

UFRRJ
INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

DISSERTAÇÃO

**Eficiência Agronômica da Fertilização com Composto Fermentado,
Formulado com Resíduos Agroindustriais, na Produção de Brócolis
Americano em Manejo Orgânico**

Beatriz Calixto da Silva

2024



UFRRJ

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA-PPGF

**EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DA FERTILIZAÇÃO COM COMPOSTO
FERMENTADO, FORMULADO COM RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS, NA
PRODUÇÃO DE BRÓCOLIS AMERICANO EM MANEJO ORGÂNICO**

BEATRIZ CALIXTO DA SILVA

Sob a Orientação da Professora

Dra. Margarida Goréte F.do Carmo

e Co-orientação do Pesquisador

Dr. José Guilherme Marinho Guerra

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre** (a) em Fitotecnia, no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Área de Concentração em Produção Vegetal.

Seropédica, RJ

Fevereiro de 2024

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S586 e Silva, Beatriz Calixto da, 1998-
Eficiência Agronômica da Fertilização com Composto
Fermentado, Formulado com Resíduos Agroindustriais, na
Produção de Brócolis Americano em Manejo Orgânico /
Beatriz Calixto da Silva. - Seropédica, 2024.
42 f.: il.

Orientadora: Margarida Goréte Ferreira do Carmo.
Coorientador: José Guilherme Marinho Guerra.
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, Fitotecnia, 2024.

1. Brassica oleraceae. 2. Época de plantio. 3.
Adubação orgânica. 4. Cultivares. 5. Resíduo de
cervejaria. I. Carmo, Margarida Goréte Ferreira do ,
1963-, orient. II. Guerra, José Guilherme Marinho, -,
coorient. III Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro. Fitotecnia. IV. Título.

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – A autora”.

**O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de
Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA



HOMOLOGAÇÃO DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 10 / 2025 - PPGF (12.28.01.00.00.26)

Nº do Protocolo: 23083.007212/2025-15

Seropédica-RJ, 14 de fevereiro de 2025.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

BEATRIZ CALIXTO DA SILVA

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Fitotecnia, no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, área de Produção Vegetal.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 16/02/2024

Margarida Gorete Ferreira do Carmo, Dra. UFRRJ
(Orientadora)

Erica Souto Abreu Lima Dra. UFRRJ

Marco Antonio de Almeida Leal, Dr. EMBRAPA

(Assinado digitalmente em 15/02/2025 06:20)
ERICA SOUTO ABREU LIMA
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptS (12.28.01.00.00.33)
Matricula: 1412091

(Assinado digitalmente em 17/02/2025 08:29)
MARGARIDA GORETE FERREIRA DO CARMO
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptFITO (12.28.01.00.00.32)
Matricula: 1213072

(Assinado digitalmente em 14/02/2025 11:30)
MARCO ANTONIO DE ALMEIDA LEAL
ASSINANTE EXTERNO
CPF: 991.790.757-20

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrj.br/public/documentos/index.jsp>
informando seu número: **10**, ano: **2025**, tipo: **HOMOLOGAÇÃO DE DISSERTAÇÃO DE**
MESTRADO, data de emissão: **14/02/2025** e o código de verificação: **7d25d7ee2f**

Dedicatória

A Deus, que me capacitou e me possibilitou realizar este sonho.

À minha mãe (Maria), minha irmã (Lívia) e ao meu marido (Gabriel) por todo apoio e incentivo em todos estes anos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por todas as bênçãos derramadas em minha vida, por toda iluminação, proteção e sustento que me deu em toda minha vida, em especial nos últimos dois anos e a Nossa Senhora, pela certeza de estar sempre intercedendo por mim.

Ao meu marido, Gabriel Arruda, por todo apoio, força e incentivo. O seu amor e a sua compreensão tornaram esta jornada muito mais leve.

À minha mãe, Maria Lucena, e à minha irmã, Lívia Calixto, por toda a força que tivemos juntas nesses últimos anos. Só nós sabemos tudo que precisamos vencer para que eu pudesse realizar este sonho e para que todas nós pudéssemos realizar nossos sonhos. Eu amo vocês e a fortaleza que somos juntas. Obrigada por tudo.

À minha orientadora, Dra. Margarida Goréte, por tudo que me ensinou ao longo desta trajetória, pela amizade que construímos, pela sua compreensão e por todo apoio. Foi um grande presente ser orientada por uma mulher tão incrível como a senhora.

Ao meu co-orientador, Dr José Guilherme, por todos os ensinamentos profissionais e de vida, pelo carinho, amizade, e pelas oportunidades que me concedeu. Tenho uma grande admiração e gratidão pela oportunidade da nossa convivência ao longo de tantos anos.

À coordenadora do PPGF, Dra. Camila Pinho, por todo carinho, incentivo e apoio.

À Dra. Erica Abreu, por todo o tempo dedicado aos meus dados e por me auxiliar em tudo que foi necessário.

Aos amigos do Laboratório de Epidemiologia e Patologia de Sementes: Carlos Antonio, Ingrid, Juliane, Laura, Laércio, Leandro, Lígia, Luiza, Marcos, Nathan, Nicole e Pedro Paulo. Sem o apoio de vocês, este trabalho não haveria saído do papel. Muito obrigada pelo apoio e carinho de sempre.

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia, por todo apoio nos ensaios de campo, em especial ao Paulo Souza e Antonio Amorim, que me auxiliaram em tudo que estava ao alcance, e ao Sr Manoel, que foi como um pai ao longo destes dois anos me acompanhando no campo, nos dias de muito sol e nos de muita chuva.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia e ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade de cursar o mestrado.

À CAPES e à FAPERJ pela bolsa e auxílio concedidos.

À EMBRAPA e Fazendinha Agroecológica Km47, e aos seus funcionários, por todo apoio técnico.

Aos membros da banca examinadora, Dra Érica Abreu, Dr Marco Leal, Dr Carlos Antonio e Dra Mariella Camargo.

A todos que contribuíram para a realização deste trabalho, mesmo que não tenham sido mencionados aqui.

Ao povo brasileiro.

Muito obrigada por tudo.

RESUMO

SILVA, Beatriz Calixto. **Eficiência agronômica da fertilização com composto fermentado, formulado com resíduos agroindustriais, na produção de brócolis americano em manejo orgânico.** 2024. 41p. Dissertação (mestrado em Fitotecnia). Instituto de Agronomia. Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2024.

O brócolis americano (*Brassica oleracea* var. *italica*) é uma das principais hortaliças produzidas no Estado do Rio de Janeiro, especialmente na Região Serrana, mas com poucas informações sobre a cultura na Região da Baixada Fluminense e em sistemas orgânicos. Por ser uma cultura adaptada a clima frio e por existir demanda de brócolis o ano inteiro é importante realizar pesquisas que possibilitem a ampliação das épocas e locais de cultivo e a oferta de adubos orgânicos com boa eficiência agronômica e compatíveis com a legislação da agricultura orgânica. Desta forma, desenvolveu-se o presente trabalho com os objetivos de: a) avaliar o uso do composto fermentado, obtidos com a mistura de resíduo de cervejaria (RC), de farelo de trigo (FT), e de farelo de mamona (FM), sobre o desenvolvimento de brócolis americano considerando cinco doses distintas; b) avaliar a resposta de três cultivares de brócolis americano à adubação com as doses do formulado proposto; c) avaliar o desempenho das cultivares, submetidas às respectivas doses do formulado, em duas épocas de cultivo na Região da Baixada Fluminense, RJ. Foram realizados dois ensaios consecutivos, de 02 de maio a 08 de agosto e de 19 de junho a 04 de setembro de 2023, utilizando-se as mesmas fontes de variação, delineamentos e sistemas de manejo da cultura. Nestes, foram testadas três cultivares de brócolis americano (Legacy, Coliseu e Veratto), e cinco doses de composto fermentado do tipo “bokashi”, formulado com 50% de RC + 10% de FT + 40 % de FM, preparado na Fazendinha Agroecológica Km 47, de modo a fornecer 0, 100, 200, 300 e 400 kg de N por hectare. Adotou-se o delineamento de blocos casualizados, em parcela subdividida 3x5: três parcelas e cinco subparcelas e quatro repetições. Analisou-se o teor de nutrientes na folha índice, coletada na fase de emissão da inflorescência e, ao final do ciclo, avaliou-se o desenvolvimento das plantas, produção e qualidade das inflorescências. No primeiro ensaio, observou-se efeito significativo da interação cultivar x dose sobre massa fresca de caule, diâmetro (cm) e massa fresca e seca de inflorescência (g) e; aumento linear e significativo da produtividade com o incremento das doses do composto. No segundo, houve observou-se significativo da interação cultivar x dose sobre a massa fresca e seca de inflorescência (g), altura (cm) e massa seca de folhas (g). Maior produtividade foi registrada na dose equivalente a 400 Kg de N por ha: 20,05, 21,86 e 15,04 t ha⁻¹ no primeiro ensaio; 21,36, 22,27 e 15,96 t.ha⁻¹ no segundo, nas cultivares Legacy, Coliseu e Veratto, respectivamente. Registrou-se maior qualidade e distribuição das colheitas no primeiro ensaio comparado ao segundo. Pode-se indicar o plantio das três cultivares em maio por permitir o escalonamento das colheitas na região de Seropédica – RJ, e adubação com o bokashi testado em quantidade equivalente à dose de 400 Kg N ha⁻¹. Para plantios no mês de junho na região da baixada fluminense, as cultivares Coliseu e Veratto são mais indicadas que a Legacy, pela maior qualidade das inflorescências nestas condições.

Palavras-chave: *Brassica oleracea* var. *italica*; cultivar, adubação orgânica; resíduo de cervejaria; época de plantio.

ABSTRACT

SILVA, Beatriz Calixto. **Agronomic efficiency of fertilization with fermented compost formulated from agro-industrial residues in organic management of american broccoli production.** 2024. 41p. Master's thesis in Crop Science. Agronomy Institute. Department of Crop Science, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2024.

American broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) stands as one of the main vegetables cultivated in the State of Rio de Janeiro, particularly in the Serrana Region. However, there is limited information about its cultivation in the Baixada Fluminense Region and in organic systems. Given its adaptation to cold climates and the year-round demand for broccoli, it is crucial to conduct research facilitating the expansion of cultivation seasons and locations. Moreover, there is a need for organic fertilizers demonstrating good agronomic efficiency and compliance with organic farming regulations. This study aimed to: a) assess fermented compost, derived from a blend of brewery residue (RC), wheat bran (FT), and castor meal (FM), on the development of American broccoli considering five distinct doses; b) evaluate the response of three American broccoli cultivars to fertilization with the proposed formulations; c) assess the performance of the cultivars, subjected to the respective doses of the formulation, during two cultivation periods in the Baixada Fluminense Region, RJ. Two consecutive trials were conducted from May 2 to August 8 and from June 19 to September 4, 2023, using the same sources of variation, designs, and crop management systems. Three American broccoli cultivars (Legacy, Coliseu, and Veratto) and five doses of fermented compost of the "bokashi" type were tested. The bokashi was formulated with 50% RC, 10% FT, and 40% FM, prepared at Fazendinha Agroecológica Km 47, to provide 0, 100, 200, 300, and 400 kg of N per hectare. The experimental design adopted was a randomized complete block in a split-plot arrangement of 3x5: three main plots and five subplots with four replications. Beds measuring 58 x 1.20 m composed of 2.4 x 1.20 m plots, 14.5 x 1.20 m subplots with 40 plants, and 2.4 x 1.20 m sub-subplots with 8 plants were used, maintaining a spacing of 0.6 x 0.6 m, with a distance of 0.5 m between each sub-subplot. Nutritional evaluation involved the analysis of index leaves collected during the inflorescence emission phase. At the end of the cycle, plant development, production, and quality of inflorescences were assessed, considering stem height, number of leaves, and fresh and dry mass (g) of leaves, stem, and inflorescence, as well as inflorescence diameter (cm). Data were subjected to analysis of variance (ANOVA), regression analysis, and Tukey's test ($p < 0.05$) using R software. In the first trial, a significant interaction effect of dose x cultivar was observed on stem fresh mass, diameter (cm), and fresh and dry mass of inflorescence (g). There was a linear and significant increase in productivity with the increment of compost doses. In the second trial, a significant interaction effect of cultivar x dose was observed on fresh and dry mass of inflorescence (g), height (cm), and dry mass of leaves (g). The highest productivity was recorded at the dose equivalent to 400 kg of N per hectare: 20.05, 21.86, and 15.04 t ha⁻¹ in the first trial; 21.36, 22.27, and 15.96 t ha⁻¹ in the second trial, for the Legacy, Coliseu, and Veratto cultivars, respectively. Greater quality and distribution of harvests were observed in the first trial compared to the second. Based on the results, it is recommended to plant the three cultivars in May to allow for staggered harvests in the Seropédica region – RJ, and fertilize with the tested bokashi at a quantity equivalent to a dose of 400 kg N/ha. For plantings in June in the Baixada Fluminense region, the Coliseu and Veratto cultivars are more suitable than Legacy due to the higher quality of inflorescences under these conditions.

Keywords: *Brassica oleracea* var. *italica*; cultivar; organic fertilization; brewery residue; planting season.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Temperatura mínima e máxima (° C), umidade relativa do ar (%) e precipitação (mm) registrado no primeiro (A) e segundo (B) Ensaios, no período de 02 de maio a 08 de agosto e 19 de junho a 04 de setembro de 2023, respectivamente. Seropédica – RJ	14
Figura 2. Número de inflorescências colhidas ao longo das semanas no primeiro (A) e segundo (B) Ensaios, realizados no período de 02 de maio a 08 de agosto e 19 de junho a 04 de setembro de 2023, respectivamente. Seropédica, 2023.....	16
Figura 3. Efeito da interação entre doses de N, oriundas de diferentes doses de composto fermentado tipo bokashi (Resíduo de Cervejaria + Farelo de Trigo + Farelo de Mamona: 50%+10%+40%.) e três cultivares de brócolis (Legacy, Veratto e Coliseu) sobre o diâmetro e massa fresca e seca das inflorescências (A, C e D) e massa fresca de caule (B) em ensaio no período de 02 de maio a 08 de agosto de 2023 em condições de campo. Seropédica, 2023....	19
Figura 4. Inflorescências das cultivares Coliseu (A), Veratto (B) e Legacy (C) cultivadas em condição de campo, no período de 02 de maio a 19 de junho de 2023. Seropédica - RJ, 2023.	21
Figura 5. Teor de Nitrogênio (A), Potássio (B) e Carbono (C), em folha índice de brócolis americano em função das doses de adubação utilizadas, em ensaio de campo realizado no período de 02 de maio a 08 de agosto de 2023. Média de três cultivares. Seropédica, 2023...	26
Figura 6. Teor de Cálcio (A), Magnésio (B) e Fósforo (C), em folha índice de três cultivares de brócolis americano em função das doses de adubação utilizadas, em ensaio de campo realizado no período de 02 de maio a 08 de agosto de 2023. Seropédica, 2023.	27
Figura 7. Anomalia em inflorescências de brócolis americano da cultivar Legacy, em ensaio de campo realizado no período de 19 de junho a 04 de setembro de 2023. Seropédica, 2023.	29
Figura 8. Efeito da interação entre doses de N, oriundas de diferentes doses de composto fermentado tipo bokashi (Resíduo de Cervejaria + Farelo de Trigo + Farelo de Mamona: 50%+10%+40%.) e três cultivares de brócolis sobre altura do caule (A), massa seca da folha (B), massa fresca e seca das inflorescências (C e D) em ensaio no período de 19 de junho a 04 de setembro de 2023 em condições de campo. Seropédica, 2023.	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Teores de N, P, K, Ca, Mg e valor do pH no composto fermentado tipo bokashi. ..	10
Tabela 2. Quantidades de composto e de nutrientes N, P, K, Ca e Mg adicionados ao solo. ..	11
Tabela 3. Análise de variância dos dados relativos a efeito de cultivar, dose de bokashi e interação entre estes sobre número de folhas, massa fresca de folha (g), altura (cm), massa fresca de caule (g), diâmetro da inflorescência (cm), massa fresca de inflorescência (g), massa seca de folha (g), massa seca de caule (g) e massa seca de inflorescência (g). Seropédica, 2023.....	17
Tabela 4. Efeito de cultivar sobre o número, massa fresca e seca de folhas (g), altura (cm) e massa seca do caule (cm) de brócolis americano em ensaio com diferentes doses de adubação com composto fermentado e três cultivares sob manejo orgânico. Ensaio realizado no período de 02 de maio a 08 de agosto de 2023 em condições de campo. Seropédica, 2023.....	18
Tabela 5. Produtividade média das três cultivares de brócolis americano adubadas com diferentes doses de N, fornecidos pelas diferentes doses de bokashi, em ensaio em condições de campo, no período de 02 de maio a 08 de agosto de 2023 em condições de campo. Seropédica, 2023.	23
Tabela 6. Análise de variância dos dados referentes a efeito de cultivar, dose de bokashi e interação entre estes sobre os teores de nutrientes (Nitrogênio (N), Cálcio (Ca), Potássio (K), Magnésio (Mg), Fósforo (P) e Carbono (C) na folha índice de três cultivares de brócolis. Seropédica, 2023.	24
Tabela 8. Análise de variância das médias de número de folhas, massa fresca de folha (g), altura (cm), massa fresca de caule (g), diâmetro da inflorescência (cm), massa fresca de inflorescência (g), massa seca de folha (g), massa seca de caule (g) e massa seca de inflorescência (g).	28
Tabela 9. Médias de número e massa de folhas (g), diâmetro da inflorescência (cm) e massa fresca e seca do caule (cm) em três cultivares de brócolis americano submetidas a diferentes doses de adubação com composto fermentado a campo.	30
Tabela 10. Produtividade média das três cultivares de brócolis americano adubadas com diferentes doses de N, fornecidos pelas diferentes doses de bokashi, em ensaio em condições de campo, no período de 19 de junho a 04 de setembro de 2023 em condições de campo. Seropédica, 2023.	33

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Aspectos Gerais da Cultura do Brócolis.....	3
2.4. Adubação Orgânica	7
2.5. Compostos Fermentados	8
3. MATERIAL E MÉTODOS	10
3.1. Confeção e Caracterização do Composto Fermentado	10
3.3. Doses de Composto Fermentado	11
4. RESULTADOS.....	13
4.3. Primeiro Ensaio: Efeito de Adubação e Cultivar.....	17
4.4. Segundo Ensaio: Efeito de Adubação e Cultivar.....	28
5. CONCLUSÃO	35
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36

1. INTRODUÇÃO

O brócolis americano (*Brassica oleracea* var. *italica*) é, dentre as hortaliças produzidas no Estado do Rio de Janeiro, uma das que mais se destaca pelo valor agregado e procura no mercado. Mas, por ser uma espécie exigente em clima frio, tem o seu local e período de cultivo limitado pela temperatura. Um dos grandes desafios para garantir a oferta desta hortaliça ao longo do ano é ampliar as janelas de cultivo superando as limitações climáticas à sua produção. Outro desafio é viabilizar o cultivo na região da Baixada Fluminense, uma área estratégica em função da proximidade com grande mercado consumidor do Estado do Rio de Janeiro, e, paralelamente, fomentar a produção de brócolis orgânico.

