

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO
GRANDE DO SUL
CAMPUS IBIRUBÁ**

NATHÁLIA TRAMONTINI GOELZER

**USO DO BIO INSUMO ÁGUA DE VIDRO NO CULTIVO ECOLÓGICO SOLTEIRO
E CONSORCIADO DE ALFACE E BETERRABA**

Ibirubá, 11 de julho de 2023

NATHÁLIA TRAMONTINI GOELZER

**USO DO BIO INSUMO ÁGUA DE VIDRO NO CULTIVO ECOLÓGICO SOLTEIRO
E CONSORCIADO DE ALFACE E BETERRABA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado junto ao curso Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – *Campus* Ibirubá, como requisito parcial da obtenção do grau de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Matos Montezano.

Ibirubá, 11 de julho de 2023

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, elevo meus agradecimentos aos Orixás, guias e entidades que me fizeram perceber a minha força para poder seguir e vencer todas as batalhas. Junto disso, levo meu agradecimento a Leopoldina Beatriz França, minha vó. O meu ponto de amor, paz, força, aprendizado e inspiração. Foi quem nunca desacreditou de mim e do meu potencial, foi quem ergueu minha cabeça nos momentos mais difíceis, foi quem me deu o amor mais puro e doce que eu poderia sentir, foi quem em suas palavras me deu força para me encontrar e seguir.

Agradeço ao meu querido avô Luiz Carlos Tramontini que sempre se preocupou e me auxiliou no que pode. Com ele aprendi como encarar a vida e tratar as pessoas, seus ensinamentos sobre justiça, disciplina, igualdade e fraternidade me fizeram chegar até aqui.

Agradeço aos meus professores que me auxiliaram nessa jornada. Agradeço ao meu orientador, Eduardo Matos Montezano, por me instigar em desbravar a produção ecológica, a entender melhor o meio ambiente e como podemos conciliar a produção junto de uma visão sustentável, mantendo o equilíbrio no ambiente.

Agradeço a minha professora e co-orientadora Raquel Lorensini Alberti, da qual desde os primeiros semestres teve a paciência para minha mente tão inquieta, e sempre apostou nos seus ensinamentos sobre uma sociedade igualitária, forte e justa.

Agradeço às minhas amigas Marina Parizotto Franciozzi e Eduarda Aparecida do Amaral, que sempre estiveram ao meu lado sem medir esforços para me ajudar. Agradeço em especial a minha namorada Letícia de Freitas Irrasabal da Silva, por todo amor, força, paciência e compreensão no processo.

Aos demais familiares, amigos e amigas que fizeram parte dessa trajetória, me auxiliando, dando força, apoiando e incentivando. Meu muito obrigado a todos, sei que sem os erros jamais haveriam os acertos, sei que sem as lágrimas, jamais haveria sorrisos, sei que sem a luta, jamais haveria a vitória! Ogunhê, meu pai!

RESUMO

Trabalho de Conclusão de Curso
Curso de Agronomia
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - *Campus Ibirubá*

USO DO BIO INSUMO ÁGUA DE VIDRO NO CULTIVO ECOLÓGICO SOLTEIRO E CONSORCIADO DE ALFACE E BETERRABA

AUTORA: Nathália Tramontini Goelzer
ORIENTADOR: Prof. Dr. Eduardo Matos Montezano
Ibirubá/RS, 11 de julho de 2023

A alface e a beterraba são as principais culturas de folhosas e tuberosas na horticultura brasileira, tendo também grande importância na economia e cenário agrícola mundial. Aliado a preocupação em cuidar do meio ambiente unindo a vontade de potencializar produção por meios sustentáveis e rentáveis, muitas propriedades estão adotando o sistema ecológico. Para isso este trabalho teve o objetivo de avaliar diferentes sistemas de cultivo, sendo o consórcio e solteiro com a aplicação e a não aplicação do bio insumo água de vidro e o uso eficiente da terra com UET/IEA. O experimento foi conduzido no Horto da Biodiversidade, localizado no IFRS Câmpus Ibirubá no período de 30 de agosto de 2022 até 21 de janeiro de 2023. O trabalho tratou-se de um experimento bifatorial, pois as análises de componente de rendimento das culturas se diferiram. Para a alface foi avaliado o número de folhas, massa fresca de parte aérea e massa seca de parte aérea. Já para a beterraba foi avaliado o número de folhas, massa fresca de parte aérea, massa seca de parte aérea, massa fresca de raiz e massa seca de raiz. Considerou-se um experimento em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), o qual foi submetido à análise de variância e ao teste de comparação de médias Tukey. Na alface o resultado significativo foi dado na massa fresca de parte aérea no sistema de cultivo solteiro com água de vidro, as demais variáveis não houveram interação entre os fatores avaliados. Para a beterraba a aplicação do bio insumo mostrou-se benéfico apenas para a massa seca da parte aérea, não havendo diferenças significativas nos resultados das demais variáveis analisadas. Nos resultados de UET/IEA o consórcio se mostrou benéfico, tanto com a aplicação do bio insumo, quanto sem a aplicação do mesmo.

Palavras-chave: *Lactuca sativa*, *Beta vulgaris*, caldas fitoprotetoras, silício, consórcio.

ABSTRACT

Completion of course work
Agronomy Course
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - *Campus Ibirubá*

USE OF THE BIO INPUT GLASS WATER IN SINGLE AND INTERCROWED ECOLOGICAL CULTIVATION OF LETTUCE AND BEET

AUTHOR: Nathália Tramontini Goelzer
ADVISOR: Prof. Dr. Eduardo Matos Montezano
Ibirubá/RS, July 11, 2023

Lettuce and beets are the main leafy and tuberous crops in Brazilian horticulture, also having great importance in the world economy and agricultural scenario. Together with the concern to care for the environment and the will to enhance production by sustainable and profitable means, many properties are adopting the ecological system. Therefore, the objective of this work was to evaluate different cultivation systems, being the intercropping and single with the application and non-application of the bio-input glass water and the efficient use of land with UET/IEA. The experiment was conducted in the Biodiversity Garden, located in the IFRS Câmpus Ibirubá in the period from August 30, 2022 to January 21, 2023. The work was a bifatorial experiment, because the analyzed variables of the crops differed. The lettuce was evaluated for the number of leaves, fresh mass of the aerial part, and dry mass of the aerial part. For the beet, the number of leaves, fresh aboveground mass, aboveground dry mass, fresh root mass, and root dry mass were evaluated. The results were arranged in Completely Randomized Delineation, and then Tukey's test was performed. In the lettuce the significant result was given in the aerial fresh mass in the cultivation system alone with glass water, the other variables there was no interaction between the factors evaluated. For beet, the application of the bio-input proved beneficial only for the dry mass of the aerial part, with no significant differences in the results of the other variables analyzed. In the results of UET/IEA the intercrop was beneficial, both with and without the application of the bio-input.

Key Words: *Lactuca sativa*, *Beta vulgaris*, horticulture, phytoprotectants, silicon, consortium.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Localização Horto da Biodiversidade. IFRS Campus Ibirubá, 2023.....	22
Figura 2- Manejo químico e de adubação realizado na área. (a) Pó de rocha. (b) Composto orgânico. (c) Distribuição no canteiro. IFRS Campus Ibirubá.....	24
Figura 3- Mangueira de PVC e conector em “T” com tampão. IFRS Campus Ibirubá.....	25
Figura 4- Sistema de mulching instalado. IFRS Campus Ibirubá.....	26
Figura 5- Distribuição das mudas. (a) Mudas de alface em sistema solteiro. (b) Mudas de beterraba em sistema solteiro. (c) Mudas de alface e beterraba em consórcio. IFRS Campus Ibirubá.....	27
Figura 6- Transplante manual e critérios de plantio das mudas. IFRS Campus Ibirubá.....	27
Figura 7- Distribuição das unidades experimentais em Inteiramente Casualizado. IFRS Campus Ibirubá.....	28
Figura 8- Diluição e aplicação do chorume a 10%. (a) Diluição do chorume em água. (b) Aplicação do chorume em plantas no dia 17 de novembro. (c) Aplicação do chorume no dia 30 de novembro. IFRS Campus Ibirubá.....	29
Figura 9- Preparo do bio insumo água de vidro. (a) Uma parte de cinza de madeira. (b) Uma parte de cal virgem. IFRS Campus Ibirubá.....	30
Figura 10- Registro das três aplicações a tardinha do bio insumo água de vidro. IFRS Campus Ibirubá.....	31
Figura 11- Colheita das culturas. a) Colheita da alface no dia 21 de dezembro de 2022. b) Colheita da beterraba no dia 9 de janeiro de 2023. IFRS Campus Ibirubá.....	32
Figura 12- Pesagem massa fresca da alface. (a) Separação das folhas para contagem. (b) Caule pesado junto da alface. (c) Pesagem massa fresca das amostras. (d) Amostras postas na estufa para secagem. IFRS Campus Ibirubá.....	33
Figura 13- Separação folha e raiz para pesagem da massa fresca da beterraba. IFRS Campus Ibirubá.....	34
Figura 14- Vistoria no canteiro, no dia 21 de novembro de 2022. IFRS Campus Ibirubá.....	50
Figura 15- Vistoria no canteiro, dia 29 de novembro de 2022. (a) Sistema de cultivo consorciado com aplicação do bio insumo água de vidro, (b) sistema de cultivo consorciado sem aplicação do bio insumo água de vidro IFRS Campus Ibirubá.....	50
Figura 16- Vistoria no canteiro, no dia 30 de novembro de 2022. (a) Coluna que corresponde aos diferentes sistemas de cultivo com a aplicação do bio insumo água de vidro, (b) coluna com diferentes sistemas de cultivo sem água de vidro. IFRS Campus Ibirubá.....	51
Figura 17- Vistoria no canteiro, no dia 12 de dezembro de 2022. (a) Coluna que corresponde aos diferentes sistemas de cultivo com a aplicação do bio insumo água de vidro, (b) coluna com diferentes sistemas de cultivo sem água de vidro. IFRS Campus Ibirubá.....	52
Figura 18- Colheita da alface, no dia 12 de dezembro de 2022. (a) Corresponde ao sistema de cultivo solteiro sem a aplicação do bio insumo água de vidro, (b) ao sistema de cultivo solteiro com a aplicação do bio insumo água de vidro, (c) ao sistema de cultivo consorciado sem água de vidro, (d) ao sistema de cultivo consorciado com água de vidro. IFRS Campus Ibirubá.....	53

Figura 18- Colheita da beterraba, no dia 9 de dezembro de 2023. (a) beterrabas de sistema de cultivo solteiro com a aplicação do bio insumo água de vidro, (b) beterrabas de sistema de cultivo solteiro com a aplicação do bio insumo água de vidro, (c) beterrabas de sistema de cultivo consorciado com a aplicação do bio insumo água de vidro, (d) beterrabas de sistema de cultivo consorciado sem a aplicação do bio insumo água de vidro. IFRS Campus Ibirubá.... 54

Figura 19- Laudo da análise de solo, 30 de agosto de 2022. IFRS Campus Ibirubá..... 55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Número de folhas e massa seca da parte aérea (g.planta ⁻¹) de alface (<i>Lactuca sativa</i>) em sistemas de cultivo solteiro e em consórcio. IFRS Campus Ibirubá, 2023.....	35
Tabela 2- Número de folhas e massa seca da parte aérea (g.planta ⁻¹) de alface (<i>Lactuca sativa</i>) submetida a aplicação de água de vidro. IFRS Campus Ibirubá, 2023.....	36
Tabela 3- Massa fresca de parte aérea (g.planta ⁻¹) de alface (<i>Lactuca sativa</i>) submetida a aplicação de água de vidro em sistemas de cultivo solteiro e em consórcio. IFRS Campus Ibirubá, 2023.....	37
Tabela 4- Número de folhas de beterraba (<i>Beta vulgaris</i>) submetida a aplicação de água de vidro em sistemas de cultivo solteiro e em consórcio. IFRS Campus Ibirubá, 2023.....	39
Tabela 5- Massa seca de parte aérea (g.planta ⁻¹) de beterraba (<i>Beta vulgaris</i>) submetida a aplicação de água de vidro em sistemas de cultivo solteiro e em consórcio. IFRS Campus Ibirubá, 2023.....	40
Tabela 6- Massa fresca da raiz, massa seca de raiz e massa fresca de parte aérea (g.planta ⁻¹) de beterraba (<i>Beta vulgaris</i>) em sistemas de cultivo solteiro e em consórcio. IFRS Campus Ibirubá, 2023.....	41
Tabela 7- Massa fresca da raiz, massa seca de raiz e massa fresca de parte aérea (g.planta ⁻¹) de beterraba (<i>Beta vulgaris</i>) submetida a aplicação de água de vidro. IFRS Campus Ibirubá, 2023.....	42
Tabela 8- Tabela de uso eficiente da terra e índice de eficiência da área (UET/IEA) para o sistema de cultivo consorciado da alface (<i>Lactuca sativa</i>) e da beterraba (<i>Beta vulgaris</i>). IFRS Campus Ibirubá, 2023.....	43

