



**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
INSTITUTO DE ENGENHARIAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
MESTRADO ACADÊMICO EM SOCIOBIODIVERSIDADE E TECNOLOGIAS**

ERASTO GONÇALVES DE OLIVEIRA

**USO DE MACRÓFITAS COMO ALTERNATIVA DE ADUBAÇÃO ORGÂNICA NA
CULTURA DA ALFACE**

REDENÇÃO – CEARÁ - BRASIL

2023

Erasto Gonçalves de Oliveira

**USO DE MACRÓFITA COMO ALTERNATIVA DE ADUBAÇÃO ORGÂNICA NA
CULTURA DA ALFACE**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Acadêmico em Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis (Masts) da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-brasileira (Unilab) como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis.

Linha de pesquisa: Tecnologia e Desenvolvimento Sustentável

Orientadora: Profa. Dra. Aiala Vieira Amorim

Coorientador: Prof. Dr. Fred Denilson Barbosa da Silva

Redenção – CE – Brasil

2023

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Sistema de Bibliotecas da UNILAB
Catalogação de Publicação na Fonte.

Oliveira, Erasto Gonçalves de.

O48u

Uso de Macrófita como alternativa de adubação orgânica na cultura da alface / Erasto Gonçalves de Oliveira. - Redenção, 2023. 67fl: il.

Dissertação - Curso de , Mestrado Acadêmico em Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2023.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Aiala Vieira Amorim.

1. Alface. 2. Plantas Aquáticas. 3. Produção Orgânica. 4. Sustentabilidade. I. Título

CE/UF/BSCA

CDD 641

Erasto Gonçalves de Oliveira

**USO DE MACRÓFITAS COMO ALTERNATIVA DE ADUBAÇÃO ORGÂNICA NA
CULTURA DA ALFACE**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Acadêmico em Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis (Masts), da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-brasileira (Unilab), como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis.

Aprovado em: 09/10/2023

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **AIALA VIEIRA AMORIM**
Data: 25/10/2023 11:18:08-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Professora Dra. Aiala Vieira Amorim (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Documento assinado digitalmente
 **FRED DENILSON BARBOSA DA SILVA**
Data: 24/10/2023 16:27:17-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Professor Dr. Fred Denilson Barbosa da Silva (Coorientador)
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-brasileira – (UNILAB)

Documento assinado digitalmente
 **MARIA IVANILDA DE AGUIAR**
Data: 25/10/2023 08:55:22-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Professora Dra. Maria Ivanilda de Aguiar
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-brasileira (UNILAB)

Documento assinado digitalmente
 **JUAN CARLOS ALVAREZ PIZARRO**
Data: 24/10/2023 16:38:43-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Professor Dr. Juan Carlos Alvarez-Pizarro
Universidade Federal do Cariri (UFCA)

Aos meus pais, Antônio Rozeno (*In memoriam*) e Elismar. A Deus.

AGRADECIMENTOS

A Deus em primeiro lugar, pois é na fé que buscamos o apoio espiritual para enfrentar os desafios da vida física.

Aos meus pais, Antônio Rozeno (In Memoriam) e Elismar, pelos ensinamentos e conselhos dados ao longo da construção da minha vida social.

A minha esposa Patrícia Souza, por estar sempre ao meu lado compartilhando os momentos bons e ruins, pelos quais passamos.

À minha orientadora Professora Dra. Aiala Vieira Amorim, e meu Coorientador Professor Dr. Fred Denilson Barbosa da Silva, por aceitarem o desafio, e estarem sempre prontos para ajudar nas adversidades encontradas ao longo da construção deste trabalho.

Aos professores membros da banca de qualificação e de defesa Professora Dra. Maria Ivanilda de Aguiar e Professor Dr. Juan Carlos Alvarez-Pizarro, que deram excelentes contribuições e ensinamentos para o enriquecimento deste trabalho.

Por fim, a todos os meus colegas de mestrado e à Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-brasileira (UNILAB), em especial a equipe que trabalha na Fazenda Experimental Piroás, pela ajuda e atenção durante a realização desta pesquisa.

RESUMO

O uso de resíduos de macrófitas de forma sustentável na adubação dos cultivos agrícolas pode ser uma opção viável na substituição parcial ou total de adubos orgânicos com efeitos reconhecidos na produção. Nessa perspectiva, buscou-se com o presente trabalho, verificar o uso desta macrófita (*Salvinia sp*) como adubo orgânico e sua influência nos aspectos biométricos e fisiológicos de plantas de alface, bem como seus efeitos nos índices de produtividade semelhantes aos alcançados pelo tradicional esterco bovino. Para isto, foi realizado um experimento na Fazenda Experimental Piroás, pertencente à Universidade da Integração Interacional da Lusofonia Afro-Brasileira, localizada em Redenção, Ceará. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, em uma área medindo 10,0 m x 22,0 m, com 4 blocos, cada bloco subdividido em 6 canteiros independentes contendo as doses do adubo (D0: 0; D1: 4 kg m⁻² de macrófita, D2: 8 kg m⁻² de macrófita; D3: 12 kg m⁻² de macrófita; D4: 16 kg m⁻² de macrófita) + testemunha adicional (14 kg m⁻² de esterco bovino), totalizando 24 subáreas experimentais. As variáveis biométricas avaliadas foram: número de folhas (NF), altura (A), diâmetro do caule (DC), diâmetro da planta (DP), massa fresca (MF) e massa seca (MS). As variáveis fisiológicas foram: condutância estomática (gs), taxa de transpiração (E), fotossíntese (A) e índice relativo de clorofila (IRC). Os resultados demonstraram que as doses de macrófita D2 (8 kg m⁻²) e D4 (16 kg m⁻²) produziram os mesmos efeitos alcançados pela testemunha adicional (Esterco bovino). Diante do exposto, conclui-se que a macrófita aquática *Salvinia sp*, se mostrou bastante promissora para ser utilizada como alternativa de adubação orgânica na cultura da alface, em comparação ao esterco bovino.

Palavras-Chave: Alface, Plantas Aquáticas, Produção Orgânica, Sustentabilidade.

ABSTRACT

The sustainable use of macrophyte residues to fertilize agricultural crops can be a viable option to partially or totally replace organic fertilizers with recognized effects on production. With this in mind, the aim of this study was to verify the use of this macrophyte (*Salvinia* sp) as an organic fertilizer and its influence on the biometric and physiological aspects of lettuce plants, as well as its effects on productivity rates similar to those achieved by traditional cattle manure. To this end, an experiment was carried out at the Piroás Experimental Farm, belonging to the University of the Interational Integration of Afro-Brazilian Lusophony, located in Redenção, Ceará. The design used was randomized blocks, in an area measuring 10.0 m x 22.0 m, with 4 blocks, each block subdivided into 6 independent beds containing the doses of fertilizer (D0: 0; D1: 4 kg m⁻² of macrophyte, D2: 8 kg m⁻² of macrophyte; D3: 12 kg m⁻² of macrophyte; D4: 16 kg m⁻² of macrophyte) + additional control (14 kg m⁻² of cattle manure), totaling 24 experimental sub-areas. The biometric variables assessed were: number of leaves (NF), height (A), stem diameter (DC), crown diameter (DP), fresh mass (MF) and dry mass (MS). The physiological variables were: stomata conductance (gs), transpiration rate (E), photosynthesis (A) and relative chlorophyll index (CRI). The results showed that the macrophyte doses D2 (8 kg m⁻²) and D4 (16 kg m⁻²) produced the same effects as the additional control (cattle manure). In view of the above, it can be concluded that the aquatic macrophyte *Salvinia* sp. is very promising for use as an alternative organic fertilizer for lettuce crops, compared to cattle manure.

Keywords: Lettuce, Aquatic plants, Organic production, Sustainability.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FEP- Fazenda Experimental Piroás

UNILAB- Universidade da Integração Interacional da Lusofonia afro Brasileira

SiBBr - Sistema de Informações Sobre a Biodiversidade Brasileira

CTC - Capacidade de Troca de Cátions

CUC - Coeficiente de Uniformidade de Christiansen

CUD - Coeficiente de Uniformidade de Descarga ou Distribuição

IRGA - *Infrared Gas Analyzer*

SPAD - *Soil Plant Assay Development*

DBC - Delineamento em blocos casualizados

UFC - Universidade Federal do Ceará

DAT - Dias após transplântio

UE - Unidade experimental/parcela

NF - Número de folhas

A - Altura da planta

DC - Diâmetro do caule

DP - Diâmetro da planta

MF - Massa fresca

MS - Massa seca

ANOVA - Análise de variância

IRC – Índice relativo de clorofila

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Grupo ecológico das macrófitas aquáticas.....	16
Figura 2.	Distribuição das espécies da família Salviniaceae no Brasil.....	20
Figura 3.	Classificação Taxonômica dos dois gêneros da família Salviniaceae, que ocorrem no Brasil.....	21
Figura 4.	Açude da Fazenda Experimental Piroás (Unilab) infestado com <i>Salvinia</i> , Redenção –CE, 2022.....	22
Figura 5.	Mapa indicativo do período de plantio da variedade de alface Veneranda, conforme os meses do ano e as regiões.....	26
Figura 6.	Localização da Fazenda Experimental Piroás, Redenção-CE.....	34
Figura 7.	Trituração da macrófita da macrófita na fazenda experimental Piroás, Redenção-CE, 2022	35
Figura 8.	Detalhes da macrófita aquática na FEP, Redenção-CE, 2022.....	35
Figura 9.	Detalhe da identificação da macrófita feita por PRADO (2006).....	35
Figura 10.	Distribuição e incorporação da adubação a base de macrófita e esterco bovino, nos canteiros, Redenção-CE, 2022.....	37
Figura 11.	Detalhe construção dos canteiros/parcelas Redenção-CE, 2022.....	38
Figura 12.	Croqui da área de implantação do experimento.....	38
Figura 13.	Detalhe do sistema de irrigação por microaspersão após instalado Redenção-CE, 2022.....	39
Figura 14.	Fórmula para calcular a uniformidade do sistema de irrigação (%)....	39
Figura 15.	Coleta da vazão do sistema de irrigação Redenção-CE, 2022.....	40
Figura 16.	Fórmula do coeficiente de uniformidade de distribuição.....	41
Figura 17.	Produção das mudas de alface na FEP, Redenção-CE, 2022.....	42
Figura 18.	Detalhe transplantio das mudas nas parcelas Redenção-CE, 2022.....	43
Figura 19.	Coleta de dados das variáveis diâmetro do caule (A), altura (B), diâmetro da planta (C) e Massa fresca (D), Redenção-CE, 2022.....	44
Figura 20.	Estufa de secagem e balança de precisão Redenção-CE, 2022.....	44
Figura 21.	Determinação de trocas gasosas com IRGA, em folhas de alface aos 44 dias, Redenção-CE, 2022.....	45
Figura 22.	Determinação do índice relativo de clorofila em plantas de alface Redenção-CE, 2022.....	45

Figura 23.	Fórmula da variância amostral (Quadrado Médio).....	46
Figura 24.	Fórmula da diferença mínima significativa (Teste de Dunnett).....	47

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1.	Massa fresca de plantas de alface submetidas a diferentes condições de adubação. Redenção-CE.....	50
Gráfico 2.	Massa seca de plantas de alface submetidas a diferentes condições de adubação. Redenção-CE, 2022.....	51
Gráfico 3.	Número de folhas de plantas de alface submetidas a diferentes condições de adubação. Redenção-CE, 2022.....	52
Gráfico 4.	Altura de plantas de alface submetidas a diferentes condições de adubação. Redenção-CE, 2022.....	53
Gráfico 5.	Diâmetro do caule de plantas de alface submetidas a diferentes condições de adubação. Redenção-CE, 2022.....	53
Gráfico 6.	Diâmetro das plantas de alface submetidas a diferentes condições de adubação. Redenção-CE, 2022.....	54
Gráfico 7.	Índice Relativo de Clorofila das plantas de alface submetidas a diferentes condições de adubação. Redenção-CE, 2022.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Composição química de duas espécies de macrófitas.....	19
Tabela 2.	Produção nacional de hortaliças em 2021.....	24
Tabela 3.	Recomendação de adubação para cultura da alface em função dos resultados da análise de solo.....	30
Tabela 4.	Característica químicas do solo, onde foi implantado o experimento.....	36
Tabela 5.	Características químicas da macrófita e do esterco bovino	36
Tabela 6.	Coefficiente da cultura (KC) da alface, em diferentes fases de desenvolvimento.....	41
Tabela 7.	Análise de variância do quadrado médio para os dados de massa fresca da parte área (MF), massa seca da parte área (MS), número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC), altura (A) e diâmetro da planta (DP) de alface submetidas a diferentes adubações, Redenção-CE, 2022.....	48
Tabela 8.	Médias absolutas e teste Dunnett para os dados de massa fresca da parte área (MF), massa seca da parte área (MS), número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC), altura (A) e diâmetro da planta (DP) de alface submetidas a diferentes adubações, Redenção-CE, 2022.....	49
Tabela 9.	Análise de variância do quadrado médio para condutância estomática (gs), taxa de transpiração (E), fotossíntese (A), e índice relativo de clorofila (IRC) de alface submetidas a diferentes adubações, Redenção-CE, 2022.	55
Tabela 10.	Teste de Dunnett aplicado ao índice relativo de clorofila (IRC) de alface submetidas a diferentes adubações, Redenção-CE, 2022.	56

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1 Aspectos gerais das macrófitas	17
2.1.2 Características da <i>Salvinia auriculata</i> (Samambaia Flutuante)	20
2.2 Importância econômica das hortaliças	24
2.2.1 Características biológicas e produção da alface (<i>Lactuca sativa</i> L.)	26
2.3 A importância da adubação na produção e sua relação com a sustentabilidade	28
2.4 Trocas gasosas em plantas e índice relativo de clorofila	31
2.5 Sustentabilidade produtiva e sóciobiodiversidade	32
3. MATERIAL E MÉTODOS	35
3.1 Localização do experimento	35
3.2 Coleta e identificação da macrófita.....	35
3.3 Análise de solo e adubação	37
3.4 Delineamento experimental	38
3.5 Sistema de irrigação	39
3.6 Produção de mudas e transplântio.....	43
3.7 Variáveis biométricas.....	44
3.8 Trocas gasosas e variáveis fisiológicas (IRGA)	45
3.9 Análise estatística.....	46
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
4.1 Variáveis biométricas.....	49
4.2 Trocas gasosas	56
4.3 Importância da macrófita para a produção orgânica.....	59
5. CONCLUSÕES.....	61
REFRERÊNCIAS.....	62

1. INTRODUÇÃO

As macrófitas são plantas aquáticas presentes em reservatórios de água parada ou de pouca mobilidade, que tenham como característica fundamental a presença de matéria orgânica no corpo aquático. Essas plantas possuem uma ampla capacidade de adaptação biológica aos diferentes tipos de ambientes, desenvolvendo muitas adaptações morfológicas e anatômicas (XAVIER *et al.*, 2021).

Essas plantas têm inúmeras utilidades e desempenham papel importante na biodiversidade aquática. Dentre as suas funções mais importantes, destacam-se a ciclagem de nutrientes, através da remoção pela filtragem natural em ambientes eutrofizados, e o fornecimento de materiais de importância econômica para a sociedade, como ração para bovinos, alimento para o homem, matéria-prima para a fabricação de tijolos, remédios e também para adubação orgânica (XAVIER *et al.*, 2021).

Embora sejam consideradas um problema ecológico para os órgãos de fornecimento de água para consumo e hidrelétricas, devido à sua intensa capacidade reprodutiva e ao acúmulo em excesso de biomassa, causando também problemas como dificuldade na navegação, obstrução de linhas de irrigação e, em alguns casos, a mortandade de peixes (MARCONDES; MUSTAFÁ; TANAKA, 2003), estas plantas também podem ser aproveitadas para outros usos como a adubação orgânica, por exemplo (GENTELINI, 2008).

Dentre as diversas espécies de macrófitas que podem ser utilizadas para essa finalidade, a *Salvinia* sp., pertencente à família Salviniaceae, também conhecida como samambaia flutuante ou pasta d'água, tem um certo destaque por ter uma incidência muito comum em rios e lagos de correnteza fraca ou parada, ambientes bastante encontrados próximos ao campo de produção das propriedades agrícolas brasileiras (PRADO, 2006). A aplicação desse material decomposto pode proporcionar diversos benefícios ao solo, tendo em vista que a presença desses compostos contribui para elevação do teor de matéria orgânica, gerando aumento da retenção de água, característica importante para a realidade semiárida, e a melhoria das condições físicas e químicas, fornecendo nutrientes para as plantas (SOUZA *et al.*, 2008).

Tendo em vista o uso potencialmente relevante deste material no incremento produtivo através da adubação e a importância da produção sustentável em um cenário onde os caminhos da agricultura de base agroecológica ou orgânica tendem a ganhar cada vez mais espaço, faz-se necessário, cada vez mais, criar, desenvolver e/ou adaptar tecnologias tornando-as mais acessíveis, simples e baratas ao produtor, de modo que os métodos produtivos se tornem cada vez mais sustentáveis, porém sem perder sua capacidade de

competir financeiramente com os demais produtos convencionais.