Para se ampliar esta janela de oferta ao longo do ano, deve-se buscar e testar cultivares com maior adaptação climática, especialmente ao calor e alta umidade, e testar diferentes locais e épocas de plantio. Atualmente, temos diferentes grupos de cultivares de brócolis identificadas como super precoces, precoces e de meia estação que ainda não foram testadas nas condições da baixada fluminense.

Ainda, são escassas as informações acerca do cultivo orgânico de brócolis, especialmente para as condições limitantes da Baixada Fluminense do Estado do Rio de Janeiro. Para fomentar a produção orgânica, além de se identificar espécies e cultivares mais adequadas, é importante buscar novas fontes de adubos orgânicos e desenvolver tecnologias de formulação e aplicação. Outro princípio importante é a otimização do uso de resíduos orgânicos limpos produzidos em grande quantidade pela agroindústria. Como se sabe, a legislação que regulamenta a produção orgânica proíbe o uso de fertilizantes sintéticos, o que reduz as opções a serem utilizadas além de gerar dificuldades operacionais e financeiras como aumento dos custos de produção. Dentre os nutrientes de maior importância para o desenvolvimento das culturas está o nitrogênio que por sua vez exige um adequado planejamento visando o suprimento eficiente na produção orgânica.

Como a aplicação de N oriundo de fertilizantes sintéticos não é permitida nos sistemas orgânicos (OLIVEIRA et al., 2014), outras fontes precisam ser identificadas, desenvolvidas, aprimoradas e disponibilizadas para os produtores visando redução dos custos de produção e maior praticidade e sustentabilidade dos sistemas de produção. Estas fontes precisam, ainda, serem compatíveis com os princípios da agricultura orgânica e com a legislação vigente. A disponibilização de fontes de N e de outros nutrientes que sejam derivadas de processos biológicos, e que apresentem eficiência agrônômica, poderá contribuir para a ampliação da sustentabilidade ambiental e da competitividade das unidades orgânicas de produção de hortaliças e de outros produtos vegetais.

Compostos fermentados do tipo “bokashi” podem ser preparados na própria unidade agrícola, fazendo uso de farelos provenientes de resíduos agrícolas e agroindustriais disponíveis, local e regionalmente. Destaca-se que, apesar de existirem amplas possibilidades de formulações para compostos fermentados do tipo “bokashi”, há um princípio comum: a mistura de matérias primas com alto teor de nitrogênio conjugadas a materiais ricos em carbono. A formulação mais comum ou tradicional envolve a combinação de farelo de trigo, rico em carbono, como a torta ou farelo de mamona, que contém alto teor de nitrogênio. Propostas mais recentes visam a substituição parcial ou total destes resíduos. Como estes normalmente precisam ser adquiridos fora da unidade de produção propõe-se a sua substituição por outros resíduos mais acessíveis localmente ou, por matéria prima produzida pelo próprio agricultor. Esta abordagem busca reduzir a dependência de insumos externos à propriedade e reduzir o custo dos formulados.

Resultados recentes de pesquisa evidenciam o potencial da utilização de outros materiais em substituição, total ou parcial, à torta de mamona, como farelos de biomassa de leguminosas (PIAN, 2019; GOULART, 2020); e ao farelo de trigo, como o resíduo da produção de cerveja

(SOUZA, 2020). Ressalta-se que os compostos orgânicos fermentados do tipo “bokashi”, além de funcionarem como fonte de nutrientes para as plantas, também poderiam contribuir para o aporte de microrganismos potencialmente benéficos para a revitalização do solo, principalmente daqueles biologicamente degradados (OLIVEIRA, 2015).

Apesar dos benefícios da utilização de compostos orgânicos fermentados do tipo “bokashi”, a sua viabilidade depende da facilidade de preparo e uso, custo e eficiência agrônômica. Mas pouco se sabe sobre a eficiência destes novos compostos comparados à formulação tradicional. E, apesar do crescente interesse e busca por estes formulados, poucas são as informações técnicas e científicas disponíveis sobre novas formulações, com combinações ou fontes distintas de matérias primas assim como sobre doses e épocas de aplicação para diferentes hortaliças.

Como o brócolis é uma cultura de alto valor comercial e alta exigência nutricional, configura-se como um bom modelo para este tipo de estudo. Ensaios com novos compostos, formulados com biomassa vegetal produzida *in situ*, utilizando a cultura de brócolis como cultura modelo, tem o potencial não só de contribuir para validar estas tecnologias como também de permitir ajustes de doses e de recomendações específicas para a própria cultura, especialmente em sistemas orgânicos. Tal abordagem pode resultar na redução da dependência externa em relação ao suprimento de N e de outros nutrientes, promovendo práticas agrícolas mais sustentáveis e eficientes.

O presente trabalho foi delineado tendo-se como hipóteses a premissa de que a fertilização empregando o composto fermentado do tipo “bokashi” formulado com resíduos agroindustriais, aplicado em doses adequadas, supre a demanda de N e de outros nutrientes para cultura de brócolis americano em sistemas de cultivo orgânico e; que a introdução de cultivares mais adaptadas ao calor e variações de épocas de plantio podem contribuir para ampliar a produção de brócolis na região da baixada fluminense do Estado do Rio de Janeiro.

Diante do exposto, desenvolveu-se o presente trabalho tendo como objetivos: a) avaliar o uso do composto fermentado, obtidos com a mistura de resíduo de cervejaria (RC), de farelo de trigo (FT), e de farelo de mamona (FM), sobre o desenvolvimento de brócolis americano considerando cinco doses distintas dimensionadas com base no aporte de N; b) avaliar a resposta de três cultivares de brócolis americano à adubação com as doses do formulado proposto; c) avaliar o desempenho das cultivares, submetidas às respectivas doses do formulado, em duas épocas de cultivo na Região da Baixada Fluminense, RJ.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aspectos Gerais da Cultura do Brócolis

O brócolis (*Brassica oleracea* var. *italica*) assim como a couve-flor (*B. oleracea* var. *botrytis*), o repolho (*B. oleracea* var. *capitata*) e a couve-manteiga (*B. oleracea* var. *acephala*) são variedades botânicas da espécie *Brassica oleracea*, pertencentes à família Brassicaceae (crucíferas). A espécie *B. oleracea* tem origem em regiões próximas ao Mar Mediterrâneo de onde se espalhou por toda a Europa. Acredita-se que as variedades botânicas cultivadas atualmente sejam descendentes do couve-silvestre (*B. oleracea* var. *silvestris*) cujas plantas se assemelham às de couve comum (MAY et al., 2007; FILGUEIRA, 2008; MELO, 2015; MELO et al., 2019; SANTOS et al., 2020 a, b).

As brassicaceas representam um conjunto de hortaliças de elevado valor nutritivo, muito importantes para a alimentação humana (FILGUEIRA, 2008; MELO et al., 2019). De acordo com os dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), no ano de 2020, a área mundial plantada com brócolis e couve-flor foi de 1.357.186 ha, com uma produção de cerca de 25.531.274 t (FAO, 2020). Estimativas recentes indicam que cerca de 10% do brócolis consumido no mundo é produzido na América do Sul, sendo o Brasil o maior produtor (SANTOS et al., 2020b).

O brócolis é uma espécie bienal originária de região de clima temperado e bastante exigente em frio para florescer e completar o seu ciclo. É cultivada como uma hortaliça de ciclo anual, de porte ereto e que emite uma inflorescência única, polposa e intumescida na extremidade da haste da planta ou, uma série de inflorescências sendo uma apical e uma série emitidas a partir das hastes laterais. Na inflorescência, inserem-se inúmeros botões florais de coloração verde escura. Esta(s) inflorescência(s) é que constituem a parte comestível de maior interesse na planta (FILGUEIRA, 2008).

A temperatura ideal para o desenvolvimento da cultura varia de 15 a 24° C (MELO, 2015), e umidade relativa ótima entre 60 e 75% (INFOAGRO, 2007). Não há resposta da planta a variação de fotoperíodo (TAN et al., 2004). Apesar de ser uma cultura originalmente exigente em frio, sendo grande parte de suas cultivares dependentes de frio para florescer e produzir, existem várias cultivares precoces e super precoces que permitem o seu cultivo em condições tropicais ou temperaturas mais elevadas (MELO, 2015).

A exposição da cultura a temperaturas acima de 25°C durante períodos prolongados pode afetar negativamente o desenvolvimento vegetativo e retardar a emissão das inflorescências. Esta exposição também pode reduzir o tamanho das inflorescências e induzir ao aparecimento de brácteas no pedúnculo floral, afetando sua qualidade comercial (BJORKMAN & PEARSON, 1998). Em contrapartida, de acordo com De Lalla et. al (2010), a exposição a temperaturas mais elevadas, mesmo por curtos períodos, pode resultar em alongamento do pedúnculo floral e crescimento rápido das inflorescências, a depender da cultivar.

Apesar da cultura necessitar de temperaturas amenas para seu desenvolvimento, é possível alcançar resultados satisfatórios de produção em regiões com clima que apresente temperaturas relativamente mais elevadas. Para tanto, é fundamental a utilização de cultivares, desenvolvidas a partir de trabalhos de melhoramento genético da planta, que sejam mais adaptadas a estas condições climáticas menos favoráveis. Após o lançamento de novas cultivares, estas devem ser avaliadas quanto ao desempenho, aparecimento de desordens fisiológicas e à susceptibilidade a pragas e doenças (MELO, 2015). Tão importante quanto o lançamento de novas cultivares no mercado, são os estudos acerca do desempenho destas cultivares em diferentes regiões. Estes estudos favorecem a competitividade no setor agrícola

pelo fornecimento de informações para técnicos e agricultores e podem nortear práticas que otimizem a produtividade e rentabilidade (SANTOS, 2017).

Na região da Baixada Fluminense do Estado Rio de Janeiro, que apresenta temperaturas elevadas durante a maior parte do ano, o cultivo de brócolis é limitado. A produção concentra-se nas regiões de maior altitude e que apresentam temperatura mais amenas o que acarreta elevação dos custos devido à maior distância e custo do transporte até o mercado consumidor.

2.2. Grupos Comerciais, Ciclo da Planta e Cultivares de Brócolis

Dois grupos de brócolis são disponíveis no mercado brasileiro: o ramoso e o de inflorescência única, também conhecido como brócolis americano. O brócolis ramoso apresenta ramificações laterais e caules de menor espessura, suas inflorescências são menos compactas, exibindo botões florais de dimensões superiores e maior abertura, o que contribui para uma granulometria maior. Este grupo é comercializado em maços, geralmente para o consumo fresco. Já o brócolis de inflorescência única apresenta uma cabeça mais compacta e com diâmetro maior e pode ser comercializado tanto para consumo fresco quanto para indústria, pois suas características são ideais para processos de congelamento (MELO, 2015).

O cultivo do brócolis é realizado em muitas regiões do mundo, em especial nas regiões de clima ameno, pois são nessas condições que a cultura se desenvolve melhor (DE LALLA et al., 2010). O melhor desenvolvimento tanto em termos de produção quanto de qualidade, é observado em condições de temperatura entre 15 e 24 °C (TREVISAN et al., 2003).

O Brasil possui um território extenso, com diferentes condições climáticas ao longo do ano. Em decorrência disso, há a necessidade de se trabalhar com diferentes cultivares, com requerimentos climáticos distintos. Em levantamento realizado em 2014, foi observado que entre as principais cultivares de brócolis cultivados no Brasil, 30 eram de cabeça única, evidenciando a importância deste grupo (MELO, 2015).

O ciclo da cultura de brócolis ramoso é diferente do brócolis americano. As colheitas iniciam-se cerca de 90 dias após o plantio e prossegue sistematicamente por até quatro meses. Estas colheitas, em geral, são espaçadas entre 7 e 10 dias. O ciclo das plantas do Grupo Americano varia de 60 a 90 conforme a cultivar e clima e com uma única colheita por planta (GRISEL & ASSIS, 2015).

De acordo com Melo (2015), sob condições propícias, o ciclo de crescimento e desenvolvimento do brócolis pode ser segmentado em quatro estágios distintos. No primeiro estágio, que se estende de 0 a 30 dias, observa-se o crescimento inicial após a emergência das plântulas, culminando na emissão de 5 a 7 folhas verdadeiras. No segundo estágio, abrangendo o período de 30 a 60 dias, destaca-se a expansão das folhas externas da planta. O terceiro estágio, que se estende de 60 a 90 dias, é caracterizado pela diferenciação e desenvolvimento dos primórdios florais, além do crescimento das folhas externas. Finalmente, no quarto estágio, que ocorre entre 90 e 120 dias, ocorre o desenvolvimento completo da inflorescência e início das flores.

O desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das espécies vegetais sofre influência das variáveis edafoclimáticas e do manejo. Estes fatores englobam o espaçamento e a densidade de plantio, as variações de temperatura, a umidade relativa, a precipitação pluviométrica ou irrigação, a velocidade do vento, o fotoperíodo bem como as condições físicas, químicas e biológicas do solo. Estes fatores desempenham papéis cruciais no desenvolvimento das plantas, tanto em seus estágios vegetativos quanto reprodutivos, e na qualidade pós-colheita, evidenciando a complexidade das interações entre o meio ambiente e o ciclo de vida das espécies vegetais (DIAS, 2018).

Sob o ponto de vista agrônomo, a produção de brócolis está diretamente relacionada ao crescimento da planta e desenvolvimento das inflorescências, ou às duas fases do ciclo da

planta (DIPUTADO, JÚNIOR, 1989). A primeira, que se inicia a partir do transplântio até o início da formação da inflorescência/cabeça, onde o meristema vegetativo diferencia-se para meristema reprodutivo, sob estímulo ou indução mediado por fatores ambientais; a segunda, compreende o período desde o início da formação da inflorescência/cabeça até a colheita (HADLEY, 1998).

Para a formação da cabeça (inflorescência), é essencial o desenvolvimento de um número mínimo específico de folhas. A contagem das folhas visíveis representa uma abordagem fácil e não destrutiva para avaliar o estágio de crescimento da planta, visto que o número total de folhas está diretamente relacionado ao número de folhas visíveis (GREVSEN, 2015). É, geralmente, observado que a iniciação da formação da cabeça requer um número de folhas variando entre 13 e 31, dependendo da cultivar e que a temperatura desempenha um papel importante (WURR, 1991; WURR, 1995; GREVSEN, 1998). O aumento de temperatura aumenta o número mínimo de folhas necessárias para início da formação da inflorescência, como também afeta o momento de iniciação deste processo (FELLOWS, 1997). Ou seja, no cultivo e produção de brócolis há uma forte e complexa interação entre fatores genéticos e ambientais, especialmente a temperatura.

O ciclo do brócolis de inflorescência única pode variar de acordo com a cultivar e com a condição climática, podendo variar de 90 a 135 dias (MELO, 2015). Entretanto, com o lançamento de novas cultivares, de ciclo médio e precoce, tem sido possível reduzir o tempo entre o plantio e a colheita. Siqueira et al (2009), cita para a cultivar Piracicaba plantas com ciclo de aproximadamente 90 dias quando submetida a diferentes doses de adubação verde. Seabra Júnior (2014), em trabalho realizado com quinze diferentes cultivares (Shiguemori, Lord Summer, Marathon, Imperial, Avenger, Salinas, Brócolis de Cabeça, Bozano, Legacy, BRO 68, Bibou, Yahto, Calabrês de Cabeça, Romanesco e Green Storm Bonanza) sob condições de temperatura elevada, obtiveram ciclos de 99 a 114 dias. Os autores citam que a cultivar Legacy, apesar de ter sido a que apresentou maior produtividade, apresentou inflorescências de baixa qualidade que inviabilizaram a sua comercialização. Dentre os problemas, citam distúrbios fisiológicos ocasionados pelas elevadas temperaturas. De Lalla et al. (2010), em trabalho avaliando diferentes cultivares (BRO68, Marathon, Green Parasol, Centenário, Legacy, Magestic Crown, AF649, e Brócolis de Cabeça) obtiveram ciclo de 89 a 116 dias e, Melo et al. (2010) cita ciclo de 87 a 128 dias, em função de diferentes tipos de cultivares. Entretanto, algumas cultivares lançadas nos últimos anos, têm sido identificadas como sendo de ciclos mais curtos. Como exemplos pode-se mencionar a cultivar Coliseu, com ciclo de cerca de 60 dias e, a cultivar Festival, com ciclo de 45 dias, ambas da Feltrin (FELTRIN, 2024).

A cultivar Coliseu é descrita como sendo tolerante a altas temperaturas e, por ter ciclo mais curto, permitir maior densidade de plantio. É uma planta de porte médio, com folhas verde escuras. A inflorescência é de tamanho médio, com peso entre 0,3 e 0,5 kg, semi-arredondada com granulometria média e de coloração verde intenso. O ciclo de cultivo é de 60 dias após o transplântio das mudas, sendo considerada de ciclo precoce. A temperatura para seu cultivo varia entre 18 e 30°C, sendo indicada para as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste durante o ano todo e para Sul e Sudeste em cultivo de verão. Apresenta resistência à podridão negra (*Xanthomonas campestris* pv. *campestris*) (FELTRIN, 2023).

A cultivar Veratto é um híbrido para cultivo no verão e descrita como sendo de alta sanidade foliar, porte médio, planta compacta. A inflorescência é de granulometria fina, formato arredondado e tamanho médio, com peso médio de 0,5 kg e excelente pós-colheita, apta para comercialização *in natura* e processamento. O ciclo de cultivo é de 95 dias após o transplântio, sendo considerada de ciclo médio. Seu diferencial é permitir o cultivo em diferentes condições climáticas. Apresenta resistência à podridão negra (*X. campestris* pv. *campestris*) (OLIM SEMENTES, 2023).

Já a cultivar Legacy desenvolve-se bem em cultivo de inverno, apresenta plantas vigorosas e de porte grande e boa distribuição de folhas. A inflorescência é de granulometria fina, muito compacta, de cor verde escuro e tamanho grande, com peso médio entre 0,9 e 1,2 kg, apta para comercialização *in natura* e para processamento. O ciclo de cultivo é de 105 a 110 dias, sendo considerada de ciclo tardio (SEMINIS, 2023).

Vargas et al. (2006), avaliou o desempenho de diferentes cultivares de brócolis americano na região de São Paulo em época de verão/outono e concluiu que, apesar da cultivar Legacy apresentar as maiores médias de produtividade, não seria recomendado seu cultivo em regiões de altas temperaturas, devido aos diversos distúrbios fisiológicos observados no desenvolvimento e inflorescências da planta. Em concordância, Seabra Júnior et al. (2014), avaliando o desempenho de um grupo de cultivares na região do Mato Grosso concluíram que a mesma cultivar não é recomendada para temperaturas elevadas pois, apesar de expressar produção mais elevada, também apresentou diversos distúrbios fisiológicos.