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1 PRODUÇÃO ECOLÓGICA DE ALIMENTOS.....	13
2.2 PRODUÇÃO DE HORTALIÇAS.....	14
2.2.1 Importância da cultura da alface (<i>Lactuca sativa</i>).....	15
2.2.2 Importância da cultura da beterraba (<i>Beta vulgaris</i>).....	15
2.2.3 Importância da interação entre a cultura da Alface (<i>Lactuca sativa</i>) e da Beterraba (<i>Beta vulgaris</i>).....	15
2.3 CULTIVO EM CONSÓRCIO DE ESPÉCIES HORTALIÇAS.....	16
2.3.1 Sistema de consórcio e o uso eficiente da terra.....	16
2.3.2 Competição das culturas em um sistema consorciado.....	17
2.3.3 Eficiência da interação de diferentes culturas em sistema consorciado.....	18
2.4 A IMPORTÂNCIA DAS CALDAS FITOPROTETORAS.....	18
2.4.1 O bio insumo água de vidro e suas características.....	19
2.4.2 O elemento químico Silício (Si).....	20
2.4.3 Benefício das fontes de Silício (silicatos).....	20
2.4.3.1 Silicato de Potássio (K ₂ SiO ₃).....	21
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	22
3.2 INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	23
3.2.1 Manejos realizado no experimento.....	23
3.2.2 Sistema de irrigação por gotejamento.....	24
3.2.3 Mulching.....	25
3.3 TRANSPLANTIO DAS MUDAS.....	26
3.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	28
3.4.1 Uso eficiente da terra e Índice de eficiência da área.....	28
3.6 PREPARO DA ÁGUA DE VIDRO.....	29
3.7 APLICAÇÃO ÁGUA DE VIDRO.....	30
3.8 COLHEITA.....	31
3.9 ANÁLISE DOS COMPONENTES DE RENDIMENTO.....	32
3.9.1 Análise dos componentes de rendimento da alface (<i>Lactuca sativa</i>).....	33
3.9.2 Análise dos componentes de rendimento da beterraba (<i>Beta vulgaris</i>).....	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1 FATORES AVALIADOS DA CULTURA DA ALFACE (<i>Lactuca sativa</i>).....	35
4.1.1 Número de folhas e massa seca da parte aérea de alface (<i>Lactuca sativa</i>)...	35
4.1.2 Massa fresca de parte aérea de alface (<i>Lactuca sativa</i>).....	37

4.2 FATORES AVALIADOS DA CULTURA DA BETERRABA (<i>Beta vulgaris</i>).....	38
4.2.1 Número de folhas de beterraba (<i>Beta vulgaris</i>).....	38
4.2.2 Massa seca de parte aérea de beterraba (<i>Beta vulgaris</i>).....	40
4.2.3 Massa fresca da raiz, massa seca de raiz e massa fresca de parte aérea de beterraba (<i>Beta vulgaris</i>).....	41
4.2.4 Uso eficiente da terra e Índice de eficiência da área (UET/IEA).....	43
5 CONCLUSÃO.....	45
REFERÊNCIAS.....	46
APÊNDICES.....	51
ANEXOS.....	56

1 INTRODUÇÃO

A produção de hortaliças em sistema ecológico é uma atividade em crescimento no mundo, devido à necessidade de proteger a saúde dos produtores e consumidores e de preservar o ambiente. Esse sistema de produção é usado, especialmente, por agricultores familiares, por sua adequação às características das pequenas propriedades com gestão familiar, pela diversidade de produtos cultivados em uma mesma área, pela menor dependência de recursos externos, com maior absorção de mão de obra familiar e menor necessidade de capital (SEDIYAMA *et al.*, 2014).

Dentre as práticas agrícolas aplicadas às culturas, podem-se considerar as diferentes formas de cultivo onde os custos variam, afetando o custo final da produção. No cultivo de várias culturas, pode-se recorrer ao monocultivo ou do consórcio, sendo que o cultivo em consórcio é uma forma de otimizar a utilização do uso da terra e ampliar as fontes de renda (REIS *et al.*, 2013).

Willey (1979) fala sobre a vantagem efetiva de um cultivo em consórcio, do qual será mais evidente quando as culturas envolvidas apresentarem diferenças entre as suas exigências frente aos recursos disponíveis, a fim de que possa ser explorada ao máximo a chamada complementaridade temporal e diminuição de competição.

Dentro das muitas possibilidades de sistemas de cultivo múltiplo, o caso particular dos sistemas de consórcio tem recebido atenção especial, principalmente devido à riqueza de suas interações ecológicas e do arranjo e manejo das culturas no campo, que contrastam com os sistemas agrícolas modernizados, assentados sobre a exploração de monoculturas, uso intensivo de capital e de produtos originários do setor industrial, como fertilizantes sintéticos e pesticidas (Santos, 1998).

A alface (*Lactuca sativa* L.) e a beterraba (*Beta vulgaris* L.) se destacam como hortaliças de expressão sócio-econômica e se apresentam como alternativas para um sistema de consórcio, uma vez que estas são bastante cultivadas por grandes e pequenos produtores (SEDIYAMA *et al.*, 2014).

Além da comparação entre um sistema solteiro e consorciado, se vê a importância das caldas fitoprotetoras. As mesmas são compostas de produtos de origem primária, como a casca de arroz carbonizada, cinzas de lenha, cal virgem e óleos vegetais são um exemplo onde a mistura desses componentes formam uma solução capaz de auxiliar produtores em relação à proteção das culturas contra fatores bióticos e abióticos, que podem acarretar em déficit de produção.

Dessa forma, é crescente o interesse por práticas alternativas de controle de pragas e doenças nos agroecossistemas para reduzir o uso sintético de inseticidas, fungicidas, acaricidas (LUCINI *et al.*, 2010; AZEVEDO *et al.*, 2013). As caldas fitoprotetoras, preparadas a partir de substâncias de origem natural, podem ser boas alternativas de controle de algumas pragas e patógenos de plantas, visto que, na maioria das vezes, possuem baixa toxicidade, não possuem especificações de seu uso ao meio ambiente, são de fácil disponibilidade e de custo reduzido (LOVATTO *et al.*, 2021).

Além disso, algumas caldas tem como função questões nutritivas e fortalecedoras para as plantas, sendo o caso do bio insumo água de vidro. Pinheiro (2018) cita que a água de vidro é utilizada como o “bombeiro ecológico” em diversas culturas. Esse bio insumo é a base de silicatos solúveis, o mesmo age como controlador osmótico e supressor de reservas de lignina nas plantas.

Diante do descrito, o presente trabalho tem por objetivo avaliar o efeito da água de vidro no cultivo ecológico solteiro e consorciado das culturas hortícolas da alface (*Lactuca sativa* L.) e beterraba (*Beta vulgaris* L.) e sua influência nos aspectos fitotécnicos dessas hortaliças. Também, teve em vista estudar a influência dos sistemas solteiro e consorciado de alface e beterraba sobre o uso eficiente da terra.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PRODUÇÃO ECOLÓGICA DE ALIMENTOS

Conforme cita a Embrapa (2006) a expressão agricultura de base ecológica, atualmente utilizada nas discussões, deve ser colocada no plural: agricultura de base ecológica ou, simplesmente, agriculturas ecológicas. Esta sutileza traduz a preocupação em considerar a diversidade existente no conceito de Agroecologia e os seus diferentes formatos tecnológicos de produção de alimentos. Esta diversidade é crucial, ao denotar a riqueza que as diferentes formas de produzir alimentos ecologicamente apresenta quando aplicada às mais diferentes condições culturais, sócio-econômicas e ecológicas do nosso país. A diversidade ecológica é a base do equilíbrio e da estabilidade dos agroecossistemas, e da mesma forma, a diversidade das ideias e das construções sociais é imprescindível para o fortalecimento desses modelos de produção (GDETEM AGROECOLOGIA, 2006).

Segundo Lopes (2011) o sistema convencional de manejo agrícola utilizado pela agricultura atual é caracterizado pela artificialização e simplificação dos agroecossistemas, formado geralmente por plantas geneticamente similares ou idênticas, que têm sido selecionadas com o propósito de aumento da produtividade, sendo altamente dependentes de insumos externos a propriedade (pesticidas, fertilizantes solúveis, máquinas e combustíveis). Tal manejo proporciona um severo desequilíbrio ecológico e tende a alterar os processos de autorregulação de pragas e doenças, diminuindo o poder de recuperação dos agroecossistemas frente às adversidades climáticas e fitossanitárias, desregulando a estabilidade, flexibilidade, resiliência, equidade e autossuficiência que os agroecossistemas diversificados possuem.

Ferreira *et al.*, (2017) afirmam que a adoção de sistemas sustentáveis de produção, como os sistemas agroecológicos, vem aumentando consideravelmente nos últimos anos, impulsionada principalmente pela demanda da sociedade por alimentos que apresentem maior qualidade e que, em seu processo produtivo, resultem em menores impactos ambientais. Como reflexo, o mercado de produtos orgânicos cresce de 20 a 30% ao ano, tendo movimentado em 2014 dois bilhões de reais, com projeção de R\$ 2,5 bilhões para o ano de 2016. Além do aumento do número de produtores e área cultivada, a agregação de valor a esse produto, decorrente de um mercado com comercialização diferenciada e da sua forma de

produção, contribuem para o bom desenvolvimento dessa opção tecnológica para produzir alimentos (BRASIL, 2016).

Os sistemas de produção, nos quais o ambiente desempenha um papel fundamental e ativo, embora não apresentem consenso em relação à terminologia, têm como princípio uma relação de respeito com a natureza. Assim, do ponto de vista prático, existe um entendimento harmonioso entre as diversas correntes, no sentido de que o fortalecimento da ideologia e do setor dependem da união e do trabalho conjunto de agricultores, consumidores, processadores e comerciantes (DULLEY, 2003).

A produção de hortaliças em sistema de base ecológica é uma atividade em crescimento no mundo, em decorrência da necessidade de se proteger a saúde dos produtores e consumidores e de preservar o ambiente, dentre outras. Esse sistema de produção é usado, especialmente, por agricultores familiares, por sua adequação às características das pequenas propriedades com gestão familiar, pela diversidade de produtos cultivados em uma mesma área, pela menor dependência de recursos externos, com maior absorção de mão de obra familiar e menor necessidade de capital (SEDIYAMA *et al.*, 2014).

Sediyama (2014) ainda afirma que na produção de hortaliças, algumas práticas são essenciais para condução das hortas e a produção de insumos destinados ao sistema orgânico. Dentre elas, a produção de mudas, de fertilizantes orgânicos, de biofertilizantes, de vermicompostos e de adubos verdes.

2.2 PRODUÇÃO DE HORTALIÇAS

A produção e o consumo de hortaliças é uma atividade quase sempre presente em pequenas propriedades familiares, seja como atividade de subsistência ou para comercialização do excedente agrícola, caracterizada pela diversificação, pela limitação de área e baixa fertilidade dos solos. Entretanto, o agricultor também é dotado de imensa preocupação com a preservação dos recursos naturais e a qualidade de vida (MONTEZANO *et al.*, 2006).

Segundo De Melo *et al.* (2007) a maioria da produção de hortaliças, cerca de 60%, está concentrada em propriedades de exploração familiar com menos de 10 hectares intensivamente utilizadas, tanto no espaço quanto no tempo. Os autores ainda citam que a olericultura ainda se caracteriza por ser uma atividade econômica de alto risco em função de problemas fitossanitários, maior sensibilidade às condições climáticas adversas e maior

vulnerabilidade à sazonalidade da oferta gerando instabilidade de preços praticados na comercialização.

2.2.1 Importância da cultura da alface (*Lactuca sativa*)

Dentre as hortaliças folhosas, a alface (*Lactuca sativa*) é a que apresenta maior produção e consumo. A alface tem grande importância na alimentação e na saúde humana, consumida, principalmente na forma de saladas, sendo fonte de fibras, sais minerais e vitaminas, além de conter baixo teor calórico (FERNANDES *et al.*, 2002). Esse valor se deve não só ao sabor e qualidade nutritiva, como também pela facilidade de aquisição, produção durante o ano todo e baixo custo (OLIVEIRA *et al.*, 2004).

2.2.2 Importância da cultura da beterraba (*Beta vulgaris*)

A beterraba é uma importante espécie olerícola, que apresenta as raízes como o mais importante produto comercial. No Brasil, seu cultivo intensificou-se grandemente com a imigração europeia e asiática, sendo cultivadas exclusivamente variedades de mesa. Souza *et al.*, (2003) cita um aumento crescente na procura por esta hortaliça, tanto para utilização nas indústrias de conservas e alimentos infantis, como para consumo in natura.

