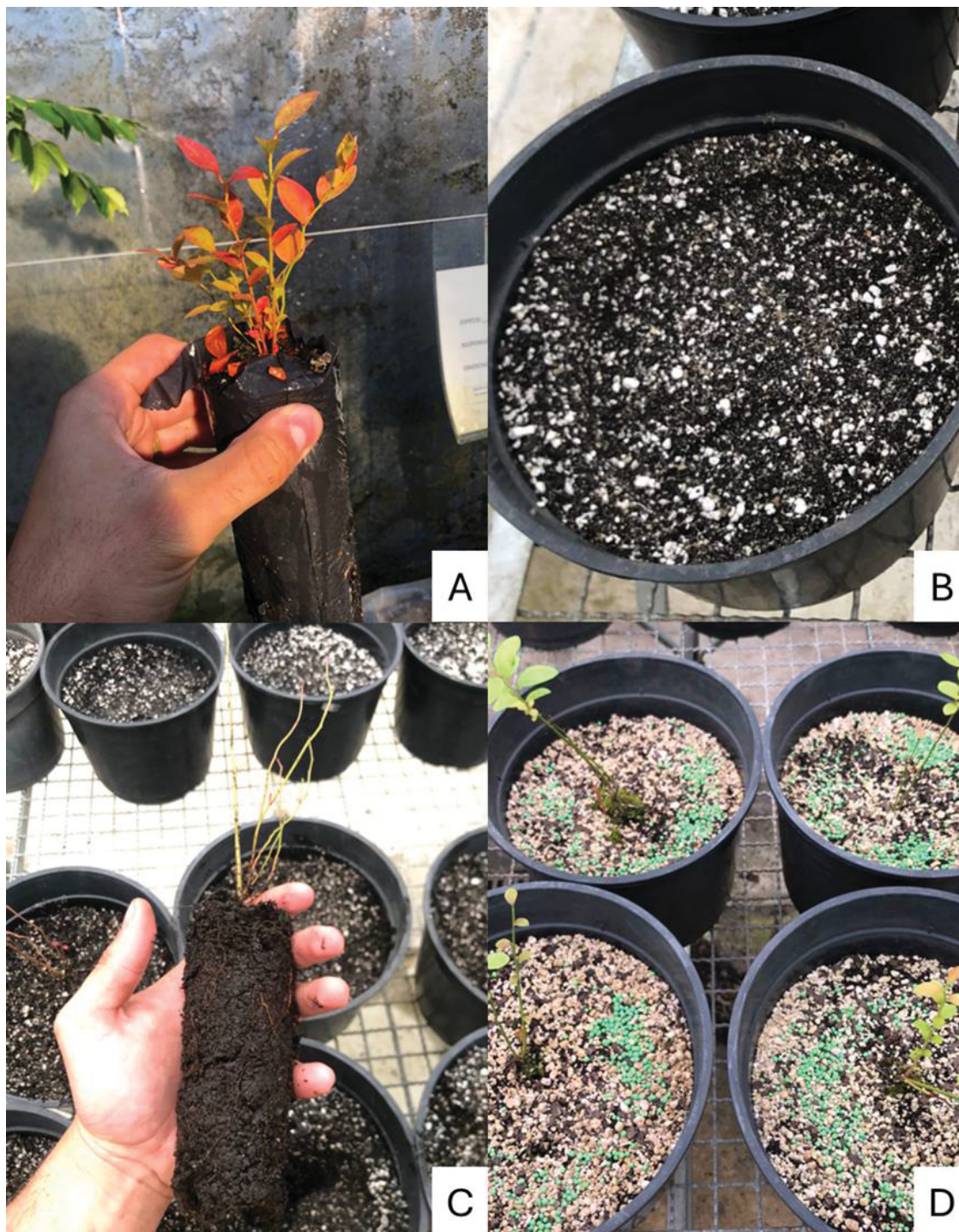
3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em estufa agrícola pertencente ao setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, localizado em Curitiba – PR. Conforme a metodologia de Köppen, Curitiba está classificada climatologicamente como Cfb, sendo a temperatura média, entre máxima e mínima, do mês mais quente inferior a 22°C e a do mais frio inferior a 18°C (Aparecido *et al.*, 2016). Curitiba está localizada em uma altitude de 935 metros e possui uma média pluviométrica de 1390 mm.

O experimento teve início, em 28 agosto de 2023, com preparação e seleção de 80 mudas de mirtilheiro ‘Delite’ (Figura 3-A), micropropagadas e posteriormente repicadas em sacos de polietileno preto – 11 x 20 cm – para então serem transplantados para vasos de cinco litros, contendo quatro litros de substrato composto – 57,1% turfa Maxferti®, 28,6% perlita e 14,3% areia (Figuras 3-B e 3-C). As mudas passaram por toalete eliminando-se o enovelamento das raízes e plantas espontâneas condicionando-as em estufa agrícola contendo sistema de resfriamento com ventiladores acionados por termostato.

Após um mês foi realizada uma poda de padronização, com a finalidade de estimular as brotações laterais. Foram mantidos dois ramos por muda e uma altura de 11 centímetros e realizadas três regas semanais. No dia 18 de janeiro de 2024, visando aumentar o estímulo das mudas à brotação, foi realizada uma aplicação 10 gramas por vaso de fertilizante de liberação lenta – Basacote® 3M 16-8-12. Com o crescimento e desenvolvimento da porção aérea foram selecionados 64 indivíduos para formação dos blocos (Figura 3-D).

FIGURA 3 – TRANSPLANTE DAS MUDAS DE MIRTILEIRO 'DELITE' – A. MUDA NO SACO DE POLIETILENO; B. SUBSTRATO COMPOSTO; C. TRANSPLANTE COM TOALETE; D. ADUBAÇÃO



Fonte: O autor (2023)

Montou-se o experimento utilizando o delineamento em blocos casualizados, devido as diferenças nos tamanhos das mudas em resposta da adubação, sendo montado com quatro repetições com quatro plantas por parcela para os quatro

tratamentos, que foram concentrações de biomassa de *Desmodesmus subspicatus* 0; 0,4; 0,8 e 1,6 g L⁻¹.

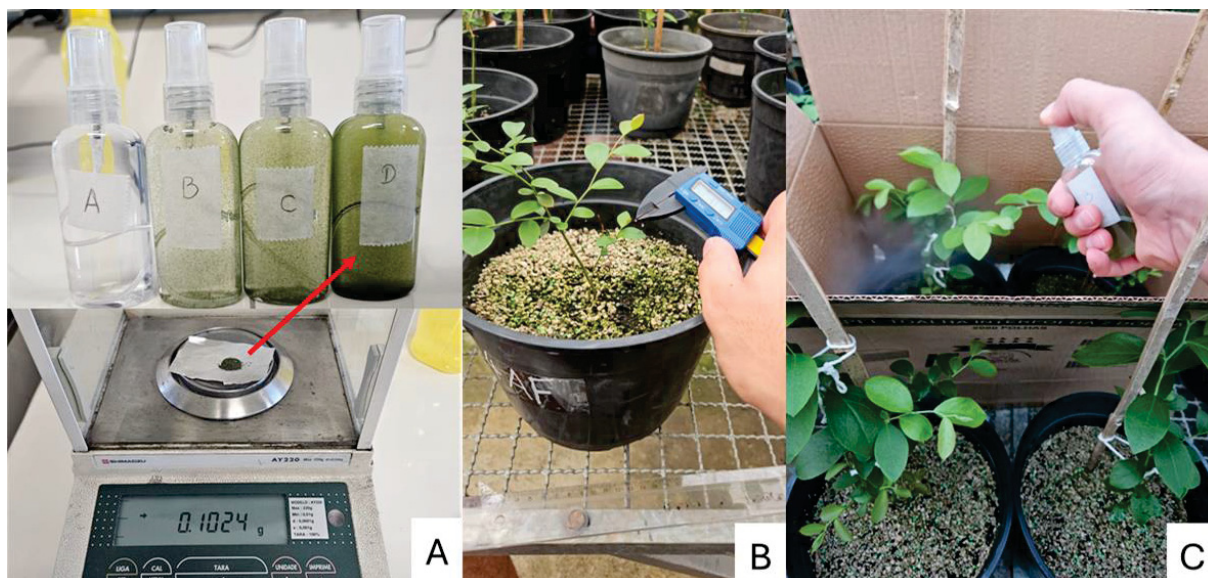
O cultivo e produção da biomassa de microalga foi conduzido no Departamento de Bioquímica da UFPR, no Laboratório de Aplicações Biotecnológicas de MicroAlga (LABMA), em fotobiorreator de placa plana (Noseda *et al.*, 2016), com volume de 100 L, pelo período de 14 dias em sala climatizada (23 ± 1 °C), em regime fotoautotrófico com iluminação contínua e intensidade luminosa de 155 µmol m⁻² s⁻¹ usando meio de cultivo BBM (Nichols; Bold, 1965). Corrêa *et al.* (2018) desenvolveram um protocolo para concentrar a biomassa em até 5% do volume original do cultivo (Cosmo, 2024).