Assim, considerando que a presença de macrófitas *Salvinia* sp. é comum em reservatórios de água da região do maciço de Baturité, ocasionando um problema de ordem operacional e ecológica, e que a retirada da biomassa produzida resulta em um produto potencialmente aproveitável na agricultura de base ecológica e sustentável, buscou-se com o presente trabalho, verificar o uso desta macrófita (*Salvinia* sp) como adubo orgânico e sua influência nos aspectos biométricos e fisiológicos de plantas de alface, bem como seus efeitos nos índices de produtividade semelhantes aos alcançados pelo tradicional esterco bovino.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais das macrófitas

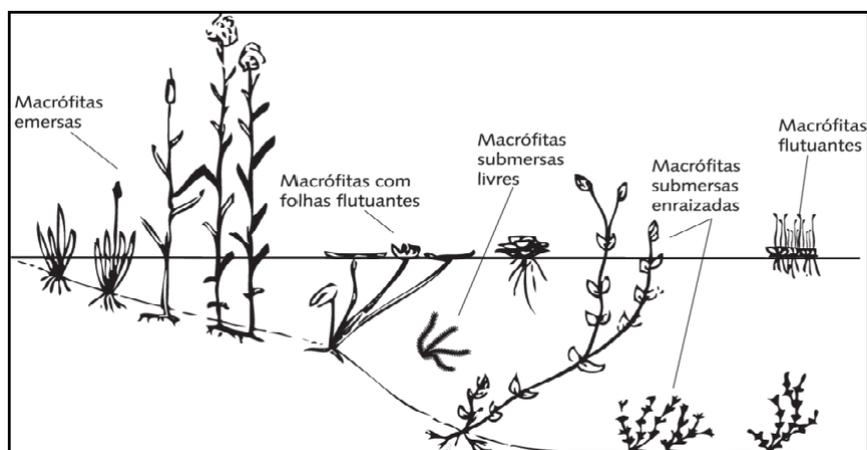
As macrófitas aquáticas são plantas flutuantes presentes em rios, lagos e reservatórios de água com pouca ou nenhuma mobilidade. São em sua maioria um problema para hidrelétricas, ambientes de lazer, captação de água, criação de peixes, etc. (HENRY-SILVA, 2006).

O termo “macrófitas aquáticas” é considerado o mais aceito na comunidade científica para classificar e identificar as plantas aquáticas, que em sua maioria são angiospermas (Magnoliophyta). Entretanto, devido à sua grande variedade, existem também espécies de macroalgas, musgos e gimnospermas (ROLON, 2011).

Apresentam-se como plantas aquáticas visíveis a olho nu e de rápida proliferação. Dentre suas principais características podemos destacar sua capacidade de acumular biomassa, alterar a composição química da água, atuar como substrato para algas e como filtro natural de elementos orgânicos presentes nos corpos aquáticos. Paradoxalmente a isto, podem tornar-se potencialmente danosas a depender dos objetivos e usos, devido à sua capacidade de crescimento rápido. Mesmo assim são reconhecidamente importantes na estruturação e na dinâmica dos ecossistemas aquáticos (POMPÊO, 2008).

Essas plantas se adaptaram e evoluíram ao longo do tempo, muitas delas migraram do ambiente terrestre para o meio aquático, onde desenvolveram formas adaptáveis a sua sobrevivência e reprodução, como tecidos esponjosos, caules ocos e pelos hidrofóbicos, isto as fazem, na maioria das vezes, flutuar, tendo em vista sua diferença de densidade em relação à água (Figura 1) (SCREMIN-DIAS *et al.*, 1999).

Figura 1. Grupo ecológico das macrófitas aquáticas.



Fonte: FRAGOSO, (2009).

Elas são classificadas em seu habitat conforme suas características biológicas, podendo ser divididas em grupos onde suas principais diferenças estão diretamente relacionadas com a sua adaptação, distribuição e profundidade da água, podendo assim serem definidas de acordo com sua forma biológica (ESTEVEES, 1998; PEDRALLI, 1990):

- ✓ Anfíbia: Capaz de sobreviver tanto na água quanto fora dela;
- ✓ Emergente: Enraíza nos sedimentos acumulados nos reservatórios, ficando uma parte submersa e outra emersa;
- ✓ Flutuante fixa: Enraizada no sedimento, possuindo folhas flutuantes;
- ✓ Flutuante livre: Estão sempre em movimento, sofrendo a ação dos ventos e das correntezas, não possuindo raiz fixada;
- ✓ Submersa Fixa: Possui a maior parte de sua massa submersa, geralmente com exposição apenas de sua inflorescência;
- ✓ Submersa Livre: Totalmente submersa, sem enraizamentos nos sedimentos, e na maioria das vezes apresentando inflorescências emersas;
- ✓ Epífitas: Ocorre sobre outras plantas aquáticas.

As macrófitas possuem papel importante na natureza, pois servem de habitat para diversas espécies de invertebrados, pequenos peixes e insetos aquáticos, proporcionando abrigo e alimento para estes e outros animais. A sua presença nos corpos aquáticos é um indicativo da qualidade da água, indicando principalmente a presença de matéria orgânica em decomposição e sua eutrofização, devido aos altos níveis de nutrientes, principalmente os nitratos e os fosfatos (XAVIER *et al.*, 2021).

Outras funções que podem ser destacadas destas plantas são a ciclagem e remoção dos nutrientes em ambientes eutrofizados, em alguns casos conferem proteção das margens do ambiente em que se encontram, contra erosão e agindo ainda como filtro ante a entrada de sedimentos (XAVIER *et al.*, 2021). Além disto, há estudos que demonstram sua importância dentro de uma cadeia produtiva economicamente viável, quando se aproveita todo o seu potencial em benefício da sociedade, podendo assim servir de alimento para rebanhos bovinos, adubo orgânico, fabricação de remédios, artesanato, tijolos, utensílios domésticos, bioetanol, remoção de elementos tóxicos como cádmio, cromo e mercúrio e produção de biogás (ABBASI *et al.*, 1991; TRIPATHI *et al.*, 2010).

Diante da variabilidade de aplicações em que essas plantas podem ser empregadas, há uma característica comum entre elas, que nos instiga e nos norteia a buscar,

seja dentro da ciência testável e refutável ou dentro dos conhecimentos empíricos/tradicionais e locais, respostas para um princípio básico das discursões atuais, o desenvolvimento sustentável baseado nos preceitos ambientais e produtivos.

Neste sentido, estudos realizados em estações de tratamento como também em reservatórios de hidrelétricas têm obtido resultados promissores no aproveitamento do material resultante da retirada das plantas aquáticas presentes nesses locais. Sampaio (2005), utilizando um conglomerado de espécies de macrófitas, obteve resultados promissores no uso das mesmas como adubação para cultura do milho. Trabalhando com a produção de biomassa e comparando a produção de duas espécies de macrófitas; Gentelini (2008) obteve resultados que comprovam a alta capacidade produtiva dessa flora aquática, porém o mesmo não verificou os benefícios que esse material resultante poderia trazer se aproveitado para a agricultura.

Outro estudo mostra a aplicação da fibra da macrófita arumã (*Ischnosiphon spp.*) na fabricação de biojóias e cestas de transporte para frutas; já as raízes e sementes de lótus (*Nelumbo nucifera*) se destacam pelo seu uso na culinária oriental; o agrião (*Nasturtium officinale*) por sua vez é recomendado na medicina popular para problemas respiratórios, de pele e inflamações diversas; algumas tribos indígenas da Amazônia utilizam as folhas do aguapé (*Nymphoides peltatum*) para extraírem o sal vegetal, rico em potássio (CREMA, 2015).

Todavia, as macrófitas aquáticas não possuem apenas características vantajosas do ponto de vista dos benefícios ao ser humano, principalmente as que podem ser exploradas economicamente. Há que se destacar também os impactos negativos, principalmente os problemas relativos à navegação, poluição visual, contribuição para o assoreamento de reservatórios e dificuldades para atividades recreativas. Tudo isto ocorre pelo fato das mesmas, quando em ambientes propícios, onde a elevada taxa de nutrientes presente na água, torna as condições ideais para sua proliferação desenfreada (XAVIER *et al.*, 2021).

Outro problema relevante são os transtornos causados nas hidrelétricas, pois as macrófitas ao se proliferarem massivamente se deslocam, principalmente no período chuvoso e como consequência acabam obstruindo as grades de proteção das turbinas de geração de energia, causando a oscilação na potência geradora (MARCONDES; MUSTAFÁ; TANAKA, 2003).

A luminosidade, temperatura e a concentração de nutrientes são fatores que afetam ou contribuem intensamente, para o desenvolvimento e multiplicação das plantas aquáticas (XAVIER *et al.*, 2021). Esse rápido crescimento está normalmente relacionado com

a presença do nitrogênio e do fósforo, elementos estes que se apresentam como os principais contributivos para o acúmulo de biomassa massivo das macrófitas.

O crescimento de *Salvinia molesta* pode duplicar em apenas 2,7 dias (FINLAYSON, 1984), ou ainda em 1,4 dias dependendo da concentração de ortofosfatos (REDDY; BUSK, 1985). No entanto, esta alta taxa de crescimento pode ser um fator positivo do ponto de vista do uso e aproveitamento deste material para o fornecimento de adubo orgânico para a produção agrícola.

O desenvolvimento e crescimento produtivo das plantas estão relacionados, além de outras condições, à adubação ou disponibilização de nutrientes, de maneira que nem o excesso, nem a falta destes possam prejudicar sua produção. Diante disto, Henry-Silva (2006) analisou a composição química das macrófitas aquáticas flutuantes *Echhornia crassipes* e *Pistia stratiotes* buscando demonstrar sua potencialidade para uso na agricultura, como biomassa para adubação e também para uso na ração animal (Tabela 1). O autor constatou que esses materiais podem ser aproveitados como efetivos condicionadores de solo em razão principalmente dos seus elevados teores de macro e micronutrientes, ficando inclusive, para alguns nutrientes, acima de outros materiais como a biomassa de algumas espécies forrageiras e de espécies leguminosas usadas na adubação verde (Tabela 1).

Tabela 1. Composição química de espécies de macrófitas e de guandu.

Composição	<i>Eichhornia crassipes</i>	<i>Pistia stratiotes</i>	Guandu comum
Fósforo (mg kg ⁻¹)	2.600,00	3.800,00	1.400,00
Nitrogênio (mg kg ⁻¹)	20.000,00	24.000,00	22.800,00
Cálcio (mg kg ⁻¹)	15.100,00	1,09	10.200,00
Magnésio (mg kg ⁻¹)	3.916,37	2.145,83	-
Manganês (mg kg ⁻¹)	1.233,67	2.145,83	-
Zinco (mg kg ⁻¹)	81,83	29,83	-
Ferro (mg kg ⁻¹)	5.425,00	1.391,67	-
Cobre (mg kg ⁻¹)	25,83	9,17	-

Fonte: Adaptado de (HENRY-SILVA, 2006) e (BARRETO; FERNANDES, 2001).

A biomassa vegetal destas duas espécies apresentou também valores superiores, em relação ao nitrogênio, quando comparado às análises feitas com esterco bovino e até mesmo do esterco de galinha, os quais apresentam 1,2% e 1,71% de N total, respectivamente (ARAÚJO; TIRITAN; OLIVEIRA, 2009).

2.1.2 Características da *Salvinia auriculata* (Samambaia Flutuante)

A *Salvinia auriculata* é uma planta aquática pertencente à família Salviniaceae,

muito comum em rios e lagos de correnteza fraca ou parada, e está geograficamente distribuída no México, Mensoamérica, Grandes Antilhas, Trinidad, Colômbia, Venezuela, Equador, Peru Bolívia, Paraguai, Argentina, Chile e Brasil (PRADO, 2006).

A família Salviniaceae possui dois gêneros (*Azolla* e *Salvinia*) tendo aproximadamente 20 espécies conhecidas, sendo 13 destas já registrada e identificadas no Brasil, distribuídas em todas as regiões e estados do país (Figura 2), mesmo não sendo endêmica da região (PENA *et al.*, 2020).

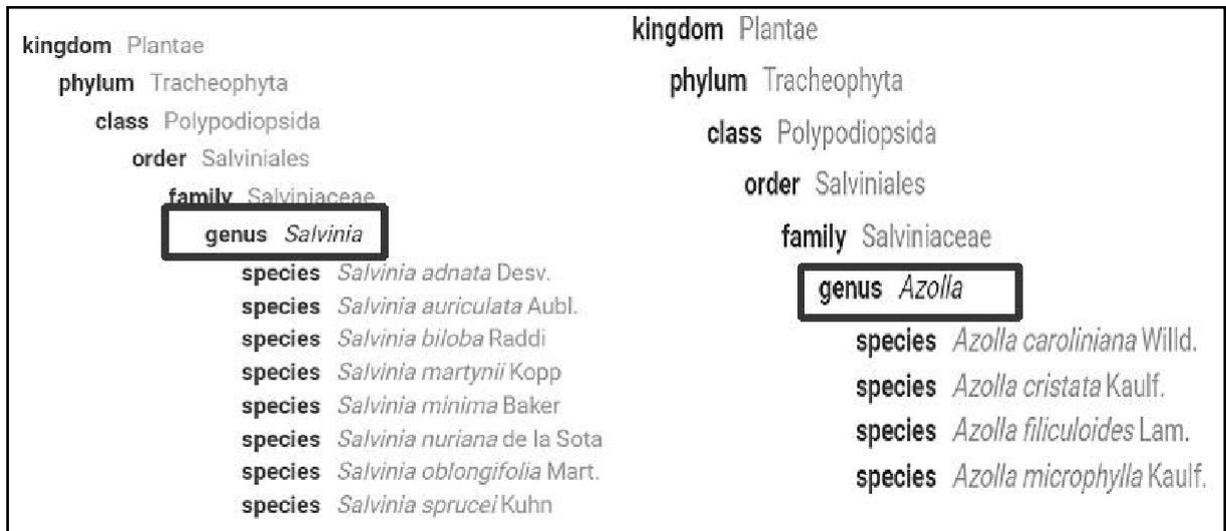
Figura 2. Distribuição das espécies da família *Salviniaceae* no Brasil.



Fonte: SiBBr – Sistema de Informação Sobre a Biodiversidade. 2023.

A classificação taxonômica considera suas características principais e está definida de acordo com sua chave de identificação feita pelo Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro e traz a seguinte definição: frondes hemidimórficas, lobos desiguais, para o gênero *Azolla lan* que possui 4 espécies e Frondes dimórficas (flutuantes e submersas diferentes) e hemidimórficas (lâmina fértil dividida em trofóforos e soróforos), frondes flutuantes com lobos iguais com mais de 5 mm para o gênero *Salvinia* que por sua vez possui 9 espécies (Figura 3).

Figura 3. Classificação Taxonômica dos dois gêneros da família *Salviniaceae*, que ocorrem no Brasil.



Fonte: Adaptado de SiBBr – Sistema de Informação Sobre a Biodiversidade

Segundo informações do SiBBr (Sistema de Informações Sobre a Biodiversidade Brasileira), o Brasil teve cerca de 2.528 registros da família *Salviniaceae* desde o ano de 1850, sendo que no período compreendido entre o ano de 2010 a 2020, houve o maior número de ocorrências, 687 registros efetuados pelo órgão.

Estas se caracterizam também pela sua intensa capacidade reprodutiva, fato este que pode acarretar problemas de ordem ambiental e técnica, como dificuldades para a pesca, obstrução de tubulações, dificuldades de navegação. Na tentativa de resolver esses problemas muitas vezes procede-se com a retirada mecânica ou manual dessas plantas, que ao ficarem empilhadas enquanto se decompõe, podem trazer diversos transtornos de ordem ecológica e visual.

A presença desta planta pode ser facilmente percebida nos ambientes onde a sua reprodução encontra as condições climáticas ideais de desenvolvimento, desta forma a mesma se reproduz de maneira desordenada, e normalmente recobre toda superfície do corpo d'água onde ela está instalada, sendo perceptível a olho nu, conforme disposto na Figura 4.

Figura 4. Açude da Fazenda Experimental Piroás (Unilab) infestado com *Salvinia*, Redenção-CE, 2022.



Fonte: Autor.

Alguns estudos e pesquisas apontam para uma planta extremamente útil na medicina popular de alguns países como também na alimentação de animais (PIEIDADE; JUNK, 2000). Além disso, apesar do interesse acadêmico estar evoluindo nos últimos tempos em estudar o potencial e a aplicação deste material na agricultura, principalmente como adubação orgânica, ainda são escassas as pesquisas e as informações sobre a aplicação prática do uso desta macrófita para fins produtivos (TRIPATHI *et al.*, 2010).

Um dos limitadores da produção agrícola, principalmente na região semiárida, é a escassez de água nos períodos críticos onde as precipitações diminuem e as temperaturas aumentam drasticamente a partir do segundo semestre em um ciclo que se repete anualmente, isto contribui consideravelmente para perdas de produtividade e aumento de custos de produção, levando o produtor a investir na perfuração de poços, sistemas de irrigação e aumento na mão de obra para manter sua plantação com um suprimento contínuo de água. Desta forma cabe destacar que a elevada taxa de umidade das macrófitas, que chega a 92,9% do total de sua massa, e de nutrientes como cálcio, fósforo e potássio (TRIPATHI *et al.*, 2010), pode ser uma excelente aliada nesses momentos secos, devido ao fato das mesmas conseguirem reter umidade por mais tempo no solo.