2.3. Nutrição e Adubação de Brócolis

Para o cultivo comercial de brócolis é importante atentar-se para os requerimentos básicos da cultura: solos férteis, com saturação de bases (V%) próximo ou superior a 80%, e pH próximo a 6,5 (MAY et al., 2007; KUMAR et al. 2014; MELO, 2015; TRANI et al., 2015). Como grande parte das áreas de produção de *B. oleracea* no Brasil apresentam solos de baixa fertilidade, ácidos e com baixo teor de matéria orgânica (BHERING et al., 2017; SANTOS et al., 2017; SANTOS et al., 2020a), a correção da acidez e a aplicação de fertilizantes, químicos ou orgânicos, para o aumento da fertilidade e do teor de matéria orgânica no solo é uma prática necessária para se garantir bons rendimentos da cultura (BHERING et al., 2017; SANTOS et al., 2017; SANTOS et al., 2020a).

De acordo com Melo (2015), adubação de plantio para a cultura de brócolis, na maioria das regiões do país, deve ser dimensionada de modo a fornecer: de 60 a 120 kg ha⁻¹ de N; de 50 a 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅; e de 50 a 240 kg ha⁻¹ de K₂O. As adubações nitrogenada e potássica estão diretamente relacionadas à produtividade da cultura (MELO, 2015), sendo importante entender que a dinâmica de absorção dos nutrientes varia de acordo com as condições ambientais e ciclo da cultivar.

Em pesquisa realizada por Cecílio Filho et al (2017), a absorção de nutrientes pela cultura do brócolis segue a curva de acúmulo de massa seca pelas plantas. De acordo com os dados obtidos, a partir da formação da inflorescência, esta se torna o dreno principal de todos os nutrientes absorvidos pela planta. A ordem decrescente dos nutrientes acumulados observada pelos autores foi N > K > Ca > Mg > S > P > > Fe > Mn > Zn > B > Cu.

Em trabalho realizado por Diniz (2011), na dose de 9 t ha⁻¹ de adubo verde mucuna cinza (*Mucuna pruriens*), acrescido de 12 t ha⁻¹ de composto orgânico formulado com capim elefante e cama de aviário, o acúmulo de N na inflorescência foi de 1,20 g planta⁻¹ aos 75 DAT. Considerando a população de 22.222 plantas por ha no campo, observaram um acúmulo total de 100,20 kg ha⁻¹ de N pelas plantas e uma exportação 45,77 kg ha⁻¹ de N pelas inflorescências. Oliveira et al. (2016), em sistema convencional de produção com a utilização da dose de 200 kg.ha⁻¹ de N, obteve produtividade máxima de 11,91 t.ha⁻¹. Vieira Filho (2023), em sistema orgânico de produção, com a cultura do brócolis em sucessão ao minimilho e mucuna preta, e adubação de cobertura com composto fermentado na dose de 80 kg N ha⁻¹, obteve produtividades de 12,19 e 14,32 t ha⁻¹ em dois ciclos de produção.

2.4. Adubação Orgânica

O emprego de compostos orgânicos obtidos por diferentes processos e diferentes fontes de resíduos ou matéria prima é um dos itens prioritários na horticultura orgânica. Dentre os resíduos mais usados estão os esterco, ou misturas de esterco e resíduos vegetais, agrícolas e agroindustriais. A introdução nas unidades agrícolas de plantas de cobertura de solo com potencial para adubação verde e geração de biomassa, principalmente com leguminosas, é outra forma de contribuir, por meio do processo de fixação biológica de N para o aporte deste nutriente aos sistemas de produção (GUERRA et al., 2023). As fontes orgânicas, dependendo da composição e doses usadas, podem atender à demanda deste nutriente e contribuir para a manutenção da fertilidade do solo.

Os fertilizantes sintéticos são eficientes para o suprimento de nutrientes para as plantas e são comumente utilizados em larga escala. Entretanto, aplicações constantes podem ser prejudiciais ao meio ambiente (WAHYUNINGSIH et al., 2019) e não contribuir para a melhoria da qualidade físico-química e biológica do solo e, consequentemente para o equilíbrio do agroecossistema (CARRON et al., 2016). Ainda, a utilização de quantidades elevadas e prolongada de fertilizantes sintéticos pode levar à depreciação da qualidade do solo, contaminação das águas subterrâneas e influenciar negativamente os microrganismos benéficos presentes no solo (HERNANDEZ et al., 2021).

O aporte e conservação da matéria orgânica é uma prática primordial para o manejo sustentável do solo, tanto no que se refere à manutenção de sua fertilidade quanto pelas melhorias de suas condições físicas, químicas e biológicas (TRANI et al., 2015). Dentre as diferentes fontes de matéria orgânica, estão os subprodutos ou resíduos da agropecuária e de toda a cadeia de beneficiamento de produtos vegetais. O desenvolvimento de processos para utilização eficientes destes resíduos pode contribuir tanto para a produção agrícola como para o meio ambiente pela destinação segura e útil destes resíduos. Esta prática envolve diferentes etapas, desde a busca e identificação das fontes potenciais de resíduos, a avaliação e caracterização dos mesmos quanto à composição e potencial como fertilizante ou condicionador de solo, e o estabelecimento de protocolos de tratamento e aplicação.

A agroindústria no Brasil tem crescido nos últimos anos, sendo observado um aumento na produção de resíduos. Dentre as indústrias com grande atividade e produção de resíduos está a indústria cervejeira. O aumento da produção de cerveja acarreta, inevitavelmente, no aumento de subprodutos e resíduos dentro das unidades, o que ocasiona em uma séria preocupação no setor. A maior parte dos subprodutos e resíduos da produção de cerveja pode ser reciclada e reutilizada. Dessa forma, na estratégia de se combater o desperdício e aproveitar os descartes inutilizados pelas indústrias, esses materiais podem ser utilizados como fontes de matéria-prima para outros setores, como o setor agrícola e, tal questão pode gerar maior competitividade entre as indústrias (JESUS FILHO, 2022).

Na produção de cerveja são produzidos diferentes tipos de resíduos, sendo a levedura cervejeira, o lodo da estação de tratamento de efluentes e o bagaço de malte os principais. Dentre os resíduos gerados nos processos agroindustriais, o bagaço de malte é um dos mais abundantes pois sua geração é contínua e em grande volume ao longo do ano (BROCHIER, 2007), sendo um resíduo remanescente da peneira de filtragem. Este resíduo é composto principalmente por fibra, polissacarídeo e material nitrogenado (BARCELOS, 2012).

A utilização do bagaço de malte para a preparação de compostos orgânicos utilizados para adubação tem elevado potencial, principalmente para a agricultura orgânica (GOULART, 2020; DE SOUZA JÚNIOR, 2023). Os teores de nutrientes contidos no bagaço de malte, em caracterização realizada por De Souza Junior (2023), são os seguintes: 54,6 g/kg de N; 5,3 g/kg de P; 0,4 g/kg de K; 3,8 g/kg de Ca; 1,2 g/kg de Mg. Já em avaliações realizadas

por Pian (2023) os valores observados foram de 34,22 g/kg de N; 3,79 g/kg de P; 1,60 g/kg de K; 0,99 g/kg de Ca; 1,57 g/kg de Mg.

O nitrogênio (N) é um macronutriente essencial e um dos que mais afeta a produção vegetal por estar associado a diferentes compostos e processos, inclusive a fotossíntese (Silva et al., 2018). O ciclo do nitrogênio envolve vários processos e rotas e é diretamente afetado pela ação microbiana (CANTARELLA, 2007). A entrada de N no sistema pode se dar pelo seu aporte via adubação, com fontes sintéticas ou orgânicas, e pela fixação biológica. A saída por sua vez pode se dar por inúmeras vias, desde a própria remoção via colheita como pela lixiviação e desnitrificação.

Uma das características dos solos tropicais é o seu baixo teor de N o que reforça a importância da sua adição (SOUZA & MELO, 2000). Entretanto, o seu aproveitamento pelas plantas depende da forma e da quantidade aplicada. Este elemento é ainda um dos mais importantes no que se refere ao processo de acumulação da matéria orgânica no solo. (BATJES, 1996.). Dessa forma, a aplicação de fertilizantes orgânicos ricos em N no solo aumenta a capacidade de acúmulo de matéria orgânica e pode reduzir substancialmente a necessidade do uso de fertilizantes nitrogenados de origem sintética.

2.5. Compostos Fermentados

Compostos fermentados são adubos orgânicos obtidos por meio da combinação de matéria primas, de origem vegetal ou animal, submetidos a processos de fermentação por um período preestabelecido e mediado pela ação da microbiota (PIAN, 2019). Os adubos ou compostos são preparados em recipientes hermeticamente fechados e ambiente com restrição de O₂. No processo tradicional, a compostagem se dá em ambientes aeróbicos a partir da formação de leiras e constantes revolvimentos. A preparação de compostos fermentados é muito antiga e difundida no Japão. Foi trazida e adaptada no Brasil por imigrantes japoneses na década de 80 (SIQUEIRA & SIQUEIRA, 2013).

Os compostos formulados com farelos vegetais em ambientes anaeróbicos, “bokashi”, diferem dos compostos obtidos nos processos aeróbicos tradicionais quanto à eficiência. Na produção dos compostos fermentados, há menores perdas de N e de C devido à menor emissão de CO₂. Destaca-se também pela menor demanda de força de trabalho, visto não requerer revolvimentos de leira (HITMAN et al., 2013). Ainda, além de serem fonte de nutrientes para as plantas, os compostos fermentados podem também, a princípio, contribuir para o aporte de microrganismos (SIQUEIRA & SIQUEIRA, 2013; OLIVEIRA, 2015; LIMA, 2018). Oliveira et al. (2014) relatam que compostos fermentados tipo “bokashi” apresentam baixo risco toxicológico e que podem ser produzidos a partir de diferentes fontes de resíduos vegetais ou agroindustriais, dependendo da disponibilidade, e da finalidade de sua utilização. Ou seja, é possível desenvolver formulações que atendam demandas exclusivamente locais ou que gerem produtos para comercialização.

Resultados de pesquisa têm evidenciado que os compostos fermentados tipo “bokashi” são boas fontes para fertilização de cultivos orgânicos e que propiciam aumento nos níveis de nutrientes disponíveis no solo e, frequentemente, resultam em aumentos de produtividade de hortaliças (OLIVEIRA, 2015; LIMA, 2018; PIAN, 2019). Resultados positivos no rendimento foram relatados em diferentes cultivos, em distintas condições edafoclimáticas (OLIVEIRA et al., 2008; MUSSATTO et al., 2011; ALMEIDA, 2014; HOSHINO et al., 2016; SAITER et al., 2020).

No Rio de Janeiro a formulação mais utilizada é composta por farelo de trigo, material de alta relação C/N e farelo de mamona, de baixa relação C/N (SOUZA, 2020), na proporção de 60:40 (% m/m). Ainda, de acordo com o mesmo autor, estes materiais utilizados sofrem

variações de preços e disponibilidade o que pode limitara a sua produção. Além disso, o farelo de trigo é um produto considerado nobre e utilizado na alimentação animal. Dessa forma, a substituição total ou parcial destes resíduos pode contribuir para a redução da dependência dos agricultores ao meio externo. Por haver variações nas formulações e origens das matérias primas utilizadas na produção de bokashi, há, conseqüentemente, diferenças quanto aos teores de nitrogênio. Oliveira (2014) avaliou seis diferentes formulações, sendo estas: FT+TM - farelo de trigo e torta de mamona; BC+TM - bagaço de cana e torta de mamona; CE+M - capim elefante e torta de mamona; FT+GL - farelo de trigo e gliricídia; BC+GL - bagaço de cana e gliricídia; CE+GL - capim elefante e gliricídia. Ao final, constatou variações no teor de N, sendo estes de 44,2; 24,42; 27,80; 32,2; 18,9; e 20,9 g/kg, respectivamente. Pian (2023), por sua vez, constatou em compostos fermentados contendo 60 % de resíduo de cervejaria acrescido de 40% de farelo de mamona ou 40% de farelo de leguminosa, teores de N equivalente a 47,17 e 34,32 g/kg, respectivamente. Dentre os outros nutrientes, o autor relata os seguintes teores: P - 7,22 e 4,23; K- 5,46 e 6,38; Ca - 5,86 e 6,99 e Mg- 3,59 e 4,14 g/kg, nas duas formulações, respectivamente. Em outro estudo, Souza Junior (2023), utilizando a formulações de 60% de resíduo de cervejaria e 40% de farelo de mamona observou os seguintes teores de nutrientes: N - 61,8; P - 7,8; K - 4,4; Ca - 3,9; Mg - 2,7 g/kg. Neste mesmo trabalho, em formulação utilizando 60% de resíduo de cervejaria e 40% de farelo de gliricídea, observou os seguintes teores de nutrientes: N - 44,4; P - 5,1; K - 5,3; Ca - 4,1; Mg - 2,5 g/kg.

Especula-se que compostos orgânicos possam também aumentar a supressividade do solo a fitopatógenos devido ao favorecimento da atividade microbiana e de antagonistas naturalmente presentes no solo (HADAR; PAPADOPOULOU, 2012), não havendo, porém, resultados concretos que comprovem este efeito. A adubação com alguns resíduos agroindustriais confere às hortaliças produzidas um aumento na massa, volume e número de folhas que se traduzem em aumento da taxa fotossintética, além de incrementos no volume e massa de raízes, proporcionando maior absorção de nutrientes. Tais incrementos no desenvolvimento das plantas foi observado por Condé et al. (2017), no desenvolvimento de folhas e raízes em plantas de repolho utilizando doses crescentes de composto fermentado do tipo “bokashi”, confeccionado com a formulação tradicional de farelo de trigo, torta de mamona e microrganismos eficientes. Penalber (2009), observou efeitos benéficos do uso de composto orgânico do tipo “bokashi” na cultura do brócolis, tanto para a cultura quanto para as propriedades físicas e químicas do solo.

De acordo com Embrapa (2014), a torta da mamona obtida no processo tradicional de extração do óleo, com posterior transesterificação, possui em média os seguintes teores: umidade = 8,13%; óleo = 13,10%; proteína bruta = 28,74%; cinzas = 12,11%; N = 46 g kg⁻¹; P = 30 g kg⁻¹; e K = 9,6 g kg⁻¹. Como a torta de mamona é um resíduo orgânico, além de fornecer nutrientes pode atuar como condicionador do solo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Confeção e Caracterização do Composto Fermentado

O composto foi confeccionado utilizando-se bagaço de malte resultante da produção de cerveja ou resíduo de cervejaria (RC), farelo de trigo (FT) e farelo de mamona (FM). As formulações foram obtidas com a mistura de resíduos na proporção de 50:10:40 (% m/m) de RC+FT+FM, respectivamente. Foi realizada a substituição parcial do farelo de trigo, mantendo 10% na formulação para estabilização do material, devido ao elevado teor de umidade do resíduo de cervejaria.

O resíduo de cervejaria que consiste na sobra de cevada, levedura e lúpulo, ou bagaço de malte, foi cedido para a realização do trabalho pela Cervejaria Grupo Petrópolis. O material foi recolhido imediatamente após ser homogeneizado e acondicionado em recipiente vedado, para que suas características originais fossem mantidas até o momento de confecção dos compostos. Farelo de mamona e farelo de trigo foram adquiridos em lojas comerciais.

Os resíduos foram misturados seguindo a proporção estabelecida, homogeneizados e umedecidos com uma solução ativada e diluída contendo *Lactobacillus plantarum* e *Saccharomyces cerevisiae* (produto comercial Embiotic®). Para a ativação dos microrganismos, utilizou-se 50 ml do produto comercial, 50 g de açúcar mascavo e 400 ml de água posteriormente acondicionados em garrafas plásticas por um período de 7 dias (GOULART, 2020). Após a mistura, o material foi acondicionado em recipientes hermeticamente fechados, mantidos em sala de incubação com temperatura estabilizada na faixa de 28 a 29 °C por 21 dias. Ao final do período de incubação os frascos foram abertos e amostras retiradas para a determinação do teor de umidade, do valor de pH e dos teores totais de C, N, P, K, Ca e Mg (Tabela 1), empregando-se os métodos descritos por Nogueira & Souza (2005).

Tabela 1. Teores de N, P, K, Ca, Mg e valor do pH no composto fermentado tipo bokashi.

Formulação	N	P	K	Ca	Mg	pH
	----- g/Kg -----					
50%RC + 10% FT + 40% FM	44,10	8,05	8,02	4,49	4,03	4,52

RC= Resíduo de cervejaria ; FT = Farelo de Trigo; FM = Farelo de Mamona.

3.2. Caracterização do Local de Realização dos Ensaios

Os ensaios foram conduzidos em área de campo do Setor de Horticultura, localizado nas dependências da UFRRJ, localizada no Município de Seropédica, Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Foram coletadas amostras de solo identificado como Planossolo Háplico (SANTOS et al., 2013), encaminhadas para análise laboratorial (Anexo 1). Baseado nos resultados, o solo foi corrigido apenas quanto a acidez com a adição de 0,14 Kg de CaO por m².

O brócolis foi cultivado em canteiros de 1,20 m de largura e 0,40 m de altura, cobertos com *mulching*. Antes da colocação do *mulching* a área foi demarcada para a realização da adubação referente às doses utilizadas no trabalho e para a instalação de duas linhas de fita gotejadora para irrigação.

Utilizaram-se três cultivares de brócolis, Legacy (Seminis), Veratto (Topseed) e Coliseu (Feltrin), identificadas como de ciclo longo, médio e precoce, respectivamente. As mudas de brócolis das respectivas cultivares foram produzidas em casa de vegetação localizada na

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Utilizaram-se bandejas de poliestireno expandido contendo 128 células e preenchidas com o substrato comercial Carolina Soil Orgânico. Foi utilizada uma semente por célula, devido ao elevado poder germinativo das sementes, e as bandejas foram individuais para cada cultivar. As mudas foram transplantadas aos 35 dias após a semeadura, observando-se o espaçamento de 0,6 x 0,6 m entre plantas.

3.3. Doses de Composto Fermentado

Avaliaram-se cinco doses do composto fermentado produzido conforme item 3.1.: 50% de resíduo de cervejaria (RC) + 10% de farelo de trigo (FT) + 40% de farelo de mamona (FM). As doses foram dimensionadas de forma a fornecer uma quantidade equivalente a 0, 100, 200, 300 e 400 kg de N por hectare, ou seja 0; 4,72; 9,44; 14,16; e 18,88 toneladas de composto por ha.

Com base nas doses de composto aportadas foram adicionadas diferentes quantidades de nutrientes, conforme Tabela 2.

Tabela 2. Quantidades de composto e de nutrientes N, P, K, Ca e Mg adicionados ao solo.