2.2.3 Importância da interação entre a cultura da Alface (*Lactuca sativa*) e da Beterraba (*Beta vulgaris*)

Segundo REIS *et al.*, (2013) a alface (*Lactuca sativa*) e a beterraba (*Beta vulgaris*) se destacam como hortaliças de expressão sócio-econômica e se apresentam como alternativas para um sistema de consórcio, uma vez que estas são bastante cultivadas por grandes e pequenos produtores.

2.3 CULTIVO EM CONSÓRCIO DE ESPÉCIES HORTALIÇAS

O consórcio de hortaliças é um importante componente dos sistemas agrícolas sustentáveis e consiste no desenho de combinações espaciais e temporais, de duas ou mais culturas, na mesma área (SEDYIAMA *et al.*, 2014). A consorciação contribui para a estabilidade da atividade rural, assegurando colheitas escalonadas e possibilitando renda adicional para o produtor (ALTIERI *et al.*, 2003).

Além da maior densidade de plantas por unidade de área que o sistema de cultivo consorciado proporciona em relação ao monocultivo, tem-se melhor cobertura do solo, reduzindo a incidência de plantas daninhas e melhora a proteção do solo contra a erosão (BEETS, 1975; ZAFFORONI, 1987 *apud* REZENDE *et al.*, 2005). Outras vantagens atribuídas aos cultivos consorciados são: a maior eficiência na utilização da terra, diminuição dos riscos de perdas totais, melhor uso dos recursos ambientais, diminuição do uso de insumos não renováveis, tais como fertilizantes e agrotóxicos, ou pelo menos uso mais racional dos mesmos (HORWITH, 1985, *apud* REZENDE *et al.*, 2005).

2.3.1 Sistema de consórcio e o uso eficiente da terra

O sistema consorciado é empregado, sobretudo, nas pequenas propriedades, procurando-se dessa forma, aproveitar ao máximo as áreas disponíveis, os insumos e a mão de obra utilizada em capinas, adubações, aplicações de insumos e outros tratos culturais, além de possibilitar maior diversificação da dieta e aumento da rentabilidade por unidade de área cultivada (MONTEZANO; PEIL, 2006). A medida mais utilizada para avaliar a eficiência biológica de sistemas consorciados, em relação aos monocultivos, é o uso eficiente da terra (UET), expresso pelo índice de equivalência de área (IEA). Esse índice quantifica a área necessária para que as produções dos monocultivos se igualem às atingidas pelas mesmas culturas em associação, sendo considerado um método prático e bastante útil. O consórcio será vantajoso quando o IEA for superior a 1,0 e, quando inferior, o consórcio será prejudicial à produção, resultado avaliado pela produtividade (LIESSMAN, 2009; LIRA, 2011, *apud* SEDIYAMA *et al.*, 2014).

2.3.2 Competição das culturas em um sistema consorciado

O consórcio de hortaliças apesar de muito praticado é ainda pouco estudado pela pesquisa. As diferentes cultivares de hortaliças foram selecionadas visando o monocultivo, não sendo possível prever o comportamento de genótipos em consórcio a partir dos resultados obtidos com cultivares isoladas (NEGREIROS *et al.*, 2002). A produtividade das culturas em consórcio é afetada pelo período de convivência entre as espécies, determinado pela época de estabelecimento do consórcio.

A eficiência de sistemas consorciados é muitas vezes dependente da complementaridade entre as culturas. Quando o período de maior demanda pelos recursos ambientais das culturas consorciadas não é coincidente, a competição entre as mesmas pode ser minimizada, sendo esta situação denominada complementaridade temporal. Quando as diferenças na arquitetura das plantas favorecem a uma melhor utilização da luz, água e nutrientes disponíveis, ocorre a denominada complementaridade espacial. Entretanto, a complementaridade temporal é o principal fator determinante da eficiência dos sistemas consorciados normalmente empregados (WILLEY, 1979, *apud* MONTEZANO; PEIL, 2006).

O arranjo das culturas no espaço pode ser realizado em fileiras alternadas, em faixas, em mosaico, mistamente (sem arranjo definido), uma servindo de bordadura para a outra, ou uma servindo de cultura de cobertura do solo para a outra. O resultado dessa interação é o aumento da produtividade por unidade de área cultivada, da estabilidade econômica e biológica do agroecossistema, da eficiência de uso dos recursos disponíveis (solo, água, luz, nutrientes), da eficiência de uso da mão de obra, bem como a redução da infestação com plantas espontâneas, pragas e doenças (SEDIYAMA *et al.*, 2014).

Em um sistema de consorciação, a competição entre as plantas é maior pela luminosidade do que por água e nutrientes (PORTES, 1984). O melhor resultado observado em cultivo consorciado pode conferir às espécies avaliadas a condição de plantas companheiras. Tal condição é denominada por Ceretta (1986) de cooperação mútua, na qual tem-se um efeito benéfico entre as espécies e uma utilização máxima dos fatores de produção do meio.

2.3.3 Eficiência da interação de diferentes culturas em sistema consorciado

A eficiência e as vantagens de um sistema consorciado fundamentam-se, principalmente, na complementaridade entre as culturas envolvidas, sendo que esta será tanto maior, à medida que se consegue minimizar os efeitos negativos estabelecidos de uma cultura sobre a outra (CERETTA, 1986). A escolha criteriosa das culturas componentes e da época das suas respectivas instalações é de fundamental importância para que se possa propiciar uma exploração máxima das vantagens do sistema consorciado (TRENATH, 1975, *apud* MONTEZANO; PEIL, 2006).

Negreiros *et al.*, (2002) avaliando o desempenho de cultivares de alface e cenoura em dois sistemas de cultivo (solteiro e consorciado) observaram que as culturas tiveram produções adequadas para a comercialização, em ambos os sistemas de cultivos avaliados, verificando também que os índices de uso da terra apresentaram valores superiores a 1,0, comprovando a eficiência dos sistemas consorciados.

Avaliando o cultivo consorciado de alho e beterraba, em diferentes épocas de instalação e diferentes métodos de manejo de plantas daninhas, Teixeira (2005) citando Müller *et al.*, (1998), constataram que todos os tratamentos, nos diferentes manejos de plantas daninhas, apresentaram valores de uso eficiente da terra maiores do que 1,0, também conferindo vantagem ao sistema de cultivo consorciado. (Souza, 2002 *apud* Montezano, 2003) observou que o melhor arranjo para o sistema de consórcio de alface e beterraba foi de 40% de beterraba e 60% de alface.

2.4 A IMPORTÂNCIA DAS CALDAS FITOPROTETORAS

A proteção de plantas com métodos convencionais, por meio do uso de agrotóxicos, apresenta características bastante atraentes, como a simplicidade, a previsibilidade e a necessidade de pouco entendimento dos processos básicos do agroecossistema para sua aplicação BETTIOL *et al.*, (2009). A autora também cita que o uso intensivo de agrotóxico para o controle de doenças, pragas e plantas invasoras na agricultura tem, reconhecidamente promovido diversos problemas de ordem ambiental, como a contaminação de alimentos, do solo, da água e dos animais; a intoxicação de agricultores; a resistência de patógenos, de pragas e de plantas invasoras a certos agrotóxicos. Cita também que as interações biológicas são prejudicadas pela interferência dos produtos.

As caldas fitoprotetoras, preparadas a partir de substâncias de origem natural, podem ser boas alternativas de controle de algumas pragas e patógenos de plantas, visto que, na

maioria das vezes, possuem baixa toxicidade, não possuem especificações de seu uso ao meio ambiente, são de fácil disponibilidade e de custo reduzido (LOVATTO 2021). Além disso, essas caldas podem nutrir as plantas, ao possuírem uma rica variedade de micronutrientes, fósforo, cálcio, ferro, potássio e zinco, que exercem uma ação benéfica sobre o metabolismo das plantas e, por isso, são produtos conhecidos como “caldas nutricionais” e “caldas fitoprotetoras” (VENZON *et al.*, 2006).

O caminho para a rigidez das plantas será a força principal na ecologia química e agricultura ecológica. Os produtos com aminoácidos específicos, ácidos carboxílicos, fosfitos, silício, glicoproteínas e oligossacarídeos, pentosanos entre outros são os eliciadores para a imunidade e saúde das plantas ou seus sinergistas (PINHEIRO, 2018).

2.4.1 O bio insumo água de vidro e suas características

Segundo Pinheiro (2018) a água de vidro em agroecologia não é um insumo industrial, mas uma reação de conhecimento para enfrentar a alienação consumista criada pela indústria. Conforme o mesmo autor, a água de vidro é continuamente utilizada contra excesso de chuvas, período de seca, para evitar a perda de umidade, para evitar danos na formação de geadas nas hortaliças, frutas e ornamentais. Cabendo destacar que o autor ainda afirma que uma aplicação de três a quatro horas antes da formação da geada, salva até mesmo hortaliças tenras como a alface.

A água de vidro é considerada um bio insumo à base de silicatos solúveis que segundo Pinheiro (2018) é um importante protetor das plantas contra doenças fúngicas e bacterianas por diversas funções mecânicas e imunológicas.

Ainda, a literatura cita que a forma correta de fazê-la seria com cinzas, sobretudo oriundas de matérias-primas, como casca de arroz ou lenha. A mistura da cinza com Cal (viva ou apagada) e água quente forma um gel de silício, composto por silicatos, principalmente o silicato de potássio (PINHEIRO, 2018).

A fórmula do bio insumo água de vidro, consiste na soma de hidróxido de potássio, com cinzas e carbonato de potássio formando o silicato de potássio ($2 \text{ KOH} + \text{CINZAS} + \text{K}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{SiO}_3$).

2.4.2 O elemento químico Silício (Si)

O silício (Si) é o componente majoritário dos minerais do grupo dos silicatos, sendo o segundo elemento mais encontrado na crosta terrestre. Presente em altos teores no solo, principalmente na forma de silicatos (SiO_2 - mineral inerte das areias) (MADEIROS, 2010). Também, é um elemento importante para a condução da luz solar ao possuir quatro valências que permite a formação de cadeias inorgânicas com o potássio (K) arrastando outros minerais no metabolismo das plantas (PINHEIRO, 2018).

O silício é considerado um elemento útil e benéfico para as plantas (Malavolta, 1980; Marschner, 1995). Segundo Epstein (1999), plantas em ambiente enriquecido com silício diferem das cultivadas com deficiência do elemento, principalmente, quanto à composição química, resistência mecânica das células, características de superfície foliar, tolerância ao estresse abiótico e a ocorrência de pragas e doenças.

2.4.3 Benefício das fontes de Silício (silicatos)

Compostos contendo o elemento Si acumulam-se nos tecidos das plantas representando entre 0,1 a 10% da matéria seca (FAGUNDES, 2005). A definição das funções bioquímicas específicas de elementos traços como Si na nutrição das espécies mamíferas e das plantas ainda não foram bem esclarecidas. No entanto, em várias espécies vegetais a sua absorção traz inúmeros benefícios, para o crescimento e desenvolvimento, especialmente quando as plantas são submetidas a algum tipo de estresse, seja ele de caráter biótico ou abiótico (EPSTEIN, 1999).

Diversos outros benefícios são proporcionados pelo Si nas plantas, como a diminuição da transpiração, maior acúmulo de matéria seca e número de folhas, maior rigidez dos tecidos estruturais proporcionando folhas mais ereta e, assim, maior capacidade fotossintética, diminuição de acamamento e competição por luz (EPSTEIN, 1999).

O Silício fortifica estruturas da parede celular, conferindo aumento da lignificação, ativação de mecanismos específicos como produção de fitoalexinas e a síntese de proteínas relacionadas à patogênese (FAWE et al., 2001). Pode atuar na constituição de barreira física, resultando na ativação mais rápida e extensiva dos mecanismos de defesa, pré e pós-formados da planta (CHÉRIF *et al.*, 1992).

2.4.3.1 Silicato de Potássio (K₂SiO₃)

O silicato de potássio (K₂SiO₃) líquido e solúvel é uma das fontes mais utilizadas para o fornecimento de Si via aplicações foliares em plantas (ZENÃO JÚNIOR *et al.*, 2009). Carre-Missio *et al.*, (2010) traz resultados promissores quando relaciona o silicato de potássio para mancha de pestalotia (agente causal *Pestalotia longisetula*) no morangueiro. O autor cita que os silicatos solúveis podem afetar o desenvolvimento de alguns agentes patogênicos na superfície foliar, através da formação de uma barreira física ou de um efeito osmótico.

Faquin (2001) cita que o silicato de potássio é extremamente importante para plantas tidas como não acumuladoras desse nutriente. No entanto, o silicato de potássio, além de fornecer o silício, também fornece o potássio que é nutriente essencial para as plantas.

Apesar desses efeitos do silício, outros tantos surgem de forma contraditória em razão de ainda não se conhecer exatamente as funções do silício nas plantas; como o silício atua na sua fisiologia; quais as plantas mais beneficiadas com sua presença e quais as doses mais adequadas para cada tipo de cultura (RODRIGUES *et al.*, 2011).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O presente trabalho foi realizado no período de 30 de agosto de 2022 até 21 de janeiro de 2023 e conduzido no Horto de Biodiversidade na área agrícola e didática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Campus Ibirubá, localizada no município de Ibirubá- RS, sob as coordenadas geográficas 28°29'15.91" de latitude Sul, 53°06'38.42" de longitude Oeste e altitude de 449 metros (Figura 1).