Corrêa *et al.* (2021) determinou a caracterização da composição bioquímica da biomassa da microalga *D. subspicatus*. Sendo constituída de carboidratos 312,4 ± 6,8 mg g⁻¹, proteínas 213,6 ± 3,5 mg g⁻¹, lipídios 142,1 ± 5,2 mg g⁻¹, cinzas 209,8 ± 4,1 mg g⁻¹ e zeatina 7,2 ± 0,8 µg g⁻¹.

A biomassa de microalgas foi pesada, sendo separadas por semana e conservadas em papel alumínio no congelador, para posteriormente serem diluídas em 64 ml de água deionizada (Figura 4-A). Coletaram-se as características biométricas iniciais das mudas de mirtileiro, três dias antes do começo da primeira aplicação (Figura 4-B): altura (cm); número – folhas e brotações; comprimento da maior brotação – lateral e basal (cm); diâmetro da base (mm).

As aplicações foram iniciadas no dia 11 março de 2024 – 53 dias da adubação com Basacote® e 9 dias antes do início do outono – por aspersão na parte aérea de um mililitro por planta, isolando-as com uma caixa de papelão. Houve 10 aplicações realizadas semanalmente nos períodos mais frescos do dia – final da tarde, início da noite (Figura 4-C).

FIGURA 4 – PROCESSOS REALIZADOS ANTERIOR E DURANTE AS APLICAÇÕES DA BIOMASSA DA MICROALGA – A. PESAGEM E DILUIÇÃO DA BIOMASSA DE *Desmodesmus subspicatus*; B. COLETA DA CARACTERÍSTICA BIOMÉTRICA DIÂMETRO; C. APLICAÇÃO DA BIOMASSA COM O ISOLAMENTO DAS MUDAS



Fonte: O autor (2024)

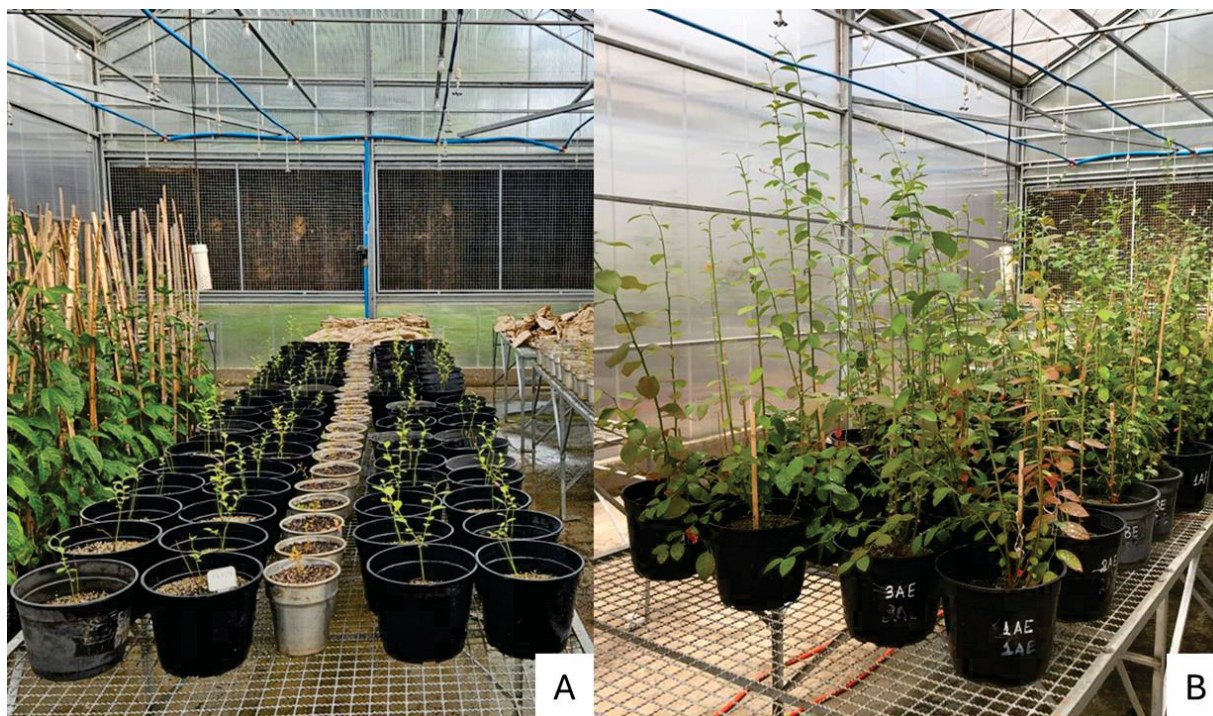
As avaliações e análises finais (Figura 5-B) ocorreram após transcorrido 70 dias do início da primeira aplicação (Figura 5-A), sendo avaliadas características biométricas, bioquímicas e fisiológicas.

As características biométricas foram: altura (cm); número – folhas e brotações; comprimento da maior brotação – lateral e basal (cm); diâmetro basal (mm). Com as medidas finais e iniciais foi calculado o incremento de cada uma das características durante o período avaliado.

As características bioquímicas foram: açúcares – totais e redutores; proteínas; aminoácidos; clorofila – total, a e b.

As características fisiológicas foram: taxa fotossíntese líquida; transpiração; concentração de carbono interno; condutância estomática; eficiência do uso da água; eficiência do uso da água intrínseca; carboxilação da rubisco.

FIGURA 5 – MUDAS DE MIRTILEIRO 'DELITE' – A. ANTES DA PRIMEIRA APLICAÇÃO; POSTERIOR À ÚLTIMA APLICAÇÃO DE BIOMASSA DE MICROALGA *Desmodesmus subspicatus*



Fonte: O autor (2025).

A coleta dos dados referentes as análises biométricas e fisiológicas foram realizadas na estufa onde conduziu-se o experimento, com auxílio de réguas, paquímetro e o equipamento *Infra-red Gas Analyzer* (IRGA) (Figura 6). Para avaliações fisiológicas escolheu-se a sétima folha do maior ramo, de cima para baixo, iniciando a realização das análises das 8h00 às 11h00 às 14h00 às 18h00. O IRGA foi ajustado com uma concentração de CO_2 externo de $400 \mu\text{mol}^{-1}$. Utilizou-se fonte de luz artificial de fluxo de $1000 \mu\text{mol} \text{ fótons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, mantendo a temperatura constante de 25°C da câmara foliar, cuja área circular foi de 3 cm^2 .

FIGURA 6 – EQUIPAMENTO *INFRA-RED GAS ANALYZER* (IRGA) REALIZANDO LEITURA DA FOLHA DE MIRTILEIRO 'DELITE'



Fonte: O Autor (2024)

As análises bioquímicas foram realizadas no Laboratório de Ecofisiologia anexo ao Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade da UFPR. Para essas análises foram coletadas folhas da porção apical, média e basal, condicionadas em isopor com gelo gel artificial, envolvidas em papel alumínio. Em laboratório cortou-se o limbo das folhas e com auxílio de nitrogênio líquido e almofariz reduziu-se o tamanho das amostras. Em seguida as amostras foram submetidas às seguintes análises:

1. Tratamento para verificação de açúcares redutores: pesou-se as amostras e macerou-se aproximadamente 0,5 gramas de material em dez mililitros tampão fosfato 0,2 M pH 7,5. Transferiu-se o material para eppendorf, os quais foram centrifugados por 10 minutos a 12.000 rpm. Retirou-se a alíquota do sobrenadante de 100 µL, adicionou-se um mililitro de ácido dinitrosalicílico (DNS), após foi transferido para as cubetas de quartzo e lidas em espectrofotômetro a 540 nm (Miller, 1959);

2. Tratamento para verificação de açúcares totais: pesou-se as amostras e macerou-se aproximadamente 0,5 gramas de material em dez mililitros tampão fosfato 0,2 M pH 7,5. Transferiu-se o material para eppendorf, os quais foram centrifugados por 10 minutos a 12.000 rpm. Retirou-se a alíquota do sobrenadante de 100 µL, adicionou-se 0,5 mL de Fenol 5% e 2,5 mL de ácido sulfúrico concentrado, após foi transferido para as cubetas de quartzo e lidas em espectrofotômetro a 490 nm (Dubios *et al.*, 1956);

3. Tratamento para verificação de aminoácidos: pesou-se as amostras e macerou-se aproximadamente 0,5 gramas de material em cinco mililitros de ácido sulfúrico 3%. O transferiu-se o material para eppendorf, os quais foram centrifugados por 10 minutos a 12.000 rpm. Colocou-se um mililitro do sobrenadante no tubo de ensaio para em seguida ser adicionado dois mililitros de ácido acético. Foi mantido por 1 hora em banho-maria fervente, após resfriado foi transferido para as cubetas de quartzo e lidas em espectrofotômetro a 520 nm (Bates *et al.*, 1973);

4. Tratamento para verificação de Clorofila – a, b e total: pesou-se as amostras e macerou-se aproximadamente 0,1 gramas de material em dez mililitros de acetona 80%. O transferiu-se o material para eppendorf, os quais foram centrifugados por 10 minutos a 12.000 rpm. O sobrenadante foi transferido para cubetas de quartzo e posteriormente foi realizada a leitura no espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 645 e 663 nm. Com base nessas leituras encontrou-se os valores em mg cm⁻³, que posteriormente foram convertidos para os teores de clorofila encontrados nas folhas, seguindo o protocolo de Arnon (1949).