As macrófitas aquáticas são, em sua maioria, bioindicadoras da presença de contaminantes, como metais pesados e elementos tóxicos. Dentre estas a *Salvinia auriculata*, tem sido objeto de estudo a fim de demonstrar sua capacidade de bioindicar a presença de elementos tóxicos como cádmio, zinco (WOLFF *et al.*, 2009), arsênio (GUIMARÃES *et al.*, 2006) entre outros, que causam problemas para a saúde humana.

As *Salvinias* também são bastante utilizadas para o tratamento de efluentes vertidos por tanques de aquicultura, em ambiente fechado, sendo mais eficientes na remoção de nitritos em relação a outras macrófitas (NOGUEIRA, 2019).

2.2 Importância econômica das hortaliças

A horticultura se caracteriza como a parte da agricultura que cultiva plantas de pequeno porte e ciclo relativamente curto, gerando renda relativamente rápida quando comparado a culturas anuais. Segundo Bevilacqua (2006) a terminologia é utilizada normalmente para designar o cultivo de plantas herbáceas de ciclo curto e tratos culturais intensivos, onde as partes consumíveis são diretamente utilizadas para alimentação humana, sem a necessidade de industrialização prévia. São classificadas ainda como hortaliças tuberosas (que normalmente tem sua parte comestível desenvolvida embaixo do solo), hortaliças herbáceas (partes consumíveis acima do solo) e hortaliças frutíferas (FILGUEIRA, 2012).

A produção de hortaliças no Brasil possui relevante representatividade na geração de emprego e renda no campo e as folhosas além de serem ricas em nutrientes necessitam de mão-de-obra em toda sua cadeia produtiva, o que gera renda e fixa famílias inteiras no campo, sendo assim um importante elo socioeconômico dentro do tecnológico campo da agricultura.

O Brasil é um grande celeiro de produção de alimentos, tendo em vista sua vasta área produtiva e diversidade de clima. A área cultivada com hortaliças folhosas é estimada em cerca de 174 mil hectares sendo que 49,9% são destinados à produção da alface, fazendo desta a cultura de destaque do seu grupo (VILELA, 2017).

Certamente o Brasil possui lugar de destaque mundial quando se trata da produção agropecuária, condição esta alavancada principalmente pela grande produção do agronegócio beneficiado por investimentos tecnológicos, desde o desenvolvimento das sementes até os maquinários empregados na colheita. Porém, esta realidade geralmente não é interinamente aplicável a olericultura, apesar de empresas médias e grandes estarem presentes neste nicho de produção. Normalmente o emprego da mão-de-obra familiar é mais comum e os empreendimentos desta natureza não ultrapassam áreas maiores que 20 ha (LANDAU, 2013).

O sucesso da horticultura requer conhecimento, planejamento, controle e uma boa administração além, de uma visão holística que pressupõe unicidade e visão do todo, buscando compreender os pressupostos que permeiam o sistema “planta – ambiente – homem”, de maneira a aproveitar oportunidades, perceber potenciais existentes dentro da propriedade aliando produtividade e sustentabilidade financeira e ambiental. Neste contexto, Landau (2013) afirma também que, além disto, é preciso postura técnica-administrativa-humanística ampla e alicerçada em alguns pilares como: conhecimento; monitoramento e anotações claras; análise constante do empreendimento produtivo; minimizar riscos;

estabelecer e cumprir metas; e remunerar apropriadamente o capital humano.

Comparativamente ao cultivo de grandes culturas como milho e soja, por exemplo, que possuem ciclo de produção anual, a horticultura por sua vez caracteriza-se pelo uso das culturas de ciclo relativamente curto utilizando espaços reduzidos, porém com intensidade elevada, fato este que exigirá do produtor bom planejamento e reposição sustentável dos elementos nutritivos deste solo, de maneira mantê-lo produtivo e “vivo” (FILGUEIRA, 2012).

Cabe destacar também que este seguimento está presente em todas as regiões brasileiras, com ênfase para as regiões sul e sudeste. Ainda conforme a Embrapa Hortaliças, o mercado brasileiro é bem diversificado e segmentado, tendo seu volume de produção concentrado em seis principais espécies: tomate, como maior destaque em relação ao valor de produção, seguido da batata, cebola, melancia, alface e cenoura. Estes produtos representaram cerca de R\$ 17,7 bilhões no ano de 2021 em valor de produção, tendo como maiores produtores os estados de Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Norte e Santa Catarina (Tabela 2).

Tabela 2. Produção nacional de hortaliças em 2021.

Cultura	Valor da Produção (mil reais)	Produção (ton.)	Área colhida (ha)	Rendimento (kg ha ⁻¹)	Maior produtor
Batata	R\$ 5.483.747,00	3.853.464	116.422	33.099	Minas Gerais
Tomate	R\$ 6.478.833,00	3.679.160	51.907	70.880	São Paulo
Melancia	R\$ 1.844.638,00	2.141.970	91.922	23.302	Rio Grande do Norte
Alface*	R\$ 1.204.557,00	671.509	-	-	São Paulo
Cebola	R\$ 2.490.452,00	1.640.628	49.119	33.401	Santa Catarina
Cenoura*	R\$ 294.146,00	480.252	-	-	Minas Gerais

Fonte: Adaptado de IBGE 2021. *com dados de 2017

Desta forma, percebemos a importância econômica que a horticultura representa dentro da cadeia produtiva agrícola brasileira, e para o agricultor de base familiar investir neste nicho de mercado muitas vezes é uma maneira rápida de gerar renda. Além disso, é preciso diversificar e escalonar a produção, como maneira de enfrentar a variabilidade de preços, a sazonalidade de alguns produtos, além de ser uma estratégia eficiente de atingir as diversas cadeias de mercados e consumidores (CLEMENTE, 2015).

O consumo regular de frutas e hortaliças é uma prática recomendada por profissionais da saúde e reconhecida como eficiente no combate e prevenção de diversas doenças que afetam a saúde humana. As hortaliças, por sua vez, se destacam na nutrição por serem fontes de vitaminas, sais minerais, micronutrientes, vitaminas e fibras essenciais para

diversas funções dentro do nosso organismo (LANA, 2021). Portanto, são indispensáveis como parte de uma dieta saudável na nossa alimentação diária.

2.2.1 Características biológicas e produção da alface (*Lactuca sativa* L.)

A cultura da alface é uma hortícola amplamente difundida e aceita no Brasil e no mundo. Esta hortaliça pertence à família Asteraceae, originária de clima temperado, sendo produzida de diversas formas (direto no solo, hidroponia, etc.), e com variedades/cultivares adaptadas e desenvolvidas aos diferentes climas do Brasil (HENZ; SUINAGA, 2009). Tem como características morfológicas o porte herbáceo, com folhas que se alternam em um caule relativamente curto até a colheita para consumo, sendo que quando objetiva-se produzir sementes o porte se torna elevado e caule alongado até a inflorescência. Com o avanço das pesquisas, principalmente em genética, as folhas podem ser lisas, crespas ou em forma de cabeça, com coloração variada de acordo com a cultivar (COLARICCIO; CHAVES, 2017).

Seu ciclo é caracterizado como sendo relativamente curto, fato este, torna a cultura difundida em todas as regiões do país com produção de olerícolas. Solo, clima e adubação são fatores determinantes para um bom desempenho produtivo da cultura. Seu plantio é recomendado em canteiros com largura mínima de 1,0 m e comprimento variado, em solos leves e com boa disponibilidade de matéria orgânica, com espaçamento entre plantas variando de 25 a 30 cm (SEBRAE, 2011).

É adaptada aos solos areno-argilosos, sendo recomendado fazer preparo da área com antecedência, procedendo-se com limpeza, construção dos canteiros, análise de solo e instalação do sistema de irrigação. A cultura responde bem à adubação orgânica, recomendando-se, geralmente, 30 toneladas de esterco bovino por hectare. O plantio é feito inicialmente em sementeiras ou bandejas e, após 25 dias ou 4 folhas definitivas, é feito o transplantio para o local definitivo. A colheita se dá entre 45 e 60 dias após o transplantio dependendo da cultivar escolhida (SEBRAE, 2011; COLARICCIO; CHAVES, 2017).

Dois elementos são considerados essenciais para o bom desenvolvimento e produtividade da cultura: o nitrogênio (N) e o fósforo (P). O N é exigido em maior quantidade, não só pela alface, mas pela ampla maioria das plantas, atuando no crescimento vegetativo, acúmulo de massa e aumento significativo de área foliar (FILGUEIRA, 2012). Por outro lado, o excesso de N pode ocasionar fitotoxicidade e conseqüentemente a perda de qualidade e menor durabilidade do tempo de armazenamento (YURI *et al.*, 2016). O P é considerado determinante para a cultura, principalmente na fase final do ciclo produtivo. Sua deficiência limita a produtividade e reduz o crescimento (LANA *et al.*, 2004).

grandes e pequenos produtores, principalmente na produção hidropônica, possibilitando uma melhor previsibilidade de colheita em função da redução dos riscos e perdas (SALA; COSTA, 2012)

As principais doenças que afetam a cultura da alface estão geralmente relacionadas às transmitidas por microrganismos parasitas, porém problemas relacionados a distúrbios fisiológicos, deficiência nutricional ou fitotoxicidades, também causam prejuízos relevantes na cultura, sendo necessário um acompanhamento e dedicação à lavoura pelo produtor. Cerca de 75 doenças afetam diretamente a cultura, sendo que no Brasil, aproximadamente 25 delas causam maiores danos, com destaque para as de origem fúngica que estão em maior número (LOPES; QUEIROZ DURVAL; REIS, 2010).

A pós-colheita da alface é uma das etapas de produção em escala que exige planejamento estratégico, qualidade na produção, transporte e logística adequados aos modos de produção local, pois só nesta etapa ocorrem perdas que podem chegar a 30% da produção enviada para comercialização (MARANGONI *et al.*, 2022). Isto representa uma grande fatia do lucro, principalmente quando se trata de uma cadeia produtiva constituída muitas vezes de pequenos agricultores.

As hortaliças no geral, incluindo a alface, estão inseridas em uma “cadeia curta de produção e suprimentos”, onde estão envolvidos agricultores familiares que na maioria das vezes partilham dos gargalos produtivos comuns. Além disto, estas culturas propiciam o desenvolvimento de laços econômicos, métodos agroecológicos coletivos, e a valorização das tradições locais, incentivando ao associativismo baseado em valores coletivos (SELLITTO; VIAL; VIEGAS, 2018).

2.3 A Importância da adubação na produção e sua relação com a sustentabilidade

A adubação em qualquer cultura produtiva é evento indispensável para alcançar uma boa produtividade, desta forma, na agricultura convencional recorre-se ao uso de produtos industriais quimicamente formulados, para serem aplicados na cultura desejada, objetivando obter elevada produtividade.

De maneira geral, os principais elementos a serem suplementados no solo e que possuem maior importância para obter uma boa produção são: o nitrogênio (N), fósforo (P) e o potássio (K), chamados de macronutrientes. Cálcio (Ca), magnésio (Mg) e o enxofre (S), também estão inclusos nessa categoria. Já os micronutrientes também são importantes, porém em menor quantidade em relação aos macronutrientes. As adubações devem ser feitas de maneira equilibrada, sendo uma parte na fundação (antes do plantio) e demais parcelas em

cobertura (pós-plantio), seguindo os dados da análise de solo (CLEMENTE, 2015).

A extração de nutrientes do solo pelas culturas hortícolas assim como a resposta destas a adubação é considerada elevada se comparada a outras culturas, isto se deve ao fato não só pelas suas exigências peculiares, mas também pela sua maior capacidade de produção em ciclos relativamente curtos (FILGUEIRA, 2012).

A análise de solo deve ser um dos primeiros passos a se adotar, quando se pretende implantar qualquer atividade agrícola, pois seu principal objetivo é identificar o nível de fertilidade em que se encontra o solo, orientando o produtor na aplicação correta de corretivos e fertilizantes, sejam minerais ou orgânicos (AQUINO *et al.*, 1993). Portanto, trata-se de uma etapa importante na implantação da cultura.

Para realizar a análise, recomenda-se coletar amostras de solo na camada superficial em profundidade de 0-20 cm para culturas com sistema radicular não profundo, andado em zigue-zague, de modo a tornar a amostra mais homogênea e representativa possível da área, enviando em seguida a mesma para o laboratório (RODRIGUES *et al.*, 1998).

A textura e qualidade dos solos, assim como matéria orgânica e boa adubação, são fatores determinantes para atingir patamares produtivos de qualidade dentro da produção hortícola. Desta forma, buscando atender a um mercado cada vez mais exigente tanto em preço e qualidade como em sustentabilidade e responsabilidade ambiental, é preciso desenvolver tecnologias que sejam simples e, ao mesmo tempo eficazes, dentro do conjunto de medidas que fazem parte do sistema produtivo, contemplando a tendência atual, que é a busca por alimentos saudáveis e produzidos de maneira sustentável.

Na agricultura familiar de base agroecológica, busca-se a preservação dos recursos naturais aliado a uma produtividade elevada sem danificar os elementos estruturantes do solo e do meio ambiente, mantendo assim sua produtividade por um período maior, e com um custo acessível para o pequeno agricultor. Desta forma, a adubação orgânica se apresenta como essencial no cumprimento desses objetivos.

Os adubos orgânicos são produtos de origem animal (esterco bovino, aves e ovinos), vegetal (restos de plantas, palhada de cana, etc.) ou composto (junção de esterco com restos culturais) que devem ser aplicados ao solo nas quantidades e épocas certas, proporcionando e buscando manter as qualidades físico-químicas da área a ser plantada, fornecendo às raízes os nutrientes necessários ao seu desenvolvimento e proporcionando às plantas as condições ideais para potencializar a produtividade (BEVILACQUA, 2006).

A aplicação de materiais orgânicos no solo é importante em praticamente todas as culturas, principalmente quando são feitas aplicações de forma adequada, de modo a fornecer

níveis adequados de nutrientes, contribuindo de maneira significativa para que as plantas absorvam grandes quantidades de moléculas orgânicas como: aminoácidos, proteínas, vitaminas, enzimas, antibióticos e alcaloide. Estas moléculas resultam da atividade biológica decorrente da decomposição da matéria orgânica e trazem uma maior vitalidade e resistência às plantas (PENTEADO, 2010).

As principais vantagens da adubação orgânica são: a melhora na estrutura e partículas agregadas dos solos, a diminuição nas variações brusca de temperatura, o aumento na capacidade de retenção de umidade, bem como os efeitos benéficos nas propriedades físico-químicas, como adsorção de nutrientes e elevação gradativa da capacidade de troca de cátions (CTC). Contribuem também, positivamente para o aumento significativo de microrganismos úteis que agem na solubilização de fertilizantes, liberando nutrientes para as plantas (principalmente N, P, e S), sendo portanto indispensável, especialmente nos solos pobres em matéria orgânica do estado do Ceará (TRANI, 2013; UFC, 1993).

Os benefícios e vantagens da adubação orgânica são reconhecidamente indispensáveis para a olericultura, principalmente em produções que tenham como objetivo principal a valorização da filosofia produtiva baseada nos conceitos da sustentabilidade e da agroecologia. Deste modo, os adubos orgânicos têm papel de destaque, pois são responsáveis por manter a “vida” no solo, aumentando a microbiota. No entanto, contribui a eliminação de fitopatógenos e nematoides prejudiciais ao sistema radicular das culturas (FILGUEIRAS, 2012). Esta prática constitui um elo importante que contribui para produções cada vez mais sustentáveis.

As pesquisas envolvendo o uso de adubos orgânicos, demonstram que em sua maioria são capazes de promover aumento considerável nas variáveis de crescimento e produtividade, como qualidade do produto final de hortaliças, e em especial, na cultura da alface (ARAÚJO *et al.*, 2007). A qualidade final do produto foi também destacada por Silva *et al.* (2011) ao comparar a produção entre o sistema orgânico e convencional.

Trabalhando com diferentes dosagens de adubação orgânica na cultura da alface (cama de frango e esterco bovino), Viana e Vasconcelos (2008) concluíram que esses condicionadores de solo proporcionaram um aumento considerável na massa fresca total considerável quando comparado à testemunha (Sem adubação), de maneira que o valor obtido com ambos os adubos orgânicos foi o dobro da testemunha.

Assim como a adubação convencional, a orgânica, seja ela de origem vegetal ou animal, necessita de determinação da quantidade a ser aplicada, principalmente para que não ocorram aplicações desnecessárias, ocasionando custos extras ao produtor, devendo, portanto,

ser encarada com a mesma importância das demais práticas do ciclo da cultura, sendo recomendado ao produtor a não seguir cegamente apenas às “receitas de bolo” prontas que o mercado dispõe (FILGUEIRAS, 2012). Desta forma, para a cultura da alface, o livro “Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará” sugere que as quantidades a serem aplicadas sejam calculadas conforme a Tabela 4.