Dose de Bokashi (t.ha ⁻¹)	Quantidade de Nutriente Aportada (kg ha ⁻¹)				
	N	P	K	Ca	Mg
0,00	0	0	0	0	0
4,72	100	52,57	52,38	29,32	26,32
9,44	200	105,14	104,75	58,64	52,64
14,16	300	157,71	157,13	87,97	78,96
18,88	400	210,29	209,50	117,29	105,27

3.4. Épocas de plantio

Foram montados e conduzidos dois ensaios, nos períodos de 02 de maio a 08 de agosto, e de 19 de junho a 04 de setembro de 2023, identificados como Ensaio 1 e Ensaio 2. No Ensaio 1, o transplante das mudas foi realizado em 02 de maio de 2023; no Ensaio 2, o transplante das mudas foi realizado em 19 de junho de 2023. As colheitas foram feitas nos períodos de julho a agosto e de agosto a setembro, nos dois respectivos Ensaios.

3.5 Delineamento Experimental

Nos dois Ensaios, adotaram-se as mesmas fontes de variação e delineamento experimental - blocos casualizados, dispostos em parcela subdividida com quatro repetições. As cultivares foram distribuídas nas parcelas e as doses nas sub-parcelas, de 17,40 e 2,88 m², respectivamente. Cada Ensaio continha três canteiros de 1,20 x 58,00 m. Cada subparcela era composta por 2,40 x 1,20 m, respeitando a distância de 0,5 m entre parcelas. Cada subparcela continha oito plantas, sendo as quatro centrais selecionadas como área útil.

3.6 Manejo da cultura

Em ambos os Ensaios utilizou-se o espaçamento de 0,6 x 0,6 m entre plantas, com 8 plantas por subparcela e seguiram-se os mesmos procedimentos e práticas de manejo da cultura.

A aplicação dos adubos foi realizada de acordo com cada tratamento e o transplante das mudas de brócolis foi feito aos dez dias após a adubação. Após o transplante, foram seguidas as práticas usuais recomendadas para a cultura incluindo a aplicação quinzenal de produtos à base *Bacillus thuringiensis* para o controle de pragas da cultura. A irrigação por gotejamento foi feita regularmente, observando um turno de rega diário, exceto em períodos de chuva.

3.7 Colheitas e Avaliações

No primeiro Ensaio foi realizada a coleta de folha índice para a determinação de macronutrientes. Para isso, foi coletada uma folha recém desenvolvida por planta da área útil, na fase de formação da inflorescência, conforme a recomendação do Boletim 100 IAC (RAIJ et al. 1997). As folhas foram coletadas com auxílio de tesoura de poda visando evitar danos às plantas. O material foi acondicionado em estufa de secagem a 60°C onde foram mantidos até atingirem peso constante. Em seguida, as amostras trituradas e encaminhadas para análise química, visando a determinação dos teores de N, Ca, K, P e Mg (Nogueira & Souza, 2005).

As avaliações das plantas e, da produção e qualidade das inflorescências foram realizadas no período de 27 de junho a 08 de agosto no primeiro Ensaio; e de 10 de agosto a 04 de setembro no segundo Ensaio. Foram feitas duas colheitas por semana, de acordo com o desenvolvimento das inflorescências e o padrão comercial - inflorescências compactas e flocos fechados. Para tanto, as plantas foram removidas após corte raso na parte basal do caule utilizando-se alicate de poda. Posteriormente, as partes da planta foram divididas em caule, folhas e inflorescência, para as avaliações. O caule foi medido com a utilização de régua graduada quanto à sua altura, e pesado com a utilização de balança analítica para determinação de massa fresca. O número de folhas foi determinado e as mesmas também foram pesadas para a determinação de massa fresca. A inflorescência foi medida com régua graduada quanto ao diâmetro, e pesada com o auxílio de balança analítica, para determinação da massa fresca. Posteriormente o material foi encaminhado para estufa de secagem com ventilação forçada, regulada para 60°C, onde foram mantidas até apresentar peso constante. As amostras foram pesadas para determinação da massa seca de todas as partes da planta.

Com os dados obtidos, número e massa média das inflorescências colhidas, foi estimada a produtividade média por área. Como não há critério oficial para classificação de brócolis, o padrão de qualidade foi definido com base nos padrões de exigência do mercado, relacionados ao diâmetro, massa fresca da inflorescência e ausência de defeitos.

3.8 Análise dos dados

Os dados obtidos foram tabulados e analisados quanto à normalidade e homocedasticidade. Em seguida, foram submetidos à análise variância seguido de teste de Tukey para comparação das cultivares e de regressão, quadrática e linear, para efeito das doses ($p < 0,05$). Utilizou-se o software R, versão 4.2.2 (2022).

4. RESULTADOS

4.1. Época de Plantio, Condições Meteorológicas e Desenvolvimento das Plantas

No primeiro Ensaio, as plantas permaneceram no campo no período de 02 de maio a 08 de agosto de 2023. As colheitas foram realizadas no período de 27 de junho a 27 de julho (Cultivar Coliseu), 04 de julho a 20 de julho (Cultivar Veratto) e 13 de julho a 08 de agosto (Cultivar Legacy). Neste período, registraram-se temperaturas mínimas, médias e máximas variando de 15,42°C a 26,28°C, de 16,18°C a 27,35°C e de 16,94°C a 28,37°C, respectivamente; precipitação total igual 115,6 mm distribuídas ao longo dos 98 dias do ciclo (Figura 1A). No segundo ensaio, as plantas permaneceram no campo no período de 19 de junho a 04 de setembro de 2023. As colheitas foram realizadas no período de 10 de agosto a 14 de agosto (Cultivar Coliseu), 14 de agosto a 16 de agosto (Cultivar Veratto) e 23 de agosto a 04 de setembro (Cultivar Legacy). Neste período, registraram-se temperaturas mínimas, médias e máximas variando de 15,42°C a 28,85°C, de 16,18°C a 29,91°C e de 16,94°C a 30,97°C, respectivamente; precipitação total igual 105,20mm, distribuídas em 72 dias ao longo do ciclo (Figura 1B).

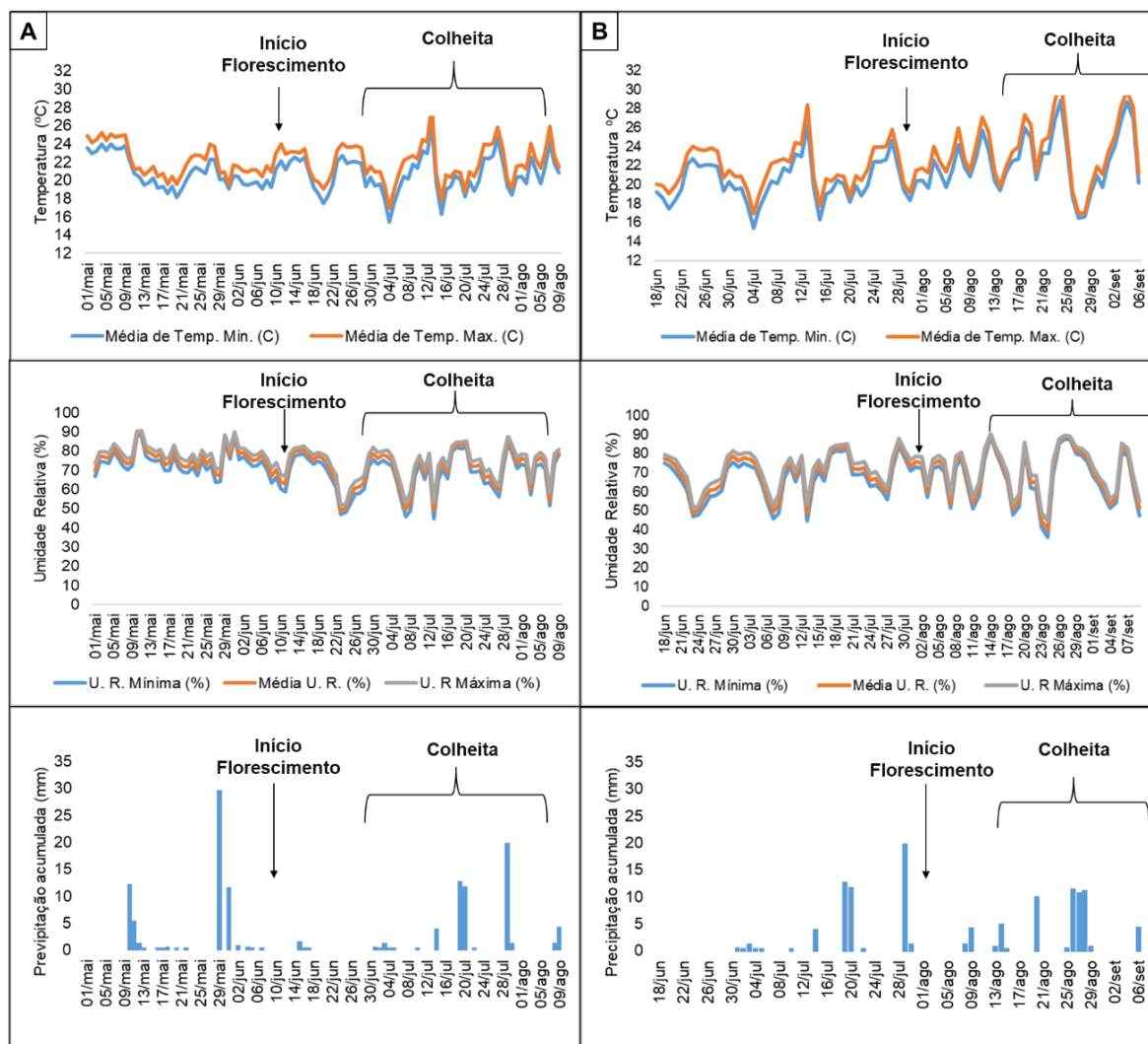


Figura 1. Temperatura mínima e máxima (°C), umidade relativa do ar (%) e precipitação (mm) registrado no primeiro (A) e segundo (B) Ensaios, no período de 02 de maio a 08 de agosto e 19 de junho a 04 de setembro de 2023, respectivamente. Seropédica – RJ

A análise dos dados meteorológicos é uma ferramenta valiosa para o planejamento da produção incluindo definição de épocas de plantio e colheitas e escolha das cultivares, priorizando-se aquelas com maior adaptação às condições locais. As variações meteorológicas afetam diretamente o desenvolvimento das culturas em geral, em especial de brócolis por ser uma espécie sensível às variações de temperatura e aos efeitos da umidade e precipitação. Estas variações afetam diretamente diversos processos fisiológicos da planta, desde o seu desenvolvimento até a quantidade e qualidade pós-colheita. As condições meteorológicas registradas durante o período de realização dos dois Ensaios não estão totalmente de acordo com o recomendado para a cultura, visto que a temperatura ideal para o seu desenvolvimento é de 15 a 24°C Melo (2015). As temperaturas registradas durante a realização do primeiro Ensaio, meses de maio e junho, especialmente a média das máximas, foi inferior à registrada durante a realização do segundo Ensaio, meses de julho e agosto. No segundo período, registraram-se vários picos de altas temperaturas o que afetou negativamente o desenvolvimento da cultura.

As temperaturas mais amenas (19 a 24 °C) registradas na fase inicial do ciclo das plantas no primeiro Ensaio foram determinantes para o melhor desenvolvimento das plantas. Estas temperaturas mais amenas foram benéficas para as plantas e favoreceram o seu crescimento,

florescimento e o desenvolvimento das inflorescências, com resultados positivos quanto à produtividade e qualidade do brócolis.

No segundo Ensaio, logo na primeira semana após o transplante, foi observado um aumento significativo de temperatura, alcançando valores próximos a 30°C, com algumas oscilações subsequentes. Essa variação térmica teve impactos diretos e adversos ao desenvolvimento inicial das plantas e ao seu desenvolvimento ao longo do ciclo. A elevação progressiva da temperatura no decorrer do ciclo e os picos de máxima, associado a períodos de baixa umidade relativa do ar (entre 40 e 50 %), provocou estresses nas plantas incluindo alterações na conformação, maturação e aparência das inflorescências, com consequente antecipação das colheitas e redução do período de colheita, aspecto a ser abordado mais adiante. Quando as plantas são expostas a temperaturas superiores a 30°C, é comum observar desequilíbrios fisiológicos que podem resultar em redução da produtividade, conforme discutido por Silva (2012). No contexto deste estudo, foi possível constatar que, apesar da produtividade ter sido similar nos dois períodos de cultivo, o padrão de colheita e a qualidade das inflorescências foram altamente influenciados pela variação térmica.

As condições meteorológicas afetaram diretamente o momento ideal de colheita, especialmente no segundo Ensaio com antecipação desta devido aos estresses decorrentes das elevadas temperaturas, com danos na quantidade e qualidade das inflorescências, ressaltando a sensibilidade das plantas às variações térmicas. A compreensão da fenologia de diferentes cultivares em contextos ambientais específicos pode possibilitar uma melhor gestão dos cultivos e viabilizar uma melhor otimização do desempenho da cultura com a escolha adequada de época de plantio para cada cultivar, seja visando ganhos em produtividade como de melhoria de qualidade das inflorescências (SANTOS, 2017).

De forma geral, o desempenho da cultura foi superior no primeiro comparado ao segundo Ensaio sendo este resultado decorrente de efeitos positivos e adversos da temperatura e precipitação registrados ao longo do ciclo da cultura nos dois períodos. Durante todo período de cultivo das plantas foi identificado um padrão de picos no somatório de precipitação diária total em determinadas datas, intercaladas por períodos com pouca ou nenhuma precipitação, associado a períodos com baixa umidade relativa do ar. No primeiro Ensaio, pode-se destacar que o período de chuvas na região coincidiu com o primeiro mês de desenvolvimento da cultura no campo. Cerca de 7 e 28 dias após o transplante ocorreram chuvas pontuais. Importante ressaltar que essas chuvas coincidiram com o estágio de desenvolvimento inicial das plantas proporcionando condições mais adequadas para o pegamento das mudas e o desenvolvimento da cultura. O desenvolvimento das inflorescências no primeiro Ensaio ocorreu durante um período de reduzida precipitação, permitindo colheitas sob condições mais secas o que favoreceu uma maior integridade das inflorescências.

Já no segundo Ensaio, as chuvas ocorreram durante quase todo o período de formação da inflorescência e no período de colheita. De acordo com Melo (2015), as culturas implantadas entre os meses de agosto e setembro são frequentemente mais desafiadoras, devido ao excesso de chuvas e elevada temperatura durante o ciclo, resultando em maior ocorrência de pragas e doenças, em especial na época da colheita. O autor destaca ainda que nestas condições, as inflorescências tendem a apresentar menor diâmetro, podendo ser mais leves, com coloração mais clara, textura inferior e curta conservação pós-colheita. Apesar do segundo Ensaio ter sido implantado em junho, a cultura foi exposta a temperaturas elevadas e a chuvas, com danos conforme mencionado por Melo (2015). Foi observado que as inflorescências no segundo ensaio apresentaram diâmetro reduzido, porém, não foi realizada avaliação pós-colheita e sensorial para inferir a vida útil do produto. As dificuldades enfrentadas no cultivo durante o segundo Ensaio, chuvas excessivas e altas temperaturas intercaladas com períodos de baixa umidade relativa do ar, ressalta a importância de se buscar estratégias de manejo e adaptação para minimizar os impactos negativos.

4.2. Ponto de Colheita das Três Cultivares

As três cultivares testadas apresentaram variações quanto à duração do ciclo e do período de colheita, em ambos os Ensaios. A Coliseu foi a mais precoce em ambos os Ensaios, com colheitas aos 56 a 86 e aos 52 a 56 dias, após o transplante, no primeiro e segundo Ensaios, respectivamente. A Veratto comportou-se como intermediária, com colheitas aos 63 a 79 e aos 56 a 58 dias após o transplante, no primeiro e segundo Ensaios, respectivamente. A Legacy foi a mais tardia, com colheitas aos 72 a 98 e aos 65 a 72 dias após o transplante, no primeiro e segundo Ensaios, respectivamente (Figura 2A e B). Nota-se, para as três cultivares, redução do período de colheita do primeiro para o segundo Ensaio

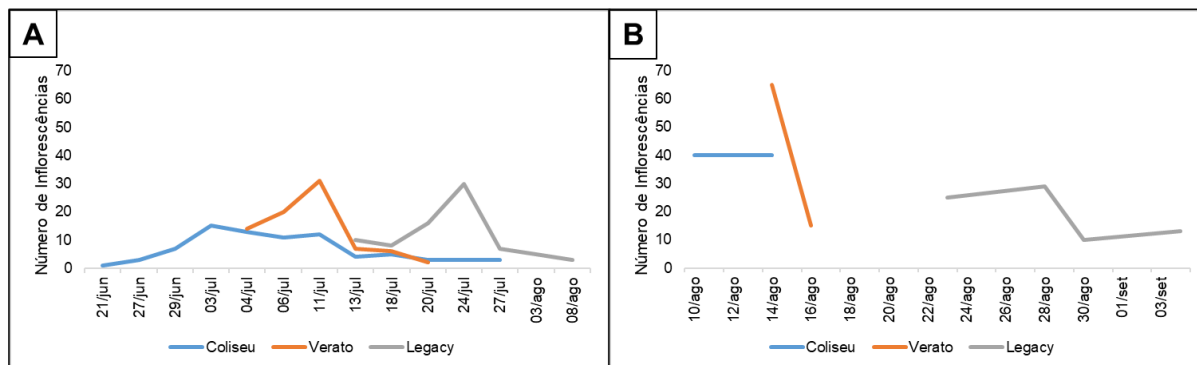


Figura 2. Número de inflorescências colhidas ao longo das semanas no primeiro (A) e segundo (B) Ensaios, realizados no período de 02 de maio a 08 de agosto e 19 de junho a 04 de setembro de 2023, respectivamente. Seropédica, 2023.

As colheitas, realizadas semanalmente e registradas na Figura 2 (A e B), seguiram dois padrões distintos nos respectivos Ensaios. No primeiro, o processo teve início com a colheita da cultivar precoce (Coliseu), que se estendeu até o encerramento do ciclo, atingindo um pico de colheita em 04 de julho. Logo após, iniciou-se a colheita da cultivar de ciclo médio (Veratto), que alcançou seu pico em 13 de julho. Antes de finalizar as colheitas das duas cultivares mencionadas, deu-se início à colheita da cultivar tardia (Legacy), atingindo um pico de colheita em 27 de julho. Esse padrão observado revela-se de grande relevância para o pequeno produtor, pois é possível ilustrar a importância de utilizar diferentes cultivares de brócolis para prolongar o período de oferta da cultura ao longo desse intervalo temporal específico de cultivo realizado na região da baixada fluminense.