Conforme a classificação climática de Köppen a Instituição localiza-se em uma região de clima do tipo "Cfa", subtropical úmido (MORENO, 1961). O solo pertence a Unidade de Mapeamento de Cruz Alta e é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solo, SiBCS (2018).

Figura 1- Localização Horto da Biodiversidade. IFRS Campus Ibirubá, 2023.



Fonte: Google Earth, 2023.

3.2 INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO

No dia 30 de agosto de 2022 foi realizada a análise da área onde foi instalado o experimento, pois a área do Horto da biodiversidade estava há muito tempo sem modificações físicas ou mecânicas. A área total destinada ao experimento somou em 20,0 metros quadrados, onde dentro desse perímetro foi realizada a coleta de solo em oito diferentes pontos numa profundidade de 0 a 20 cm. Em seguida, destinou-se as 8 amostras para a análise química no Laboratório de Solos do IFRS, Campus Ibirubá.

No dia 25 de outubro de 2022 o trabalho prosseguiu com a realização do encanteiramento na área de forma mecanizada com o uso do trator e implementos como a enxada rotativa e encanteiradeira. Foram feitos três canteiros na área onde cada um tinha o comprimento de 16,0 metros e 1,1 metros de largura. Apenas um canteiro foi selecionado e destinado para a pesquisa, e os demais destinados para trabalhos didáticos do campus.

3.2.1 Manejos realizado no experimento

Após o encanteiramento, no dia 27 de outubro de 2022 foram realizados os manejos necessários no solo (Figura 2). Foi feita a subsolagem utilizando o trator e o subsolador do campus, e assim também foi utilizado o encanteirador para a formação dos canteiros na área. Posteriormente, a limpeza dos canteiros foi realizada de forma manual com enxada e rastelo para retirada de plantas daninhas e palhadas que ali estavam.

Dando sequência aos manejos, foi realizada a calagem e a adubação de base na área conforme recomendado no Manual de Adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Esse também feito manualmente, foi utilizado 100 gramas por metro² de calcário dolomítico e a mesma dosagem para o pó de rocha. Já na adubação utilizou-se de 18 litros de composto orgânico, o mesmo produzido na unidade de compostagem da área agrícola do campus.

Todos esses manejos foram necessários no que antecedeu a instalação do sistema de irrigação, mulching e transplântio das mudas.

Figura 2- Manejo químico e de adubação realizado na área. (a) Pó de rocha. (b) Composto orgânico. (c) Distribuição no canteiro. IFRS Campus Ibirubá.



Fonte: Goelzer (2022).

3.2.2 Sistema de irrigação por gotejamento

O sistema de irrigação adotado foi por gotejamento, o qual gera benefícios como baixa vazão e maior distribuição de água, redução de desperdício e maior controle sobre a irrigação das culturas.

No dia 3 de novembro foram instaladas no canteiro, 2 mangueiras plásticas, com espaçamento entre emissores de 10 cm, as mangueiras tinham um total de 17 metros de comprimento. Posteriormente foi realizada a instalação de uma mangueira de PVC com 3 mm e num comprimento de 30 metros para condução central da água, e junto da mangueira foram realizados a instalação dos conectores em forma de “T” com tampão para melhor controle da irrigação (Figura 3).

O acionamento do sistema de irrigação foi realizado de forma manual e determinada a frequência de ativação conforme a necessidade das culturas. De início foram realizadas irrigações diárias. Com o acionamento pela manhã e desligamento pela tardinha até o pegamento das mudas. Após o processo de pegamento e observação de maior desenvolvimento das mesmas, as irrigações seguiram de três a quatro vezes por semana até o ponto ideal de colheita. Os critérios para a irrigação também dependeram da umidade do solo.

Figura 3- Mangueira de PVC e conector em “T” com tampão. IFRS Campus Ibirubá.



Fonte: Goelzer, 2022.

3.2.3 Mulching

Para facilitar os tratos culturais e manejos necessários nas plantas, foi adotado o uso da cobertura plástica mulching com filme plástico dupla face branco/preto, com a face branca à vontade para cima.

No dia 4 de novembro foi dada a instalação dessa tecnologia que sucedeu a do sistema de irrigação e, auxiliou o controle de plantas daninhas, a redução da temperatura e manutenção da umidade e de temperatura do solo, não deixando com que as hortaliças tivessem contato com o mesmo (Figura 4).

O filme plástico selecionado para instalação possuía 18,0 metros de comprimento e 2,5 metros de largura. Para não haver riscos do filme plástico sofrer com ventos e chuvas, foi necessário o aterramento do mesmo para prender melhor ao solo. No filme de mulching foram feitos furos em “x” para posterior transplante das mudas. Foi necessário o auxílio dos servidores que trabalham na área agrícola do campus para realizar tal ação e dar continuidade ao trabalho.

Figura 4- Sistema de mulching instalado. IFRS Campus Ibirubá.



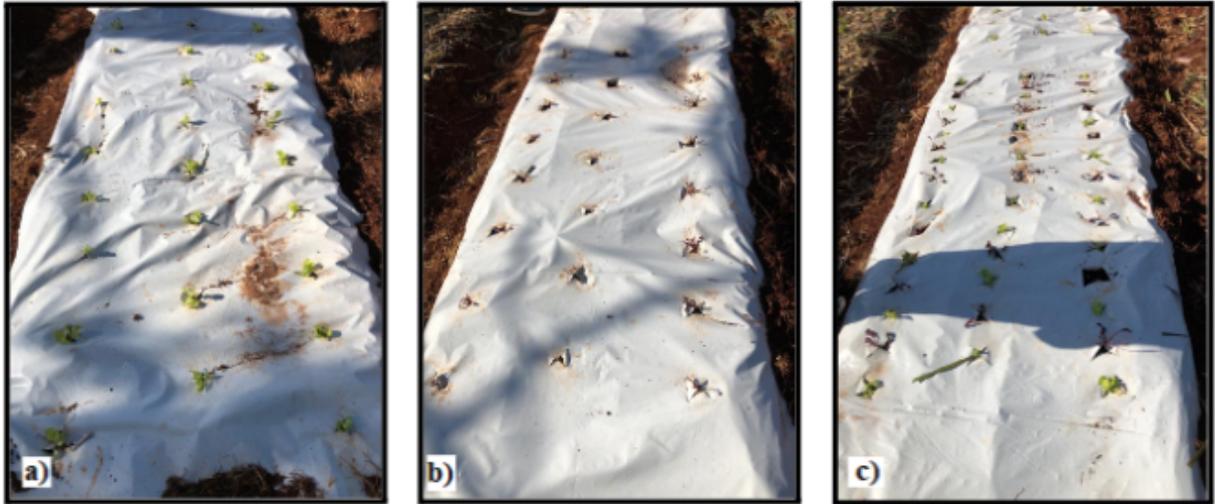
Fonte: Goelzer, 2022.

3.3 TRANSPLANTIO DAS MUDAS

No mesmo dia de implantação do sistema do mulching foi dada sequência ao trabalho com a implantação do experimento foram utilizadas mudas prontas de Alface Crespa e Beterraba, as mudas foram adquiridas na agropecuária Feil & Feil, localizada no município de Ibirubá-RS.

Ambas as culturas foram distribuídas em sistema quincôncio, totalizando 3 linhas com 8 plantas em modo de cultivo solteiro no espaçamento de 0,25 metros entre plantas, o espaçamento por modo de cultivo foi de 1,0 metro e para plantas em consórcio foram 3 linhas com 16 plantas ao total com o espaçamento de 0,125 metros entre plantas (Figura 5).

Figura 5- Distribuição das mudas. (a) Mudanças de alface em sistema solteiro. (b) Mudanças de beterraba em sistema solteiro. (c) Mudanças de alface e beterraba em consórcio. IFRS Campus Ibirubá.



Fonte: Goelzer, 2022.

O transplante foi realizado manualmente, assim como as covas. O trabalho seguiu com critérios para profundidade onde o sistema radicular junto da turfa ficassem imersos ao solo. Posteriormente, pressionava-se as mudas e realocava parte do filme plástico do mulching para as plantas ficarem com a parte aérea para fora (Figura 6). Após o transplante das mesmas, foi realizada a irrigação imediata.

Figura 6- Transplante manual e critérios de plantio das mudas. IFRS Campus Ibirubá.



Fonte: Goelzer, 2022.

3.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental adotado foi Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC). As parcelas foram subdivididas num total de quatro tratamentos correspondendo aos cultivo solteiro e consorciado, com e sem a aplicação do bio insumo água de vidro. Dentro de cada tratamento correspondeu a quatro repetições com duas plantas cada (Figura 7).

Figura 7- Distribuição das unidades experimentais em Delineamento Inteiramente Casualizado. IFRS Campus Ibirubá.



Fonte: Goelzer, 2023.

3.4.1 Uso eficiente da terra e Índice de equivalência da área

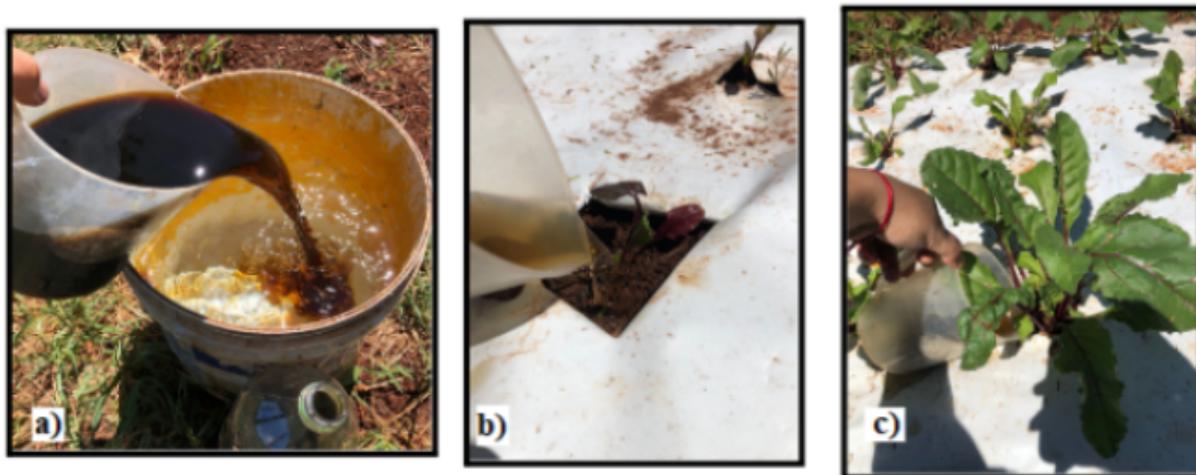
Para o cálculo de uso eficiente da terra (UET/IEA), em relação aos sistemas de cultivo e comparativo entre a aplicação e a não aplicação do bio insumo água de vidro. Utilizou-se a fórmula disposta por Willey (1979) $UET = (Ac/Am) + (Bc/Bm)$. Nesta fórmula foi denominada Ac como alfaca em sistema de consórcio, Am alfaca em solteiro. Já para Bc corresponde a beterraba em consórcio e Bm beterraba em sistema solteiro. A fórmula foi aplicada apenas para as variáveis que continham resultados das parte comercializáveis das culturas, massa fresca de parte aérea para a alfaca e massa fresca de raiz para a alfaca.

3.5 ADUBAÇÃO

No dia 17 de novembro de 2022 foi realizada a primeira adubação de cobertura onde utilizando o chorume líquido concentrado oriundo do processo de vermicompostagem. Foi diluído a 10% para mistura com água, onde 2 litros serviam para um total de 20 litros. Para medir a dosagem das aplicações do chorume líquido foi utilizado um becker (Figura 8).

Na primeira aplicação a dose foi de 200 mL por planta, já na segunda 400 mL. Ambas foram conduzidas diretamente ao solo e na base das plantas. O intervalo entre aplicações foi de duas semanas.

Figura 8- Diluição e aplicação do chorume a 10%. (a) Diluição do chorume em água. (b) Aplicação do chorume em plantas no dia 17 de novembro. (c) Aplicação do chorume no dia 30 de novembro. IFRS Campus Ibirubá.



Fonte: Goelzer, 2022.

3.6 PREPARO DA ÁGUA DE VIDRO

Para o preparo do bio insumo água de vidro, Pinheiro (2018) recomenda adicionar uma parte de cal (viva ou apagada) para cada 4 partes de cinzas misturando bem à seco. Após esse procedimento adiciona-se de 4 a 6 partes de água quente que irá se solubilizar totalmente as cinzas formando um gel de silício totalmente solúvel com o agregado final, acrescentando

de 94 a 96 partes de água fria. Após isso, coar ou decantar. A dosagem a ser utilizada na pulverização das plantas será de 200 ml de água de vidro para cada 20 litros de água.