Tabela 3. Recomendação de adubação para cultura da alface em função dos resultados da análise de solo.

ÉPOCA	N	P ₂ O ₅			K ₂ O		
		P no solo mg dm ⁻³			K no solo mmolc dm ⁻³		
		0-7,1	7,2 -14,2	>14,2	0 - 0,8	0,9-1,6	>1,7
g m⁻²							
Plantio	4	25	15	8	8	5	3
Cobertura	9	-	-	-	8	6	3

Fonte: Adaptado de “Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará”.

Determinadas as quantidades a serem aplicadas, Penteadó (2010) recomenda que aplicação no solo deverá ser feita na fundação e em cobertura dependendo da fertilidade do solo e da cultura, na profundidade de 20 a 30 cm para proporcionar uma melhor distribuição e crescimento do sistema radicular das plantas.

2.4 Trocas gasosas em plantas e índice relativo de clorofila

As condições de estresse nas plantas interferem diretamente em vários parâmetros, a saber: metabolismo, fisiologia e morfologia. Juntos, esses aspectos contribuem para reduzir a taxa fotossintética das plantas e seu crescimento vegetativo. Existem múltiplas respostas ao estresse, seja hídrico ou por deficiência nutricional, que podem ser determinadas pela análise das trocas gasosas na interface planta-atmosfera, uma vez que esses fatores podem provocar o fechamento dos estômatos, o que reduz a captação de CO₂ (WRUBLEWSKI, 2014).

Neste sentido, Viana *et al.* (2013), trabalhando com a cultura do melão, observaram que as plantas adubadas com biofertilizante bovino e misto apresentaram taxa de transpiração, fotossintética e condutância superiores quando comparadas ao grupo controle. Por outro lado, Araújo (2017) trabalhando com doses de adubação orgânica não observou efeito significativo para trocas gasosas na cultura da alface, porém as médias de transpiração e condutância estomática apresentaram comportamento linear decrescente.

Determinar a quantidade de nutrientes que estão sendo absorvidos pela planta, é de fundamental importância, principalmente o nitrogênio, elemento responsável pelo

crescimento e desenvolvimento vegetativo. Desta forma, as concentrações de nitrogênio nas folhas das plantas podem ser estimadas de forma rápida e barata usando um medidor de clorofila, ajudando assim a reduzir a aplicação insuficiente ou excessiva de fertilizantes nitrogenados (KUMAR *et al.*, 2017).

O medidor de clorofila fornece uma leitura instantânea e não destrutiva da folha, trazendo um resultado rápido da quantidade de clorofila presente nas folhas da planta. O teor de clorofila está correlacionado com a concentração de nitrogênio nas plantas e com a produtividade das culturas. Em algumas frutíferas, como citros e noqueiras, a utilização do índice SPAD tem se mostrado suficiente para auxiliar no manejo da adubação nitrogenada. Como o índice SPAD pode ser facilmente determinado pelos produtores, a fim de monitorar o estado nutricional do abacaxizeiro, este experimento foi conduzido para avaliar a dosagem de adubação por nitrogênio de duas fontes: minerais na forma de ureia e matéria orgânica (FERREIRA, 2016).

A clorofila é o biopigmento fotossintético mais abundante na Terra. A análise do teor de clorofila foliar é um método comumente usado na agricultura para monitorar o desenvolvimento da planta, fornecendo informações importantes sobre o estado fisiológico da planta, o teor de nitrogênio da folha e o potencial fotossintético. A medição direta da clorofila usando produtos químicos usados para extração é um método destrutivo, complexo e demorado, o que levou ao desenvolvimento de leitores ópticos móveis que fornecem ferramentas não destrutivas para avaliação indireta dos níveis de clorofila nas plantas (NASCIMENTO, FEITOSA e SOARES, 2017).

A molécula de clorofila consiste em um átomo central de magnésio e quatro átomos de nitrogênio. Assim, em algumas plantas, a quantidade relativa de clorofila, ou o grau de verdor das folhas, está positivamente correlacionada com a concentração de nitrogênio presente nas folhas. Portanto, quantificar o teor de clorofila das folhas pode indicar o estado nutricional das mudas. Nesse sentido, o uso de equipamentos portáteis e de baixo custo com resposta instantânea e não destrutiva tem sido uma alternativa à extração e quantificação de pigmentos de cloroplastos com solventes e espectrofotômetro, respectivamente (AMENDOLA, 2016).

2.5 Sustentabilidade produtiva e sociobiodiversidade

Nas últimas décadas, a política pública apoiou um modelo de desenvolvimento rural baseado na Revolução Verde, que levou a um aumento expressivo na produção agrícola em todo o país, estimulou o desenvolvimento de tecnologias de produção de commodities e

transformou o país em um celeiro para o mundo. No entanto, essas políticas não levam em conta os potenciais impactos negativos do modelo de desenvolvimento adotado, resultando em um tripé de sustentabilidade desequilibrado que privilegia os aspectos econômicos em detrimento dos sociais e ambientais. Mais recentemente, no entanto, os formuladores de políticas, impulsionados por pressões globais para mitigar as mudanças climáticas, demandas do mercado e crescente conscientização da sociedade sobre o assunto, começaram a buscar políticas com um viés de sustentabilidade (FREITAS *et al.*, 2018).

O nível de qualidade de vida no nosso planeta depende do equilíbrio entre três aspectos intimamente relacionados: população, recursos naturais e poluição. Ou seja, à medida que a população aumenta, o consumo de recursos aumenta e a poluição ambiental também evolui. Essa crise é causada pela composição desequilibrada entre população, recursos naturais e poluição. Quanto maior a pressão da população sobre os recursos naturais, maior o grau de poluição causada pela demanda por recursos naturais, que afeta diretamente a população (YANG, 2015).

As questões ambientais no cenário mundial mudaram ao longo dos anos. Evoluir de uma mentalidade utilitária natural (a falsa noção de que os recursos são inesgotáveis) para uma que se centra na necessidade de respeitar os limites do planeta, foi e continua sendo um processo de evolução na forma como entendemos o que é desenvolvimento. Por muito tempo, a poluição foi considerada um dos símbolos do progresso e desenvolvimento de um país, mas após a sobrecarga ambiental, o ser humano percebeu os danos causados por padrões de produção e consumo contrários à natureza (LARA, 2014).

À medida que aumenta a consciência das pessoas sobre a natureza limitada dos recursos naturais, o conceito de desenvolvimento sustentável começa a se espalhar. As discussões sobre vários aspectos do tema focam aspectos econômicos, sociais e ambientais, além de encontrar fontes alternativas de recursos como: energia para substituir o petróleo, acabar com o desmatamento para evitar a extinção da floresta ou praticar arquitetura sustentável. O conceito de gestão do desenvolvimento sustentável marca o ritmo da atenção mundial, especialmente por meio das Nações Unidas. Vale destacar o importante trabalho da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento realizada no Rio de Janeiro, Brasil, em 1992, conhecida como Rio 92, também conhecida como Eco-92. Um documento básico de ação chamado Agenda 21 (BORTOLIN, 2016).

O conceito de sustentabilidade aplicado no cenário econômico dos negócios é composto por um tripé internacionalmente conhecido por *Triple Bottom Line* (TBL) que engloba a ideia de que três dimensões (social, econômico, ambiental) precisam interagir de

maneira holística para que os resultados de uma empresa de fato lhe atribuam o título de sustentável dentro dessa lógica, o qual cada eixo equivale a um aspecto em que a organização deve praticar a sustentabilidade (YANG, 2015).

A integração do tripé é o que torna um negócio sustentável, pois ao mesmo tempo em que uma empresa agrega valor aos seus acionistas, ela também pode proporcionar educação, cultura, lazer e justiça social e diversidade ecossistêmica às comunidades ambientais que integra e ainda protege a vida. A sustentabilidade organizacional só pode ser alcançada quando há uma intersecção entre esses três domínios (WRUBLEWSKI, 2014).

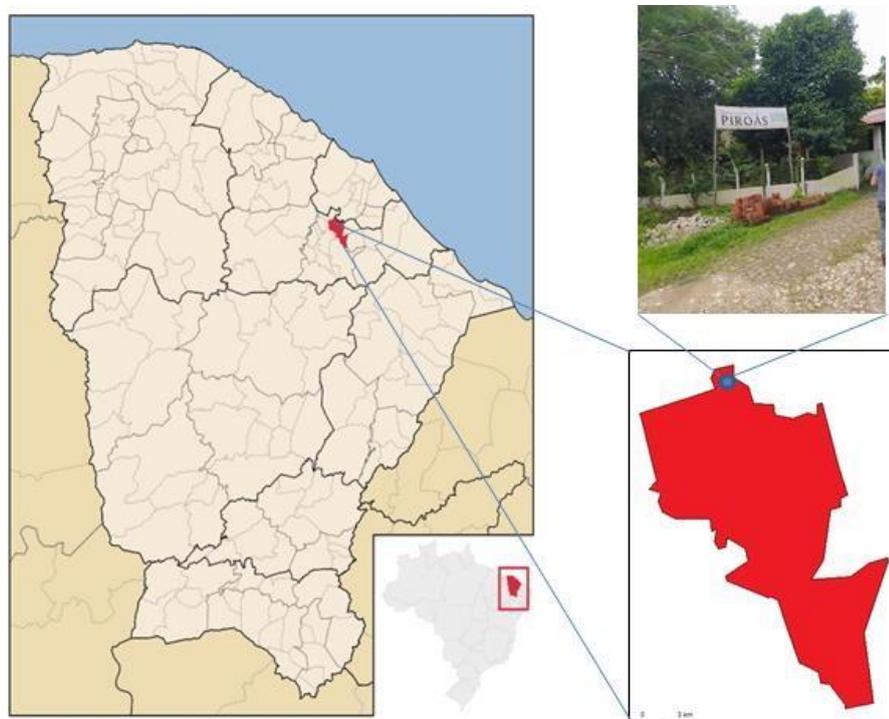
A gestão ambiental é realizada por meio do Sistema de Gestão Ambiental (SGA). O sistema pode ser utilizado por qualquer tipo de organização, incluindo organizações de serviços e industriais, e por empresas de qualquer porte ou ramo de atividade. A gestão ambiental é um conjunto de rotinas e procedimentos que permitem a uma organização administrar adequadamente a relação entre suas atividades e o meio em que se desenvolve. Isto contribui para minimizar o impacto ambiental das atividades econômicas sobre os recursos naturais. Seu objetivo é atender aos requisitos legais aplicáveis em todas as etapas do processo de uso racional dos recursos, desde a produção até a disposição final (BORTOLIN, 2016).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização do experimento

A pesquisa foi conduzida em campo aberto na Fazenda Experimental Piroás, que pertence à Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), nas coordenadas geográficas 4° 9'19.39''S e 38° 47'41.48''O. A mesma é estabelecida na localidade de Piroás, Distrito de Barra Nova, Município de Redenção-CE (Figura 6).

Figura 6. Localização da Fazenda Experimental Piroás, Redenção-CE.



Fonte: Adaptado de BREU (2006).

3.2 Coleta e identificação da macrófita

No início do experimento, realizou-se a coleta das macrófita. Esta foi realizada por ocasião da limpeza do reservatório da Fazenda Experimental Piroás (FEP), efetuada no segundo semestre de 2021 e o material deixado para secar em ambiente natural. Em seguida, o mesmo foi triturado, em um picador/triturador forrageiro (TRF 400 Super), sem peneira (Figura 7) e acondicionado para posterior utilização como fonte de adubação orgânica na presente pesquisa.

Figura 7. Trituração da macrófita na Fazenda Experimental Piroás, Redenção-CE, 2022.



Fonte: Autor.

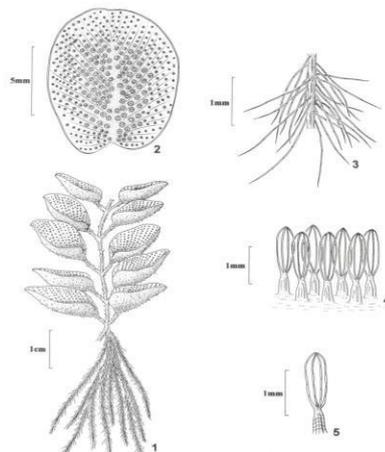
Para identificação das macrófitas coletadas (Figura 8), utilizou-se como dados os resultados da pesquisa feita por FERREIRA *et al.* (2020), que identificaram no mesmo reservatório uma frequência muito alta de duas espécies de *Salvinia sp.* Vale ressaltar, que o trabalho de PRADO (2006), também foi considerado para identificação (Figura 9). A amostra do vegetal foi depositado no herbário da Unilab.

Figura 8. Detalhes da macrófita aquática na FEP, Redenção-CE, 2022.



Fonte: Autor.

Figura 9. Detalhes da identificação da macrófita feita por PRADO (2006).



Fonte: PRADO (2006).

3.3 Análise de solo e adubação

O solo da área de implantação do experimento foi classificado como franco arenoso, coletado na camada de 0-20 cm, e enviado para análise química no Laboratório de Análise de Solos, Água, Tecidos Vegetais e Adubos, da Universidade Federal do Ceará (Tabela 5). Esses dados foram essenciais para decisão da quantidade a ser aplicada em cada tratamento.

Tabela 4. Características químicas do solo, onde foi implantado o experimento.

Características químicas										
Complexo sortivo (cmolc kg ⁻¹)										
Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺ + Al ³⁺	Al ³⁺	S	T	V(%)	M(%)	PST
4,8	1,4	0,08	0,13	1,49	0,2	6,4	7,9	81	3	1
C(g kg ⁻¹)	N(g kg ⁻¹)	C/N	MO (g kg ⁻¹)	P Assimilável (mg kg ⁻¹)			pH			
7,14	0,77	9	12,31	14			6,2			

S – Enxofre; T – CTC Potencial (Ca²⁺+ Mg²⁺+ Na⁺+ K⁺+ H⁺ + Al³⁺); V(%) – Soma das Bases (Ca²⁺+ Mg²⁺+ Na⁺+ K⁺*100/T); M(%) – Saturação por Alumínio (Al³⁺*100/T); PST – Percentual de sódio trocável (100* Na⁺/T); MO – Matéria Orgânica.

Para definição de cada tratamento, também se levou em consideração, os resultados da análise química da macrófita e do esterco bovino, feita pelo Laboratório de Análise de Solos, Água, Tecidos Vegetais e Adubos, da Universidade Federal do Ceará e apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Característica químicas da macrófita e do esterco bovino.

Identificação	(g kg ⁻¹)					(mg kg ⁻¹)			
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
Macrófita	19,6	1,00	5,40	1,41	0,91	5.580,20	3,70	18,3	2.267,7
Esterco Bovino	19,6	4,95	0,67	1,38	3,85	0,55	0,04	0,10	-

Fonte: Laboratório de análises de solo da UFC.

A aplicação das doses foi feita apenas na fundação e incorporada ao solo, deixando-o homogêneo e bem distribuído na área de plantio. Toda a aplicação foi feita em um único dia, e o solo foi irrigado até a saturação (Figura 10). A fim de acelerar a ciclagem dos nutrientes dos materiais aplicados, o solo foi revolvido com ajuda de enxada duas vezes antes do plantio.

Figura 10. Distribuição e incorporação da adubação a base de macrófita e esterco bovino, nos canteiros, Redenção-CE, 2022.



Fonte: Autor.