5. Tratamento para verificação de proteínas: pesou-se as amostras e macerou-se aproximadamente 0,5 gramas de material em dez mililitros tampão fosfato 0,2 M pH 7. O transferiu-se o material para eppendorf, os quais foram centrifugados por 10 minutos a 12.000 rpm. Retirou-se a alíquota do sobrenadante de 100 µL, adicionou-se 2,5 mL de Bio-Rad, aguardou-se cinco minutos para a

reação (Bradford, 1976). Realizou-se a leitura espectrofotômetro a 520 nm, obtendo o valor de absorbância.

Após a coleta dos dados com o IRGA foram calculados a eficiência do uso da água, eficiência do uso da água intrínseca, carboxilação da rubisco. Para estes cálculos foram utilizadas as seguintes fórmulas sequencialmente:

- $WUE = \frac{\text{taxa de assimilação de } CO_2}{\text{taxa de transpiração}}$
- $WUE_i = \frac{\text{taxa de assimilação de } CO_2}{\text{condutância estomática}}$
- $V_c = \frac{\text{taxa de assimilação de } CO_2}{\text{concentração intracelular de } CO_2}$

As características foram analisadas avaliando cada indivíduo de dentro da parcela, exceto para a avaliação de aminoácidos, onde para este teste, foi necessário misturar a amostras foliar de todos os indivíduos de cada parcela.

As características tiveram as médias dos tratamentos testadas por meio do teste de F pela análise de variância e análise de regressão. As análises estatísticas foram realizadas com o programa estatístico Sisvar 5.6 (Ferreira, 1996).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS

Os tratamentos não apresentaram diferenças significativas pelo teste F, para as características de incremento do número de brotos, comprimento da maior brotação basal e o diâmetro do coleto. Sendo essas médias respectivamente 3,94 brotos por planta, variando de 3,38 a 4,31; comprimento da brotação basal de 25,77 cm, variando 22,53 a 29,03 cm; e diâmetro basal de 4,49 mm variando 4,39 a 4,61 mm (Tabela 1).

TABELA 1 – INCREMENTO DAS CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS DE MUDAS DE MIRTILEIRO 'DELITE', SUBMETIDAS A DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BIOMASSA DE *Desmodemus subspicatus*

Tratamento (mg L ⁻¹)	Número de brotos	Comprimento brotação basal (cm)	Diâmetro do coleta (mm)
0	4,12	22,53	4,58
0,4	4,31	29,03	4,39
0,8	3,38	22,66	4,39
1,6	3,94	28,86	4,61
Médias	3,94	25,77	4,49
Coefficiente de variação (%)	56,8	34,27	51,16

Médias não apresentaram diferença significativas para o teste F a 5% de probabilidade.

O cultivo em vasos pode ter restringido o crescimento de um maior número de brotações do que observado a campo (Litwinczuk *et al.*, 2005; Lima, 2011). A média encontrada no presente estudo é inferior às encontradas no estudo de Souza *et al.*, (2011) para mirtilheiro cultivados no solo e oriundos da micropropagação pertencentes as cultivares Bluegem, Birteblue e Woodard, cuja médias encontradas foram de 4,30; 6,33 e 9,07 brotos basitônico.

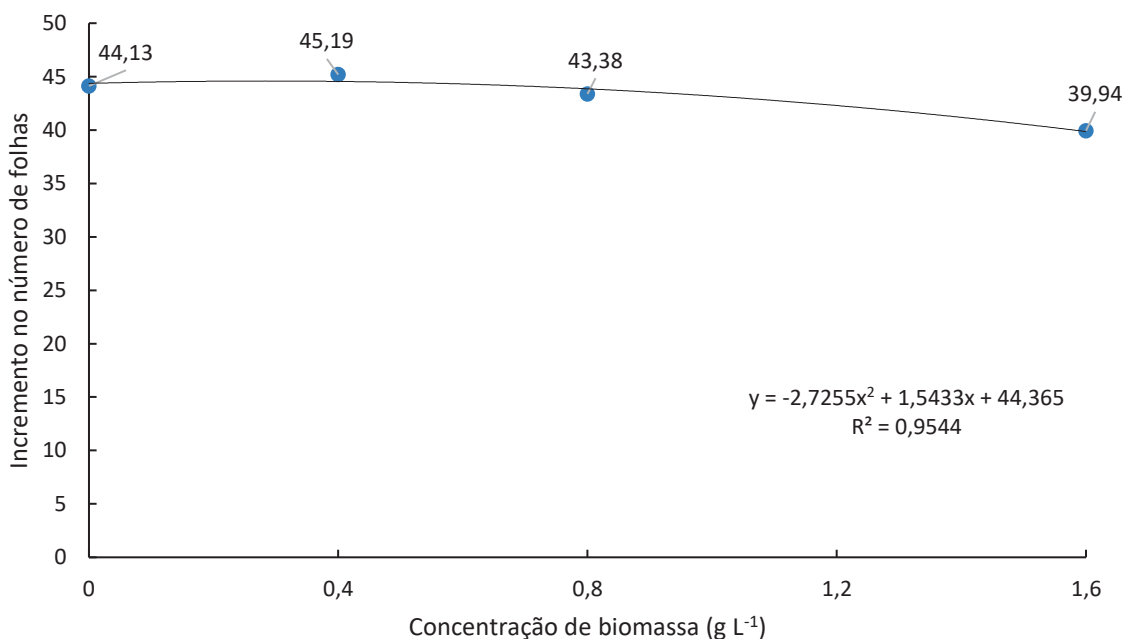
A característica comprimento da maior brotação basal observada neste estudo com a cultivar Delite, teve um aumento superior ao encontrado para 'Bluegem' crescendo o dobro para mesmo período (Souza *et al.* 2011). O ambiente protegido pode ter proporcionado melhores condições ao crescimento quando comparado as condições de tempo aberto.

A característica diâmetro do coleto obteve um aumento de 2,3 vezes em relação à avaliação inicial, saindo da média de 3,4 mm para 7,9 mm na última avaliação. Acredita-se que tal aumento deve-se ao calor atípico para região Curitiba nos meses outonais de 2024 e as mudas estarem condicionadas em ambiente protegido. Incrementos similares de aproximadamente 4 mm foram encontrados para as cultivares Bluegem e Woodard na época da primavera e verão (Souza *et al.*, 2011).

O número de folhas das mudas de mirtileiro aumentou até a concentração máxima estimada $0,28 \text{ mg L}^{-1}$, onde se obteve um valor de 45,01 folhas (Figura 7). As concentrações apresentaram uma relação quadrática, na qual houve aumento de 1,06 folhas até a concentração $0,4 \text{ g L}^{-1}$, mantendo relativamente constante. Com o aumento das concentrações houve um decréscimo no incremento de folhas, da concentração $0,4 \text{ g L}^{-1}$ para $1,6 \text{ g L}^{-1}$ houve a perda de 5,25 folhas. O que indica um possível efeito inibitório associado ao aumento da biomassa.

A característica em questão apresentou média geral de 43,15 folhas, com variações de 39,94 folhas na concentração $1,6 \text{ g L}^{-1}$ a 45,19 folhas na concentração $0,4 \text{ g L}^{-1}$.