Para a pesquisa se utilizou a recomendação citada acima, mas na proporção de 5 litros. Utilizando o sistema de regra de três e as partes foram definidas utilizando uma colher de chá. Onde se utilizou $\frac{1}{4}$ de cal para 1 parte de cinzas misturando as duas, e logo após adicionou-se 1,5 partes de água quente e posteriormente, 24 partes de água gelada. Após a mistura das partes foi necessário a utilização de um coador para coar os resíduos das cinzas e cal para que não entupirem os condutos do pulverizador utilizado (Figura 9).

Figura 9- Preparo do bio insumo água de vidro. (a) Uma parte de cinza de madeira. (b) Uma parte de cal virgem. IFRS Campus Ibirubá.



Fonte: Goelzer, 2022.

3.7 APLICAÇÃO ÁGUA DE VIDRO

Após a primeira aplicação do chorume líquido e observação das culturas, no dia 25 de novembro de 2022 foram aplicados 5 litros do insumo água de vidro. Para a sua aplicação foi utilizado um pulverizador do tipo costal, e o bio insumo foi aplicado nas partes aéreas das plantas.

Seguindo as recomendações de Pinheiro (2018) as aplicações foram feitas num intervalo de dez dias, totalizando três aplicações ao longo do ciclo das culturas. As mesmas

foram feitas em horários em que não havia a incidência de radiação solar, normalmente ao anoitecer (Figura 10). Também é importante que as aplicações fossem realizadas em dias que não houvesse precipitação, pois poderia ocorrer queima das folhas das culturas e perda do bio insumo por lixiviação.

Figura 10- Registro das três aplicações a tardinha do bio insumo água de vidro. IFRS Campus Ibirubá.



Fonte: Goelzer, 2023.

3.8 COLHEITA

Após a realização das aplicações e o fechamento de ciclo das culturas foi realizada a colheita da alface no dia 21 de dezembro de 2022 e da beterraba no dia 9 de janeiro de 2023 (Figura 11). Foram realizadas as colheitas totais das culturas em sistema solteiro e parcialmente das culturas em sistema consorciado.

Para a cultura da alface foi utilizado um canivete do tipo faca para a retirada apenas da parte comercializável, e para a cultura da beterraba a colheita foi realizada de forma manual arrancando os tubérculos do solo e mantendo a parte aérea para posteriores avaliações. Foram colocadas em caixas, separadas por tratamentos e levadas para o Laboratório de Culturas Anuais da instituição.

Figura 11- Colheita das culturas. a) Colheita da alface no dia 21 de dezembro de 2022. b) Colheita da beterraba no dia 9 de janeiro de 2023. IFRS Campus Ibirubá.



Fonte: Goelzer, 2023.

3.9 ANÁLISE DOS COMPONENTES DE RENDIMENTO

Foi utilizada uma balança de precisão da marca MARTE do modelo AD2000 para a realização das pesagens e uma estufa com circulação e renovação de ar da marca TECNAL do modelo TE-394/3 para secagem das amostras para posterior determinação de massa seca.

3.9.1 Análise dos componentes de rendimento da alface (*Lactuca sativa*)

Para a cultura da alface foi realizada a contagem das folhas e pesagem das mesmas junto ao caule. O sistema radicular foi descartado. As partes pesadas foram realocadas em

sacos de papel e levadas até a estufa para secagem numa temperatura de 65°C até obter peso constante.

Após 72 horas as amostras foram retiradas e realizadas as pesagens com o auxílio da balança de precisão (Figura 12). Para a alface foram avaliadas a massa fresca de parte aérea, massa seca de parte aérea e o número de folhas no sistema de cultivo solteiro e consorciado com e sem a aplicação da água de vidro. A cultura também foi submetida ao índice do uso eficiente da terra (UET) quando consorciada com a cultura da beterraba.

Figura 12- Pesagem massa fresca da alface. (a) Separação das folhas para contagem. (b) Caule pesado junto da alface. (c) Pesagem massa fresca das amostras. (d) Amostras postas na estufa para secagem. IFRS Campus Ibirubá.



Fonte: Goelzer, 2022.

3.9.2 Análise dos componentes de rendimento da beterraba (*Beta vulgaris*)

Para a cultura da beterraba foi realizada a contagem das folhas e a pesagem junto do sistema radicular, e nada fora descartado da cultura. As partes também foram realocadas em

sacos de papel, identificadas e levadas até a estufa para a secagem numa temperatura de 65°C até obter peso constante.

Após 11 dias as amostras foram retiradas e realizadas as pesagens como o auxílio da balança de precisão (Figura 13). Para a beterraba foram avaliadas a massa fresca de raiz, massa seca de raiz, massa fresca de parte aérea, massa seca de parte aérea e o número de folhas. A cultura também foi submetida ao índice do uso eficiente da terra (UET) quando consorciada com a cultura da alface.

Figura 13- Separação folha e raiz para pesagem da massa fresca da beterraba. IFRS Campus Ibirubá.



Fonte: Goelzer, 2022.

Todos os dados coletados foram transcritos para uma planilha informatizada e, em seguida, submetidos a análise de variância e comparação de média com teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o software SISVAR (FERREIRA, 2019).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 FATORES AVALIADOS DA CULTURA DA ALFACE (*Lactuca sativa*)

4.1.1 Número de folhas e massa seca da parte aérea de alface (*Lactuca sativa*)

Os resultados obtidos nas Tabelas 1 e 2 a seguir evidenciam que não houve interação entre os fatores. Esses resultados demonstram que independente do sistema de cultivo empregado ou a aplicação, ou não aplicação do bio insumo água de vidro, não irá ocorrer diferença significativa entre as variáveis, número de folhas e massa seca da parte aérea da cultura da alface.

Tabela 1- Número de folhas e massa seca da parte aérea (g.planta^{-1}) de alface (*Lactuca sativa*) em sistemas de cultivo solteiro e em consórcio. IFRS Campus Ibirubá, 2023.

	NF	MSPA
		(g.planta^{-1})
Sistema de cultivo		
Solteiro	62,23 a	35,65 a
Consórcio	71,71 a	32,00 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

NF: Número de folhas; MSPA: Massa seca da parte aérea.

CV (%) da NF: 17,97; CV(%) da MSPA: 14,43.

Fonte: Goelzer, 2023.

Considerando as análises estatísticas apresentadas na tabela acima, nota-se que não ocorreu diferença significativa em relação ao número de folhas nos sistemas de cultivo solteiro e em consórcio, obtendo-se resultados de 62,23 e 71,71, respectivamente. O mesmo ocorreu em relação à variável massa seca de parte aérea, onde o sistema de cultivo solteiro apresentou valor de 35,65 g.planta^{-1} e o consorciado, 32 g.planta^{-1} .

Tais resultados sob o número de folhas discorda de Oliveira (2004) que observou maior número de folhas na alface no cultivo solteiro, do que quando consorciado com a cenoura. Bezerra Neto (2003) também demonstra resultados nas quais o sistema de cultivo solteiro se sobressai quando consorciado com a cultura da cenoura com 26,61 comparado a

19,89 folhas em três fileiras de consórcio e 19,54 em quatro fileiras, não coincidindo com os resultados encontrados neste trabalho.

Em relação à massa seca da parte aérea da alface, Cecílio Filho e May (2002) notaram que não houve diferença entre os sistemas de cultivo, quando consorciada com rabanete, onde obtiveram o resultado de 227,84 g/m² e quando submetida ao sistema de cultivo solteiro 278,18g/m². Rezende(2002), em consórcio de alface com a cultura do tomate (*Solanurn lycopersicum* L.), obteve o resultado de 6,12 g.planta⁻¹ e 8,27 g.planta⁻¹ quando comparado ao sistema de cultivo solteiro, havendo diferenciação entre as variáveis.

Tabela 2- Número de folhas e massa seca da parte aérea (g.planta⁻¹) de alface (*Lactuca sativa*) submetida a aplicação de água de vidro. IFRS Campus Ibirubá, 2023.

	NF	MSPA
		(g.planta ⁻¹)
Tratamento com água de vidro		
Com	76,98 a	40,34 a
Sem	56,96 a	27,31 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

NF: Número de folhas; MSPA: Massa seca da parte aérea.

CV (%) da NF: 17,97; CV(%) da MSPA: 14,43.

Fonte: Goelzer, 2023.

Na Tabela 2 foram avaliadas as variáveis sobre os fatores de aplicação e a não aplicação do bio insumo água de vidro. Referente ao número de folhas, foi observado que para as plantas submetidas a aplicação do bio insumo esse número foi de 76,98 folhas, e para aquelas plantas sem aplicação, o resultado foi de 56,96 folhas. Já em relação à massa seca da parte aérea os resultados com a aplicação da água de vidro foi 40,34 g.planta⁻¹ e sem aplicação, 27,31 g.planta⁻¹.

A análise estatística traz a indiferença entre os tratamentos com e sem a aplicação do bio insumo, porém notam-se os resultados superiores daquelas plantas que obtiveram a aplicação. Souza (2015) demonstra nos resultados que a massa seca comercial da parte aérea da alface foi favorecida pela fertirrigação com nitrogênio e pela fertirrigação com silicato de potássio, com sua maior resposta nas maiores doses de N (171 kg ha⁻¹) e de Si e K₂O (21,85

kg ha⁻¹). Diante disso, o autor afirma que o fornecimento de silício e potássio via fertirrigação, favoreceu a massa seca comercial da parte aérea de alface.

Souza (2015) ainda demonstra nos resultados que a adição de 2,5 kg.ha⁻¹ à dose de Si e K₂O proporcionou um aumento de 0,28 em relação ao número de folhas, com 22,92 folhas por planta.

4.1.2 Massa fresca de parte aérea de alface (*Lactuca sativa*)

Os dados obtidos a partir da massa fresca da parte aérea de plantas de alface (Tabela 3) apresentaram interação entre os diferentes sistemas de cultivo empregados, quando submetidos a aplicação e a não aplicação do bio insumo água de vidro.

Tabela 3- Massa fresca de parte aérea (g.planta⁻¹) de alface (*Lactuca sativa*) submetida a aplicação de água de vidro em sistemas de cultivo solteiro e em consórcio. IFRS Campus Ibirubá, 2023.

Sistema de cultivo	MFPA (g.planta ⁻¹)	
	Água de vidro	
	com	sem
Solteiro	709,16 aA	397,62 aB
Consórcio	538,10 bA	456,15 aA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

MFPA: Massa fresca da parte aérea.

CV(%): 10,43.

Fonte: Goelzer, 2023.

No comparativo entre os sistemas de cultivo na avaliação de massa fresca da parte aérea, o solteiro com a aplicação da água de vidro demonstrou resultado de 709,16 g.planta⁻¹ e 397,62 g.planta⁻¹ sem a aplicação do bio insumo. Quando analisados os resultados do sistema de cultivo consorciado vemos que a aplicação da água de vidro novamente se mostrou eficiente com o resultado de 538,10 g.planta⁻¹, e sem a aplicação, 456,15 g.planta⁻¹.

Damasceno (2016) demonstra em resultados do consórcio entre alface e rabanete que referente massa fresca de parte aérea o sistema de cultivo mostrou diferença, sendo o solteiro com valores de 1770,0 g.m² e o consórcio com 622,0 g.m² para duas linhas de alface e três de

rabanete, posteriormente 840,0 g.m² para três linhas de alface e duas de rabanete. Tais resultados não correspondem aos obtidos neste trabalho, pois o sistema de cultivo solteiro só se mostrou eficiente quando as plantas foram submetidas a aplicação do bio insumo água de vidro. Korndórfer e Datnoff (1995) citam que a ação benéfica do silício é associada a diversos efeitos indiretos como o aumento na eficiência da capacidade fotossintética, redução da transpiração, aumento da resistência mecânica das células, da resistência a insetos e doenças, redução da acumulação tóxica de Mn, Fe e Al e outros metais pesados e aumento na absorção do P.

Souza (2015) demonstra resultados para massa fresca comercial da parte aérea e doses indicadas para a cultura, a maior variação também foi causada pela fertirrigação com silicato de potássio, entre as doses 0 a 21,85 kg Si e K₂O ha⁻¹ e a maior resposta da característica, 291,67 g.planta⁻¹, foi observada na maior dose de Si e K₂O. Yuri e Jony E. *et al.*, (2003) observaram que para diferentes doses não há diferenças significativas, todavia a dose de 4,5 L.ha⁻¹ de silicato de potássio evidenciou um aumento de 8,8% na massa fresca comercial da cabeça. Os autores ainda afirmam os benefícios do Si conferidos às plantas são devidos a sua contribuição para a estruturação da parede celular de raízes e folhas.