Já no segundo ensaio, não foi observado o mesmo padrão de colheitas devido aos estresses ocasionados pelas precipitações e aos picos de temperaturas o que levou a desordens fisiológicas incluindo o início de apodrecimento de algumas plantas. No entanto, a sequência de colheitas foi a mesma, iniciando com a cultivar precoce e finalizando com a tardia, mas com duração mais curta dos períodos de colheita e uma lacuna no período de 16 a 24 de agosto. Nesse caso, não seria possível uma oferta constante da cultura nesse período na região. A determinação da época ideal de cultivo da cultura para a Baixada Fluminense é muito importante para possibilitar que o produtor planeje sua produção de forma mais eficiente, evitando condições climáticas desfavoráveis e otimizando a utilização de recursos.

Em ambos os Ensaios, quatro plantas foram colhidas por parcela, representando a área útil correspondente. No primeiro, as plantas exibiram as características ideais esperadas para cada cultivar. Todas as cabeças de brócolis apresentaram estrutura compacta e coloração verde intensa. As inflorescências da cultivar Coliseu apresentaram granulometria média, enquanto as das outras duas cultivares exibiram uma granulometria mais fina. Todas as plantas colhidas apresentavam boas características comerciais conforme descrito por Melo (2015). No segundo, contudo, devido às maiores adversidades climáticas, como altas temperaturas e precipitação,

constatou-se maior frequência de plantas e inflorescências com alterações morfológicas como o desenvolvimento de brácteas na inflorescência, ou seja, com menor valor de mercado. Estas anomalias foram mais frequentes nas plantas da cultivar Legacy, onde foi registrada maior presença de brácteas nas inflorescências, independentemente da dose de adubação empregada, levando à descaracterização da inflorescência e à redução de seu valor de mercado.

4.3. Primeiro Ensaio: Efeito de Adubação e Cultivar

No primeiro Ensaio, observou-se efeito significativo de cultivar sobre todas as variáveis analisadas: número de folhas (NF), massa fresca de folhas (MFF), caule (MFC) e inflorescência (MFI), diâmetro de inflorescência (DI), altura do caule (ALTURA), e massa seca de folhas (MSF), caule (MSC) e inflorescência (MSI); efeito significativo de dose de composto sobre estas mesmas variáveis, exceto altura e massa seca de caule e; efeito significativo da interação cultivar x dose de composto sobre massa fresca do caule, diâmetro e massa fresca e seca de inflorescência (Tabela 3).

Tabela 3. Análise de variância dos dados relativos a efeito de cultivar, dose de bokashi e interação entre estes sobre número de folhas, massa fresca de folha (g), altura (cm), massa fresca de caule (g), diâmetro da inflorescência (cm), massa fresca de inflorescência (g), massa seca de folha (g), massa seca de caule (g) e massa seca de inflorescência (g). Seropédica, 2023.

FV	GL	Quadrado Médio								
		NF	Altura	DI	Massa Fresca (g)			Massa Seca (g)		
					MFF	MFC	MFI	MSF	MSC	MSI
Cultivar	2	301,596*	899,39*	75,489*	787544*	487873*	259398*	13968,4*	3725,1*	1897,05*
Bloco	3	3,144	1,21	0,693	32226	2797	964	210,2	12,3	3,39
Erro a	6	2,783	1,07	0,774	24742	1555	2787	185,2	22,0	39,89
Dose	4	9,645*	0,30	64,022*	308104*	21626*	335202*	2644,3*	38,6	2367,18*
CultivarxDose	8	2,200	1,43	3,433*	20233	5398*	12366*	365,0	33,8	82,64*
Erro b	36	2,280	1,36	0,662	13208	1799*	2200	206,3	20,3	25,44
Total	59									
CV 1 (%)		8,07	4,51	5	17,42	12	10,69	15,1	15,58	15,26
CV 2 (%)		7,3	5	5	12,72	12	9,5	15,94	14,97	12,19

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

O maior desenvolvimento vegetativo das plantas de Legacy, seguido das de Veratto e de Coliseu, expresso pelo maior número de folhas e altura das plantas e pela maior massa fresca e seca de folhas, maior massa seca de caule (Tabela 4) e maior massa fresca de caule (Figura 3B) tem relação direta com a duração média do ciclo das plantas destas cultivares, 83, 70 e 66 dias, respectivamente, calculado com base no número de dias até colheita de 50% das plantas.

Tabela 4. Efeito de cultivar sobre o número, massa fresca e seca de folhas (g), altura (cm) e massa seca do caule (cm) de brócolis americano em ensaio com diferentes doses de adubação com composto fermentado e três cultivares sob manejo orgânico. Ensaio realizado no período de 02 de maio a 08 de agosto de 2023 em condições de campo. Seropédica, 2023.

Cultivar	Número de Folhas	Massa de Folha		Caule	
		Fresca (g)	Seca (g)	Altura (cm)	Massa Seca (g)
Legacy	25,15 a	1113,65 a	119,26 a	30,37 a	45,36 a
Veratto	18,58 b	875,50 a	83,17 b	20,69 b	25,72 b
Coliseu	18,28 b	719,63 a	67,77 c	17,49 c	19,13 c

*Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

As plantas de Legacy foram as que apresentaram maior desenvolvimento vegetativo, expresso pelo maior número e massa seca de folhas, maior altura e massa seca de caule (Tabela 4). Note-se que, apesar de não terem sido observadas diferença significativa entre Legacy e Coliseu quanto à massa fresca média das folhas, estas diferiram quanto a massa seca sendo esta cerca de 1,7 vezes maior em Legacy que em Coliseu. A variação no teor de água das folhas das três cultivares foi discreta, 89,3%, 91,5 e 91,6 em Legacy, Veratto e Coliseu, respectivamente. Este maior desenvolvimento vegetativo favoreceu o desenvolvimento das inflorescências expresso pela maior massa fresca (721, 786 e 541 g) e seca (55, 70, 44 g) em Legacy, seguido de Veratto e Coliseu, respectivamente na dose de 400 kg de N ha⁻¹ (Figura 3A, C e D). Estes resultados estão compatíveis com os resultados registrados na literatura. Seabra et al. (2014), relatam massa fresca de folhas das plantas da cultivar Legacy igual a 1135 g, bem próximo ao resultado obtido neste ensaio. Dentre todas as cultivares avaliadas pelo mesmo autor, a massa fresca de folhas variou entre 485 e 1135 g, estando os resultados obtidos nesse trabalho dentro dessa faixa. Castro et al (2018), também avaliando o desempenho de diferentes cultivares obteve resultados de massa fresca de folha variando entre 328,33 e 1069 g.

Observou-se, ainda, uma relação positiva entre o número de folhas e a altura do caule e a massa fresca de folhas, destacando mais uma vez o padrão de desenvolvimento das cultivares. Essa variação evidencia o maior crescimento de Legacy em termos de altura e massa seca em comparação com o das outras duas cultivares avaliadas.

As cultivares testadas responderam de forma distinta ao incremento de doses de bokashi, especialmente no que se refere ao desenvolvimento das inflorescências (massa fresca e seca e diâmetro), além do acúmulo de massa fresca no caule (Tabela 4; Figura 3). A cultivar mais tardia, Legacy, apresentou resposta quadrática ao incremento das doses, com máximo acúmulo de massa no caule e inflorescência em dose de bokashi equivalente ao aporte de 300 Kg de N.ha⁻¹. As duas demais cultivares, Veratto e Coliseu, apresentaram resposta linear com incrementos no acúmulo de massa e de diâmetro das inflorescências em função do aumento de dose de N. Nota-se ainda que, na dose 0 Kg de N, houve pouca variação entre as cultivares, tendo se assemelhado em geral nas variáveis relativas ao desenvolvimento das inflorescências (Figura 3, C e D). Esta diferença de padrão entre a cultivar Legacy e as duas demais deve-se provavelmente, à maior duração do seu ciclo e o tempo de mineralização do composto e liberação dos nutrientes.

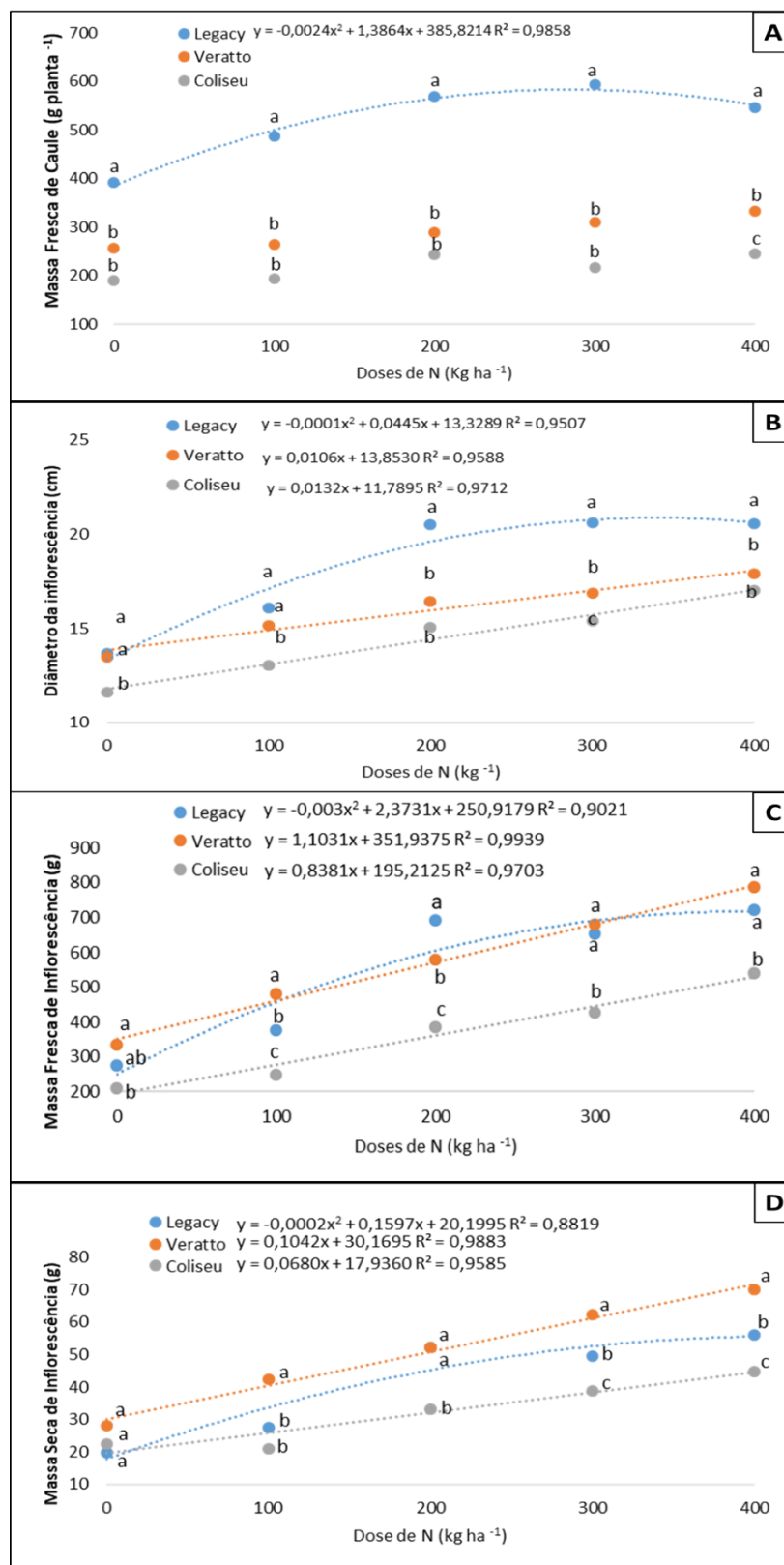


Figura 3. Efeito da interação entre doses de N, oriundas de diferentes doses de composto fermentado tipo bokashi (Resíduo de Cervejaria + Farelo de Trigo + Farelo de Mamona: 50%+10%+40%.) e três cultivares de brócolis (Legacy, Veratto e Coliseu) sobre o diâmetro e massa fresca e seca das inflorescências (A, C e D) e massa fresca de caule (B) em ensaio no período de 02 de maio a 08 de agosto de 2023 em condições de campo. Seropédica, 2023.

Houve efeito significativo da interação dose x cultivar sobre a massa fresca do caule com respostas distintas das três cultivares ao incremento das doses. A cultivar Legacy apresentou resposta quadrática com máximo acúmulo na dose equivalente a 288,33 kg de N por ha, enquanto as duas demais não apresentaram variação no acúmulo de massa fresca com o aumento das doses (Figura 3A). Nesta cultivar, a massa fresca do caule variou de 392,19 g na testemunha sem bokashi a 586,04 g na dose ótima, equivalente ao aporte de 288,33 kg N ha⁻¹. Este resultado é compatível com os de Seabra (2014) que obteve média de 672 g de massa fresca de caule nesta mesma cultivar. Os autores Da Silva Castro et. al (2018) avaliaram o desempenho de diferentes cultivares de brócolis sob altas temperaturas e obtiveram valores médios de 175,20 a 429,50 g para massa fresca do caule. Apesar de existirem poucas informações na literatura sobre o acúmulo de massa pelo caule de plantas de brócolis, esta variável pode apresentar uma correlação direta com a robustez e saúde das plantas.

No que se refere ao diâmetro das inflorescências, a cultivar Legacy apresentou resposta quadrática, com máximo crescimento na dose equivalente a 222,5 kg de N por ha, enquanto as cultivares Veratto e Coliseu apresentaram resposta linear com maior diâmetro na dose de 400 kg de N por ha, com médias igual a 20,56 cm, 17,91 cm e 17,03 cm para Legacy, Veratto e Coliseu, respectivamente. A cultivar Legacy caracterizou-se como a que produz inflorescências com maior diâmetro, independente da dose de N. O diâmetro das inflorescências desta cultivar foi estatisticamente maior que o diâmetro registrado em Veratto e Coliseu, em todas as doses (100, 200, 300 e 400 kg de N por ha), exceto na testemunha. Estes valores são superiores aos valores médios registrados para a cultivar Avenger, 9,83 cm (MACEDO et. al, 2022) e 15,3 cm (MELO, 2016). Este diâmetro das inflorescências de Legacy é equivalente aos obtidos por Seabra (2014), 20,5 cm, na região de Cáceres-MT sob condições de altas temperaturas; e por Pizzeta et al. (2005), 20,4 cm, na região de Santa Rita do Passa Quatro-SP, sob condições adequadas de clima.

O tamanho da inflorescência não é necessariamente o único parâmetro para avaliação da qualidade das inflorescências de brócolis. Tanto que as diferenças entre as cultivares quanto ao diâmetro não corresponde aos resultados quanto à massa fresca e seca das inflorescências (Figura 3 C e D). Em trabalho realizado por De Lalla et al. (2010) foi observado que altas temperaturas durante o desenvolvimento da cultura, pode induzir ao crescimento rápido, ocasionando o alongamento do pedúnculo floral, a depender da cultivar. Adicionalmente, é importante destacar que inflorescências com comprimento reduzido geralmente exibem uma compacidade acentuada, resultando em um melhor aspecto visual. A não correspondência entre os dados de diâmetro e acúmulo de massa, especialmente entre Veratto e Legacy, deve-se também à conformação das inflorescências das cultivares: mais arredondadas em Coliseu e Veratto e mais aberta ou achatada em Legacy (Figura 4).

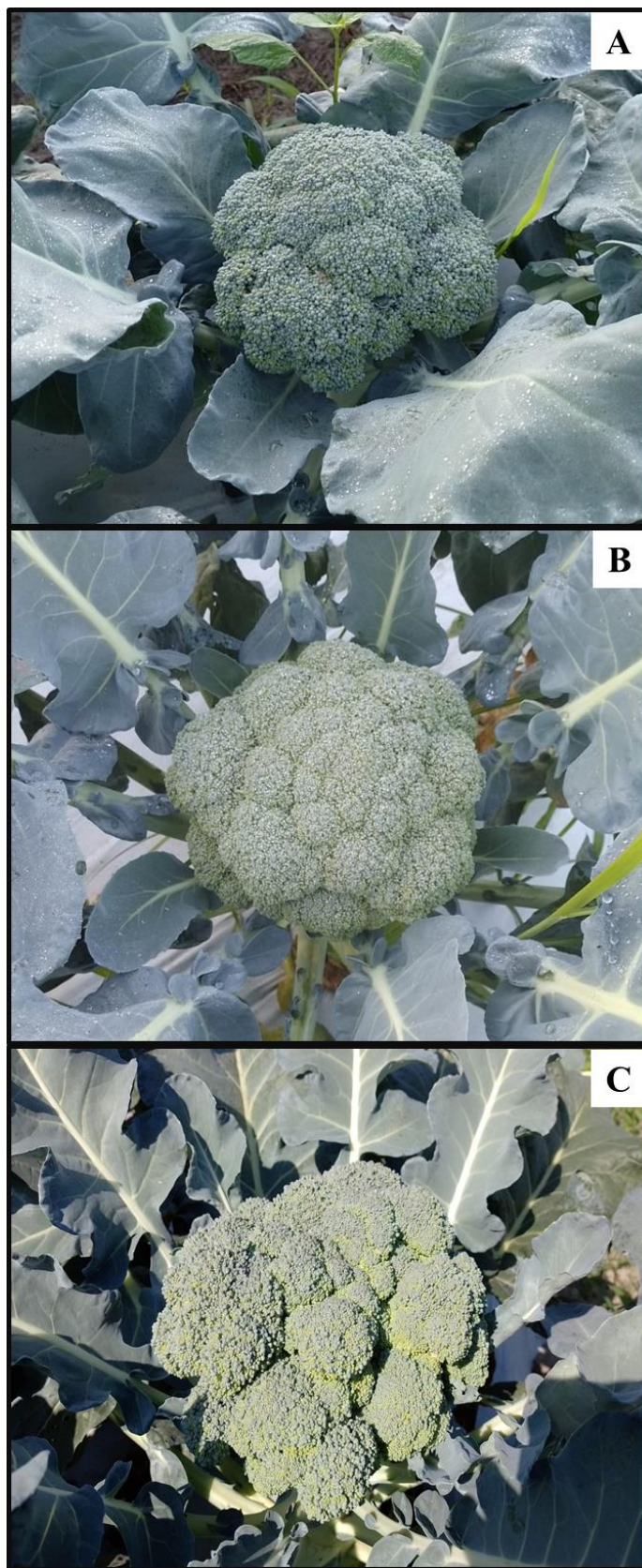


Figura 4. Inflorescências das cultivares Coliseu (A), Veratto (B) e Legacy (C) cultivadas em condição de campo, no período de 02 de maio a 19 de junho de 2023. Seropédica - RJ, 2023. Autoria da Foto: Beatriz Calixto da Silva

O acúmulo de massa fresca e seca nas inflorescências em função do incremento das doses de N, seguiu uma resposta quadrática pelas plantas da cultivar Legacy e linear em Veratto e Coliseu. No entanto, contrariando os resultados relativos ao diâmetro das inflorescências, as maiores massas fresca das inflorescências foram observadas em Legacy e Veratto comparada à Coliseu, em todas as doses de bokashi, sendo estatisticamente maior em Legacy que em Veratto apenas nos tratamentos com doses equivalentes a 100 e 200 kg de N.ha⁻¹. Note-se ainda, que a massa seca das inflorescências foi maior em Veratto que em Legacy em todas as doses de N, exceto 0 e 200 kg.ha⁻¹, e maior que a de Coliseu em todas as doses, exceto na testemunha sem aplicação de bokashi (Figura 3D). Tendo como base as doses utilizadas e a equação de ajuste dos dados, pode-se estimar os máximos acúmulos de massa fresca e seca nas doses equivalentes a 395,52 e 399,25 kg de N ha⁻¹, respectivamente para Legacy (720,22 g e 52,07 g), e a 400 kg de N ha⁻¹ para Veratto (786,88 e 70,20 g) e Coliseu (541,56 e 44,91 g). O teor de água da inflorescência foi de 91,25; 91,15 e 92,33 % em Coliseu, Veratto e Legacy, respectivamente.