FIGURA 7 - INCREMENTO NO NÚMERO DE FOLHAS EM MUDAS DE MIRTILEIRO 'DELITE' EM FUNÇÃO DE CONCENTRAÇÕES DE BIOMASSA DA MICROALGA *Desmodesmus subspicatus*

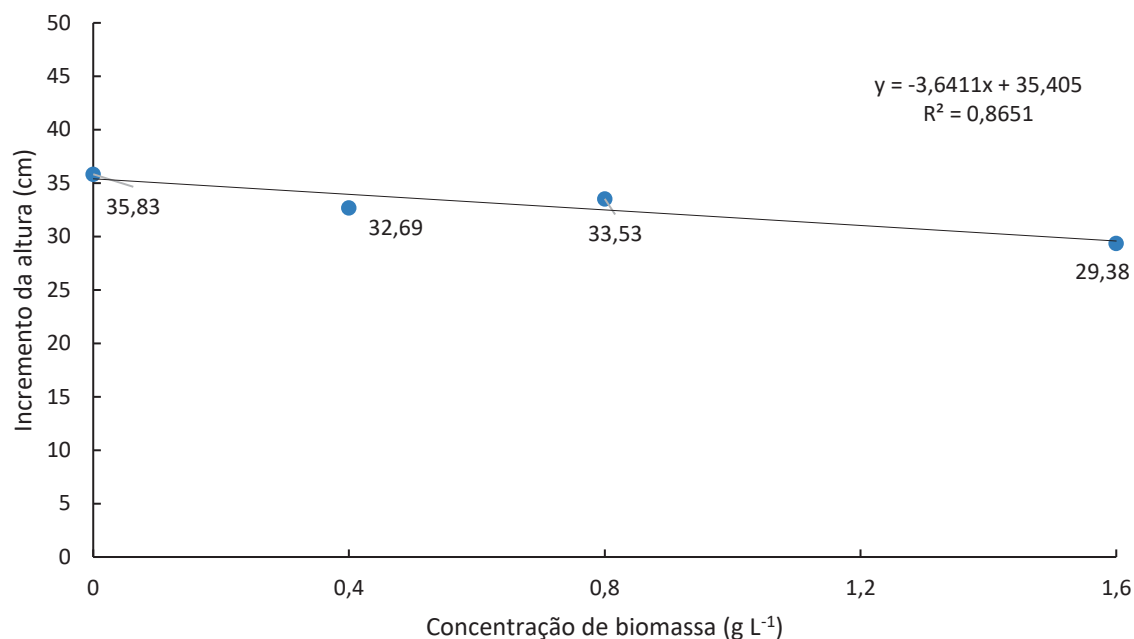


Fonte: O autor (2025).

A utilização de microalgas *Desmodesmus subspicatus*, em amoreira preta 'Xingu' ocasionou efeito similar, sendo que concentrações acima de $0,8 \text{ g L}^{-1}$ promoveram uma redução na produção de folhas (Cosmo, 2024). Tal efeito pode estar relacionado às alterações no metabolismo vegetal provocadas por moléculas bioativas presentes na biomassa de microalgas, que, em altas concentrações, podem interferir em processos fisiológicos cruciais, como o desenvolvimento de gemas foliares (Ronga *et al.*, 2019).

A altura das mudas de mirtileiro apresentou um comportamento linear decrescente em função das concentrações crescentes de biomassa da microalga. Observa-se que, com o aumento da concentração de biomassa, a altura das mudas foi reduzida de forma progressiva, sugerindo que a biomassa, em concentrações mais elevadas, pode causar alterações que inibem o alongamento dos caules. Em baixas concentrações a redução é menos expressiva, enquanto concentrações superiores a $0,8 \text{ g L}^{-1}$ evidenciam um impacto mais acentuado no crescimento em altura, resultando em um incremento de altura de 35,83 cm para o tratamento 0 g L^{-1} e 29,38 cm para o tratamento $1,6 \text{ g L}^{-1}$. Esse comportamento pode estar associado à presença de compostos bioativos presentes na biomassa de algas que interferem no metabolismo das plantas, como hormônios vegetais como a zeatina, sendo uma citocinina que estimula a divisão celular (Figura 8).

FIGURA 8 – INCREMENTO NA ALTURA DAS MUDAS DE MIRTILEIRO ‘DELITE’ EM FUNÇÃO DE CONCENTRAÇÕES DE BIOMASSA DA MICROALGA *Desmodesmus subspicatus*

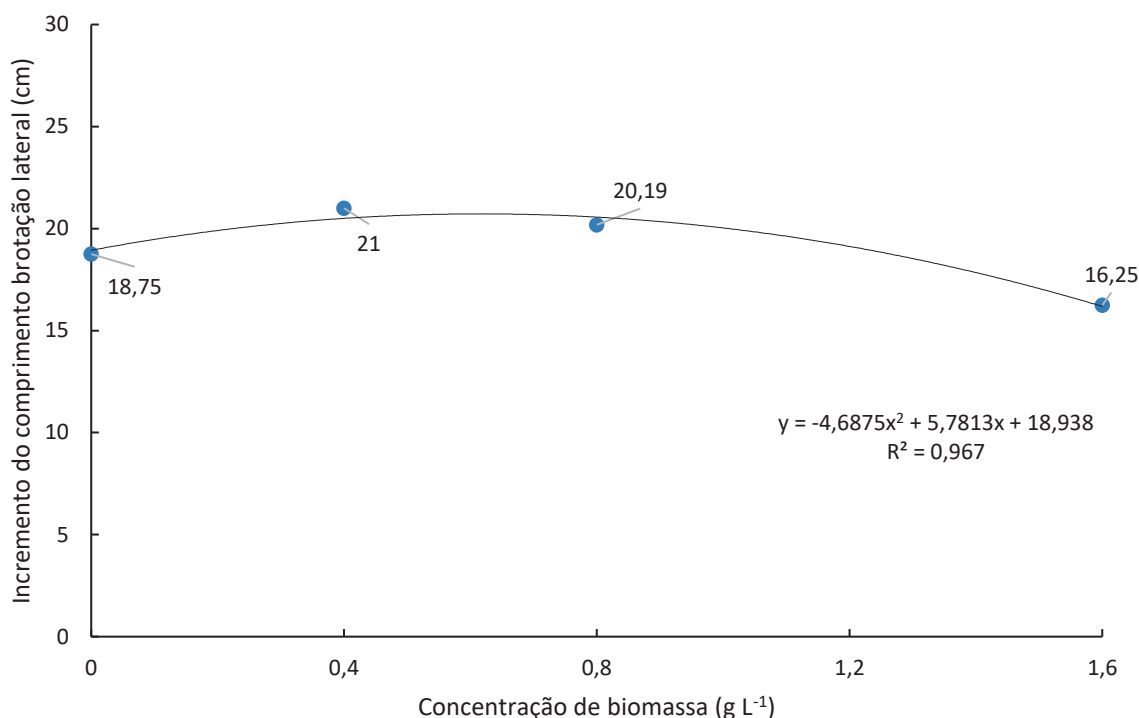


Fonte: O autor (2025)

O efeito inibitório do crescimento vegetal em concentrações mais elevadas de biomassa de microalgas, conforme observado em mirtilheiro, é consistente com estudos realizados nas espécies de amoreira-preta ‘Xingu’, e tomateiro. Esses resultados destacam a sensibilidade das plantas à concentração de compostos bioativos presentes na biomassa, que em níveis altos podem causar efeitos deletérios. No entanto, as melhores respostas de crescimento foram observadas em concentrações mais baixas (0,4 g L⁻¹), sugerindo que doses otimizadas podem promover benefícios ao desenvolvimento. (Mazepa *et al.*, 2021; Cosmo, 2024).

O comprimento da brotação lateral das mudas de mirtilheiro apresentou uma relação quadrática em resposta às diferentes concentrações de biomassa da microalga (Figura 9).

FIGURA 9 – INCREMENTO DO COMPRIMENTO DA BROTAÇÃO LATERAL DE MUDAS DE MIRTILEIRO 'DELITE' EM FUNÇÃO DE CONCENTRAÇÕES DE BIOMASSA DA MICROALGA *Desmodesmus subspicatus*



Fonte: O autor (2025).

Em concentrações mais baixas houve um aumento no comprimento da brotação lateral, sugerindo um efeito positivo inicial da biomassa no desenvolvimento dos brotos das mudas. Entretanto acima do ponto máximo estimado 0,62 mg L⁻¹ sendo 20,72 cm o comprimento máximo estimado, observou-se uma redução no comprimento da brotação, indicando que doses elevadas de biomassa podem exercer efeitos negativos no crescimento. Esses resultados sugerem que a biomassa da microalga, em concentrações moderadas, pode atuar como um bioestimulante, enquanto concentrações excessivas podem causar estresse fisiológico às plantas.

O comprimento das brotações laterais apresentou um comportamento semelhante ao observado no estudo com orquídea, *Cattleya warneri*, onde menores taxas de crescimento foram registradas em concentrações mais elevadas de biomassa de microalgas. Assim como na orquídea, concentrações acima de 0,8 g L⁻¹ resultaram em um retardo significativo no desenvolvimento das brotações (Navarro *et al.*, 2021). Esse efeito pode estar associado à presença de compostos bioativos como o fitormônio zeatina (citocinina), que apresenta, entre alguns de seus efeitos

fisiológicos, a promoção da formação e alongamento de brotos, através da divisão celular, mas em elevadas concentrações pode ocasionar a inibição do efeito no crescimento (Han *et al.*, 2018). Os resultados reforçam a necessidade de se determinar concentrações ideais de biomassa para evitar efeitos inibitórios e promover o crescimento equilibrado das plantas.