3.4 Delineamento experimental

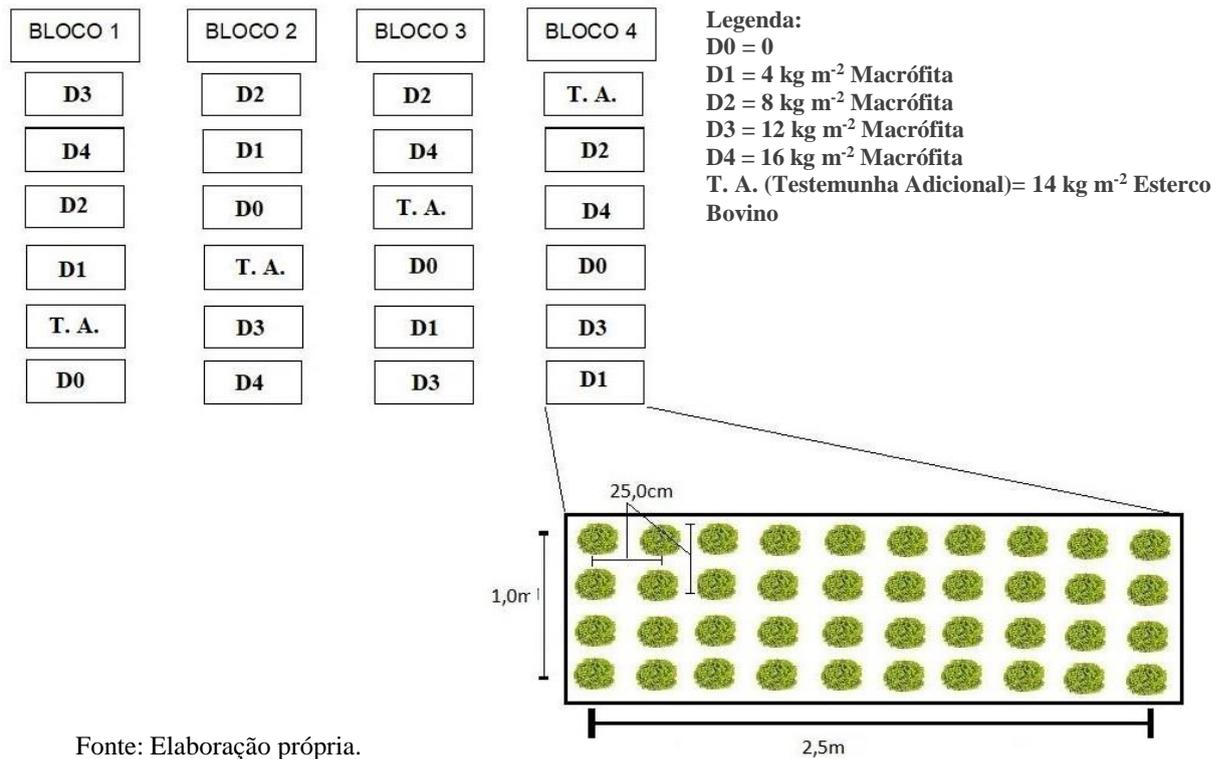
O delineamento utilizado foi em blocos casualizados (DBC), objetivando principalmente controlar o fator solo, em uma área medindo 10,0 m x 22,0 m, com 4 blocos, cada bloco subdividido em 6 canteiros contendo as diferentes doses de adubação (D0: 0; D1:4 kg m⁻² de macrófita, D2: 8 kg m⁻² de macrófita; D3:12 kg m⁻² de macrófita; D4:16 kg m⁻² de macrófita) + testemunha adicional (14 kg m⁻² de esterco bovino), totalizando 24 canteiros experimentais (Figura 11). Cada subárea correspondeu a um canteiro construído com o solo do próprio local de instalação, medindo 1,0 m de largura por 2,5 m de comprimento, e espaçamento entre canteiros de 0,5 m, e dispostos aleatoriamente conforme Figura 12.

Figura 11. Detalhe da construção dos canteiros/parcelas, Redenção-CE, 2022.



Fonte: Autor

Figura 12. Croqui da área de implantação do experimento.



3.5 Sistema de Irrigação

A escolha do sistema de irrigação depende de vários critérios, como a quantidade de água disponível, o custo de implantação do sistema e o tipo de solo e plantas (CARVALHO, 2018). Nesse sentido, o sistema de irrigação utilizado para suprir as

necessidades hídricas da cultura, foi o de microaspersão, instalado logo após a construção dos blocos, com os microaspersores fixados e distribuídos em distâncias iguais de 2,00 m, de modo a cobrir toda a área cultivada (Figura 13).

Figura 13. Detalhe do sistema de irrigação por microaspersão após instalado, Redenção-CE, 2022.



Fonte: Autor.

Para calcular a eficiência do sistema, foram utilizados dois diferentes métodos: Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), objetivando estimar a uniformidade e a eficiência de distribuição da água aplicada na área, além de identificar e corrigir possíveis problemas que comprometessem ou interferissem no resultado da produção.

Nos sistemas de irrigação localizado, a uniformidade do uso da água pode ser determinada por vários coeficientes, com destaque para o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e o coeficiente de uniformidade de descarga ou distribuição (CUD), cuja média é calculada com os 25% dos microaspersores com vazão média mais baixa e uniformidade estatística (U_s), etc. (TONIN *et al.*, 2016).

Desta forma, para calcular o CUC, o sistema foi ligado e a vazão coletada, os dados foram aplicados na seguinte fórmula (Figura 14):

Figura 14. Fórmula para calcular a uniformidade do sistema de irrigação (%).

$$CUC = \left\{ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |L_i - L_m|}{NL_m} \right\} 100$$

Onde: CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen ;

L_i = vazão coletada no microaspersor de ordem “i”;
 L_m = vazão média coletada nos microaspersores;
 NL_m = número total de leituras realizadas;
 Σ = Somatório.

A vazão foi coletada utilizando proveta milimetrada e cronômetro (Figura 15), sendo que o CUC calculado apresentou uma uniformidade de 85,57%. Isso significa que a área recebeu este percentual do total da lâmina de irrigação aplicada, ou seja, apenas 14,57% apresentaram variabilidade na irrigação. Este valor é classificado como “BOM” de acordo a classificação de Mantovani (2001).

Figura 15. Coleta da vazão do sistema de irrigação, Redenção-CE, 2022.



Fonte: Autor

A segunda medida de uniformidade foi proposta por Cridlle em 1956, considerando a razão entre a média e a profundidade média (CUD) do quartil mais baixo, com valores acima de 68% considerados bons. Em 1961 Hart propôs um coeficiente de uniformidade, também usando o desvio padrão como medida de dispersão (CUH), valores aceitáveis devem ser estimados acima de 80% (YANG, 2015).

Da mesma maneira como foi feita para calcular o CUC, os mesmos dados foram utilizados e aplicados na fórmula para obter o CUD (Figura 16).

Figura 16. Fórmula do coeficiente de uniformidade de distribuição.

$$CUD = \frac{L_q}{L_m} 100$$

Onde: CUD = coeficiente de uniformidade de distribuição;

L_q = lâmina média dos 25% menores volumes em cada microaspersor;

L_m = vazão média coletada nos microaspersores.

Os dados coletados foram aplicados na fórmula e o resultado obtido foi de 73,02%, que de acordo com Mantovani (2001), valores entre 68% e 84% são considerados bons. Assim, o sistema instalado em campo não apresentou falhas nas distribuições dos aspersores e nem na uniformidade da lâmina aplicada na área de produção.

Já para determinar a frequência de irrigação, foi utilizado o método via clima e a lâmina de irrigação evapotranspirada no dia, aplicada integralmente, tomando como parâmetro as leituras feitas diariamente no Tanque Classe “A”, instalado nas dependências da Fazenda Experimental Piroás.

A quantidade de água a ser aplicada em uma cultura irrigada, deve satisfazer a demanda da planta de modo que a mesma não sofra com déficit ou excessos, comprometendo sua produtividade. Sistemas mau dimensionados, tem-se como consequências a elevação de custos, salinização dos solos e lixiviação de nutrientes (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2005). Assim, a quantidade aplicada levou em consideração também a variabilidade do coeficiente da cultura (KC), que para fins deste experimento os valores variaram de acordo com a fase desenvolvimento da cultura, sendo dividido em 3 fases: inicial, intermediário e final (Tabela 7).

Tabela 6. Coeficiente da cultura (KC) da Alface, em diferentes fases de desenvolvimento.

FASE	DAT (Dias após transplântio)	Kc
Inicial	0-15	0,85
Intermediário	16-30	1,05
Final	31 a 45	0,95

Adaptado de Santos *et al.* (2015)

De acordo com Oliveira e Tagliaferre (2009), a irrigação consiste na aplicação de água no solo, conforme a necessidade da planta, que pode variar com a sua fase fenológica e

condições climáticas locais. Assim como na adubação, a quantidade de água a ser aplicada deve ser calculada nas diferentes fases da cultura e deve levar em consideração o tipo de solo, clima, o tipo de sistema e sua eficiência de aplicação (PENTEADO, 2010).

3.6 Produção de mudas e transplântio

A produção das mudas utilizadas no experimento, se deu por meio do plantio das sementes, adquiridas no comércio local, em bandejas de polietileno com capacidade de 244 células/unidade, estas foram preenchidas com substrato composto de duas partes iguais de solo e húmus de minhoca, ambos coletados na FEP, que só foram utilizados após peneirados e homogêneos. As mudas foram mantidas até o transplântio em ambiente parcialmente protegido da luz direta do sol, com irrigação feita duas vezes ao dia e em uma bancada elevada do solo, evitando percas pela possível presença de animais e insetos (Figura 17).

Figura 17. Produção das mudas de alface na FEP, Redenção-CE, 2022.



Fonte: Autor.

Após atingirem 4 ou 5 folhas definitivas, as mudas foram levadas para o transplântio em local definitivo (Figura 18), e plantadas no espaçamento de 25 cm entre plantas e entre fileiras, de forma que cada subárea atingiu um total de 40 plantas, distribuídas em uma área de 2,5 m², em 4 linhas, contendo 10 plantas cada, perfazendo uma densidade populacional de 16 plantas por metro quadrado (16 plantas m²).

Figura 18. Detalhe transplântio das mudas nas parcelas, Redenção-CE, 2022.



Fonte: Autor.

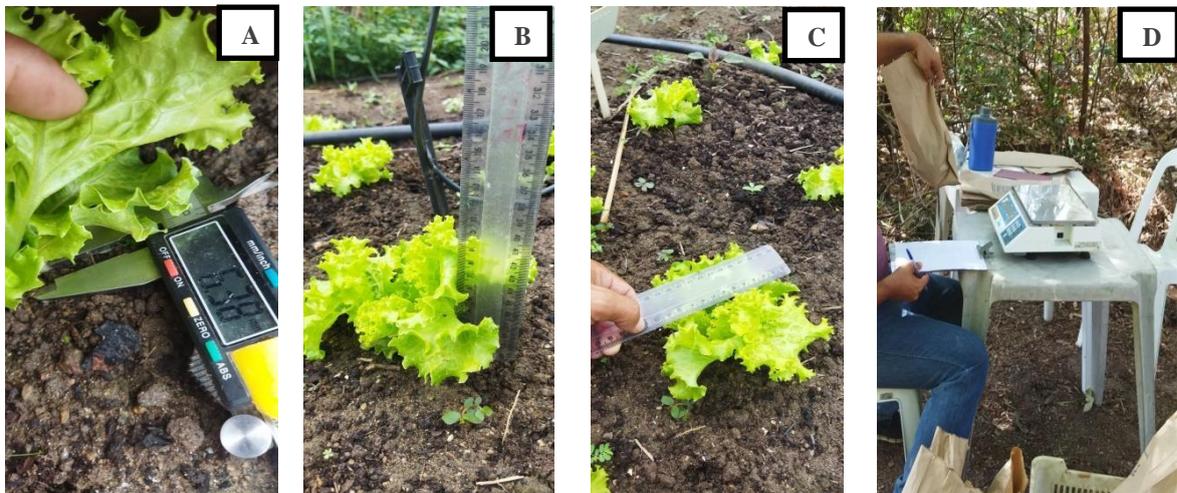
Após o transplântio, realizado no final do dia, as plantas foram irrigadas até atingir a capacidade de campo e mantidas sob as recomendações técnicas de produção de Filho (2017) até a finalização do experimento.

3.7 Variáveis biométricas

Para coletar os dados das variáveis de crescimento foram utilizados como instrumentos de medição: régua milimétrica de 50 cm, paquímetro digital modelo ASIMETO-300MM, balança digital, embalagens de identificação, estufa de secagem modelo SL 100/A e balança de precisão graduada em gramas (MARTER – BL3200H), estas duas últimas utilizadas no laboratório de fisiologia vegetal da UNILAB.

Aos 44 dias após transplântio, as variáveis biométricas coletadas foram (Figura 19): número de folhas (NF), altura (A), diâmetro do caule (DC) e diâmetro da planta (DP). Para a coleta dos dados, levou-se em consideração apenas as plantas “úteis”, desconsiderando as bordaduras de cada parcela. Os valores óbitos de cada variável foram divididos pelo número de plantas avaliadas (4 plantas) dentro de cada tratamento, obtendo assim, a média dos valores observados. Ainda em campo, foram coletados os dados de massa fresca (MF).

Figura 19. Coleta de dados das variáveis diâmetro do caule (A), altura (B), diâmetro da planta (C) e Massa fresca (D), Redenção-CE, 2022.



Fonte: Autor.

Para coleta dos dados de massa seca (MS), as plantas colhidas em campo foram submetidas, inicialmente ao processo de pré-secagem ao sol e em seguida levadas para estufa, onde permaneceram por 72 horas a uma temperatura constante de 65°C, até atingir massa constante. As amostras foram pesadas em balança de precisão graduada em gramas (Figura 20).

Figura 20. Estufa de secagem e balança de precisão, Redenção-CE, 2022.



Fonte: Autor

3.8 Trocas gasosas e variáveis fisiológicas (IRGA)

Aos 44 dias após transplante, período em que as plantas de alface estavam na fase de desenvolvimento vegetativo, foram realizadas medições da condutância estomática

(gs), da taxa de transpiração (E) e da taxa fotossintética (A), em folhas completamente expandidas, no horário entre 8:00 e 12:00 horas, utilizando-se um IRGA (LI 6400XT, Licor, USA) (Figura 21). A partir dos dados obtidos foi estimada a eficiência uso da água (A/g).

Figura 21. Determinação de trocas gasosas com o IRGA, em folhas de alface aos 44 dias, Redenção-CE, 2022.



Fonte: Autor

Por ocasião das medições das trocas gasosas também foi estimado o IRC (índice relativo de clorofila), utilizando-se o medidor portátil SPAD 502 (Minolta) (Figura 22).

Figura 22. Determinação do índice relativo de clorofila em plantas de alface, Redenção-CE, 2022.



Fonte: Autor

3.9 Análise estatística

Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA), utilizando no modelo de

cálculo (Figura 23) a inclusão de uma testemunha adicional, no programa R_{stúdio}, como também ao teste “F” ao nível de significância de 5%.

Figura 23. Fórmula da variância amostral (Quadrado Médio).

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}$$

Onde: S^2 = Variância ou quadrado médio;
 n = quantidade de dados do conjunto;
 \bar{X} = média dos dados do conjunto
 X_i = Cada um dos dados pertencentes ao conjunto
 Σ = Somatório

Para fins de interpretação dos resultados da análise de variância levou-se em consideração os métodos de Banzatto e Kronka (2006), que dentre outras recomendações sugere que seja definido a hipótese alternativa e a hipótese nula, como forma de apresentar os resultados da interpretação. Desta forma, a hipótese nula (H_0) indica que não há diferença entre as médias dos tratamentos, já a hipótese alternativa (H_1) aponta que pelo menos a média de um dos tratamentos se difere dos demais.

O modelo estatístico utilizado levou em consideração a comparação de cada tratamento com a testemunha adicional. Neste modelo específico de análise (com testemunha adicional), um dos testes recomendados para uma análise estatística comparativa ou de contraste é o “Teste de Dunnett” (Figura 24), este deve ser aplicado quando o interesse é comparar as médias dos grupos tratados com a média do controle, devendo para isto estabelecer o nível de significância (VIEIRA, 2006).

Figura 24. Fórmula da diferença mínima significativa (Teste de Dunnett).

$$d.m.s = d \sqrt{\frac{2 \times QMR}{r}}$$

Onde: d.m.s. = Diferença mínima significativa;
 d = Valor tabelado;
 r = Número de repetições de cada tratamento;
 QMR = Quadrado médio do resíduo;
 Desta forma, aplicou-se na fórmula o nível de significância (d) a 5%, para todas as variáveis biométricas.

Para que seja feito a análise de regressão, como também a análise de variância da regressão, Banzatto e Kronka (2006) recomendam que nos experimentos onde os tratamentos são quantitativos, como doses crescentes de adubação por exemplo, sejam utilizados o método de polinômios ortogonais, isto quando os valores dos tratamentos são igualmente espaçados, ou seja, em projeção aritmética.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados analisados foram divididos em dois grupos de variáveis, as biométricas (crescimento), já que se trata de uma planta onde sua parte de maior interesse comercial é a folha e as fisiológicas (trocas gasosas).

4.1 Variáveis biométricas

Verificou-se que em todas as variáveis biométricas analisadas no presente trabalho, houve diferença significativa dos tratamentos em relação a testemunha adicional (Tabela 7). Entretanto, quando analisamos entre as doses de macrófita, observamos que não houve diferença significativa pelo teste F. Diferença significativa verificada entre os tratamentos se deu apenas na comparação entre a macrófita e a testemunha adicional, pelo teste Dunnett.

Tabela 7. Análise de variância do quadrado médio para os dados de massa fresca da parte área (MF), massa seca da parte área (MS), número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC), altura (A) e diâmetro da planta (DP) de alface submetidas a diferentes adubações, Redenção-CE, 2022.

FV	GL	Quadrado Médio					
		MF (g)	MS(g)	NF	DC (mm)	A (cm)	DP (cm)
Tratamentos	5	8.640,02*	19,93*	31,64*	8,79*	34,76*	36,87*
Doses Macrof.	4	3.247,49 ^{ns}	8,11 ^{ns}	16,33 ^{ns}	2,63 ^{ns}	8,92 ^{ns}	22,71 ^{ns}
Doses Macrof. x Testemunha	1	30.210,13*	67,23*	92,88*	33,45*	138,11*	93,48*
Blocos	3	659,87	2,36	1,52	0,51	0,57	7,77
Resíduo	15	2.089,78	4,23	5,4	1,86	4,6	11,10
Total	23						

(*) Resultado significativo ao nível de 5% de probabilidade; (^{ns}) Resultado não Significativo.