Em trabalhos que utilizaram o sistema de cultivo orgânico para avaliação do desenvolvimento de brócolis de cabeça única, foi obtida média de massa fresca de inflorescência de 458g (MELO, 2016). Em trabalho realizado nas condições da baixada fluminense, foi observado maior média da massa fresca de inflorescência de 347,15g (MACEDO, 2022). No presente trabalho, observa-se que com adubação em doses a partir do equivalente a 200 kg de N ha⁻¹, as cultivares Legacy e Veratto ultrapassaram estes valores e, na dose mais elevada, equivalente a 400 Kg N ha⁻¹, todas as cultivares apresentaram média superior a esta.

Vale destacar que há uma preferência no mercado consumidor por inflorescências de tipo único e compactas, com peso médio entre 300 e 400 g (MELO, 2015). Sendo assim, pode-se afirmar que com adubação em doses a partir de 100 kg de N por ha nas cultivares Veratto e Legacy e de 300 kg de N por ha na cultivar Coliseu, foi possível produzir inflorescências com bom padrão comercial.

Na dose mais elevada de adubação, equivalente a 400 kg de N ha⁻¹, as cultivares Legacy, Veratto e Coliseu atingiram média de 55,97, 70,20 e 44,91 g de massa seca de inflorescência, corroborando com os resultados observados por Shishido (2019), que variaram na faixa de 52,01 e 79,07 g.

Conforme abordado por Santos (2017) a produção e qualidade das inflorescências não podem ser mensuradas por apenas um critério como o diâmetro. As avaliações de massa fresca e seca de inflorescência mostram-se como um indicador importante para demonstrar a capacidade de assimilação de nutrientes na cultura, assim como a habilidade da cultivar em otimizar a distribuição dos assimilados de forma direcionada para a parte comercial (SANTOS, 2017). É importante considerar não apenas a produção de massa fresca e seca da inflorescência, mas também a influência destes processos fisiológicos nas características gerais do desenvolvimento vegetal.

Com base nos dados de massa fresca das inflorescências e considerando uma densidade de 27.776 plantas por hectare, com espaçamento de 0,6 x 0,6 m, pode-se estimar a produtividade média (Tabela 5). A produtividade variou de 9,31 a 21,86 t ha⁻¹ para a cultivar Veratto e; de 5,88 a 15,04 t.ha⁻¹ para a Coliseu. Em ambas cultivares, as menores e maiores produtividades foram registradas nas doses de 0 e 400 kg N ha⁻¹, respectivamente. Já para a cultivar Legacy, a produtividade variou de 7,67 a 20,05 t.ha⁻¹, com estimativa de que a dose de maior resposta foi de 395,52 kg de N por ha. Deve-se considerar, ainda, que estas respostas devem-se não apenas ao aumento do aporte de N com as doses crescentes de composto, mas também de P, K, Ca, Mg e C.

De acordo com Melo (2015), o incremento de N eleva a produtividade da cultura, corroborando com o que foi observado neste trabalho. O autor também indica que a produtividade da cultura pode variar significativamente, entre 7 e 22 t ha⁻¹, dependendo do

manejo e das condições adotadas. Adicionalmente, Vieira Filho et al. (2023) obtiveram uma produtividade máxima de 14,32 t ha⁻¹ ao avaliar a cultura em um sistema de manejo orgânico. Os resultados do presente estudo evidenciam que as produtividades alcançadas correspondem às expectativas para um cultivo em sistema orgânico, apesar das condições atípicas registradas no período de cultivo na região da Baixada Fluminense - RJ.

Constatou-se que a dose mais elevada de adubação, comparada ao tratamento sem adubação aumentou em 2,55; 2,34 e 2,61 vezes a produtividade das cultivares Coliseu, Veratto e Legacy, respectivamente. Note-se que a produtividade média observada na dose de 400 kg de N por ha nas cultivares Coliseu e Veratto foi semelhante ao observado para a cultivar Legacy na dose equivalente e 200 kg de N por ha. No entanto, é preciso destacar que foi utilizado o mesmo espaçamento para as três cultivares, mesmo com ciclos e portes distintos. As cultivares Coliseu e Veratto apresentaram menor ciclo 66 e 70 dias e menor vigor vegetativo com relação ao número de folhas, peso médio e altura. Desta forma, acredita-se que incrementos de produtividade podem ser alcançados para estas duas cultivares com ajuste de espaçamento, aumentando a quantidades de plantas por hectare, uma vez que são plantas de menor porte. Para avaliar isto, se faz necessária a realização de pesquisas futuras.

Tabela 5. Produtividade média das três cultivares de brócolis americano adubadas com diferentes doses de N, fornecidos pelas diferentes doses de bokashi, em ensaio em condições de campo, no período de 02 de maio a 08 de agosto de 2023 em condições de campo. Seropédica, 2023.

Cultivar	Doses de N oriundas da aplicação de bokashi				
	0	100	200	300	400
	Massa Fresca (t.ha ⁻¹)				
Legacy	7,67 ab	10,51 b	19,24 a	18,18 a	20,05 a
Veratto	9,31 a	13,38 a	16,07 b	18,91 a	21,86 a
Coliseu	5,88 b	6,92 c	10,69 c	11,87 b	15,04 b

*Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

4.3.1. Teor de nutrientes da folha índice

Observaram-se respostas diferentes estatisticamente das cultivares quanto aos teores de potássio (K), magnésio (Mg), fósforo (P) e carbono (C); efeito significativo da dose sobre os teores de nitrogênio (N), potássio (K) e fósforo (P) e; efeito significativo da interação cultivar x dose de composto sobre os teores de cálcio (Ca), magnésio (MG) e fósforo (P) (Tabela 6).

Tabela 6. Análise de variância dos dados referentes a efeito de cultivar, dose de bokashi e interação entre estes sobre os teores de nutrientes (Nitrogênio (N), Cálcio (Ca), Potássio (K), Magnésio (Mg), Fósforo (P) e Carbono (C) na folha índice de três cultivares de brócolis. Seropédica, 2023.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio					
		N	Ca	K	Mg	P	C
Cultivar	2	161,385	13,91	402,14*	11,44*	35,34*	3879,2*
Bloco	3	114,839	2,62	16,56	0,98	1,11	68,6
Erro a	6	96,651	13,38	20,86	0,21	0,30	168,5
Dose	4	199,254*	16,59	76,74*	0,38	0,59*	283,1
Cultivar*Dose	8	30,655	15,18*	14,83	0,83*	0,938*	261,2
Erro b	36	21,126	6,80	11,34	0,21	0,15	155,8
Total	59						
CV 1 (%)		22,60	19,87	15,13	13,02	7,98	3,19
CV 2 (%)		10,56	14,16	11,15	13,01	5,69	3,07

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

As cultivares não diferiram estatisticamente quanto aos teores de nitrogênio (N) na folha índice (Tabela 7) que variaram entre 40 e 45 g/kg e estão compatíveis com os teores citados por Da Silva (2009) como adequados: entre 30 e 55 g/kg. Houve, porém resposta significativa em função do aumento da dose de composto, mas os teores também se situam dentro da faixa adequadas para a cultura, de 37,48 a 48,53 g/kg nas doses de 0 a 400 kg de N por ha. (Figura 5A). Já no que se refere ao teor de Potássio (K), as cultivares diferiram estatisticamente entre si, com maiores médias em Coliseu seguido de Veratto e Legacy, 36,64; 30,21 e 25,68 g/kg, respectivamente. Estes teores estão adequados quanto ao padrão citado por Da Silva (2009), que estabelece 20 – 40 g/kg de Potássio. Acredita-se que a menor concentração para a maioria dos nutrientes na cultivar Legacy pode estar associada a um efeito de diluição, visto que essa cultivar apresentou maior desenvolvimento, número de folhas, altura e massa fresca de folhas. Os teores de fósforo (P) foram sempre superiores em Coliseu em relação às duas demais cultivares, independente da dose (Tabela 7, Figura 5C), e sempre equivalente ao estabelecido para a cultura por Silva (2009), 3 – 8 g/kg.

Ao contrário do observado com o N, houve redução dos teores de K na folha índice com o aumento das doses de composto, decrescendo de 32,75 a 26,57 g/kg, mas encontrando-se dentro do padrão estabelecido para a cultura (Figura 5B). Quanto aos teores de Carbono, Coliseu de Veratto não diferiram estatisticamente entre si, diferindo da Legacy, que apresentou a maior média. Acredita-se que isso esteja relacionado principalmente ao porte da planta, uma vez que esta última apresenta arquitetura mais robusta. O efeito das doses foi variável e sem uma tendência clara (Figura 5C).

Tabela 7. Teores médios de nutrientes na folha índice de brócolis americano: Nitrogênio (N), Potássio (K) e Carbono (C), considerando a média de três cultivares e cinco doses de composto; Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) em cada cultivar e dose de composto. Ensaio em condições de campo no período de 02 de maio a 08 de agosto de 2023. Seropédica, 2023.

Cultivar	Teor de N, K e C (g/kg)				
	N	K		C	
Coliseu	44,41 a	34,64 a		396,49 b	
Veratto	40,30 a	30,21 b		399,61 b	
Legacy	45,75 a	25,68 c		422,02 a	
Dose de composto - Kg N.ha ⁻¹					
	0	100	200	300	400
Teor de P (g/kg)					
Coliseu	8,42 a	8,31 a	8,85 a	8,42 a	8,15 a
Veratto	5,96 b	6,69 b	6,29 b	6,5 b	6,22 b
Legacy	5,22 b	5,82 c	5,59 b	6,24 b	6,91 b
	0	100	200	300	400
Teor de Ca (g/kg)					
Coliseu	17,29 a	18,98 a	19,33 a	17,04 a	18,55 a
Veratto	21,22 ab	20,21 a	19,65 a	19,53 a	15,87 a
Legacy	14,95 b	16,84 a	20,46 a	20,27 a	15,74 a
Teor de Mg (g/kg)					
Coliseu	3,8 a	4,35 a	3,96 a	3,66 a	3,99 a
Veratto	4,57 a	3,97 a	4,56 a	3,72 a	3,38 ab
Legacy	2,07 b	2,65 b	2,9 b	3,2 a	2,63 b

*Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

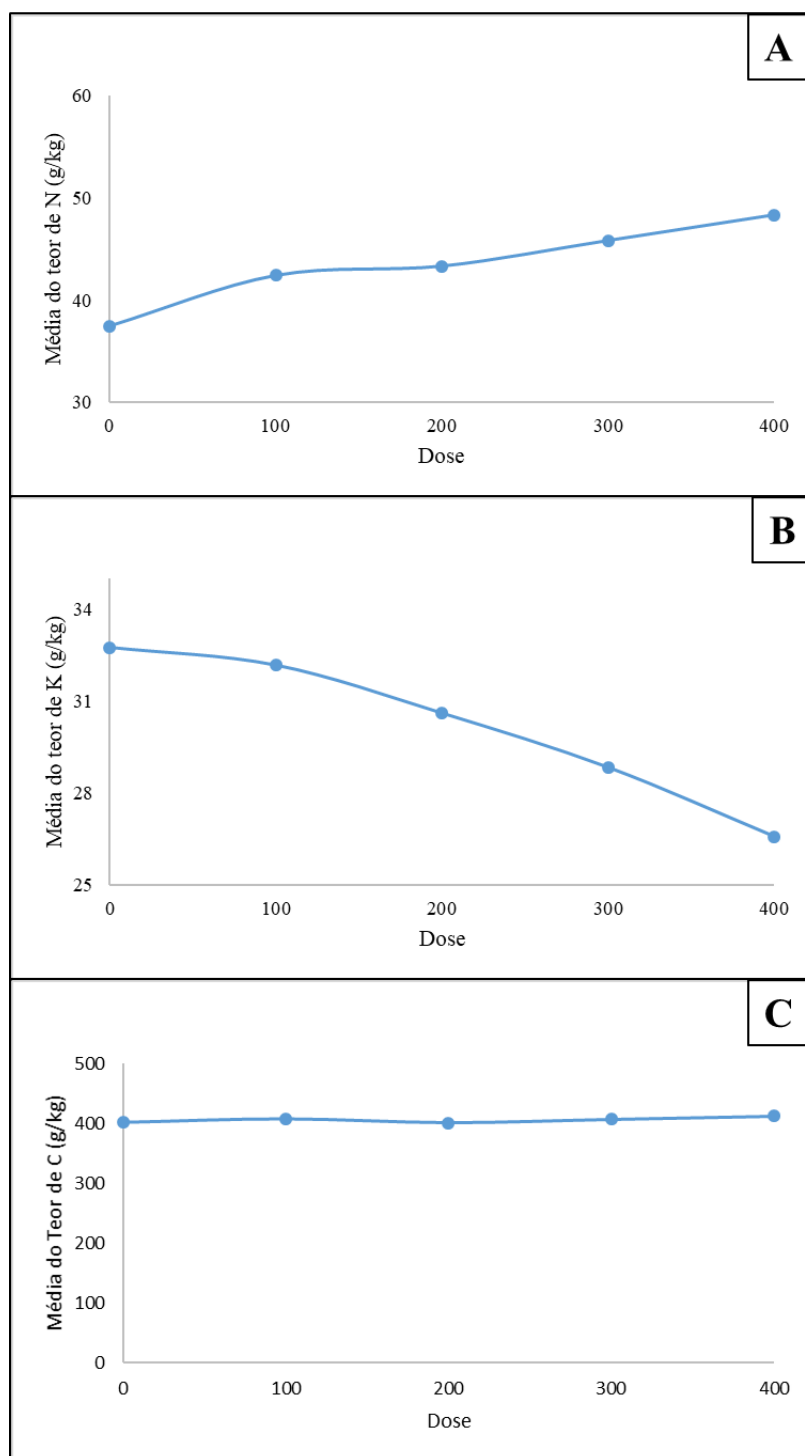


Figura 5. Teor de Nitrogênio (A), Potássio (B) e Carbono (C), em folha índice de brócolis americano em função das doses de adubação utilizadas, em ensaio de campo realizado no período de 02 de maio a 08 de agosto de 2023. Média de três cultivares. Seropédica, 2023.

Os teores de Ca não variaram de forma significativa entre as cultivares nem em função das doses de composto, estando sempre dentro da faixa delimitada por Da Silva (2009), que é de 12-25 g/kg (Tabela 7). Os teores de Mg por sua vez, em geral, foram superiores em Coliseu e Veratto comparado a Legacy (Tabela 7, Figura 6B), mas sempre dentro da faixa estabelecida por Silva (2009), de Mg de 2,5 a 6,0 g/kg.

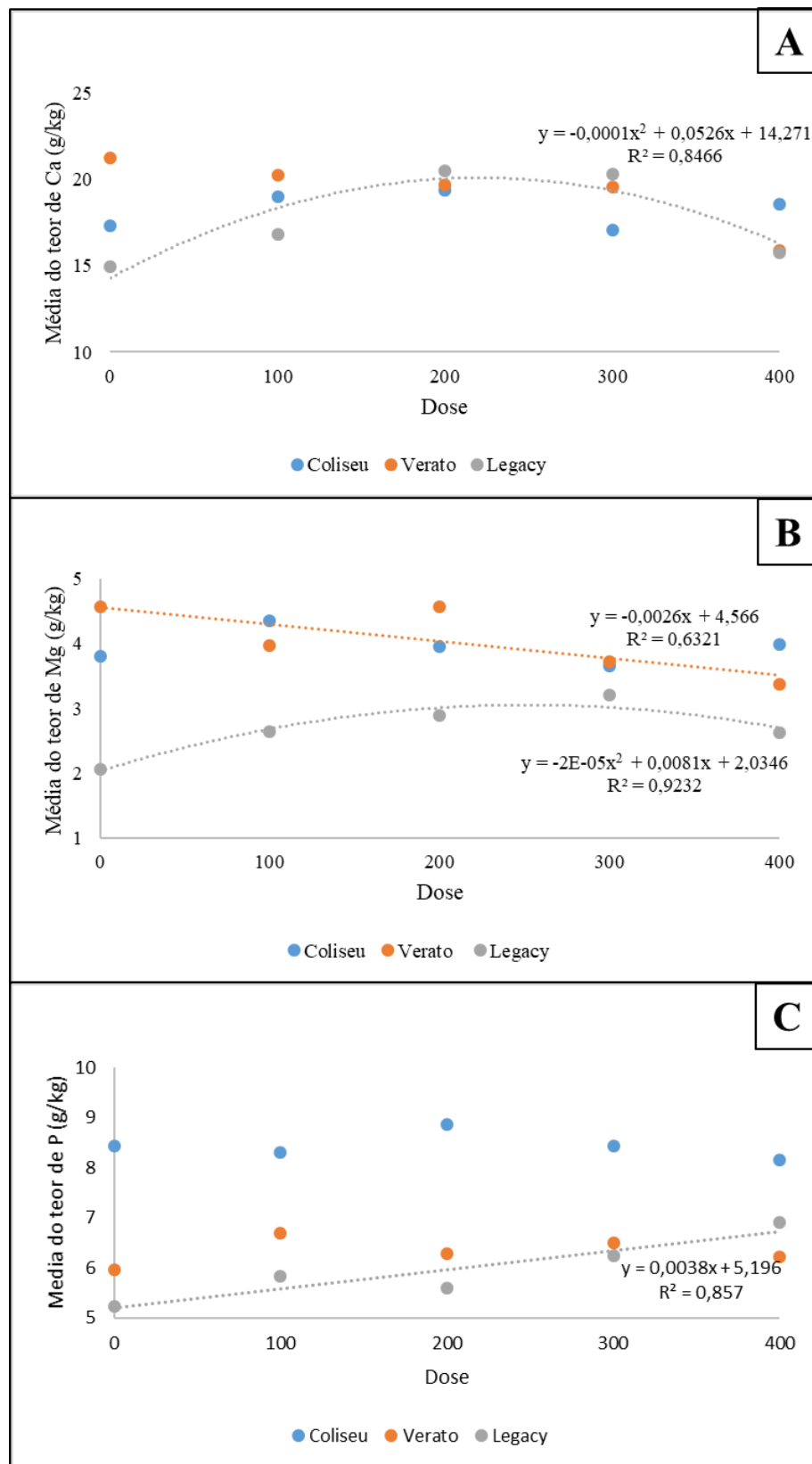


Figura 6. Teor de Cálcio (A), Magnésio (B) e Fósforo (C), em folha índice de três cultivares de brócolis americano em função das doses de adubação utilizadas, em ensaio de campo realizado no período de 02 de maio a 08 de agosto de 2023. Seropédica, 2023.