4.2 FATORES AVALIADOS DA CULTURA DA BETERRABA (*Beta vulgaris*)

4.2.1 Número de folhas de beterraba (*Beta vulgaris*)

As plantas submetidas ao sistema de cultivo solteiro com a aplicação do bio insumo água de vidro demonstraram melhor resultado em relação ao número de folhas, quando comparadas com aquelas no mesmo sistema de cultivo sem a aplicação do bio insumo, tendo o melhor resultado na análise estatística com 27 folhas, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4- Número de folhas (NF) de beterraba (*Beta vulgaris*) submetida a aplicação de água de vidro em sistemas de cultivo solteiro e em consórcio. IFRS Campus Ibirubá, 2023.

Sistema de cultivo	NF	
	Água de vidro	
	com	sem
Solteiro	27 aA	15,12 aB
Consórcio	15,12 bA	16,25 aA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

NF: Número de folhas.

CV(%): 13,34.

Fonte: Goelzer, 2023.

Seguindo a mesma, nota-se que as hortaliças em sistema de cultivo consorciado com a aplicação e a não aplicação do bio insumo água de vidro, não demonstram diferença estatística, tendo plantas com o bio insumo resultando em 15,12 folhas e sem a aplicação, 16,25 folhas.

Dessa forma, o sistema de cultivo solteiro com a aplicação da água de vidro demonstrou resultado superior em relação ao número de folhas quando comparado aos demais fatores avaliados. Resultado esse que valida a eficiência do bio insumo quando utilizado em sistema solteiro. Reis (2013) submeteu o consórcio entre rúcula e beterraba em função das quantidades de flor-de-seda e arranjos espaciais, atingindo os valores máximos de 8 folhas por plantas.

De Lima (2022) cita que o número de folhas aumentou com as doses de Si de aproximadamente 5% e 10%, em relação ao tratamento sem aplicação de Si. As cultivares Fortuna e Maravilha obtiveram resultados de 10,45 e 10,55 com dose de 1,8 kg.ha⁻¹, tais resultados são similares aos deste trabalho. O autor ainda comenta sobre o efeito do Si sobre o número de folhas podem ter promovido o atraso na senescência foliar, por conseguir minimizar os efeitos deletérios causados por espécies reativas de oxigênio (EROs) em virtude de promover maior atividade das enzimas superóxido dismutase, peroxidase dismutase e catalase.

4.2.2 Massa seca de parte aérea de beterraba (*Beta vulgaris*)

A análise estatística de massa seca de parte aérea (g.planta⁻¹) não apresentou interação entre os fatores, quando comparado o sistema de cultivo solteiro com a aplicação do bio insumo água de vidro e a não aplicação do mesmo.

Tabela 5- Massa seca de parte aérea (g.planta⁻¹) de beterraba (*Beta vulgaris*) submetida a aplicação de água de vidro em sistemas de cultivo solteiro e em consórcio. IFRS Campus Ibirubá, 2023.

Sistema de cultivo	MSPA (g.planta ⁻¹)	
	Água de vidro	
	com	sem
Solteiro	11,42 aA	7,38 aB
Consórcio	7,78 bA	6,65 aA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

MSPA: Massa seca da parte aérea.

CV(%): 25,88.

Fonte: Goelzer, 2023.

Conforme a Tabela 5, as plantas quando submetidas ao sistema de cultivo solteiro com a aplicação da água de vidro, apresentaram resultado de 11,42 g.planta⁻¹ e aquelas que não obtiveram a aplicação, 7,38 g.planta⁻¹.

Já no sistema de cultivo consorciado com a aplicação e a não aplicação da água de vidro em plantas de alface, não demonstraram diferença entre os fatores. Sendo assim, os resultados obtidos sobre a massa seca da parte aérea a partir da análise estatística comprovam a eficiência do bio insumo apenas quando aplicado em sistema de cultivo solteiro.

De Lima (2022) cita que as cultivares de beterraba Fortuna e Maravilha obtiveram resultados de 4,54 g.planta⁻¹ e 6,24 g.planta⁻¹ quando submetidas a dose de 1,8 kg ha⁻¹ de Si. Resultado são inferiores aos obtidos neste trabalho, porém demonstra a superioridade àquelas que foram submetidas a doses mais baixas ou aquelas que não obtiveram aplicação.

4.2.3 Massa fresca da raiz, massa seca de raiz e massa fresca de parte aérea de beterraba (*Beta vulgaris*)

Em relação às variáveis apresentadas na Tabela 6, a análise estatística mostra que referente a massa fresca de raiz por mais que o sistema de cultivo solteiro tenha demonstrado o resultado de 219,55 g.planta⁻¹ e o consorciado de 137,11 g.planta⁻¹, não houve interação sobre as variáveis. A massa fresca de raiz também apresentou resultado superior em sistema de cultivo solteiro com 32,80 g.planta⁻¹ e cultivo em consórcio com 20,19 g.planta⁻¹, mas não houve interação entre as variáveis, não havendo diferença no sistema de cultivo solteiro e consorciado. Costa (2014) traz concordância aos resultados deste trabalho quando analisados os dados do consórcio da beterraba com repolho, sendo 24,89 e 19,81 não havendo diferença entre os sistemas de cultivo. Souza *et al.*, (2002) quando analisou os dados do consórcio da beterraba e alface também não apresentou diferença em relação ao peso das raízes.

Tabela 6- Massa fresca da raiz, massa seca de raiz e massa fresca de parte aérea (g.planta⁻¹) de beterraba (*Beta vulgaris*) em sistemas de cultivo solteiro e em consórcio. IFRS Campus Ibirubá, 2023.

	MFR	MSR	MFPA
	<i>g.planta⁻¹</i>		
Sistema de cultivo			
Solteiro	219,55 a	32,80 a	44,36 a
Consórcio	137,11 a	20,19 a	21,22 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

MFA: Massa fresca da raiz; MSR: Massa seca de raiz; MFPA: Massa fresca de parte aérea.

CV (%) da MSR: 17,82; CV(%) da MFR: 45,30; CV(%) da MFPA: 49,90.

Fonte: Goelzer, 2023.

Também, quando avaliada a massa fresca de parte aérea, a Tabela 6 demonstra que não houve diferença entre as variáveis, sendo o sistema de cultivo solteiro com 44,36 g.planta⁻¹ e consórcio com 21,22 g.planta⁻¹. Porém, diante destes resultados nota-se que o sistema de cultivo solteiro traz resultado superior quando comparado com o consorciado.

Tabela 7- Massa fresca da raiz, massa seca de raiz e massa fresca de parte aérea (g.planta⁻¹) de beterraba (*Beta vulgaris*) submetida a aplicação de água de vidro. IFRS Campus Ibirubá, 2023.

	MFR	MSR	MFPA
	(g.planta ⁻¹)		
Tratamento com água de vidro			
Com	198,29 a	29,46 a	34,86 a
Sem	158,36 a	23,54 a	30,72 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

MFR: Massa fresca de raiz; MSR: Massa seca de raiz; MFPA: Massa fresca de parte aérea.

CV (%) da MSR: 17,82; CV(%) da MFR: 45,30; CV(%) da MFPA: 49,90.

Fonte: Goelzer, 2023.

Quanto a aplicação do bio insumo água de vidro nas plantas, as análises relacionadas a massa fresca de raiz (Tabela 7) não diferem entre si com resultados de 198,29 g.planta⁻¹, com a aplicação de água de vidro e 158,36 g.planta⁻¹, sem a aplicação do bio insumo. Silva *et al.*, (2021), quando submeteu as plantas da cultura da beterraba a inoculação de *Cercospora beticola* SACC. e o uso do silício e leveduras alcançou média geral para massa fresca de raízes de 985,7 g, não obtendo significância sob os resultados.

Quando analisados os resultados referente a massa seca de raiz, observamos o resultado de 29,46 g.planta⁻¹ para aquelas plantas que obtiveram a aplicação e 23,54 g.planta⁻¹ para as que não. Tais resultados não são semelhantes ao de De Lima (2022) que observou a massa seca de raiz em função das doses de Si para a cultivar Fortuna, com máxima estimada de 12,46 g planta⁻¹, na dose de 2,56 kg ha⁻¹ de Si, proporcionando aumento de 11,69% na massa seca de raiz em comparação a não aplicação.

A massa fresca da parte aérea também não apresentou diferença entre as variáveis analisadas, resultando em 34,86 g.planta⁻¹ referente àquelas que foram submetidas a aplicação do bio insumo e 30,72 g.planta⁻¹ as plantas sem aplicação. Neste trabalho fora realizada apenas a pesagem da parte aérea das plantas, e não a área foliar das mesmas, porém Silva (2022) demonstra em seus resultados o número de folhas médio obtido foi de 20 folhas por planta quantificadas ao final do experimento com 1391,17 cm² para média geral de área foliar, tal resultado teve concordância quando comparado ao deste trabalho, não havendo significância.

Os resultados apresentados nas tabelas acima demonstram que não houve interação entre os fatores avaliados. Sendo assim, os mesmos denotam que para as variáveis, massa fresca de raiz e parte aérea e massa seca de raiz não ocorreram diferenças significativas quando as plantas foram submetidas aos diferentes sistemas de cultivo, e também pela aplicação e a não aplicação do bio insumo água de vidro.

4.2.4 Uso eficiente da terra e Índice de eficiência da área (UET/IEA)

Na Tabela 8 constam as análises realizadas sobre uso eficiente da terra (UET) a partir do cultivo consorciados das hortaliças. Os resultados demonstram que quando utilizado o bio insumo água de vidro no consórcio entre a alface e a beterraba e quando não utilizado, ambos se mostram eficientes e acima de 1,0. De acordo com Gonçalves (1982), o UET maior do que 1 indica relação de cooperação ou compensação entre as culturas envolvidas no consórcio.

Tabela 8- Tabela de uso eficiente da terra e índice de eficiência da área (UET/IEA) para o sistema de cultivo consorciado da alface (*Lactuca sativa*) e da beterraba (*Beta vulgaris*). IFRS Campus Ibirubá, 2023.

Consórcio Alface + Beterraba	
Água de vidro	UET
Com	1,14
Sem	1,96

Fonte: Goelzer, 2023.

Apesar de ambos os resultados estarem acima de 1,0 em relação ao UET, nota-se a superioridade do consórcio que não foi submetido a aplicação do bio insumo água de vidro. Rezende (2006) também notou a eficiência no uso do cultivo, quando consorciado a cultura de alface com a da cenoura (*Daucus carota* L.), sendo os índices de UET variando entre 1,05 e 1,14. Damasceno (2016) demonstra resultados sobre o consórcio de alface com rabanete (*Raphanus sativus* L.), notando maior desempenho e eficiência do sistema quando trabalhou com 3 fileiras de alface e 2 de rabanete, obtendo índice de 1,22.

Granjeiro (2011) traz resultado quando consorciado beterraba e coentro (*Coriandrum sativum* L.), o mesmo demonstra a eficiência do sistema com resultados de 2,26. Ascari (2016) demonstra resultados semelhantes quando trabalhou no consórcio de beterraba e rúcula (*Eruca sativa* L.) com o resultado do índice de UET de 1,86.

Reis (2013) quando consorciado o repolho com milho-doce (*Zea mays* L.) e submetido às plantas a aplicação do silício, obteve o resultado de IEA de 1,97 no índice. Ferreira (2016) traz a observação do milho-doce ser uma planta acumuladora de silício. Nessa situação, a acumulação de Si nas células epidérmicas, especialmente em gramíneas, mantém as folhas mais eretas, aumentando a intensidade de luz ao longo do dossel da planta, diminuindo a transpiração, evitando ou diminuindo o estresse hídrico na folhagem e aumenta a resistência ao acamamento (EPSTEIN, 1999; CRUCIOL, 2006).

5 CONCLUSÃO

Quando avaliado a aplicação e a não aplicação do bio insumo água de vidro, foram obtidos resultados benéficos em relação à massa fresca de parte aérea da alface e massa seca de parte aérea e número de folhas da beterraba, ambas as culturas demonstraram esses resultados apenas no sistema solteiro. As demais variáveis analisadas não obtiveram diferença no sistema de cultivo e nem na aplicação do bio insumo água de vidro.

O índice de uso eficiente da terra mostrou a eficiência do sistema de cultivo em consórcio, com resultados acima de 1,0. Não havendo diferença entre os tratamentos que obtiveram a aplicação do bio insumo e aqueles que não receberam.

Sendo assim, os resultados demonstram a beneficidade do bio insumo água de vidro quando aplicado em hortaliças folhosas, tanto sistema de cultivo solteiro, quanto em sistema de cultivo consorciado.