Para a fonte de variação blocos, a análise não foi significativa ao nível de 5% de probabilidade, portanto não podemos rejeitar a hipótese nula. Assim concluímos que o fator controlado pelos blocos não foi determinante para os resultados obtidos, podendo se afirmar que os valores alcançados nas variáveis biométricas observadas, foram determinados principalmente pela fonte de variação tratamento, ou seja, pelas doses de adubação aplicada (Tabela 7).

Tendo em vista que o resultado da análise de variância apresentou resultados significativos para todas as variáveis biométricas apenas quando comparado com a testemunha adicional aplicou-se o teste de Dunnett (Tabela 8).

Tabela 8. Médias absolutas e teste Dunnett para os dados de massa fresca da parte área (MF), massa seca da parte área (MS), número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC), altura (A) e diâmetro da planta (DP) de alface submetidas a diferentes adubações, Redenção-CE, 2022.

Tratamentos	Doses aplicadas (kg m ⁻²)	Variáveis biométricas					
		MF (g)	MS(g)	NF	DC (mm)	A (cm)	DP (cm)
D0	0	73,00*	4,89*	13,37*	10,05*	11,77*	18,13*
D1	4	78,31*	5,00*	13,64*	9,89*	11,58*	19,01*
D2	8	119,13 ^{ns}	7,34 ^{ns}	16,26 ^{ns}	10,91*	13,45*	21,74 ^{ns}
D3	12	102,13*	5,92*	15,37*	10,08*	12,27*	20,03 ^{ns}
D4	16	141,44 ^{ns}	8,09 ^{ns}	18,29 ^{ns}	11,81 ^{ns}	15,18 ^{ns}	24,13 ^{ns}
T.A (Testemunha Adicional)	14	198,00	10,74	20,67	13,72	19,29	25,91

Valores seguidos de (*) foram significativos pelo teste Dunnett a 5%; Valores seguidos de (ns) não foram significativos.

Os resultados do teste Dunnett demonstraram que para as doses D0 e D1, ou seja, quando não se adicionou macrófita e quando se adicionou 4 kg m⁻², respectivamente, os valores foram significativos em todas as variáveis biométricas observadas, isto significa dizer que estes tratamentos, resultaram em valores significativamente inferiores em relação à testemunha adicional.

Nos tratamentos com doses intermediárias (D2 e D3), não se observou um padrão de resposta, uma vez que em D2 (8 kg m⁻²), o teste apresentou efeito significativo apenas nas variáveis DC (Diâmetro do Caule) e A (Altura), indicando inferioridade deste tratamento em relação ao esterco, apenas para estas variáveis; enquanto que em D3 (12 kg m⁻²) o valor foi significativo em todas as variáveis, exceto para a variável DP (Diâmetro da planta). Indicando portanto, que esta dose resultou em valores estatisticamente iguais à testemunha adicional com exceção da variável DP (Tabela 9).

O tratamento no qual aplicou-se a dose mais elevada de macrófita (D4 = 16 kg m⁻²) produziu resultados estatisticamente idênticos em todas às variáveis em relação à ao tratamento com esterco (Testemunha Adicional = 14 kg m⁻²), sendo, portanto, uma dose a ser recomendada, por proporcionar as mesmas produtividades que o esterco bovino (Tabela 8).

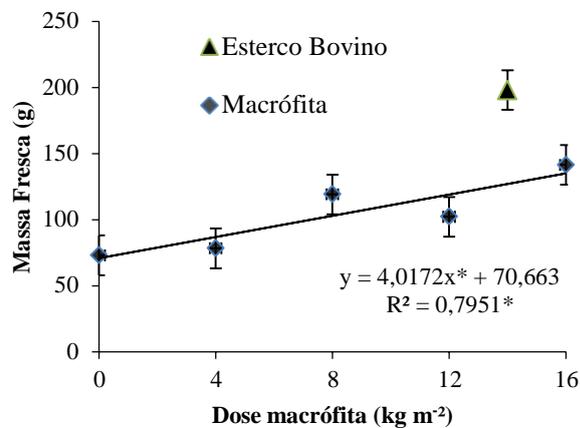
Ao analisar as médias absolutas dos resultados de todas as variáveis biométricas, é possível observar que houve uma oscilação ascendente à medida que se aumentou a dose de macrófita aplicada de forma que os resultados se ajustaram à regressão linear.

Desta forma, a análise de regressão para as variáveis de massa fresca da parte área (MF), massa seca da parte área (MS), número de folhas (NF), altura (A) e diâmetro da planta (DP), demonstrou que as mesmas foram significativas, ou seja, os resultados obtidos, não

foram objeto do acaso e sim da associação entre a variável resposta e os tratamentos aplicados. Já os desvios das regressões não foram significativos, ou seja, as distâncias entre os valores obtidos e os valores “preditos” ficaram bem próximos, sendo este um fator desejável. Diferente das demais variáveis o diâmetro do caule (DC) não apresentou efeito significativo em nenhuma das regressões.

Para a variável massa fresca, os resultados encontrados estão em consonância com os obtidos por Santos (2011), que trabalhou com diferentes fontes de adubação orgânica nesta mesma cultura, encontrou valores de MF variando entre 35,52 (g) (sem adubação) a 134,43 (g) (esterco bovino). Esses valores estão próximos dos encontrados neste trabalho. Tendo em vista que o autor utilizou doses abaixo desta pesquisa (3 kg m⁻²), proporcionalmente seus resultados foram bem superiores, porém, ressalta-se que sua análise de solo demonstra que o nível de nutrientes da área foi bem acima dos nutrientes do solo apresentados neste trabalho.

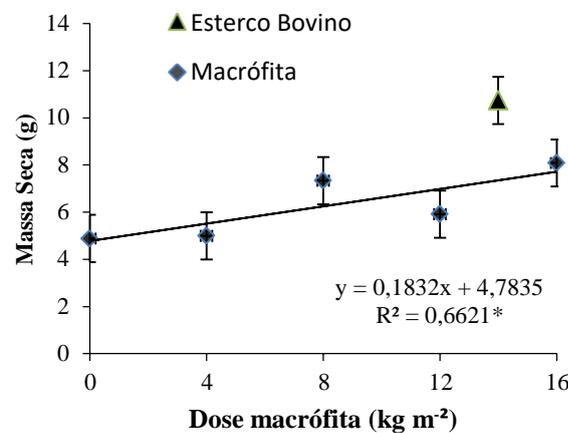
Gráfico 1. Massa fresca de plantas de alface submetidas a diferentes condições de adubação. Redenção-CE, 2022.



O aumento da massa fresca evidenciado no gráfico 1, é corroborado pelo trabalho de Rodrigues (2016), que avaliando diferentes doses de adubação orgânica, constatou a mesma semelhança de proporcionalidade à medida que se aumentou a dose do composto orgânico, resultado em aumento da massa fresca. No entanto, o mesmo afirma que para uma produção equilibrada e sustentável financeiramente é preciso estabelecer uma dose ideal, de modo que nem sempre a dose que proporcionar o maior desempenho biológico será a mais adequada e/ou recomendada. Isto é um fator relevante a ser considerado, pois aspectos como, custos, disponibilidade de material, qualidade entre outros, são fatores que podem influenciar na dose de adubação para que se obtenha a melhor produtividade, com o menor custo.

Em relação à massa seca (MS), o gráfico 2 aponta para uma linha ascendente à medida que se aumenta as doses de adubação. Ao compararmos com a variável (MF) os valores da (MS) ficaram mais próximos da testemunha adicional (Esterco Bovino), isso pode estar relacionado com teores de umidade presentes na planta no momento da colheita, que não necessariamente são produtos do efeito da adubação. Em valores absolutos, a dose de macrófita com melhores feitos ficou 25% abaixo da testemunha adicional, enquanto para a MF a mesma dose ficou 29% abaixo da mesma testemunha.

Gráfico 2. Massa seca de plantas de alface submetidas a diferentes condições de adubação. Redenção-CE, 2022.



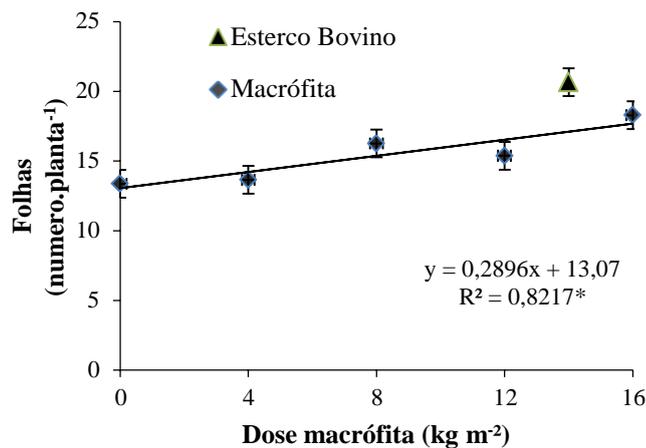
Trabalhando com diferentes fontes de adubação orgânica, Abreu *et al.* (2010) encontraram valores de MS, para esterco bovino, proporcionalmente superiores em relação as doses de adubação deste trabalho, exceto a dose de composto orgânico, que apresentou valores inferiores em relação às doses D2 (8 kg m⁻²) e D4 (16 kg m⁻²) de macrófita, ou seja, os resultados obtidos pela macrófita, nestas referidas doses, superaram o composto orgânico.

Cabe destacar que a diferença entre a regressão de MF e MS se manteve de maneira proporcional, de modo que não houve inversão na linha de tendência de crescimento dos valores observados, fato este que não ocorreu no trabalho de Abreu *et al.* (2010). Há que se considerar também que fatores como cultivar, clima, solo e manejo aplicado na cultura, influenciam de forma considerável o desempenho da cultura (COLARICCIO; CHAVES, 2017), não sendo, portanto, possível considerar que apenas o fato isolado do esterco aplicado ser o único responsável pela produtividade superior.

A variável número de folhas (gráfico 3) apresentou coeficiente de determinação ($R^2=0,8217$) significativo, demonstrando qualidade nos ajustes dos resultados ao modelo.

Neste sentido a diferença entre a testemunha adicional (Esterco Bovino) e a dose de macrófita (D4), em termos absolutos, foi de apenas 11%. Isso demonstra que não há uma distância relevante entre o resultado alcançado pela macrófita e a testemunha adicional. Resultados semelhantes foram encontrados por Santos *et al.* (2015).

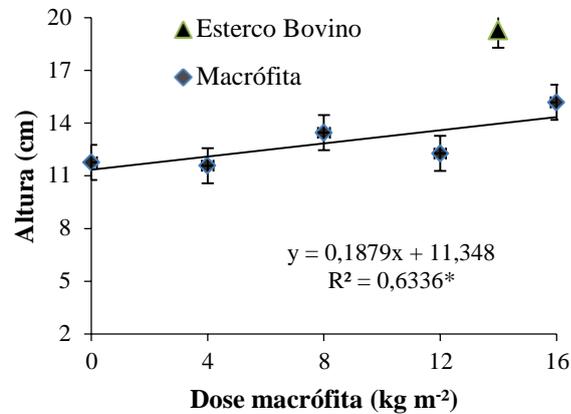
Gráfico 3. Número de folhas de plantas de alface submetidas a diferentes condições de adubação. Redenção-CE, 2022.



Em termos comerciais, o número de folhas pode variar bastante entre regiões, e condições de produção, como plantios hidropônicos, com e sem cobertura, etc. Porém, Ferreira (2021), trabalhando em ambiente protegido e com condições de clima e temperatura muito próximos dos parâmetros exigidos pela cultura da alface, considerou que o padrão comercial das folhas foi definido como sendo 20 folhas maiores que 10 cm de comprimento, por planta. Desta forma, os valores obtidos com a aplicação das doses D2 (8 kg m⁻²) e D4 D2 (16 kg m⁻²) de macrófita ficaram próximos destas referências estabelecidas, e a dose de esterco bovino ficou praticamente igual.

Em relação à variável altura (gráfico 4), os dados mostram uma variação de 11 (cm) a 15 (cm) entre as doses de macrófita, isto está dentro dos mesmos resultados encontrados por Duarte *et al.* (2012), que trabalhando com doses de adubação orgânica a base de manureira encontrou valores entre 12 (cm) e 16 (cm).

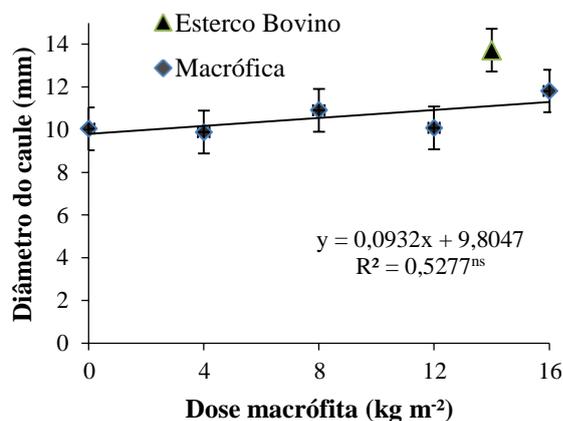
Gráfico 4. Altura de plantas de alface submetidas a diferentes condições de adubação. Redenção-CE, 2022.



O gráfico 4 mostra ainda, que o coeficiente angular da reta ($y=0,1879x$) é positivo e ascendente, o que demonstra a influência das doses de adubação no resultado desta variável. Da mesma forma, o coeficiente de determinação ($R^2= 0,6336$) também se apresentou significativo.

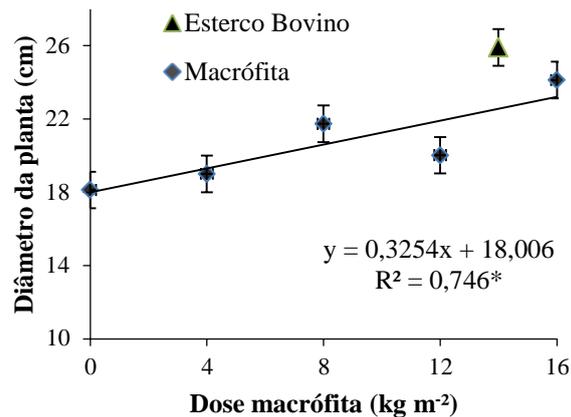
De todas as variáveis biométricas analisadas, o diâmetro do caule foi a única que não apresentou efeito significativo ($p=0,1049$) em nenhuma das regressões (Gráfico 5). Da mesma forma Rodrigues (2016), trabalhando com doses crescentes de composto orgânico a base de esterco bovino e restos de gramíneas, não encontraram resultados estatisticamente significativos. De modo geral, a média das doses de macrófita foi de 10,68 (mm), enquanto a testemunha adicional ficou em 13,72 (mm).

Gráfico 5. Diâmetro do caule de plantas de alface submetidas a diferentes condições de adubação. Redenção-CE, 2022.



Por fim, a variável diâmetro das plantas (DP), apresentada no gráfico 6 nos mostra que, o coeficiente angular da reta ($y = 0,3254x$) é diferente de zero e positivo, isto implica em uma correlação direta entre às doses aplicadas e os resultados obtidos.

Gráfico 6. Diâmetro das plantas de alface submetidas a diferentes condições de adubação. Redenção-CE, 2022.



Com base no que está sendo apresentado no gráfico como também nos dados da tabela 10, podemos perceber que o diâmetro da copa variou entre 19,01cm para a dose 1 e 24,13 cm para a dose 4, sendo que, estatisticamente, o efeito produzido pelas doses D2, D3 e D4 não foram significativos quando comparados a testemunha adicional (Esterco Bovino), desta forma podemos afirmar que os resultados obtidos com essas doses de macrófita produzem os mesmos efeitos que a dose de esterco bovino.

De maneira geral, as variáveis biométricas demonstraram na maioria dos testes estatísticos que as doses D2 (8 kg m⁻²) e D4 (16 kg m⁻²), foram as que produziram os mesmo efeitos que a testemunha adicional (esterco bovino). Esses resultados podem ter sido influenciados pela diferença na quantidade de fósforo (P) presentes na macrófita e no esterco bovino (LANA *et al.*, 2004; ALVES *et al.*, 1996). De modo que, a dose de esterco bovino aplicada representou uma disponibilização do nutriente em 693 kg ha⁻¹ enquanto que a maior dose de macrófita disponibilizou 160 kg ha⁻¹. Desta forma, para que a macrófita alcance desempenhos ainda melhores, poderia ser adotado a suplementação com fósforo via pó de rocha.

4.2 Trocas gasosas

Os dados de condutância estomática (gs), taxa de transpiração (E), fotossíntese (A) e índice relativo de clorofila (IRC) foram submetidos à análise de variância ($p > 0,05$), e os resultados demonstraram que avaliando o fator isolado (doses de macrófitas), nenhuma das variáveis de trocas gasosas tiveram diferença significativa. Por outro lado, quando se avaliou a interação entre as doses de macrófita e a testemunha adicional (Esterco bovino), verificou-se que teve diferença significativa apenas para a variável IRC (Tabela 9).

Tabela 9. Análise de variância do quadrado médio para condutância estomática (gs), taxa de transpiração (E), fotossíntese (A), e índice relativo de clorofila (IRC) de alface submetidas a diferentes adubações, Redenção-CE, 2022.