E, pode-se afirmar que os teores de Nitrogênio (N), Cálcio (Ca), Potássio (K), Magnésio (Mg), Fósforo (P) e Carbono (C) encontrados nas três cultivares - Legacy, Coliseu e Veratto - e cinco tratamentos de adubação, estão dentro da faixa divulgada por Da Silva (2009) como padrão para a cultura, exceto no tratamento sem adubação na cultivar Legacy no que se refere ao teor de Magnésio, que foi inferior ao estabelecido.

4.4. Segundo Ensaio: Efeito de Adubação e Cultivar

No segundo ensaio, observou-se efeito significativo de cultivar sobre todas as variáveis analisadas, número de folhas (NF), altura do caule (ALTURA), diâmetro de inflorescência (DI), massa fresca de e inflorescência (MFI), e massa seca de folhas (MSF), caule (MSC) e inflorescência (MSI), exceto massa fresca de folhas (MFF) e de caule (MFC); e efeito significativo de dose de composto sobre todas as variáveis, exceto altura e massa fresca de caule e; efeito significativo da interação cultivar x dose de composto sobre altura, massa seca de folha e massa fresca e seca de inflorescência (Tabela 8). Note-se que neste ensaio, para a maioria das variáveis, os efeitos foram similares aos observados no primeiro ensaio (Tabela 2).

Tabela 8. Análise de variância das médias de número de folhas, massa fresca de folha (g), altura (cm), massa fresca de caule (g), diâmetro da inflorescência (cm), massa fresca de inflorescência (g), massa seca de folha (g), massa seca de caule (g) e massa seca de inflorescência (g).

FV	GL	Quadrado Médio								
		NF	Altura	DI	Massa Fresca (g)			Massa Seca (g)		
					MFF	MFC	MFI	MSF	MSC	MSI
Cultivar	2	288,526*	746,99*	21,094*	225208	369199	238670*	4691,5*	2899,42*	1472,85*
Bloco	3	12,772	0,24	0,602	96227	1778	2010	1062,3	28,04	62,95
Erro a	6	9,362	1,29	3,413	61521	2610	1297	753,9	30,35	70,89
Dose	4	9,966*	0,47	126,668*	245431*	20503	482520*	1468,8*	47,11*	2174,59*
CultivarxDose	8	1,836	6,08*	2,996	17175	828	12735*	218,5*	4,88	87,03*
Erro b	36	1,586	1,15	1,609	8281	449	2230	98,6	5,92	20,3
Total	59									
CV 1 (%)		16,03	5,05	11,39	32,91	16,26	7,35	38,85	21,23	23,3
CV 2 (%)		6,60	4,78	7,82	12,07	6,74	9,64	14,05	9,37	12,47

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

O padrão das cultivares quanto ao desenvolvimento vegetativo foi similar ao observado no primeiro ensaio. Registrou-se, em geral, maior número de folhas, acúmulo de massa de folha e caule maior em Legacy, seguido de Veratto e Coliseu (Tabela 2 e 9). No entanto, de modo geral, o desenvolvimento vegetativo das plantas foi menor no segundo que no primeiro ensaio, provavelmente pela menor duração do ciclo, 70, 58 e 52 dias, contra 83, 70 e 66 dias em Legacy, Veratto e Coliseu, respectivamente. O teor de água das folhas, variou de 87,6%, 90,7% e 93%, em Legacy, Veratto e Coliseu, respectivamente.

A emissão de folhas é importante para o desenvolvimento das plantas, estando relacionada com a capacidade de realizar fotossíntese e consequentemente produzir biomassa. O número de folhas pode influenciar ainda na resposta da planta ao estresse ambiental como temperaturas extremas. As cultivares adaptadas para cultivo no verão possuem menor número de folhas, e estas são emitidas diariamente. Tais cultivares dependem de uma quantidade inferior de dias para indução floral, que acontece de forma mais uniforme, resultando em maior precocidade (MELO, 2015). As diferenças entre as cultivares quanto ao diâmetro das inflorescências também foi similar ao observado no primeiro ensaio, maior em Legacy, seguido

de Veratto e Coliseu (Tabela 9), e com uma relação direta com a duração média do ciclo de cada cultivar.

De modo geral, o acúmulo de massa fresca e seca nas inflorescências variou, respectivamente, nas doses de 0 a 400 kg de N por ha, entre 288,13 g a 769,06 g e 23,42 g a 55,51 g em Legacy, 181,25 g a 801,88 g e 14,10 g a 61,05 g em Veratto e, 175,31 g a 574,35 g e 14,10 g a 40,03 g em Coliseu, que por sua vez foi menor que o observado nas demais cultivares (conforme Figura 8C e D). O teor de água observado na inflorescência foi de 92,54; 92,16 e 92,64% em Coliseu, Veratto e Legacy, respectivamente. Entretanto, destaca-se que, no segundo Ensaio, a cultivar Legacy em todas as doses testadas (0, 100, 200, 300 e 400 kg de N por ha) apresentou brácteas na inflorescência (Figura 7), considerada um tipo de anomalia resultante de uma desordem fisiológica (SCHIAVON JUNIOR, 2008), que ocasiona a perda do valor comercial do produto.



Figura 7. Anomalia em inflorescências de brócolis americano da cultivar Legacy, em ensaio de campo realizado no período de 19 de junho a 04 de setembro de 2023. Seropédica, 2023. Autoria da foto: Beatriz Calixto da Silva.

Tabela 9. Médias de número e massa de folhas (g), diâmetro da inflorescência (cm) e massa fresca e seca do caule (cm) em três cultivares de brócolis americano submetidas a diferentes doses de adubação com composto fermentado a campo.

Cultivar	Folha		Caule		Inflorescência
	Número	Massa fresca (g)	Massa Fresca (cm)	Massa Seca (g)	Diâmetro (cm)
Legacy	23,46 a	639,31 a	464,40 a	39,69 a	17,22 a
Veratto	16,97 b	849,00 a	277,88 b	20,82 b	16,26 ab
Coliseu	16,80 b	772,52 a	200,00 c	17,30 b	15,17 b

*Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A menor massa fresca de folhas (Tabela 9), especialmente em Legacy, no segundo Ensaio comparado ao primeiro deve-se, provavelmente, às condições mais adversas do clima e ao desenvolvimento de doenças foliares, como a mancha de alternária (*Alternaria brassicae*), especialmente nesta cultivar. As cultivares Legacy e Veratto não diferiram significativamente quanto ao acúmulo de massa seca nas folhas (Figura 8) em nenhuma das doses de adubação, e sempre com médias superiores às de Coliseu. Cabe destacar que este parâmetro está relacionado diretamente com o padrão de desenvolvimento de cada cultivar, sendo Legacy e Veratto plantas de porte grande e ciclo tardio e médio, respectivamente e, a Coliseu de porte médio e ciclo precoce. Acredita-se que na cultivar Coliseu, a maior quantidade dos fotoassimilados seja utilizada na formação da inflorescência, que necessita ser formada em um curto espaço de tempo. Schiavon Júnior (2008) obteve resultados entre 62 e 116 g para esta variável em função do aumento de doses de adubação na cultura. No presente trabalho foram obtidas médias de 99,25, 88,93 e 58,74 g para Legacy, Coliseu e Veratto, respectivamente, estando estes valores próximos aos obtidos pelo trabalho citado.

As cultivares diferiram significativamente entre si quanto à massa fresca do caule, destacando-se a Legacy com as médias mais elevadas e a Coliseu com as mais baixas (Tabela 9). Quanto à massa seca, apenas a cultivar Legacy apresentou diferenças significativas em relação às outras, exibindo as maiores médias. Em um estudo de Schiavon Júnior (2008), foram observadas médias entre 12,69 e 21,53 g para massa seca de caule, variando conforme diferentes doses de adubação e espaçamento. O autor, porém, não analisou a massa fresca do caule, e no contexto deste trabalho, foram registradas médias de 36,69 g, 20,82 g e 17,3 g nessa variável para Legacy, Veratto e Coliseu, respectivamente.

Quanto à altura das plantas, as cultivares Legacy e Coliseu responderam significativamente, e de forma linear, ao aumento da dose de composto (Figura 8), com maiores médias na cultivar Legacy. A Coliseu, apesar de apresentar resposta significativa ao aumento das doses de composto, em geral não diferiu de Veratto, ou seja, apresentaram alturas similares. Em estudos conduzidos por Schiavon Júnior (2008), observaram-se médias de altura do caule entre 23,49 e 29,99 cm em brócolis de cabeça única, considerando diferentes espaçamentos entre as plantas. Em pesquisas de Singh et al. (2006), os resultados variaram entre 22,98 e 30,47 cm para esta variável em diferentes safras de brócolis. Os resultados deste estudo se assemelham às médias mencionadas anteriormente, registrando valores de 27,78 cm, 20,28 cm e 18,72 cm para Legacy, Coliseu e Veratto, respectivamente. No entanto, maior altura de caule não é uma característica importante para a cultura do brócolis, pois quanto maior for a sua altura, maior pode ser a taxa de quebra da planta (SCHIAVON JÚNIOR, 2008), além, de ser um órgão sem importância na valorização do produto comercial. De certa forma, maior altura de caule está associado a maior duração do ciclo e a maior número de folhas e com isso, maiores inflorescências. Mas, indica também maior alocação de nutrientes e fotoassimilados que

poderiam ser utilizados no desenvolvimento das inflorescências. Dessa forma, apesar de poucos estudos mencionarem esta variável, é extremamente importante tal avaliação.

Quanto ao diâmetro de inflorescência (Tabela 9), foi observada diferença significativa entre as cultivares Coliseu e Legacy. Vale destacar que nesta variável as médias obtidas foram inferiores às do cultivo anterior, em virtude provavelmente da menor duração do ciclo e com isso de produção e acúmulo de fotoassimilados como pelas adversidades maiores de temperatura e umidade. Santos (2017) relatou um máximo de 13,61 cm para esta variável, avaliando diferentes cultivares. Bhering (2013) registrou diâmetros das inflorescências entre 15,45 e 15,83 cm. Por sua vez, Melo et al. (2010), avaliando o desempenho agrônomo de cultivares de brócolis de inflorescência única no verão em plantio direto registraram diâmetros com valores entre 13,10 e 15,30 cm. Esta variável traduz o tamanho da inflorescência, expressando o potencial genético da cultivar, a eficiência fotossintética, a capacidade de absorção de água e nutrientes e a habilidade de direcionar assimilados para a inflorescência (TAIZ et al. 2017). Os resultados obtidos neste trabalho estão muito próximos ou superiores aos observados nos trabalhos citados.

As cultivares responderem de forma distinta ao incremento de doses de bokashi quanto ao acúmulo de massa fresca e seca das inflorescências, similar ao observado para acúmulo de massa seca na folha e altura do caule (Figura 8). As cultivares Legacy e Veratto apresentaram resposta quadrática ao aumento das doses enquanto Coliseu apresentou resposta linear, mas com máximo acúmulo de massa em dose de bokashi equivalente ao aporte de 400 Kg.ha⁻¹ nas três cultivares. Já na avaliação de massa seca da inflorescência, apenas Legacy apresentou resposta quadrática, enquanto as demais apresentaram resposta linear, mantendo o maior acúmulo na dose mais elevada de composto (Figura 8C e D).

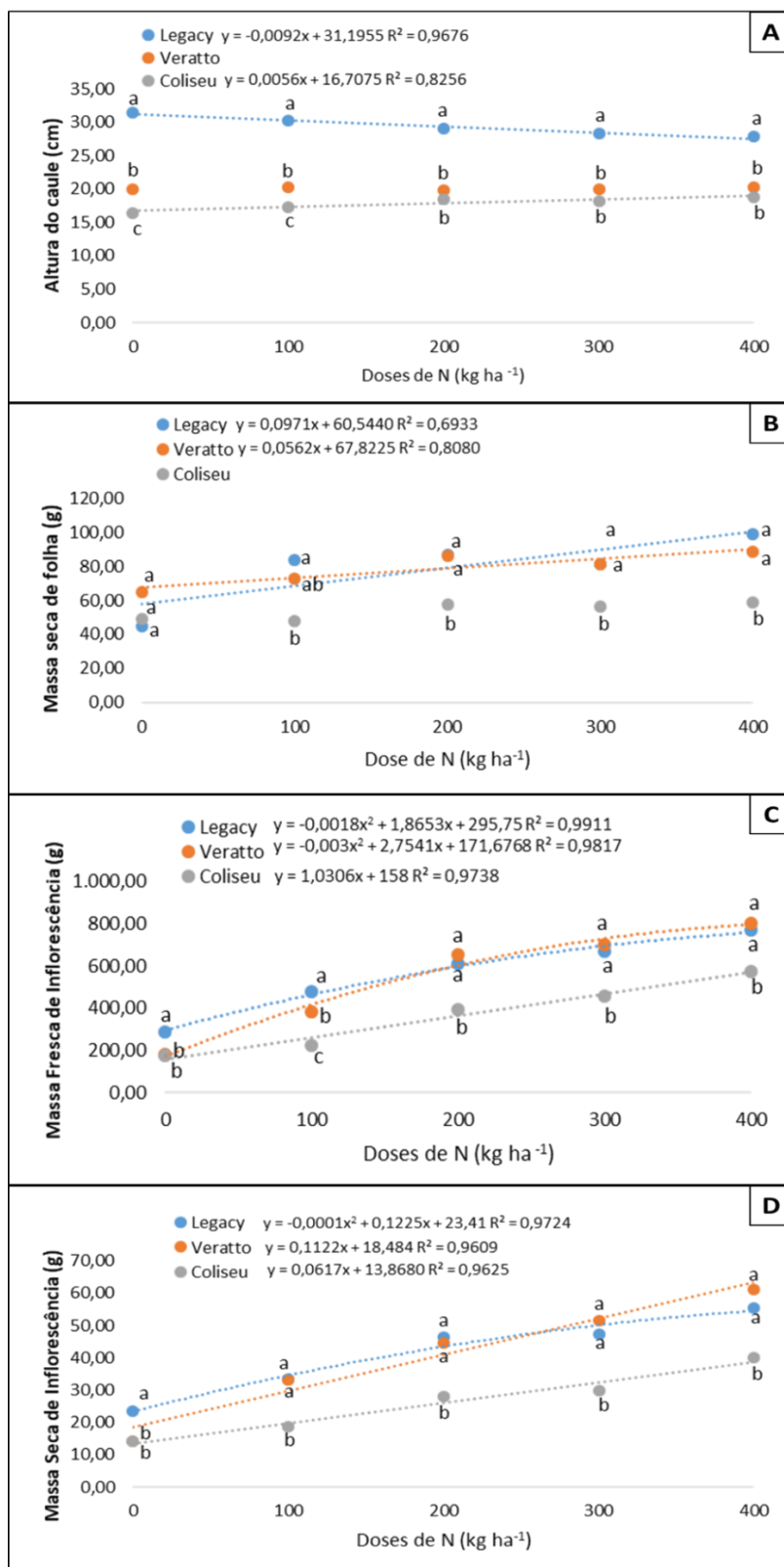


Figura 8. Efeito da interação entre doses de N, oriundas de diferentes doses de composto fermentado tipo bokashi (Resíduo de Cervejaria + Farelo de Trigo + Farelo de Mamona: 50%+10%+40%.) e três cultivares de brócolis sobre altura do caule (A), massa seca da folha (B), massa fresca e seca das inflorescências (C e D) em ensaio no período de 19 de junho a 04 de setembro de 2023 em condições de campo. Seropédica, 2023.

A massa fresca da inflorescência (Figura 8), especialmente na dose mais elevada de adubação, foi significativamente superior nas cultivares Legacy e Veratto comparadas a cultivar Coliseu. Esta última apresentou médias inferiores as duas demais cultivares em todas as doses de adubação, evidenciando uma relação não apenas com a adubação, mas também com o padrão de desenvolvimento da planta. Esse comportamento foi consistentemente observado na avaliação de massa seca de inflorescência e das folhas.

Quanto à massa fresca de inflorescência, as três cultivares apresentaram o mesmo padrão, com média próxima nos dois Ensaios em todos os tratamentos que receberam adubação. Nesse segundo ciclo, as cultivares Legacy, Veratto e Coliseu alcançaram, respectivamente, médias de 769 g, 801 g e 574 g de massa fresca de inflorescência.

Vale destacar que a cultivar Veratto, ao receber a dose de adubação de 200 kg N ha⁻¹, exibiu um rendimento de 652 g, superando a média esperada para a cultivar, que seria de 500 g. Todas as cultivares alcançaram resultados próximos ou dentro da média esperada.

É importante destacar que, embora não tenha sido observada uma diminuição na produção em relação à dose de adubação utilizada, podemos afirmar que a adubação com o composto visando a adição de 100 a 400 kg de N por hectare foram adequadas para a produção de brócolis das cultivares Veratto e Legacy, e que doses de 200 a 400 kg de N por hectare foram adequadas para a cultivar Coliseu. Estas doses resultaram na produção de inflorescências compactas, com peso médio superiores a 300 e 400 g que é preferido pelo mercado (Melo, 2015), o que sugere a possibilidade de se ajustar ou reduzir os espaçamentos para maiores ganhos em produtividade.

No entanto, além de se considerar as preferências de mercado, é crucial ponderar sobre aspectos relacionados à relação custo e produção e a necessidade de redução na quantidade de insumos na agricultura. Essa redução desempenha um papel fundamental na sustentabilidade, preservando a qualidade do solo e da água, além de contribuir significativamente para a diminuição do impacto ambiental e dos custos de produção.

Quanto à produtividade no segundo Ensaio (Tabela 10), observaram-se médias de 8,0 a 21,36 t ha⁻¹ para a Legacy, 5,03 a 22,27 t ha⁻¹ para a Veratto e 4,87 a 15,96 t ha⁻¹ para a Coliseu. Assim como no primeiro ciclo, as cultivares foram responsivas quanto a adubação, até a dose mais elevada. A produtividade média estimada apresentou valores próximos ao cultivo anterior. Todas as cultivares apresentaram produtividade máxima superior as observadas por Vieira Filho et. al (2023), que variaram de 12,19 e 14,32 t/ha em cultivo orgânico de brócolis americano nas condições de Seropédica – RJ.

Tabela 10. Produtividade média das três cultivares de brócolis americano adubadas com diferentes doses de N, fornecidos pelas diferentes doses de bokashi, em ensaio em condições de campo, no período de 19 de junho a 04 de setembro de 2023 em condições de campo. Seropédica, 2023.