4.2 CARACTERÍSTICAS BIOQUÍMICAS

As características bioquímicas teor de clorofila total, a e b, açúcares redutores e aminoácidos não apresentaram diferenças significativas pelo teste F. Para as variáveis de clorofila a a média ficou em $0,79 \mu\text{g g}^{-1}$ variando entre $0,76$ e $0,8 \mu\text{g g}^{-1}$, para clorofila b a média foi de $0,36 \mu\text{g g}^{-1}$ e clorofila total a média foi de $1,15 \mu\text{g g}^{-1}$. A média de açúcares redutores foi de $41,32 \text{ mg g}^{-1}$ variando de $39,89$ a $43,71$. Os aminoácidos apresentaram uma média de $1,89 \text{ mg g}^{-1}$ variando entre $1,8$ e $2,1$ (Tabela 2).

TABELA 2 – TEOR DE CLOROFILA TOTAL, A E B, AÇÚCARES REDUTORES E AMINOÁCIDOS DE MUDAS DE MIRTILEIRO 'DELITE', SUBMETIDAS A DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BIOMASSA DE *Desmodemus subspicatus*

Tratamento (mg L^{-1})	Clorofila ($\mu\text{g g}^{-1}$)			Açúcar redutor (mg g^{-1})	Aminoácidos (mg g^{-1})
	Total	A	B		
0	1,17	0,80	0,37	40,29	1,83
0,4	1,13	0,76	0,36	43,71	1,80
0,8	1,13	0,77	0,35	41,41	2,10
1,6	1,17	0,80	0,37	39,89	1,81
Médias	1,15	0,79	0,36	41,32	1,89
Coefficiente de variação (%)	18,00	16,27	26,20	30,67	21,84

Médias não apresentaram diferença significativa para o teste F a 5% de probabilidade.

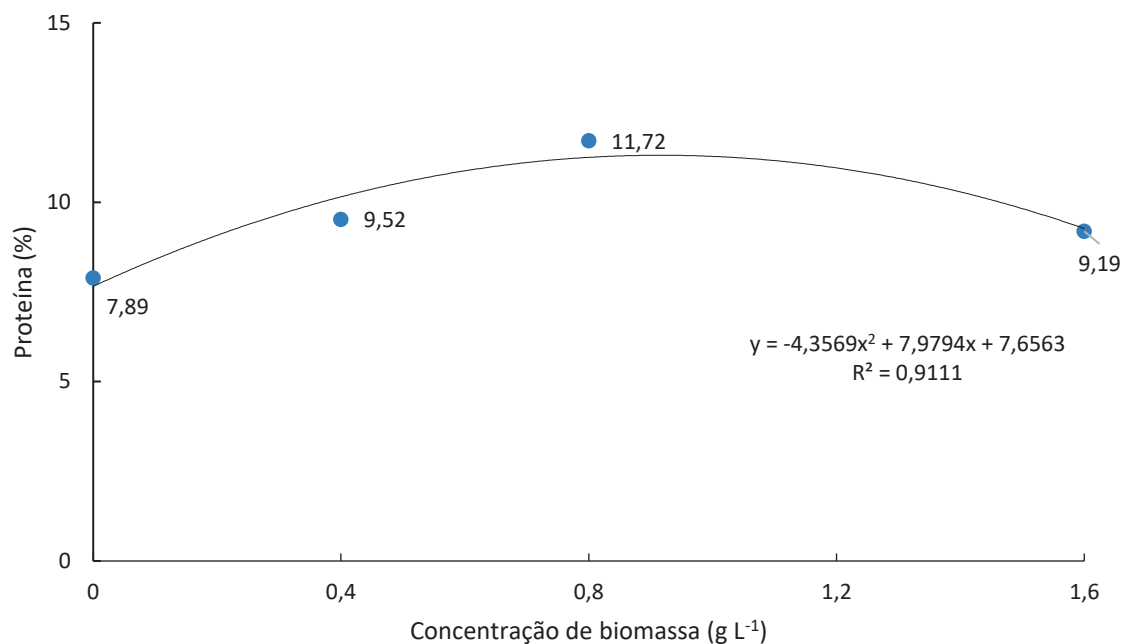
As médias dos tratamentos para as análises de clorofila b e total foram similares aos níveis encontrados para amoreira preta 'Xingu', clorofila b aproximadamente $0,4 \mu\text{g g}^{-1}$ e total aproximadamente $1 \mu\text{g g}^{-1}$ – em tratamento com a ausência da microalga, o que evidencia o pouco efeito da *D. subspicatus* para produção de clorofila no mirtileiro (Cosmo, 2024).

Para produção de aminoácidos foi evidenciado que a quantidade produzida pode variar muito entre as espécies e encontrando valores menores para espécies como amoreira preta 'Xingu' e beterraba – apresentando médias respectivamente de 0,03 mg g⁻¹ e 4,978 µg g⁻¹ (Novaski *et al.*, 2024; Cosmo, 2024). Em mirtilheiro cujas folhas secas são destinadas a fabricação de chás – *green tea*, *oolong tea* e *red tea* – apresentaram uma média 27,61 mg g⁻¹ de aminoácidos (Chai *et al.*, 2020).

A concentração de aminoácidos em uma planta é dependente do metabolismo de nitrogênio, fotossíntese, da ação hormonal e das condições ambientais. Na qual modificações nessas relações podem afetar a resposta na produção dos aminoácidos, como situações de estresse na planta (Zhang *et al.*, 2014).

A relação entre a concentração de biomassa da microalga e a porcentagem de proteína em mudas de mirtilheiro apresentou resposta quadrática. O teor médio de proteína foi de 9,56%, com o valor máximo de 11,72% observado na concentração de 0,8 g L⁻¹. Acima dessa concentração, houve um decréscimo no teor de proteína, evidenciando o efeito de saturação ou possível toxicidade em concentrações mais elevadas. A menor porcentagem de proteína, 7,81%, foi registrada na ausência da biomassa, testemunha. Esses resultados sugerem que a biomassa de *D. subspicatus* pode atuar como um bioestimulante para aumentar o conteúdo proteico de mudas de mirtilheiro até a concentração máxima de 0,92 g L⁻¹ estimada pela equação de regressão (Figura 10).

FIGURA 10 – TEOR DE PROTEÍNA DE MUDAS DE MIRTILEIRO 'DELITE' EM FUNÇÃO DE CONCENTRAÇÕES DE BIOMASSA DA MICROALGA *Desmodesmus subspicatus*



Fonte: O autor (2025).

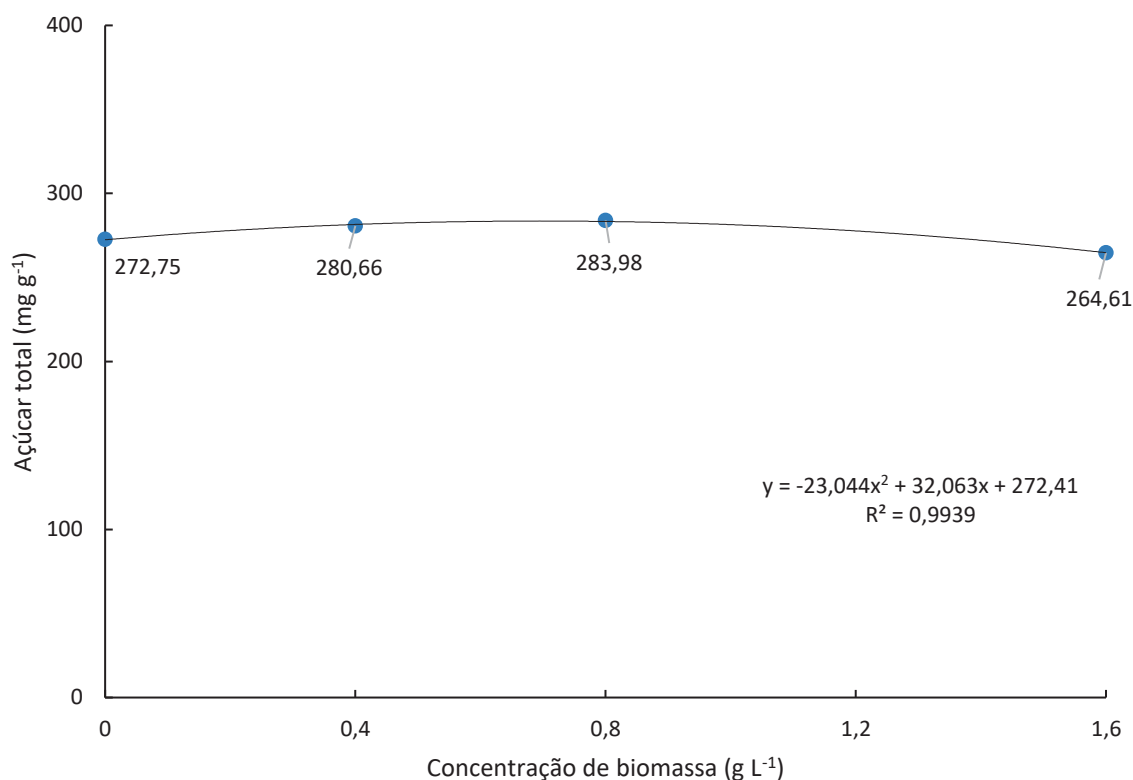
Em amoreia preta 'Xingu' também foi observado o benefício da utilização da microalga *D. subspicatus*, cuja taxa de proteínas aumentou com a utilização da biomassa de microalga, embora a concentração-resposta máxima seja próxima ao dobro do que foi para mirtilheiro (Cosmo, 2024). Conforme Muller (2008) aumento no teor de proteínas pode estar relacionado a alterações metabólicas da planta, que direcionam essas proteínas para diferentes rotas.