REFERÊNCIAS

- AGROECOLOGIA, GRUPO DE TRABALHO EM. Marco referencial em agroecologia. 2006.
- ALTIERI, M.A.; SILVA, E.N.; NICHOLLS, C.I. O papel da biodiversidade no manejo de pragas. Ribeirão Preto: **Holos**, 2003. 226p.
- ASCARI, João Paulo et al. Viabilidade agronômica e produtiva do consórcio de beterraba e rúcula. **Cadernos de Agroecologia**, v. 10, n. 3, 2016.
- AZEVEDO, Francisco Roberto et al. Inseticidas vegetais no controle de *Anastrepha* spp.(Diptera: Tephritidae) em pomar de goiaba. **Holos**, v. 4, p. 77-86, 2013.
- BEHTASH, F.; TABATABAII, S. J.; MALAKOUTY, M. J., SOROUR-ALDIN, M. H.; USTAN, SH. Effect of cadmium and silicon on growth and some physiological aspects of Red Beet. **Journal of Agricultural Science and Sustainable Production**, v. 2, n. 1, p.53-67.2010.
- BETTIOL, W. M. A. B. et al. Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas. Jaguariúna: **Embrapa Meio Ambiente**, 2009., 2009.
- BOTELHO, Deila M. Santos et al. Intensidade da cercosporiose em mudas de cafeeiro em função de fontes e doses de silício. **Fitopatologia Brasileira**, v. 30, p. 582-588, 2005.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Mercado brasileiro de orgânicos deve movimentar R\$ 2,5 bi em 2016. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/comunicacao/noticias/2015/09/mercado-brasileiro-deorganicos-deve-movimentar-rs-2-bi-e-m-2016>>. Acesso em: 08 Dez. 2022.
- CECILIO FILHO, Arthur Bernardes; MAY, André. Produtividade das culturas de alface e rabanete em função da época de estabelecimento do consórcio. **Horticultura Brasileira**, v. 20, p. 501-504, 2002.
- CARRÉ-MISSIO, V.; Rodrigues, F.A; Schurt, D.A.; Rezende, D.C.; Ribeiro, N.B.; Zambolim, L. Aplicação foliar de silicato de potássio, acibenzolar-S-metil e fungicidas na redução da mancha de Pestalotia em morango. *Tropical Plant Pathology*, v.35, n.3, p.182-185, 2010.
- CASTRO, J. P. S.; BENEDICTO, S. C.; SUGAHARA, C. R.; FILHO, C. F. S. Alternativas sustentáveis ao uso intensivo de agrotóxicos na agricultura brasileira. **Revista Grifos**, v. 28, n. 47. 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.22295/grifos.v28i47.4636>. Acesso em 23 dez. 2022.
- CERETTA, C.A. Sistema de cultivo de mandioca em fileiras simples e duplas em monocultivo e consorciadas com girassol. Porto Alegre, 1986. 122p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- CHÉRIF, M., ASSELIN, A. & BÉLANGER, R.R. Defense responses induced by soluble silicon in cucumber roots infected by *Pythium* spp. *Phytopathology* 84:236- 242. 1994.

COSTA, Luiz A. de M.; PEREIRA, Dercio C.; COSTA, Mônica SS de M. Substratos alternativos para produção de repolho e beterraba em consórcio e monocultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 150-156, 2014.

CRUCIOL, C. A. C. Silício para as gramíneas forrageiras. **Revista Campo e Negócios, Uberlândia**, v. 4, n. 1, p. 1415, 2006.

DAMASCENO, Adriano Santos Valete et al. Avaliação da produção de alface e rabanete em consórcio. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 14, n. 1, 2016.

DE LIMA, Renner Bento. Desempenho agrônômico da beterraba em função da aplicação do silício. Mossoró 2022. 40p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

DE SOUZA, João Paulo Freitas et al. Efeito de silicato de cálcio e magnésio no crescimento inicial de milho transgênico. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 2, n. 3, p. 13-17, 2015.

DULLEY, Richard Domingues. Agricultura orgânica, biodinâmica, natural, agroecológica ou ecológica. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 33, n. 10, p. 96-99, 2003.

EPSTEIN, Joshua M. Agent-based computational models and generative social science. **Complexity**, v. 4, n. 5, p. 41-60, 1999.

FAGUNDES, Roberto Pereira et al. Efeito do silicato na produção e qualidade de *Brachiaria decumbens* cultivada em solo degradado do Triângulo Mineiro. 2005.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001.

FERNANDES, A.A.; MARTINEZ, H.E.P.; PEREIRA, P.R.G. et al. Produtividade, acúmulo de nitrato e estado nutricional de cultivares de alface, em hidroponia, em função de fontes de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 2, p. 195-200, 2002.

FERREIRA, Débora Christian Assis et al. Qualidade pós-colheita de milho doce pulverizado com silício e submetido ao déficit hídrico, 2016.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *Revista Brasileira de Biometria*, [S.l.], v. 37, n. 4, p. 529-535, dec. 2019.

FERREIRA, Enderson Petrônio de Brito; STONE, Luis Fernando; MARTIN-DIDONET, Claudia Cristina Garcia. População e atividade microbiana do solo em sistema agroecológico de produção1. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, p. 22-31, 2017.

GONÇALVES SR. 1982. Consorciação de culturas – técnicas de análise e estudo da distribuição do LER. 217 f. (Tese de Mestrado), UnB, Brasília.

GRANGEIRO, Leilson Costa et al. Avaliação agroeconômica das culturas da beterraba e coentro em função da época de estabelecimento do consórcio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, p. 242-248, 2011.

HORA, R.C., CAMARGO, J. and BUZANINI, A.C. Cucurbitáceas e outras. In: BRANDÃO FILHO, J.U.T., FREITAS, P.S.L., BERIAN, L.O.S., and GOTO, R., comps. Hortaliças-fruto [online]. Maringá: EDUEM, 2018, pp. 71-111. ISBN: 978-65-86383-01-0.

KORNDÖRFER, G. H.; DATNOFF, L.E. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças da cana de açúcar e do arroz. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.70, p.1-3, 1995.

LOPES, Paulo Rogério; LOPES, Keila Cássia Santos Araújo. Sistemas de produção de base ecológica– A busca por um desenvolvimento rural sustentável. **REDD–Revista Espaço de Diálogo e Desconexão**, v. 4, n. 1, 2011.

LOVATTO, Patrícia B. Fitoprotetores Botânicos: União de Saberes e Tecnologias para Transição Agroecológica. Editora Appris, 2021.

LIBERA, André Martini Della. Efeito de bioestimulantes em caracteres fisiológicos e de importância agronômica em milho (*Zea mays* L.). 2010.

LUCINI, Tiago et al. Efeito de extrato aquoso de *Capsicum baccatum* na mortalidade e oviposição de *Tetranychus ludeni* (Acari: Tetranychidae). **Scientia Agraria**, v. 11, n. 4, p. 355-358, 2010.

MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral das plantas. São Paulo. **Agronômica Ceres**, 1980.

MANUAL. Adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 11 ed. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul, Comissão de Química e Fertilidade do Solo**, 2016. 376 p.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. New York. Academic Press, 1995.

MEDEIROS, Elisandra Nazaré Maia de. Uso da técnica de planejamento experimental para otimização de massa cerâmica com a incorporação de resíduos de cinza de casca de arroz, cinza de lenha e lodo de ETA. 2010.

MONTEZANO, Eduardo Matos; PEIL, Roberta Marins Nogueira. Sistemas de consórcio na produção de hortaliças. **Revista Brasileira de Agrociência, Pelotas, Ufpel**, v. 12, n. 2, p. 129-132, abr-jun, 2006

OLIVEIRA, Eliane Q. de et al. Desempenho agroeconômico do bicultivo de alface em sistema solteiro e consorciado com cenoura. **Horticultura Brasileira**, v. 22, p. 712-717, 2004.

OLIVEIRA, Kássya Jemima Borges de et al. Desempenho agroecônômico do bicultivo de rúcula consorciada com beterraba em função de quantidades de flor-de-seda e arranjos espaciais. 2014.

OLIVEIRA ACB; SEDIYAMA MAN; PEDROSA MW; GARCIA NC; GARCIA SLR. 2004. Divergência genética e descarte de variáveis em alface cultivada sob sistema hidropônico. **Acta Scientiarum Agronomy** 26: 211-2017.

PINHEIRO, Sebastião. AGROECOLOGIA 7.0. Edição atualizada comemorativa . ed. [S. l.]: Juquira Candiru Satyagraha, 2018.

PORTES, T.de A. Aspectos ecofisiológicos do consórcio milho x feijão. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.10, n.118, p.30-34, 1984.

REIS FILHA, Rogerlâni dos. Impacto da consorciação de culturas e aplicação de silício na produção de hortaliças, manejo de artrópodes e plantas espontâneas. 2013.

REIS, Janaine; RODRIGUES, Jaqueline; REIS, Marcelo. Adubação em consórcio de beterraba com alface. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, 2013.

REZENDE, Bráulio Luciano Alves; CANATO, Gustavo Henrique Domingues; CECÍLIO FILHO, Arthur Bernardes. Influência das épocas de cultivo e do estabelecimento do consórcio na produção de tomate e alface consorciados. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, p. 77-83, 2005.

RODRIGUES, L. C. C. FÉRES, J. G. A relação entre intensificação no uso de agrotóxicos e intoxicações nos estabelecimentos agropecuários do Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. 60(spe): e244491. 2022. Disponível: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.244491>. Acesso: Acesso em 23 dez. 2022.

RODRIGUES, F. A.; OLIVEIRA, L. A.; KORNDÖRFER, A. P.; KORNDÖRFER, G. H. **Silício: um elemento benéfico e importante para as plantas**. Informações Agronômicas, n. 134, p.14-20. 2011.

SALA, Fernando Cesar; COSTA, Cyro Paulino da. Retrospectiva e tendência da alfacultura brasileira. **Horticultura brasileira**, v. 30, p. 187-194, 2012.

SANTOS, R. H. S. Interações interespecíficas em consórcios de olerícolas. 129p. Tese (Doutorado em 1998), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SILVA, Rayssa Helana da et al. Uso de silício e leveduras no manejo de *Cercospora beticola* Sacc. em beterraba açucareira e suas implicações bioquímicas e produtivas. 2021.

SOUZA, J. P. et al. Desempenho das culturas de alface e beterraba, consorciadas em diferentes densidades populacionais, em sistema orgânico. In: **42º CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA**. 2002.

SOUZA, Renan Soares de. Fertirrigação com nitrogênio e silicato de potássio na cultura de alface (*Lactuca sativa* L.) em ambiente protegido. 2015.

SCHIAVON, Greice de Almeida et al. O conhecimento local sobre a fauna edáfica e suas relações com o solo em agroecossistema familiar de base ecológica: um estudo de caso. **Ciência Rural**, v. 45, p. 658-660, 2014.

SEDIYAMA, Maria Aparecida Nogueira; SANTOS, Izabel Cristina dos; LIMA, Paulo César de. Cultivo de hortaliças no sistema orgânico. **Revista Ceres**, v. 61, p. 829-837, 2014.

TEIXEIRA, Itamar Rosa; MOTA, José Hortêncio; DA SILVA, Alessandro Guerra. Consórcio de hortaliças. Semina: **Ciências Agrárias**, v. 26, n. 4, p. 507-514, 2005.

VICIEDO, D. O.; PRADO, R. M.; TOLEDO, R. L.; SANTOS, L. C. N.; HURTADO, A. C.; NEDD, L. L.T.; GONZALEZ, L. C. Silicon Supplementation Alleviates Ammonium Toxicity in Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.). **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v.19, p.413419. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s42729-019-00043-w>.

WILLEY, R_W. Intercropping-its importance and its research needs. Part I. Competition and yield advantages. In: *Field Crop Abstr.* 1979. p. 1-10.

YURI, Jony E. et al. **Resposta da alface americana (*Lactuca sativa* L.) a doses e épocas de aplicação de silicato de potássio em cultivo de inverno.** 2003.

ZANÃO JÚNIOR, Luiz Antônio; FONTES, Renildes Lúcio Ferreira; ÁVILA, Vinícius Tavares de. **Aplicação do silício para aumentar a resistência do arroz à mancha-parda.** **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 203-206, 2009.

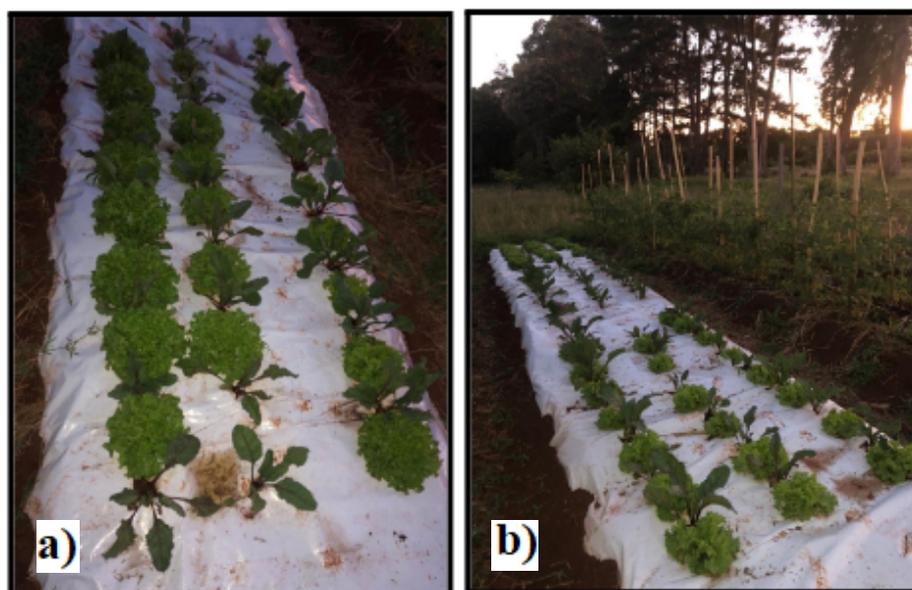
APÊNDICES

Figura 14- Vistoria no canteiro, no dia 21 de novembro de 2022. IFRS Campus Ibirubá.