FV	GL	Quadrado Médio			
		gs (mol H ₂ O m ⁻² S ⁻¹)	E (mmol H ₂ O m ⁻² S ⁻¹)	A (CO ₂ m ⁻² S ⁻¹)	IRC
Tratamentos	5	0,14 ^{ns}	2,61 ^{ns}	13,03 ^{ns}	19,93*
Doses Macrof.	4	0,17 ^{ns}	3,26 ^{ns}	16,24 ^{ns}	8,11 ^{ns}
Doses Macrof. x Testemunha	1	0,05 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,19 ^{ns}	67,24*
Blocos	3	0,18 ^{ns}	11,61 ^{ns}	11,29 ^{ns}	2,36 ^{ns}
Resíduo	15	0,29	5,17	26,37	4,22
Total	23				

(*) Resultado significativo ao nível de 5% ($p > 0,05$) de probabilidade; (^{ns}) Resultado não Significativo.

Araújo (2017) trabalhando com doses de adubação orgânica na cultura da alface roxa, também não encontrou resultados significativos para as mesmas variáveis fisiológicas. Porém, ao desdobrar os graus de liberdade, a autora verificou significância na regressão linear para as variáveis transpiração (E) e condutância estomática (gs), fato este que não foi verificado neste trabalho.

As trocas gasosas são influenciadas por diversos fatores, como nível de nutrientes, tipo de solo e principalmente a frequência e quantidade de irrigação aplicada, sendo esta uma das mais importantes, pois a capacidade de retenção de água do solo, juntamente com o tipo de adubo utilizado, pode influenciar na regulação do equilíbrio hídrico das plantas. Segundo Larcher (2004) em condições de estresse hídrico associado a outros fatores, a eficiência da fotossíntese e a capacidade da planta em se adaptar às condições ambientais extremas é afetada. Tendo em vista que a cultura da alface não foi submetida ao estresse hídrico, podemos inferir que o fator adubação e solo não influenciaram de maneira significativa essas variáveis, com exceção do IRC.

Como a variável IRC mostrou variação significativa entre os tratamentos, aplicou-

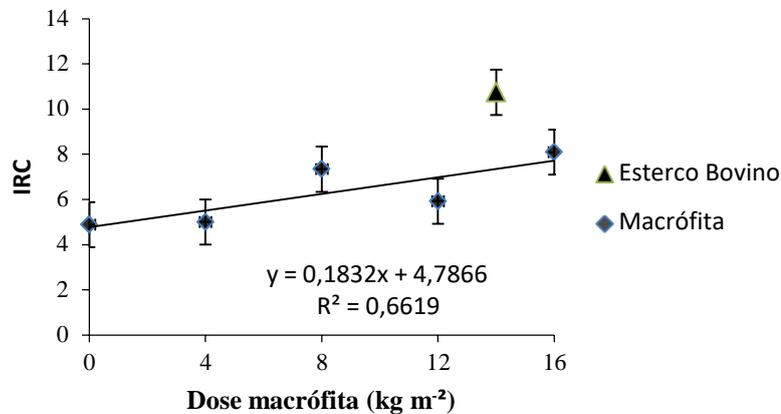
se o teste de Dunnett para a mesma (Tabela 10), e os resultados demonstraram que para as doses D0, D1 e D3 da macrófita, os valores foram significativos, isto significa dizer que estas doses aplicadas, resultaram em valores significativamente inferiores em relação à testemunha adicional. Em outras palavras, podemos afirmar que as demais doses produziram resultados estatisticamente iguais à dose de esterco bovino. Dessa forma, é possível a utilização de macrófita aquática como uma alternativa viável na adubação orgânica da alface, desde que aplicado nas doses que não apresentaram significância estatística em relação à testemunha adicional.

Tabela 10. Teste de Dunnett aplicado ao índice relativo de clorofila (IRC) de alface submetidas a diferentes adubações, Redenção-CE, 2022.

F.V	Médias observadas					
	D0	D1	D2	D3	D4	T.A.
Macrófita	4,89*	5,00*	7,3 ^{ns}	5,92*	8,09 ^{ns}	-
Esterco Bovino (Testemunha Adicional - T.A)						10,74

Ao analisarmos o gráfico 7 percebemos que a variável IRC foi diretamente influenciada pelo aumento nas doses de adubação de macrófitas aplicadas. A análise de variância da regressão se ajustou ao efeito linear apenas para índice relativo de clorofila, onde se observou um aumento crescente nos resultados à medida que se aumentou os níveis de adubação (Gráfico 7). Os menores valores foram observados nas doses 0 (kg m^{-2}), 4 (kg m^{-2}) e 12 (kg m^{-2}), que correspondem às doses D0, D1, e D3 de macrófita, respectivamente. Por outro lado, nas doses D2 (8 (kg m^{-2} de macrófitas) e D4 (16,0 kg m^{-2}) foram encontrados os maiores valores de IRC.

Gráfico 7. Índice Relativo de Clorofila das plantas de alface submetidas a diferentes condições de adubação. Redenção-CE, 2022.



Godoy *et al.* (2008) também encontraram valores significativos de IRC na cultura do café e, com efeito linear, à medida que se amentou as doses de nitrogênio via fertirrigação, havendo, portanto, uma correlação entre a adubação aplicada e o IRC. No entanto, ao se observar os dados das análises químicas de esterco bovino (testemunha comparativa) e da macrófita, percebeu-se que ambos possuem níveis de nitrogênio iguais, não sendo este o fator que poderia explicar os valões de IRC abaixo da dose de esterco bovina. Por outro lado, a absorção de nitrogênio na planta está relacionada com o teor de fósforo presente no solo (ALVES *et al.*, 1996), isto pode explicar uma maior absorção do N presente no esterco bovino, tendo em vista o seu teor de P maior que o presente na macrófita (Tabela 6).

Desta forma, o que pode explicar o baixo IRC da macrófita em relação à dose de esterco bovino aplicado pode estar nos níveis de ferro (Fe) e manganês (Mn), uma vez que esses nutrientes estão em quantidades extremantes elevadas, como mostra as análises químicas da macrófita aquática. Assim, segundo Silva (2018), o excesso de manganês e de ferro podem levar a danos oxidativos nas células das plantas limitando, portanto, o crescimento e desenvolvimento das mesmas.

O baixo teor de magnésio presente na macrófita pode também ter influenciado no desempenho produtivo da cultura, pois o mesmo é responsável por boa parte da fotossíntese e transferência de energia para a planta (NOVAES, *et al.*, 2007), como também é essencial para o desenvolvimento do sistema radicular, influenciando diretamente no crescimento e aumento da produtividade e absorção de nutrientes. Sua deficiência causa clorose entre as nervuras das

plantas, afetando a taxa fotossintética o conseqüentemente a capacidade da planta produzir seu próprio alimento (MALAVOLTA *et al.*, 1997).

4.3 Importância da macrófita para a produção orgânica.

Os dados deste trabalho, demonstraram que a utilização da macrófita aquática como fonte de adubação orgânica na cultura da alface, traz resultados satisfatórios na sua produtividade. Mas para além dos ganhos produtivos, como também a possibilidade do seu uso em outras culturas, isto pode trazer também vantagens do ponto de vista estratégico e sustentável por permitir e facilitar sua aplicação em unidades produtivas que estejam em processo de certificação orgânica ou até mesmo as que já possuem esta qualificação.

A legislação brasileira sobre a produção orgânica, principalmente a lei 10.831/2003, trata deste assunto com bastante critério e visa principalmente garantir a qualidade e a segurança dos produtos por ela regidos, para isso deixa bem claro que agrotóxicos e fertilizantes químicos na agricultura orgânica são proibidos (BRASIL, 2003). A utilização destes produtos sintéticos é bem restrita e somente permitida em casos específicos, onde o órgão certificador atuará para identificar estas especificidades, quando não houver alternativas viáveis dentro da legislação.

Segundo a legislação dos orgânicos, os insumos utilizados na agricultura orgânica, que se incluem neste caso os esterco animais, cama de frango, compostos orgânicos e demais adubos orgânicos utilizados na produção, devem ser de origem natural e preferencialmente de outras propriedades que já estão consolidadas neste modo produtivo (BRASIL, 2003). Isto fica mais claro no Regulamento Técnico para Produtos Orgânicos Vegetais e Animais do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), que dentre outras normas, orienta que, adubos como esterco bovino, por exemplo, devem ser de origem certificada, ou seja, proveniente de outras propriedades que seguem as normas da agricultura orgânica. Vale ressaltar que este mesmo decreto foi atualizado pela Portaria n.º 52 de março de 2021, mas que não alterou e não invalidou o mesmo, apenas inseriu informações novas, como a lista de produtos permitidos dentro do sistema de produção orgânica (BRASIL, 2007).

A lei destaca também que as propriedades em regime de transição do sistema convencional para o orgânico, só podem utilizar insumos provenientes de outras propriedades também certificadas ou de dentro da própria propriedade, desde que cumpram com uma série de restrições impostas pelas certificadoras, que podem ir desde o período de carência, ou ciclo de produção das culturas.

Neste sentido, a macrófita aquática produzida nos reservatórios de dentro da

própria propriedade pode ser uma grande aliada, para os produtores que desejam ou que já estão em processo de transição para o sistema orgânico, tendo em vista que em locais onde há poucos produtores inseridos dentro deste mesmo sistema, se torna difícil para o produtor isoladamente conseguir todos os insumos necessários para iniciar uma transição seguindo a legislação e cumprindo-a fielmente suas normas.

5. CONCLUSÕES

Os resultados demonstraram que as doses de macrófita D2 (8 kg m⁻²) e D4 (16 kg m⁻²) produziram os mesmos efeitos alcançados pela testemunha adicional (Esterco bovino). Diante do exposto, conclui-se que a macrófita aquática *Salvinia* sp, se mostrou bastante promissora para ser utilizada como alternativa de adubação orgânica na cultura da alface, em comparação ao esterco bovino.

Observou-se ainda que a mesma possui características que podem contribuir para a agricultura orgânica e sustentável, desde que seja considerado os resultados das análises químicas e seu local de coleta.

Há alguns fatores que ainda precisam ser explorados com mais profundidade, como a capacidade de retenção de umidade, nível de decomposição, associação com outros adubos e sua eficiência quanto ao uso como substrato na produção de mudas.

REFERÊNCIAS

ABBASI, S. A.; NIPANEY, P. C.; PANHOLZER, M. B. Produção de biogás a partir da erva daninha aquática pistia (*Pistia stratiotes*). **Tecnologia de biorrecursos**, v. 37, n. 3, p. 211-214, 1991. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/096085249190185M>. Acesso em: 26. fev. 2023.

ABREU, I. M. D. O., Junqueira, A. M. R., Peixoto, J. R., & Oliveira, S. A. D. Qualidade microbiológica e produtividade de alface sob adubação química e orgânica. **Food Science and Technology**, v. 30, p. 108-118, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/chT VtChmRcDR8pKJkMzwLfx/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 04. mar. 2023.

ABREU, R. L. Mapa Cearense de Localização da Cidade de Redenção-CE. **WIIMEDIA COMMONS**, 2006. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ceara_Muni_cip_Redencao.svg. Acesso em: 23. jan. 2023.

AQUINO, A. B. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará Fortaleza**. Fortaleza: UFC, 1993. 247 p.

ALVES, V. M. C.; NOVAIS, R. F.; OLIVEIRA, M. F. G.; BARROS, N. F. Efeito da omissão de fósforo na absorção de nitrogênio por híbridos de milho (*Zea mays*, L.). **EMBRAPA MILHO E SORGO**. Revista Ceres. V.XLIII. n. 248. p. 435-443. 1996. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/474702/efeito-da-omissao-de-fosforo-na-absorcao-de-nitrogenio-por-hibridos-de-milho-zea-mays-l>. Acesso em: 23. mar. 2023.

AMENDOLA, E. C. **Evolução da Agricultura Irrigada por pivô central no Noroeste Paulista**. 2016. 51f. TCC (Graduação). Curso de Engenharia Agrônômica, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Ilha Solteira –SP, 2016. Disponível em: https://www2.feis.unesp.br/irrigacao/pdf/emanoel_tcc_versao_final2.pdf. Acesso em: 02. fev. 2023.

ARAÚJO, J. L. M. R. **Desempenho de alface roxa (*Lactuca sativa* L.) em resposta a diferentes doses de esterco bovino, cultivada em garrafas pet**. 2017. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Paraíba. Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias (Agroecologia). Bananeiras-PB. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/24387>. Acesso em: 17. mai. 2023.

ARAÚJO, E. N.; LOURIVAL, A. P.; CAVALCANTE, F.; PEREIRA, W. E. BRITO, N. M.

NEVES, C. M. L. SILVA, É. Produção do pimentão adubado com esterco bovino e biofertilizante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n. 5, 2007. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/237340447_Producao_do_pimentao_adubado_com_esterco_bovino_e_biofertilizante. Acesso em: 18. jun. 2023.

ARAÚJO, F. A.; TIRITAN, C. S.; OLIVEIRA, T. R. Compostos orgânicos semicurados na adubação de pastagem degradada de *Brachiaria decumbens*. **Revista**

Ciência Agronômica, v.40, n. 1,p.1-6, jan-mar, 2009. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/277742121_Compostos_organicos_semicura_dos_na_adubacao_de_pastagem_degradada_de_Brachiaria_decumbens. Acesso em: 16. mar. 2023.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4. ed. Jaboticabal, SP:FUNEP, 2006. 237 p. ISBN 858763271X.

BARRETO, A. C.; FERNADES, M. F. Circular técnica 19: Recomendações técnicas para o uso da adubação verde em solos de tabuleiros costeiros. **EMBRAPA**. Aracaju-SE, dez 2001. Disponível em:
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/360273/1/CircularT19.pdf>. Acesso em: 08. jul. 2023.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E C. **Manual de Irrigação**. 8. ed. e ampl. Viçosa, MG: UFV, 2011. 625 p.

BEVILACQUA, Helena Elisa C. R. Classificação das hortaliças. **Horta: cultivo de hortaliças**. São Paulo: Prefeitura do Município de São Paulo, Secretaria Municipal do Verde do Meio Ambiente, p. 1-6, 2006. Disponível em:
https://www.agriculturaurbana.org.br/textos/manual_horta.pdf. Acesso em: 01. mai. 2022.

BORTOLIN, L. H. G. C. **Simulação do clima de 2050 em campo e seus efeitos sobre o crescimento de forrageiras**. Tese (Doutorado em Ciências, Ecologia e Recursos Naturais – Universidade Federal de São Carlos, 2016. 135f. Disponível em:
<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/8328/TeseLHGCB.pdf>. Acesso em: 07. maio. 2023.

BRASIL. Decreto nº 6.323, de 27 de dezembro de 2007. Regulamenta a Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003, que dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília DF, 28 dez. p. 2, 2007. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Decreto/D6323.htm. Acesso em: 04. mai. 2023.

BRASIL. Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília DF, 24 dez. 2003.
https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/2003/L10.831.htm. Acesso em: 19. nov. 2023.

CARVALHO, A. M. P (org.). **Ensino de Ciências por Investigação: Condições para Implementação em Sala de Aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2018.

CLEMENTE, Flavia Maria Vieira Teixeira. **Produção de Hortaliças para a Agricultura Familiar**. Brasília, 1. ed., 108 p., 2015. Disponível em:
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1020866>. Acesso em: 03. nov. 2022.

COLARICCIO, A.; CHAVES, A. L. R. **Aspectos Fitossanitários da Cultura da Alface**. Instituto Biológico, São Paulo - SP, n. 29, p.1-126, jul. 2017. ISSN 2594-6080. Disponível em:
http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/files/pdf/Boletins/Alface_2017/boletim_alface.pdf

. Acesso em: 09. ago. 2022.

CREMA, L. C.; QUARESMA, A. C.; SILVA, V. M. F. Conhecendo as macrófitas aquáticas da Amazônia. *In: LOPES, A.; PIEDADE, M. T. F. Conhecendo as áreas úmidas amazônicas: uma viagem pelas várzeas e igapós*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2015. p. 41-49. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/35702>. Acesso em: 16. nov. 2022.

DUARTE, A. S.; SILVA, E. F. F.; ROLIM, M. M.; FERREIRA, R. F. A. L.; MALHEIROS, S. M. M.; ALBUQUERQUE, F. S. Uso de diferentes doses de manípueira na cultura da alface em substituição à adubação mineral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Capina Grande –PB, V.16, n.3, p. 262-267, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/8KYDn5qGTjvGzmMsRB7vT9x/>. Acesso em: 23. ago. 2023.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Interciência: Rio de Janeiro-RJ. 1998.

FERREIRA, E. R.; *et al.* MACRÓFITAS AQUÁTICAS
BIOINDICADORAS DEMUDANÇAS CLIMÁTICAS
EM RESERVATÓRIO LÊNICO DE UMA FAZENDA
EXPERIMENTAL ?. *In: Geranilde Costa e Silva; Maria do Socorro Moura Rufino; Joaquim Torres Filho; José Cleiton Sousa dos Santos. (Org.). UNILAB 10 anos, pesquisa e desenvolvimento: desafios e oportunidades em ciência, tecnologia e engenharia*. 1ed. Fortaleza: Imprece, 2020, v. 1, p. 198-. Disponível em: <https://unilab.edu.br/wp-content/uploads/2021/08/LIVRO-UNILAB-10-ANOS-VOLUME-1-FINALIZADO-definitivo.pdf> . Acesso em: 12. mar. 2023.