A análise do teor de açúcar total nas folhas de mirtilheiro submetidas a diferentes concentrações de biomassa de microalga revelou uma resposta quadrática altamente significativa. O modelo ajustado indica que concentrações crescentes de biomassa inicialmente promovem um aumento no teor de açúcar total até um ponto máximo estimado de 0,70 g L⁻¹, seguido de uma redução em concentrações mais elevadas.

Os resultados demonstraram um aumento inicial no teor de açúcar total com o aumento da concentração de biomassa, alcançando o valor máximo de 283,98 mg g⁻¹ na concentração de 0,8 g L⁻¹. Entretanto, concentrações superiores, como 1,6 g L⁻¹, resultaram em uma redução do teor de açúcar total, que caiu para 264,61 mg g⁻¹. Este comportamento sugere que concentrações elevadas de biomassa podem ter um efeito inibitório sobre o metabolismo vegetal, potencialmente devido ao acúmulo

excessivo de compostos bioativos ou à alteração no balanço osmótico das células foliares (Figura 11).

FIGURA 11 – TEOR DE AÇÚCAR TOTAL DE MUDAS DE MIRTILEIRO 'DELITE' EM FUNÇÃO DE CONCENTRAÇÕES DE BIOMASSA DA MICROALGA *Desmodesmus subspicatus*



Fonte: O autor (2025).

Esses resultados indicam que a aplicação de biomassa em concentrações moderadas pode promover o acúmulo de açúcares totais nas folhas de mirtilheiro. No estudo de Novaski *et al.* (2024) notou-se um aumento de 31% no açúcar presente nas folhas de beterraba, utilizando aplicação da microalga *Asterarcys quadricellulare*. Tal resultado corrobora que utilização de microalgas tem efeitos bioativos nas plantas.

Os teores de açúcar total para cultivar Delite foram dez vezes maiores aos vistos no estudo de Akšić *et al.* (2019), para as cultivares Bluecrop, Duke e Nui, pertencentes a espécie *Vaccinium corymbosum*. Essa diferença pode estar ligada a diferenças fisiológicas das espécies, às condições edafoclimáticas e ao estágio fenológico em que as plantas se encontram.

4.3 CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS

As análises das características fisiológicas indicaram que os tratamentos não apresentaram diferenças significativas no teste F, para as características concentração interna de carbono, condutância estomática e fotossíntese. A taxa fotossintética média foi de $5,82 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, com variações de 5,28 a $6,22 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. A concentração interna de carbono apresentou média de $270,68 \mu\text{mol mol}^{-1}$, variando entre 266,73 e $276,59 \mu\text{mol mol}^{-1}$. A condutância estomática registrou uma média de $78,88 \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, com valores oscilando entre 73,69 e $86,84 \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Tabela 3). A eficiência no uso da água teve média de $3,49 \mu\text{mol CO}_2 \text{mol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$, variando de 3,27 a $3,73 \mu\text{mol CO}_2 \text{mol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$, enquanto a eficiência intrínseca foi de 0,0753, com amplitude de 0,0695 a 0,0795. Já a taxa de carboxilação da rubisco apresentou média de $0,0223 \mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$, variando de 0,0200 a $0,0238 \mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Tabela 4).

TABELA 3 – CONCENTRAÇÃO INTERNA DE CARBONO, CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA E FOTOSSÍNTESE EM MUDAS DE MIRTILEIRO 'DELITE', SUBMETIDAS A DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BIOMASSA DE *Desmodemus subspicatus*

Tratamento (mg L ⁻¹)	Carbono Interno ($\mu\text{mol mol}^{-1}$)	Condutância estomática ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Fotossíntese ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
0	266,73	75,41	5,77
0,4	267,68	86,84	6,22
0,8	276,59	79,59	5,28
1,6	271,72	73,69	6,03
Médias	270,68	78,88	5,82
Coefficiente de variação (%)	11,59	35,44	5,82

Médias não apresentaram diferença significativas para o teste F a 5% de probabilidade.

TABELA 4 – EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA, EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA INTRÍNSECA E TAXA DE CARBOXILAÇÃO DA RUBISCO EM MUDAS DE MIRTILEIRO 'DELITE', SUBMETIDAS A DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE BIOMASSA DE *Desmodemus subspicatus*

Tratamento (mg L ⁻¹)	Eficiência do Uso da Água ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$)	Eficiência do Uso da Água Intrínseca ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$)	Taxa Carboxilação da Rubisco ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
0	3,45	0,075521	0,022462
0,4	3,73	0,079516	0,023842
0,8	3,27	0,069519	0,020009
1,6	3,50	0,076702	0,022941
Médias	3,49	0,075315	0,022314
Coefficiente de variação (%)	27,87	31,63	37,78

Médias não apresentaram diferença significativas para o teste F a 5% de probabilidade.

O valor médio de fotossíntese é similar aos encontrados para cultivar Jewel – $6,40 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ – nas horas de menor incidência solar, 6h00 da manhã, em Alabama, EUA, e similar comparado as cultivares Liberty e Duke apresentando taxa fotossintética de aproximadamente $5 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Petridis *et al.*, 2018; Salazar-Gutiérrez *et al.*, 2023). O resultado pode ser pouco afetado por uma menor intensidade no uso de fótons nas análises. Conforme Petridis *et al.* (2018) há variações nas respostas entre 500 e 2000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ fótons.

A cultivar Delite apresentou concentrações de carbono interno inferiores a cultivar Meadowlark, e resultados similares as cultivares Liberty e Duke, na faixa entre 200 e 300 $\mu\text{mol mol}^{-1}$, isso deve-se a alta instabilidade de produtividade do mirtileiro associar CO_2 , que também pode ser correlacionada variações ambientais (Petridis, *et al.*, 2018; Salazar-Gutiérrez *et al.*, 2023).

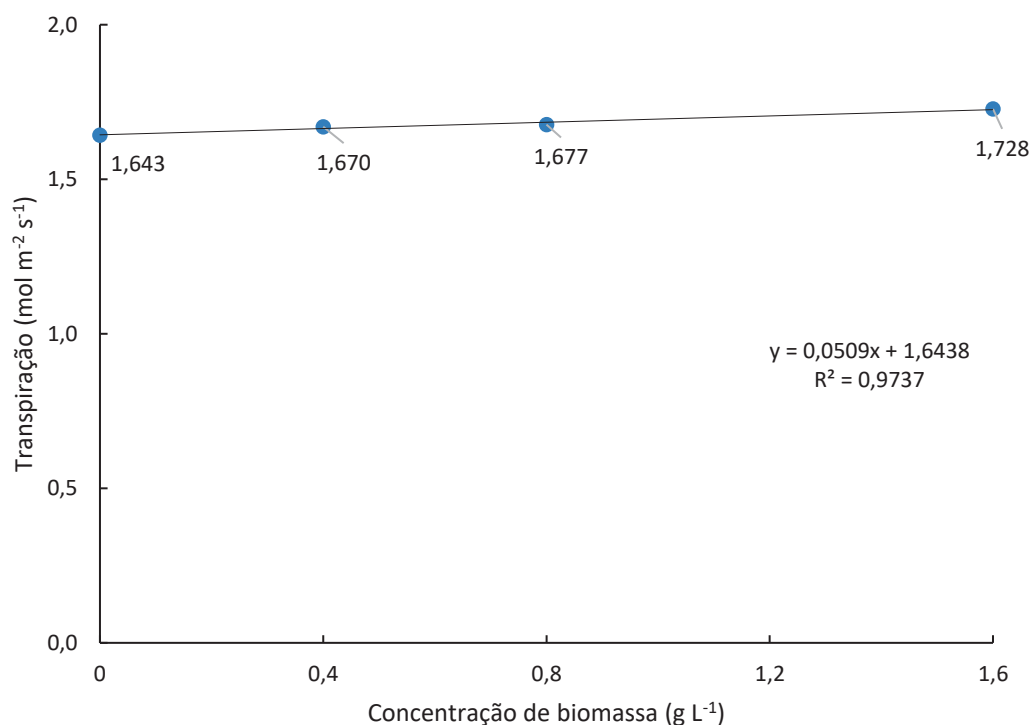
Valores de condutância estomática variam de acordo com a temperatura do dia e situações de estresse para reduzir a perda d'água. Valores de eficiência do uso da água e água intrínseca mais altos estão correlacionados a menor eficiência do uso da água, devido ao tecido de mudas serem juvenis apresentarem menor controle estomático quando comparado a tecidos mais rustificados (Mazzei *et al.*, 2014; Salazar-Gutiérrez *et al.*, 2023).