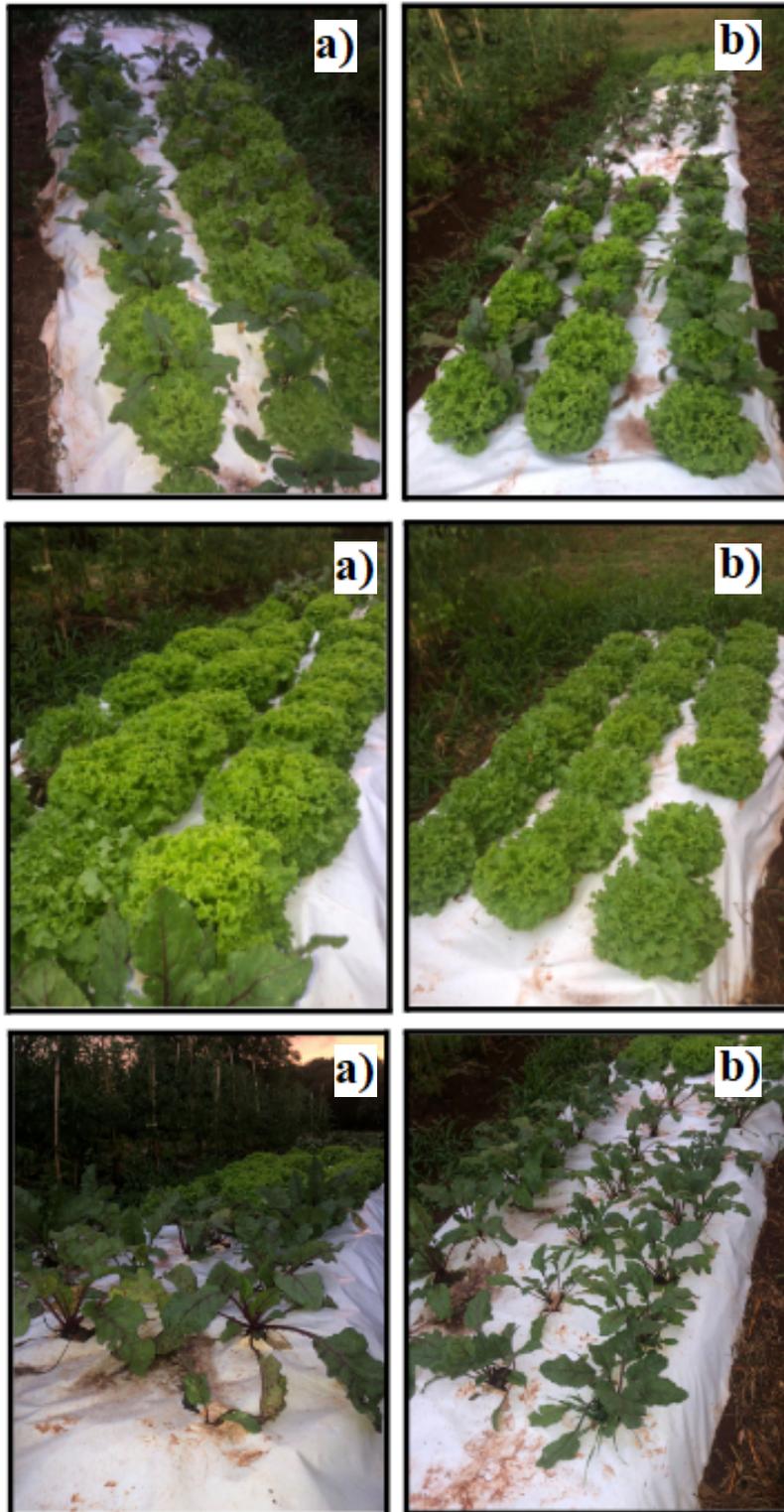
Fonte: Goelzer, 2022.

Figura 15- Vistoria no canteiro, dia 29 de novembro de 2022. (a) Sistema de cultivo consorciado com aplicação do bio insumo água de vidro, (b) sistema de cultivo consorciado sem aplicação do bio insumo água de vidro IFRS Campus Ibirubá.



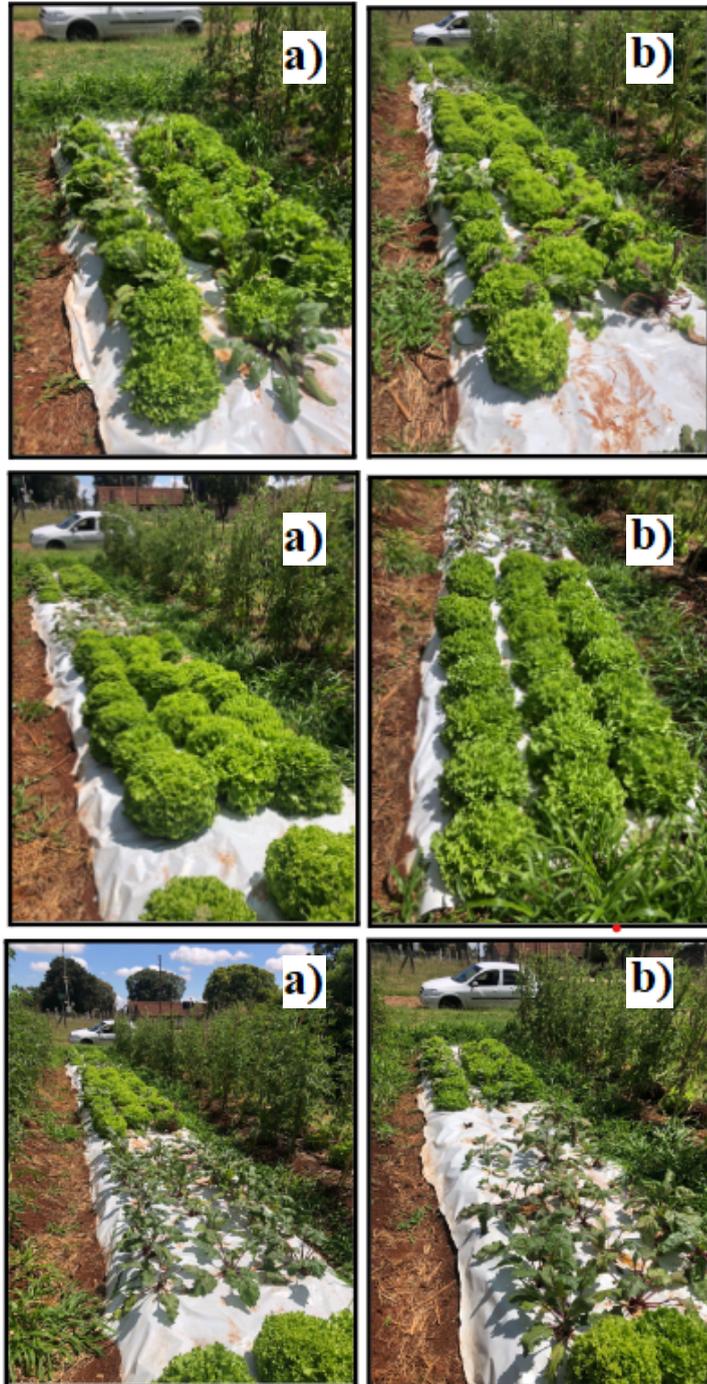
Fonte: Goelzer, 2022.

Figura 16- Vistoria no canteiro, no dia 30 de novembro de 2022. (a) Coluna que corresponde aos diferentes sistemas de cultivo com a aplicação do bio insumo água de vidro, (b) coluna com diferentes sistemas de cultivo sem água de vidro. IFRS Campus Ibirubá.



Fonte: Goelzer, 2022.

Figura 17- Vistoria no canteiro, no dia 12 de dezembro de 2022. (a) Coluna que corresponde aos diferentes sistemas de cultivo com a aplicação do bio insumo água de vidro, (b) coluna com diferentes sistemas de cultivo sem água de vidro. IFRS Campus Ibirubá.



Fonte: Goelzer, 2022.

Figura 18- Colheita da alface, no dia 12 de dezembro de 2022. (a) Corresponde ao sistema de cultivo solteiro sem a aplicação do bio insumo água de vidro, (b) ao sistema de cultivo solteiro com a aplicação do bio insumo água de vidro, (c) ao sistema de cultivo consorciado sem água de vidro, (d) ao sistema de cultivo consorciado com água de vidro. IFRS Campus Ibirubá.



Fonte: Goelzer, 2022.

Figura 18- Colheita da beterraba, no dia 9 de dezembro de 2023. (a) beterrabas de sistema de cultivo solteiro com a aplicação do bio insumo água de vidro, (b) beterrabas de sistema de cultivo solteiro com a aplicação do bio insumo água de vidro, (c) beterrabas de sistema de cultivo consorciado com a aplicação do bio insumo água de vidro, (d) beterrabas de sistema de cultivo consorciado sem a aplicação do bio insumo água de vidro. IFRS Campus Ibirubá.



Fonte: Goelzer, 2023.

ANEXOS

A seguir, na Figura 19 consta a análise de solo feita do Horto da Biodiversidade, mais especificamente na área em que foi implantado o experimento. As amostras foram enviadas para o Laboratório de Solos e Tecido Vegetal do IFRS - Campus Ibirubá e assinadas pelo professor Ben-Hur da Costa Campos, responsável técnico do local.

Figura 19- Laudo da análise de solo, 30 de agosto de 2022. IFRS Campus Ibirubá.



Laboratório de Solos e Tecido Vegetal



INSTITUTO FEDERAL
Rio Grande do Sul
Campus Ibirubá

Instituto Federal do Rio Grande do Sul
Campus Ibirubá
Laboratório de Solos e Tecido Vegetal
Rua Nelsi Fritsch, 1111. Bairro Esperança.
Ibirubá, RS. Fone (54) 3324-8146
<http://www.ibiruba.ifrs.edu.br>
labsolosibirubaifrs.blogspot.com

Laudo de Análise de Solo

Nome: Nathália Tramontini
CPF: ---
Município: Ibirubá
Fone: ---
Registro: 132 a 132

Localidade: Área experimental - Horto
Data de recebimento: 30/09/2022
Data de emissão: 11/10/2022
Tipo de análise: Básica

Núm.	Registro	Argila %	Classe Textural	pH _{agua} 1:1	Índice SMP	M.O %	P K		Ca Mg		Al	H+Al
							mg/L	mg/L	cmolo/L	cmolo/L		
1	132	38	3	5,7	5,9	3,1	12,2	102	4,3	2,1	0,0	5,2

Núm.	CTC (cmolo/L)		Saturação (%)		S	B	Cu	Zn	Mn	Mo	Fe	N
	Efetiva	pH7,0	Bases	Al	mg/L							%
1	6,7	11,9	56,3	0,0	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D

N.D = Não Determinado

Núm.	Identificação
1	Amostra 01

Metodologias

Argila: determinada pelo método do densímetro, após dispersão com alcali. pH: determinado por potenciometria em suspensão solo-água na proporção 1:1. M.O.: extração com dicromato de Na e determinação por espectrofotometria. P: extração com solução Mehlich-1 e determinação por espectrofotometria. K: extração com solução Mehlich-1 e determinação por fotometria de chama. Ca, Mg e Mn: extração com KCl 1mol/L e determinação por espectrofotometria de absorção. Al: extração com KCl 1mol/L e determinação por titulometria. S: extração com fosfato de cálcio e determinação por espectrofotometria. Cu e Zn: extração com HCl 0,1mol/L e determinação por espectrofotometria de absorção. B: extração com água quente e determinação por espectrofotometria. Fe: extração com oxalato de amônio e determinação por espectrofotometria de absorção. Mo: extração com titanato e determinação por espectrofotometria. Al+H: estimado pelo índice SMP. CTCefetiva: quantidade de carga ao pH natural do solo. CTCpH 7,0: quantidade de carga estimada a pH 7,0.

Observações: Trabalho de Conclusão de Curso

Documento assinado digitalmente



BEN HUR COSTA DE CAMPOS
Data: 11/10/2022 às 12:30:03:00
URL: <https://brasil.gov.br>

Ben-Hur Costa de Campos
Engenheiro Agrônomo, Professor
Coordenador do Laboratório

Fonte: Laboratório de Solos e Tecido Vegetal, 2022.