FERREIRA, L. M. **Respostas ecofisiológicas e de produção de alface a fertilizantes nanoparticulados empregados na solução nutritiva em sistema hidropônico comercial**. 2021. 95 f. Dissertação (Mestrado em Manejo e Conservação de Ecossistemas Naturais e Agrários) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2021. Disponível em: <https://locus.ufv.br/handle/123456789/28004>. Acesso em: 09. Set. 2022.

FERREIRA, R. A. C. **Gestão de um Estufa**. Portugal. Escola Superior de Tecnologia e Gestão - Instituto Politécnico da Guarda. Guarda. 2016.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. rev. ampl. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2012. 421 p. ISBN 9788572693134.

FINLAYSON, C. Max. Taxas de crescimento de *Salvinia molesta* no Lago Moondarra, MonteIsa, Austrália. **Botânica Aquática**, v. 18, n. 3, p. 257-262, 1984. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0304377084900676>. Acesso em: 16. jun. 2022.

FILHO, J. A. A. A cultura da Alface. *In: COLARICCIO, A.; CHAVES, A. L. R. Aspectos Fitossanitários da Cultura da Alface*. Instituto Biológico, São Paulo - SP, n. 29, p.1-126, jul. 2017. ISSN 2594-6080. Disponível em: <http://repositoriobiologico.com.br/jspui/handle/123456789/170>. Acesso em: 23. jun. 2023.

FRAGOSO JR, Carlos Ruberto; FERREIRA, Tiago Finkler; MARQUES, David da Motta. **Modelagem ecológica em ecossistemas aquáticos**. São Paulo: Oficina de textos, 2009.

FREITAS, E. F. M.; FARIAS, H. F. L.; SILVA, S. M. C.; NETO, S. A. N. Avaliação da velocidade de infiltração da água no solo e uniformidade de distribuição da água de irrigação por pivô central. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 1. ISSN: 1982-7679 Fortaleza/CE. 2018. Disponível em: https://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/arti_cle/view/734/0. Acesso em: 04. set. 2022.

GENTELINI, A. L. *et al.* Produção de biomassa das macrófitas aquáticas *Eichhornia crassipes* (aguapé) e *Egeria densa* (egeria) em sistema de tratamento de efluente de piscicultura orgânica. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 2, p. 441-448, 2008. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/2833>. Acesso em: 14. set. 2022.

GODOY, L. J. G.; SANTOS T. S.; BOAS, R. L. V.; JUNIOR J. B. L.. Índice relativo de clorofila e o estado nutricional em nitrogênio durante o ciclo do cafeeiro fertirrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, fev 2008, v. 32, v. 1, p. 217 – 226. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/xgryqGFKpRXS6pjFkx3zMZN/>. Acesso em: 03. ago. 2022.

GUIMARÃES, F. P. *et al.* Estudos laboratoriais de acúmulo e toxicidade de arsênio em *Eichhornia crassipes* e *Salvinia auriculata*. **Journal of the Brazilian Society of Ecotoxicology**, v. 2, n. 2, p. 109-113, 2006. Disponível em: https://ecotoxbrasil.org.br/upl_oad/31714873182d3badba49617a9feee4ae-estudos%20laboratoriais%20de%20ac_omulo%20e%20toxicidade.pdf. Acesso em: 16. Mar. 2023.

HENRY-SILVA, G.G.; CAMARGO, A. F. M. Composição química de macrófitas aquáticas flutuantes utilizadas no tratamento de efluentes de aquicultura. **Planta Daninha [online]**. Viçosa-MG, v. 24, n. 1, p. 21-28, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582006000100003>. Acesso em: 15. jan. 2022.

HENZ, Gilmar Paulo; SUINAGA, F. A. Tipos de alface cultivados no Brasil. Brasília, novembro de 2009. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/783_588/1/cot75.pdf. Acesso em: 09.abr. 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agropecuária 2021**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/br>. Acesso em: 29. nov. 2022.

KUMAR, V. V.; *et al.* Implementation of iot in smart irrigation system using arduino processor. **Journal of civil engineering and technology**. 2017.

LANA, M. M. **Hortaliça não é só salada: alimentação saudável sem desperdício**. 1ª Ed. Brasília, DF: Embrapa 2021; 68 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1131848/hortalica-nao-e-so-salada-alimentacao-saudavel-sem-desperdicio>. Acesso em: 04. mar. 2023.

LANDAU, E. C., GUIMARÃES, L. D. S., HIRSCH, A., GUIMARÃES, D. P., 65 MATRANGOLO, W. J. R., & GONÇALVES, M. T. (2013). **Concentração**

geográfica da agricultura familiar no Brasil. EMBRAPA. 2013. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/965105>. Acesso em: 29. nov. 2022.

LANA, R.M.Q.; ZANÃO JÚNIOR, L.A.; LUZ, J.M.Q.; SILVA, J.C. Produção da alface em função do uso de diferentes fontes de fósforo em solo de Cerrado. **Horticultura Brasileira, Brasília**, v.22, n.3, p. 525-528, jul-set 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/9tPhqW7dYkXqSBSnY5jPnKd/#>. Acesso em: 14. abr. 2023.

LARA, L. S. P. **Estudo de técnicas de automação na irrigação para agricultura com focona irrigação por pivô central.** Ouro Preto/MG, 2014. Disponível em: <http://www.em.ufop.br/images/MonografiasControleAutomacao/2014/LucianoSevrinoPereiraLara.pdf>. Acesso em: 08. ago. 2022.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**, São Carlos: Rima artes, 2004. 531 p.

LOPES, C. A.; QUEZADO D. A. M.; REIS, A. **Doenças da Alface.** Brasília: EmbrapaHortaliças, 2010. 68 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. D. Princípios, métodos e técnicas de avaliação do estado nutricional. In: MALAVOLTA, E., VITTI, G. C. e OLIVEIRA, S. D. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações.** Piracicaba, SP: Potafós, 1997. p. 115-230.

MANTOVANI, E. C. **AVALIA:** Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada. Viçosa, MG: UFV, 2001.

MARANGONI, S. M.; FILHO, T. M.; MAC-LEAN, P. A. B.; SATOLO, E. G. Práticas antiperdas na fase pós-colheita em uma cadeia de abastecimento de hortaliças. **Ver. Agro. Amb.**, v.15, n.4, e10015,2022-e-ISSN2176-9168. Disponível em: <https://periodicos.u.nicesumar.edu.br/index.php/rama/issue/view/244>. Acesso em: 19. jun. 2023.

MARCONDES, D. A.; MUSTAFÁ, A. L.; TANAKA, R. H. Estudos para manejo integrado de plantas aquáticas no reservatório de Jupia. In: THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. (org.). **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas.** Maringá: EDUEM, 2003. p. 299-317.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. **Seleção de Sistemas de Irrigação para Hortaliças.** Brasília: Embrapa. 1998. 15 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/75698/1/ct-98.pdf>. Acesso em: 05. set. 2022.

NASCIMENTO, V. F.; FEITOSA, E. O.; SOARES, J. I. Uniformidade de distribuição de um sistema de irrigação por aspersão via pivô central. Cassilândia/MS. **Revista de agricultura neotropical**, v. 4, n.4, 2017. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/agrin eo/article/view/1643>. Acesso em: 21. abr. 2023.

NOGUEIRA, G. dos S. **Tratamento de efluente de aquicultura com macrófitas flutuantes: revisão sistêmica e metanálise.** 2019. 33 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca) - Universidade Estadual do Oeste do

Paraná, Toledo, 2019. Disponível em: <https://tede.unioeste.br/handle/tede/4599>. Acesso em: 25. out. 2022.

NOVAES, F. R.; ALVAREZ, V. H.; CANTARUTTI, R. B. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

PIEIDADE, M.T.F.; JUNK, W. J. Sustainable management of species diversity and primary production of herbaceous plants of the central Amazon floodplain. **German-Brazilian Workshop on Neotropical Ecosystems – Achievements and Prospects of Cooperative Research Hamburg: Concepts and Paradigms for Management of Ecosystem Resources**, 2000. P. 721-729. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/29926>. Acesso em: 14. set. 2022.

PEDRALLI, G. Macrófitas Aquáticas: Técnicas e Métodos de Estudos. **Estudos de Biologia**. n. 26, Curitiba: EDUCA, 24p. 1990.

PENA, P. G.; NORTHCROSS, A. L.; LIMA, M. A. G.; REGO, R. C. F. Derramamento de óleo bruto na costa brasileira em 2019: emergência em saúde pública em questão. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 36, n. 2, p. e00231019, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/RdpV54PDWjxktvSjhJRCvTP>. Acesso em: 16. jan. 2023.

PENTEADO, Silvio Roberto. **Manual prático de agricultura orgânica: fundamentos e práticas**. 2. ed. atual. Campinas: Edição do Autor, 2010. 232 p. ISBN 9788590788232

POMPÊO, Marcelo. Monitoramento e manejo de macrófitas aquáticas. **Oecologia brasiliensis**, v. 12, n. 3, p. 5, 2008. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001705487>. Acesso em: 05. mar. 2022.

PRADO, J. Criptogamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. Pteridophyta: 18. Salviniaceae. **HOEHNEA**, São Paulo, vol. 33, p. 107-110, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hoehnea/a/ZPtxyH9NZkKqKz74m5mDRhc/?lang=pt>. Acesso em: 12. nov. 2022.

REDDY, K. R.; BUSK, W. F. **Nutrient removal potential of selected aquatic macrophytes**. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America, 1985. Disponível em: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/jeq1985.00472425001400040001x>. Acesso em: 06. out. 2022.

RODRIGUES, A. N. A.; AZEVEDO, D. M. P.; LEÔNIDAS, F. C.; COSTA, R. S. C. **Interpretação de análise de solo e recomendação de adubação e calagem**. EMBRAPA – CPAF Rondônia, 1998. 17p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/703120>. Disponível em: 04. set. 2022.

RODRIGUES, R. R. Desenvolvimento da Alfaca em Diferentes Níveis de Adubação Orgânica. **Agroecol**. Dourados- MS. 2016. Disponível em: <https://www.cpao.embrapa.br/cds/agroecol2016/PDF's/Trabalhos/Desenvolvimento%20da%20Alface%20em%20Diferentes%20N%3%adveis%20de%20Aduba%c3%a7%c3%a3o%20Org%c3%a2nica.pdf>. Acesso em: 03. mar. 2023.

ROLON, A. S. **Diversidade de Macrófitas Aquáticas em Áreas úmidas do Parque Nacional da Lagoa do Peixe**. 2011. 112 f. Tese (Doutorado) Universidade Federal de São Carlos, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/1740/3992.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=A%20Plan%C3%ADcie%20Costeira%20do%20estado,2004>). Acesso em: 14. nov. 2022.

SALA, F.C.; COSTA, C.P. Retrospectiva e tendência da alfacicultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 30, n. 2, p. 187-194, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/CBJR93vn5NKt4Z9BLMWWYDJ/?lang=pt>. Acesso em: 16. set. 2022.

SAMPAIO, E. V. S. B.; OLIVEIRA, N. M. B. Aproveitamento da macrófitas aquática *Egeria densa* como adubo orgânico. *Planta Daninha*, v. 23, n. 2, p. 169-174, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/tT4dZnRN5dxKJZHVsngQMCh/>. Acesso em: 11. nov. 2022.

SANTOS, C. A. P. **Produção da alface crespa e umidade do solo em função de diferentes fontes de matéria orgânica e cobertura do solo**. 2011. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Sergipe. Programa de Pós-Graduação em agroecossistemas. São Cristóvão-Sergipe. Disponível em: https://ri.ufs.br/jspui/bitstream/riufs/6630/1/CARLOS_ALLAN_PEREIRA_SANTOS.pdf. Acesso em 27. fev. 2023.

SANTOS, M. A. L. et al. Produção da cultura da alface (*Lactuca sativa* L) em função das lâminas de irrigação e tipos de adubos. **Revista Ciência Agrícola**, v. 13, n. 1, p. 33-39, 2015. Disponível em: <https://www.seer.ufal.br/index.php/revistacienciaagricola/article/view/1652/2332>. Acesso em: 15. ago. 2022.

SANTOS, S. R.; PEREIRA, G. M. Comportamento da alface tipo americana sob diferentes tensões da água no solo, em ambiente protegido. **Engenharia Agrícola**. 2004. 24, 3, 569-577. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/NFGdypYMJKtZDsnjZdQz3tn/#>. Acesso em: 16. jun. 2023.

SCREMIN-DIAS, E.; POTT, V. J.; HORA, R. C. da; SOUZA, P. R. de. Nos jardins submersos da Bodoquena: guia para identificação de plantas aquáticas de Bonito e região. Campo Grande: UFMS, 1999. 160 p.

SEBRAE. **Alface**: Saiba como cultivar hortaliças para colher bons negócios. 1. ed. Brasília – DF: SEBRAE, 2011.

SELLITTO, M. A.; VIAL, L. A. M.; VIEGAS, C. V. Critical success factors in Short Food Supply Chains: case studies with milk and dairy producers from Italy and Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 170, p.1361-1368, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652617322473?via%3Dihub>. Acesso em: 12. ago. 2023.

SILVA, E. M. N. C. P.; FERREIRA, R. L. F.; NETO, S. E.; TAVELLA, L. B.; SOLINO, A. J. S. Qualidade de alface crespa cultivada em sistema orgânico, convencional e hidropônico. **Horticultura Brasileira**, v.29, 2011. Disponível

em: <https://core.ac.uk/display/10933342>. Acesso em: 28. jun. 2023.

SOUZA, R. B., ALCÂNTARA, F. A. **Adubação no sistema orgânico de produção de hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2008.

TONIN, J.; *et al.* Modelos lineares e não lineares para determinação indireta de clorofila em folhas de morangueiro. **Revista Interdisciplinar de Ensino, Pesquisa e Extensão**. 2016. Disponível em: https://www.academia.edu/72237877/Modelos_Lineares_e_N%C3%A3o_Lineares_Para_Determina%C3%A7%C3%A3o_Indireta_De_Clorofila_Em_Folhas_De_Morangueiro. Acesso em: 04. jun. 2023.

TRIPATHI, P. *et al.* Pistia stratiotes (Jalkumbhi). **Pharmacognosy Reviews**. v. 4, n. 8, p. 153-160, 2010. doi:10.4103/0973-7847.70909. Disponível em: <http://www.phcogrev.com/article/2010/4/8/1041030973-784770909> Acesso: 03. abr. 2022.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. **Recomendações de adubação e calagem parao Estado do Ceará**. Ano de publicação: 1993. Fortaleza, 1993.

VIANA, E. M.; VASCONCELOS, A. C. F. Produção de alface adubada com termofosfato e adubos orgânicos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 02, 2008. Disponível em: <http://periodicos.ufc.br/revistacienciaagronomica/issue/view/1348>. Acesso em: 8. jul. 2023.

VINA, T V. A.; SANTOS, A. P. G.; SOUSA, G. G.; NETO, L. G. P.; AZEVEDO, B. M.; AQUINO, B. F. Trocas gasosas e teores foliares de NPK em meloeiro adubado com biofertilizante. **Revista Brasileira de Ciência Agrária**. Recife, v.8, n.4, p.595-601, 2013. Disponível em: <http://www.agraria.pro.br/ojs32/index.php/RBCA/issue/view/29>. Acesso em: 12. mar. 2023.

VIEIRA, Sonia. **Análise de variância: (anova)**. São Paulo: Atlas, 2006. 204 p. ISBN 9788522443031.

VILELA, Nirlene Junqueira; LUENGO, Rita de Fátima Alves. Produção de hortaliças nos Brasil. **Campo&Negócios**. Uberlândia-Minas Gerais, 2017. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/category/artigos/hortifrutif/>. Acesso em: 15. jan. 2023.

WOLFF, Grazielle *et al.* Efeitos da toxicidade do zinco em folhas de *Salvinia auriculata* cultivadas em solução nutritiva. **Planta daninha**, v. 27, p. 133-137, 2009. Disponível em: <https://core.ac.uk/display/27066498>. Acesso em: 18. jun. 2023.

WRUBLEWSKI, R. **Desempenho e eficiência de aplicação de água de mini canhão de irrigação com diferentes diâmetros de bocais**. Monografia (graduação). Curso de agronomia. Universidade Federal da Fronteira Sul. Erechim/RS. 2014. 36f. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/164/1/WRUBLEWSKI.pdf>. Acesso em: 29.abr. 2023.

XAVIER, J. O., Campos, M. C. s., RIBEIRO, S. T. M., MOTA, H. R. **Macrófitas aquáticas. Caracterização e importância em reservatórios hidrelétricos**. Belo Horizonte: Cemig, 2021.

YANG, H.; *et al.* SPAD values and nitrogen nutrition index for evaluation of rice

nitrogen status. **Plant Production Science**. 2015. Disponível em:
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1626/pps.17.81>. Acesso em: 03. fev. 2023.