A análise das trocas gasosas revelou uma relação linear positiva para a característica transpiração. Os resultados indicaram que a transpiração apresentou um aumento com a elevação das concentrações de biomassa, variando de 1,64 mol

$\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ na testemunha para aproximadamente $1,73 \text{ mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ na concentração de $1,6 \text{ g L}^{-1}$.

O modelo linear sugere que a pequena variação na transpiração está pouco atrelada a biomassa da *D. subspicatus* (Figura 12). Conforme Salazar-Gutiérrez *et al.* (2023) o aumento na transpiração está fortemente ligado a irradiância, em que maiores taxa de transpiração estão ligadas aos horários de maior incidência solar. Foram encontradas taxas inferiores ($2,5 \text{ mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) para as cultivares Baldwin, Meadowlark e Jewel, nas horas de menor incidência solar (Salazar-Gutiérrez *et al.*, 2023).

FIGURA 12 – TRANSPIRAÇÃO EM MUDAS DE MIRTILEIRO 'DELITE' EM FUNÇÃO DE CONCENTRAÇÕES DE BIOMASSA DA MICROALGA *Desmodesmus subspicatus*



Fonte: O autor (2025).

CONCLUSÃO

A aplicação foliar da biomassa da microalga *Desmodesmus subspicatus* por 10 semanas durante o período de março a junho em ambiente protegido, não promove o crescimento de mudas de mirtileiro 'Delite'. Contudo a aplicação da biomassa promoveu aumento do teor de proteínas ($0,9 \text{ g L}^{-1}$) e de açúcar total ($0,6 \text{ g L}^{-1}$).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para estudos futuros a utilização de outras espécies de microalgas, como *Asterarcys quadricellulare* e *Ascophyllum nodosum*, outras faixas de concentrações, e/ou maior período de aplicações poderão afetar positivamente o desenvolvimento do mirtilheiro. Assim como estas espécies de microalgas auxiliam no desenvolvimento de beterraba, amoreira-preta 'Xingu' e orquídea.

Estudos utilizando outras cultivares de mirtilheiro com baixa exigência em horas de frio hiberna (abaixo de 7,2°C) e adaptadas a climas mais quentes, como as cultivares Biloxi, Primadonna e Snowchaser (menos de 200 horas), Emerald e Jewel (200 a 300 horas) ou Misty (apenas 150 horas). Essas cultivares são promissoras para condições edafoclimáticas similares às do Brasil, podendo oferecer melhor adaptação e produtividade no país.

Estudos poderiam avaliar sistematicamente o aumento progressivo do volume de calda de aplicação, testando diferentes taxas de cobertura foliar (25%, 50%, 75% e 100%) para determinar a relação ideal entre área foliar tratada e eficiência de absorção dos compostos bioativos das microalgas.

Avaliar o efeito da biomassa sobre a rebrota pós-poda drástica, verificando o tempo até a emissão de novas brotações, diâmetro e comprimento dos brotos novos e as características fisiológicas das folhas.

Seria relevante testar o desempenho fisiológico das plantas em diferentes épocas do ano, ambientes, em recipientes de maior volume, situações de estresse e o efeito da frequência de aplicações.

REFERÊNCIAS

- ABRAFRUTAS. **Quais são as frutas mais produzidas no Brasil?** Brasília, DF: ABRAFRUTAS, 14 abr. 2023. Disponível em: <https://abrafrutas.org/2023/04/quais-sao-as-frutas-mais-produzidas-no-brasil/>. Acesso em: 20 jan. 2025.
- AKŠIĆ, M. F.; TOSTI, T.; SREDOJEVIĆ, M.; MELAND, M.; NATIĆ, M. Comparison of sugar profile between leaves and fruits of blueberry and strawberry cultivars grown in organic and integrated production system. **Plants**, Basel, v. 8, n. 7, 2019. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6680659/>. Acesso em: 13 jan. 2025.
- ALGAEBASE. **Desmodesmus subspicatus** (Chodat) E.Hegewald & A.W.F.Schmidt 2015. Disponível em: https://www.algaebase.org/search/species/detail/?species_id=42443. Acesso em: 13 jan. 2025.
- ALAM, M. A.; XU, J.-L.; WANG, Z. **Microalgae biotechnology for food, health and high value products**. Singapore: Springer, 2020.
- APARECIDO, L. E. O.; ROLIM, G. S.; RICHETTI, J.; SOUZA, P. S.; JOHANN, J. A. Köppen, Thornthwaite and Camargo climate classifications for climatic zoning in the State of Paraná, Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 40, n. 4, p. 405-417, 2016.
- ARNON, D.I. Copper Enzymes in Isolated Chloroplasts. Polyphenoloxidase in Beta Vulgaris. **Plant Physiology**, 24, 1-15, 1949.
- BATES, L. S., WALDREN, R. P. E TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Short communication. **Plant and Soil**. V. 39: 205-207. 1973.
- BEGUM, H.; YUSOFF, F. M. D.; BANERJEE, S.; KHATOON, H.; SHARIFF, M. Availability and utilization of pigments from microalgae. **Critical Reviews in Food Science & Nutrition**, v. 56, n. 13, p. 2209-2223, 2016.

BICUDO, C. S. D. M.; MENEZES, M. **Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições**. 2. ed. São Carlos: RiMa, 2006.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v.72, p.248-254, 1976.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução normativa Nº 61, de 08 de julho de 2020**. Brasília, DF: MAPA, 2020.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Secretaria Especial para Assuntos Jurídicos. **Lei nº 15.070, de 23 de dezembro de 2024**. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2024.

BROOKS, R. M.; OLMO, H. P. **Register of fruit and nut varieties**. 3. ed. Alexandria: ASHS, 1997. 180 p.

CALVO, P.; NELSON, L.; KLOEPPER, J. W. Agricultural uses of plant biostimulants. **Plant and Soil**, v. 383, n. 1–2, p. 3–41, 2014.

CARVALHO, M. E. A.; CASTRO, P. R. C.; GALLO, L. A.; FERRAZ JUNIOR, M. V. C. Seaweed extract provides development and production of wheat. **Agrarian**, Dourados, v. 7, p. 166-170, 2014.

CAZZANIGA, S. et al. Domestication of the green alga *Chlorella sorokiniana*: reduction of antenna size improves light-use efficiency in a photobioreactor. **Biotechnology for Biofuels**, v. 7, p. 1-13, 2014. <https://doi.org/10.1186/s13068-014-0157-z>.

CHOO, M. Y.; OI, L. E.; SHOW, P. L.; CHANG, J. S.; LING, T. C.; NG, E. P.; PHANG, S. M.; JUAN, J. C. Recent progress in catalytic conversion of microalgae oil to green hydrocarbon: A review. **Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers**, v. 79, p. 116–124, 2017.

COSMO, A. C. **Micropropagação de amoreira-preta Xingu (*Rubus* spp.) utilizando biomassa e extrato de microalga *Desmodesmus subspicatus* e diodos emissores de luz**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2024.

CORRÊA, D. O.; DUARTE, M. E. R.; NOSEDA, M. D. Biomass production and harvesting of *Desmodesmus subspicatus* cultivated in flat plate photobioreactor using chitosan as flocculant agent. **Journal of Applied Phycology**, 2018.

CORRÊA, D. O.; SANTOS, B.; RIBAS, L. L. F.; AMANO, É.; SUZUKI, R. M.; NOSEDA, M. D. Microalgas na agricultura moderna: Utilização do extrato de *Desmodesmus subspicatus* na propagação in vitro da orquídea *Cattleya warneri*. **Mérida Publishers CC-BY 4.0**. 2021

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method from determination of sugars and related substances. **Nature**, v.28, n.3, p.350-356, 1956.

ECK, P. **Blueberry science**. New Brunswick: Rutgers University Press, 1989.

FERREIRA, P. V. **Estatística aplicada a agronomia**. 2. ed. Maceió: [s.n.], p. 604, 1996.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema de produção do mirtilo. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007.