Cultivar	0	100	200	300	400
Massa Fresca (t ha⁻¹)					
Legacy	8,00 a	13,21 a	16,94 a	18,54 a	21,36 a
Veratto	5,03 b	10,60 b	18,12 a	19,41 a	22,27 a
Coliseu	4,87 b	6,18 c	10,94 b	12,62 b	15,96 b

*Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Apesar da consistência quanto a produtividade nos dois Ensaios, no segundo, foi observada a presença de brácteas nas inflorescências de Legacy. Vale ressaltar que tal anomalia

não ocorreu no primeiro Ensaio em nenhuma das cultivares. O desenvolvimento de brácteas entre os floretes no topo da inflorescência é um tipo de desordem fisiológica na cultura ocasionada pelo calor (SCHIAVON JÚNIOR, 2008). Esse fenômeno ocorre quando o momento do florescimento ocorre em condições de temperaturas elevadas (HAINE, 1951). Geralmente, esta anomalia reduz a qualidade comercial da inflorescência. Em geral esta anomalia está também associada a alteração da textura da inflorescência, que se apresenta mais rígida. Este fenômeno, como citado anteriormente, em geral decorre da elevação de temperaturas na fase de indução floral com uma reversão da fase reprodutiva para vegetativa (MELO, 2015).

O conhecimento da época ideal de cultivo é essencial para mitigar possíveis perdas na produção devido a condições climáticas adversas, garantindo assim uma produção mais estável e previsível. Além disso, possibilita ao produtor planejar suas atividades agrícolas de maneira mais precisa, contribuindo para a sustentabilidade e a viabilidade econômica do empreendimento agrícola na Baixada Fluminense.

5. CONCLUSÕES

1. A adubação com composto fermentado obtido com a mistura de resíduo de cervejaria (RC), farelo de trigo (FT) e farelo de mamona (FM) foi adequada para o cultivo e produção de brócolis americano;
2. As cultivares avaliadas, Legacy, Veratto e Coliseu responderam positivamente às doses de adubação utilizadas, com máxima produção nas doses equivalentes ao aporte de 400 kg de N por ha;
3. Observou-se boa produtividade no primeiro (02 de maio a 08 de agosto de 2023) e segundo (19 de junho a 04 de setembro de 2023) Ensaios, 7,67 a 20,05 t ha⁻¹, 9,31 a 21,86 t ha⁻¹, 5,88 a 15,04 t ha⁻¹ e 8,0 a 21,36 t ha⁻¹, 5,03 a 22,27 t ha⁻¹ e 4,87 a 15,96 t ha⁻¹; nas cultivares Legacy, Veratto e Coliseu, respectivamente;
4. A cultivar Legacy mostrou-se menos adaptada ao calor, pois apesar da boa produtividade no segundo Ensaio, apresentou alta porcentagem de inflorescências com distúrbios fisiológicos neste período;
5. Indica-se a utilização das três cultivares, Legacy, Veratto e Coliseu para plantio no mês de maio e de Veratto e Coliseu para plantio em junho.
6. O plantio das três cultivares em maio permite um bom escalonamento das colheitas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, L. H, M de. 2014. Quintal agroecológico: uma abordagem para a disseminação de práticas agrícolas amigáveis em unidades familiares na região serrana fluminense. **Mestrado**. UFRRJ. 26f.
- BARCELOS, B. Utilização do resíduo de cervejaria na produção de silagem como alternativa para alimentação de ruminantes. **Mestrado**. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2012. 70f.
- BATJES, Niels H. Total carbon and nitrogen in the soils of the world. **European journal of soil science**, v. 47, n. 2, p. 151-163, 1996.
- BHERING, A. DA S., 2013. Efeito das malhas termorefletora, difusora e sombrite no crescimento e produtividade de brócolis. **Mestrado**. Minas Gerais: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitotecnia, Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. 39p. (Mestrado em Fitotecnia).
- BHERING, A.S. Hérnia das crucíferas (*Plasmodiophora brassicae*) em couve-flor (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) e suas relações com o manejo do solo no município de Nova Friburgo, RJ. 146f. **Tese** (Doutorado em Fitotecnia). Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2017.
- BJÖRKMAN, T.; PEARSON, K.J. High temperature arrest of inflorescence development in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica* L.). **Journal of Experimental Botany**, v. 49, n. 318, p. 101-106, 1998.
- BROCHIER, M.A. Aproveitamento de resíduo úmido de cervejaria na alimentação de cordeiros confinados em fase de terminação. 2007. 120f. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental) – Centro Universitário Feevale, Novo Hamburgo, 2007.
- CARRON, Marc-Philippe et al. Do the impact of organic residues on soil quality extend beyond the deposition area under oil palm.. **European Journal of Soil Biology**, v. 75, p. 54-61, 2016.
- CECÍLIO FILHO, Arthur Bernardes et al. Broccoli growth and nutrient accumulation. **Científica (Jaboticabal)**, v. 45, n. 1, p. 95-104, 2017.
- CONDÉ, V. F.; OLIVEIRA, D. M.; OLIVEIRA, J. E. Z. Incidência e severidade de hérnia das crucíferas (*Plasmodiophora brassicae* Wor.) em repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*) em solo tratado com biofertilizante tipo bokashi. **Ciência e Natura**, v. 39, n. 1, p.7-15, 2017.
- DA SILVA CASTRO, L.et al. Desempenho de cultivares de brócolis de inflorescência única, produzidas em condições de altas temperaturas. **Revista Cultivando o Saber**, v. 11, n. 2, p. 95-107, 2018.
- DA SILVA, Fábio Cesar et al. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.
- DE LALLA, Juliana G. et al. Competição de cultivares de brócolos tipo cabeça única em Campo Grande. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 360-363, 2010.
- DE OLIVEIRA, E. A. G. et al. Compostos orgânicos fermentados tipo bokashi obtidos com diferentes materiais de origem vegetal e diferentes formas de inoculação visando sua utilização no cultivo de hortaliças. Embrapa Agrobiologia. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 98. 2014.

DE SOUZA JUNIOR, José B. et al. Agronomic efficiency of fermented composts in organic fertilization management of butterhead lettuce and green leaf lettuce. **Horticultura Brasileira**, v. 41, p. e2609, 2023.

DIAS, J. P. T. Ecofisiologia de culturas Agrícolas. **Universidade do Estado de Minas Gerais**, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 2018.

DINIZ, Ellen Rúbia. Efeito de doses de adubo verde em cultivos sucessivos de brócolis, abobrinha e milho. Universidade Federal de Viçosa. **Tese**. 2011.

DIPUTADO JR, M. T.; NICHOLS, M. A. The effect of sowing date and cultivar on the maturity characteristics of broccoli (brassica oleraceae var. italica). **Research and Development Conference on Vegetables, the Market and the Producer** 247. 1988. p. 59-66.

FAOSTAT – Food and Agriculture Organization. **Cultivos**. 2020. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>> Acesso em 28 de janeiro de 2024.

FELLOWS, Jane R.; READER, R. J.; WURR, D. C. E. A model for leaf production and apex development in calabrese. **Journal of Horticultural Science**, v. 72, n. 2, p. 327-337, 1997.

FELTRIN SEMENTES. Brócolis Coliseu. **Feltrin Sementes**, [s.d.]. Disponível em: <https://www.sementesfeltrin.com.br/produtos/br-colis-coliseu/214>. Acesso em 20 de dezembro de 2023.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 3ed., 2008. 421p.

GOULART, J. M. Estratégias de produção in situ de biomassa de leguminosas arbustivas e arbórea para a confecção de compostos fermentados empregados na fertilização de cenoura e alface consorciadas em cultivo orgânico. **Dissertação** (Mestrado em Fitotecnia). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2020. 78f.

GREVSEN, K. Effects of temperature on head growth of broccoli (Brassica oleracea L. var. italica): Parameter estimates for a predictive model. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 73, n. 2, p. 235-244, 1998.

GRISEL, P.N. & ASSIS, R.N. **Dinâmica agrária da Região Sudoeste do município de Nova Friburgo e os atuais desafios de sua produção hortícola familiar**. Documentos no 299, Embrapa Agrobiologia, Seropédica, 2015.

GUERRA, J. G. M. et al. Adubação verde no cultivo de hortaliças. In: LIMA FILHO, O. F. de; AMBROSANO, E. J.; WUTKE, E. B.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. 2. ed. rev. e atual. Brasília, DF: Embrapa, 2023. v. 2, p. 265-291.

HADLEY, P.; PEARSON, S. Effects of environmental factors on progress to crop maturity in selected Brassica crops. **International Symposium Brassica 97, Xth Crucifer Genetics Workshop 459**. 1997. p. 61-70.

HAINE, K. E. Vegetative propagation from the broccoli curd after suppression of flowering. **Nature**, v. 168, n. 4282, p. 919-920, 1951.

HERNANDEZ, Teresa et al. Organic versus inorganic fertilizers: Response of soil properties and crop yield. **AIMS Geosciences**, v. 7, n. 3, p. 415-439, 2021.

HITMAN, A.; BOS, C.; BOSH, M.; KOLK, A. V.D. Fermentation versus composting. **Noordwolde**. Disponível em: <www.feed-innovation.com>.

HOSHINO, R. T.; ALVES, G.A.C.; MELO, T.R.; BARZAN, R.R.; FREGONEZI, G. A F; FARIA, R. T. Mineral and organic fertilization influence on the development of Cattlianthe 'Chocolate drop'. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 4, p. 475–482, 2016.

INFOAGRO. **El cultivo del brócoli**. Disponível em: <<https://www.infoagro.com/hortalizas/broculi.htm>> Acesso em 30 de julho de 2022.

J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. F. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. 3.ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013.

J: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2015. 96 p.

JESUS FILHO, C. A. de. 2022. Potencial Tecnológico dos Resíduos de uma indústria cervejeira para produção de adubo orgânico tipo Bokashi: uma revisão. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022. 38 f.

KUMAR, A.; CHOUDHAR, A. K.; RAHI, S. Scientific cultivation of broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*). In: CHOUDHARY, A. K.; RANA, K. S.; DASS, A.; SRIVASTAV, M. **Advances in vegetable agronomy**. New Delhi: IARI, 2014, pp. 87-91

MACEDO, Taísa Gonçalves et al. Single-head broccoli production under different spacing and conditions of Baixada Fluminense. **Revista De Agricultura Neotropical**, v. 9, n. 3, p. e6908-e6908, 2022.

MAY, A.; TIVELLI, S.; VARGAS, P.; SAMRA, A.G.; SACCONI, L.V.; PINHEIRO, M.Q. **A cultura da couve-flor**. Campinas: Instituto Agrônômico, (Boletim Técnico), n. 200, 2007, 36p. Disponível em: <<https://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/arquivos/iacbt200.pdf>> Acesso em 02 de julho de 2022.

MELO, R. A. C. (Ed). **A cultura dos brócolis**. Brasília, DF: Embrapa, 2015.153 p.

MELO, R. A. C. (Ed). **Produção de brássicas em sistema de plantio direto**. Brasília, DF: Embrapa, 2016.16 p.

MELO, R. A. C.; VENDRAME, L. P. C.; MADEIRA, N. R.; BLIND, A. D.; VILELA, N.J. Characterization of the brazilian vegetable brassicas production chain. **Horticultura Brasileira**, v. 37, p. 366-372, 2019.

MUSSATTO, S. I.; MACHADO, E. M S.; MARTINS, S; TEIXEIRA, J. A. Production, Composition, and Application of Coffee and Its Industrial Residues. **Food Bioprocess Technol**, v. 4, p. 661–672, 2011.

NOGUEIRA, A. R. A.; SOUZA, G. B. Manual de laboratórios: Solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos. São Carlos: **Embrapa Pecuária Sudeste**, 2005, 313p

OLIVEIRA, E. A. G. de. Formulações tipo “bokashi” como fertilizantes orgânicos no cultivo de hortaliças. **Tese** (Doutorado em Fitotecnia). Seropédica-R3

OLIVEIRA, E. A. G., RIBEIRO, R. L. D., LEAL, M. A. A., GUERRA, J. G. M., ARAÚJO, E. S., ESPINDOLA, J. A. A., ROCHA, M. S., BASTOS, T. C., SAITER, O. 2014. **Compostos orgânicos fermentados tipo “bokashi” obtidos com diferentes materiais de origem vegetal e diferentes formas de inoculação visando sua utilização no cultivo de hortaliças**. Embrapa Agrobiologia, Seropédica (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 98).

OLIVEIRA, E. Q.; SOUZA, R. J. de.; MACÊDO, F. S.; MARQUES, V. B.; LEITE, L. V. DO. R. Desempenho de cultivares de alho sob doses de Bokashi. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2, p. S594–S597, 2008.

OLIVEIRA, FC; GEISENHOF, LO; ALMEIDA, ACSA; LIMA JÚNIOR, JA; NIZ, AIS; BARBIERO, DF. 2016. Produtividade do brócolis de cabeça sob diferentes doses de adubação nitrogenada. *Revista Agrarian* 9: 326-333.

PENALBER, A.T.T. Controle alternativo da hérnia das crucíferas causada por *Plasmodiophora brassicae* em brócolis através de compostos orgânicos. 168f. **Tese** (Doutorado em Fitopatologia). Brasília: Universidade de Brasília, 2009

PIAN, L. B. Fertilização de origem vegetal em atributos do solo e no desempenho agroeconômico de hortaliças em sistemas orgânicos. **Tese** (Doutorado em Ciência do Solo), Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2019. 164 f.

PIAN, Livia Bischof et al. Characterization, nitrogen availability and agronomic efficiency of fermented composts in organic vegetable production. 2023.

PIZETTA, Luiz Carlos et al. Resposta de brócolis, couve-flor e repolho à adubação com boro em solo arenoso. **Horticultura Brasileira**, v. 23, p. 51-56, 2005.

SANTOS, André Ricardo Moraes dos et al. Produção de inflorescências de cultivares de brócolis em condições de clima quente e úmido da Amazônia Central. **Dissertação**. Mestrado em Agronomia tropical. 2017.

SANTOS, C. A.; CARMO, M. G. F.; BHERING, A. S.; COSTA, E. S. P.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B. Use of limestone and agricultural gypsum in cauliflower crop management and clubroot control in mountain farming. **Acta Scientiarum-Agronomy**, v. 42, e42494, 2020^a.

SANTOS, C. A.; CARMO, M.G.F.; RIBEIRO, J. C. Brócolis: Dobra produção em duas décadas. **Anuário HF 2020**, Uberlândia-MG, p. 36 – 38, 02 mar., 2020b

SANTOS, et al. avaliação preliminar do uso de torta de mamona no manejo da hérnia das crucíferas em couve-flor. **Colloquium Agrariae**, v. 14, n.3, Jul-Set. 2018, p. 31-38. DOI: 10.5747/ca.2018.v14.n3.a225

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, SCHIAVON JÚNIOR, S. A. L. et al. Produtividade e qualidade de brócolos em função da adubação e espaçamento entre plantas. **Dissertação**. Mestrado. 2008.

SEABRA JUNIOR, Santino et al. Produção de cultivares de brócolis de inflorescência única em condições de altas temperaturas. **Horticultura Brasileira**, v. 32, p. 497-503, 2014.

SEMINIS. Brócolis de Inverno Legacy. Seminis Loja Online, 2025. Disponível em: <https://loja.seminis.com.br/products/brocolis-de-inverno-legacy>. Acesso em: 18 de dezembro de 2023.

SHISHIDO, S. I. Desempenho agrônômico de híbridos de brócolis de cabeça única em função do espaçamento na região de Ponta Grossa - PR. 2019. 78 f. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2019.

Silva, P., Souza, L., Redigolo, M., & Cardoso, A. (2018). Produção de brócolis em função das doses de nitrogênio e potássio na fertirrigação das mudas. **Revista De Agricultura Neotropical**, 5(4), 61-67. <https://doi.org/10.32404/rean.v5i4.2448>

SILVA, R. R., 2012. Desempenho de híbridos experimentais de couve brócolos do tipo cabeça única em condições de verão tropical. São Paulo, Botucatu. **Tese**. Doutorado em Agronomia. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas. 36p.

- SIQUEIRA, A. P. P. & SIQUEIRA, M. F. B. **Bokashi: adubo orgânico fermentado**. Niterói: Programa Rio Rural, 2013. 16p. (Programa Rio Rural Manual Técnico, 40).
- SOUZA, W. J. O.; MELO, W. J. Teores de nitrogênio no solo e nas frações da matéria orgânica sob diferentes sistemas de produção de milho. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 24, p. 885-896, 2000.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6ª ed. Porto Alegre: Ed. Artmed, 2017.
- TAN, D. K. Y.; BIRCH, C. J.; WEARING, A. H.; RICKERT, K. G. Modeling broccoli development, yield and quality. In: INTERNATIONAL CROP SCIENCES CONGRESS, 4., 2004, Brisbane. **Proceeding...** Brisbane: 2004.
- TRANI, P. E. Et al. **Couve de folha: do plantio à pós-colheita**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2015. 36p.
- TREVISAN, J. N. et al. Rendimento de cultivares de brócolis semeadas em outubro na região centro do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 33, p. 233-239, 2003.
- VARGAS, Pablo Forlan et al. Desempenho de cultivares de brócolos de cabeça única cultivados no verão. In: **Congresso Brasileiro De Olericultura**. Goiania: SOB, 2006.
- VIEIRA FILHO, J. S. M. et al. Management of green manure and organic fertilization with fermented compost fertilizer in agroecological cultivation of American broccoli. **Horticultura Brasileira**, v. 41, p. e2599, 2023.
- WAHYUNINGSIH, Resti et al. Impact of inorganic fertilizer to soil biological activity in an oil palm plantation. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, 2019. p. 012017.
- WURR, D. C. E. et al. Vernalization in calabrese (*Brassica oleracea* var. *italica*) -a model for apex development. **Journal of experimental botany**, v. 46, n. 10, p. 1487-1496, 1995.
- WURR, D. C. E.; FELLOWS, Jane R.; HAMBIDGE, Angela J. The influence of field environmental conditions on calabrese growth and development. **Journal of Horticultural Science**, v. 66, n. 4, p. 495-504, 1991.

ANEXO I

Tabela 1. Resultado da análise dos atributos de fertilidade do solo na profundidade de 0-20 cm, realizada antes do início dos ensaios em campo.

RESULTADOS DA ANÁLISE DO SOLO														Data:31/03/2023				
Interessado: Beatriz Calixto da Silva																		
Endereço: Instituto de Agronomia – Departamento de Fitotecnia																		
Telefone:									e-mail:									
Cultura:																		
Identificação da Amostra		Textura (Expedita)	pH em água	M.O. g Kg ⁻¹	cmol _c dm ³										%		mg dm ³	
Registro no Laboratório	Prof. (cm)				K	Ca	Mg	Al	H +Al	Na	SB	t	T	V	m	P	K	
1	0 - 20				Arenosa	5,40	40,49	0,26	1,90	0,48	0,1	1,98	0,02	2,66	2,66	4,64	57	0
Nota: mEq 100 cm ³ = cmol _c dm ³ e ppm = mg dm ³ ; Prof. = profundidade																		

ANEXO II

Figura 1. Croqui da área experimental.