FERREIRA, P.V. Estatística aplicada a agronomia. 2. ed. Maceió-AL: [snt], 1996. 604p.

FRANCESCHINI, I. M.; BURLIGA, A. L.; REVIERS, B. DE; PRADO, J. F.; REZIG, S. H. **Algas, uma abordagem filogenética, taxonômica e ecológica**. Porto Alegre: Artmed, 2010. 332 p.

GRESSLER. P. D, **AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE *Desmodesmus subspicatus* (R.Chodat) E.Hegewald & A.Schmidt (CHLOROPHYCEAE) CULTIVADA EM FOTOBIOREATOR TUBULAR COM EFLUENTE DA ETE-UNISC, VISANDO BIORREMEDIAÇÃO E OBTENÇÃO DE ENERGIA** Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) Universidade de Santa Cruz do Sul. 2011

HAN, X.; ZENG, H.; BARTOCCI, P.; FANTOZZI, F.; YAN, Y. Phytohormones and effects on growth and metabolites of microalgae: a review. **Fermentation**, v. 4, p. 1-15, 2018.

HENTSCHKE, G. S.; TORGAN, L. C. *Desmodesmus* e *Scenedesmus* (Scenedesmaceae, Sphaeropleales, Chlorophyceae) em ambientes aquáticos na Planície Costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. **Rodriguésia**, v. 61, n. 4, p. 585–601, 2010.

HORTIFRUTI BRASIL. **Mirtilo brasileiro**. ESALQ/USP, 2024. Disponível em: <https://www.hortifruti.com.br>. Acesso em: 16 jan. 2025.

LEMONS, J. J. S. Níveis de degradação no Nordeste Brasileiro. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 32, n. 3, p. 406-429, 2001.

LIMA, C. C. **PROPAGAÇÃO VEGETATIVA POR ESTAQUIA PROVENIENTE DE MUDAS DE *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby: REGULADORES DE CRESCIMENTO, PROCEDÊNCIAS E SUBSTRATOS** Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2011.

LITWINCZUK, W.; SZCZERBA, G.; WRONA, D. Field performance of highbush blueberries (*Vaccinium x corymbosum* L.) cv. Herbert propagated by cuttings and tissue culture. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 106, n. 2, p. 162-169, 2005.

LOBOS, W. **Seminário: El cultivo del arándano**. Temuco: INIA – Estación Experimental Carillanca, 1988.

MARANGON, M., A. **Ácido indolbutírico, época de coleta e quecimento do substrato no enraizamento de estacas de mirtilheiro (*Vaccinium ashei* Read.)**. Dissertação. (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

MAZEPA, E.; MALBURG, B. V.; MÓRGOR, G.; OLIVEIRA, A. C.; AMATUSSI, J. O.; CORRÊA, D. O.; LEMOS, J. S.; DUCATTI, D. R. B.; DUARTE, M. E. R.; MÓGOR, Á. F.; NOSEDA, M. D. Plant growth biostimulant activity of the green microalga *Desmodesmus subspicatus*. **Algal Research**, v. 59, 2021.

MEDEIROS, S. G. J.; BIASI, L. A.; BONA, C. M.; CUQUEL, F. L. Phenology, production and quality of blueberry produced in humid subtropical climate. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 3, 2018. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-29452018000300703&script=sci_arttext. Acesso em: 16 jan. 2025.

MILLER G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, p. 426, 1959.

MONTICELLO SHOP. **Bare root rabbiteye blueberry plant collection (*Vaccinium virgatum* cv)**. 2025. Disponível em: <https://monticelloshop.org/products/bare-root-rabbiteye-blueberry-plant-collection-vaccinium-virgatum-cv>. Acesso em: 16 jan. 2025.

MULLER, T. S. **Fisiologia e metabolismo da embriogênese somática e zigótica de *Acca sellowiana* (Berg) Burret**. 2008. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

MUÑOZ, C. Arándano: Antecedentes generales. **Revista Frutícola**, v. 10, p. 2-11, 1988.

NAVARRO, Q. R.; CORRÊA, D. O.; BEHLING, A.; NOSEDA, M. D.; AMANO, É.; SUZUKI, R. M.; RIBAS, L. L. F. Efficient use of biomass and extract of the microalga *Desmodesmus subspicatus* (Scenedesmaceae) in asymbiotic seed

germination and seedling development of the orchid *Cattleya warneri*. **Journal of Applied Phycology**, v. 33, p. 2189-2207, 2021.

NICHOLS, H. W.; BOLD, H. C. *Trichosarcina polymorpha* gen. sp. nov. *Journal of Phycology*, v. 1, n. 1, p. 34-38, 1965.

NOVASKI, A.; MÓGOR, Á. F.; AMATUSSI, J. O.; MÓGOR, G. Microalga as biofertilizer improves yield, sugars and amino acids content in red beets. **Comunicata Scientiae**, v. 15, p. e4065, 2024.

OLIVEIRA, J. R.; SILVA, J. V. G.; AMOURIM, M. A. A.; SANTOS, M. N.; BATISTA, A. G. Produção de pequenas frutas no Brasil: um mercado em potencial. **Enciclopédia Biosfera**, v. 17, n. 33, p. 363, 2020.

ONO, E.; CUELLO, J. L. Carbon dioxide mitigation using thermophilic cyanobacteria. **Biosystems Engineering**, v. 96, p. 129-134, 2007.

PETRIDIS, A.; KAAY, J. V. D.; CHRYSANTHOU, E.; MACCALLUM, S.; GRAHAM, J.; HANCOCK, R. D. Photosynthetic limitation as a factor influencing yield in highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum*) grown in a northern European environment. **Journal of Experimental Botany**, Vol. 69, No. 12 pp. 3069–3080, 2018.

PÖJO, V. I. N. C. **Seleção de microalgas com potencial de produção de biocombustíveis**. 2016. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

RAMOS, G. J. P.; BICUDO, C. E. D. M.; MOURA, C. W. D. N. Scenedesmaceae (Chlorophyta, Chlorophyceae) de duas áreas do Pantanal dos Marimbus (Baiano e Remanso), Chapada Diamantina, Estado da Bahia, Brasil. **Hoehnea**, v. 42, n. 3, p. 549–566, 2015.

RASEIRA, M. do C. B. Descrição da planta, melhoramento genético e cultivares. In: RASEIRA, M. do C. B.; ANTUNES, L. E. C. (Ed.). **Cultivo do mirtilo (*Vaccinium***

spp). Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. p. 21-43. (Sistemas de produção, 8).

RETAMALES, J. B.; HANCOCK, J. F. **Blueberries**. 2. ed. Boston: CABI, 2018. 411 p.

RONGA, D.; BIAZZI, E.; PARATI, K.; CARMINATI, D.; CARMINATI, E.; TAVA, A. Microalgal biostimulants and biofertilisers in crop productions. **Agronomy**, v. 9, p. 6-22, 2019.

SALAZAR-GUTIÉRREZ, M. R.; LAWRENCE, K.; CONEVA, E. D.; CHAVES-CORDOBA, B. Photosynthetic response of blueberries grown in containers. **Plants**, v. 12, n. 18, 2023.

SHUBERT, E.; WOZNIAK, E. W.; LIGEZA, S. An autecological investigation of *Desmodium*: implications for ecology and taxonomy. **Plant Ecology and Evolution**, v. 147, n. 2, p. 202–212, 2014.

SOUZA, A. L. K.; SCHUCH, M. W.; ANTUNES, L. E. C.; SCHMITZ, J. D.; PASA, M. S.; CAMARGO, S. S.; CARRA, B. Desempenho de mudas de mirtilo obtidas por micropropagação ou estaquia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v. 46, n. 8, p. 868-874. 2011.

UGARTE, R. A.; SHARP, G.; MOORE, B. Changes in the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. Plant morphology and biomass produced by cutter rake harvests in southern New Brunswick, Canada. **Journal of Applied Phycology**, v. 18, p. 351-359, 2006.

ZEPKA, L. Q.; JACOB-LOPES, E.; GOLDBECK, R.; QUEIROZ, M. I. Production and biochemical profile of the microalgae *Aphanotece microscópica* Nägelli submitted to different drying conditions. **Chemical Engineering and Processing**, 2007.

ZHAN, J.; RONG, J.; WANG, Q. Mixotrophic cultivation, a preferable microalgae cultivation mode for biomass/bioenergy production, and bioremediation, advances

and prospect. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 42, p. 8505-8517, 2017.

ZHANG, L.; GARNEAU, M. G.; MAJUMDAR, R.; GRANT, J.; TEGEDER, M. Improvement of pea biomass and seed productivity by simultaneous increase of phloem and embryo loading with amino acids. **The Plant Journal**, v. 81, n. 1, p. 134–146, 2014