



UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO - PPGCS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV

VÍTOR FIGUEIRA FRANÇA

**FERTILIZANTE FLUIDO EXTRAÍDO DA CAMA DE AVES: EFEITOS NO
CRESCIMENTO DA AVEIA BRANCA E ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO**

**LAGES
2024**

VÍTOR FIGUEIRA FRANÇA

**FERTILIZANTE FLUIDO EXTRAÍDO DA CAMA DE AVES: EFEITOS NO
CRESCIMENTO DA AVEIA BRANCA E ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Orientador: Álvaro Luiz Mafra

Coorientador (1) (orientador substituto): Juliano Corulli Correa

Co-orientador (2): Jean Alberto Sampietro

**LAGES
2024**

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CAV/UDESC,**

FRANÇA, VÍTOR FIGUEIRA

FERTILIZANTE FLUIDO EXTRAÍDO DE CAMA DE AVES: EFEITOS NO
CRESCIMENTO DA AVEIA BRANCA E ATRIBUTOS QUÍMICOS DO
SOLO / VÍTOR FIGUEIRA FRANÇA. -- 2024.

99p.

Orientador: Alvaro Luiz Mafra

Co-orientador (1) (orientador substituto): Juliano Corulli Correa

Co-orientador (2): Jean Alberto Sampietro

Dissertação (Mestrado) -- Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de
Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Lages,
2024.

1. Substâncias Húmicas. 2. Bioinsumo. 3. Extração Alcalina.

I. Mafra, Álvaro Luiz. II. Correa, Juliano Corulli. III. Sampietro, Jean Alberto.

IV. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo.

III. Título.

VÍTOR FIGUEIRA FRANÇA

**FERTILIZANTE FLUIDO EXTRAÍDO DE CAMA DE AVES: EFEITOS NO
CRESCIMENTO DA AVEIA BRANCA E ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Ciência do Solo, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

BANCA EXAMINADORA

Álvaro Luiz Mafra

Orientador: UDESC/CAV

Avaliadores:

Andreia Patricia Andrade

Faculdade Vilas Boas

Djalma Eugênio Schmitt

UFSC Curitibanos

Lages (SC), 19 de julho de 2024.

À minha filha, Flora, por ser uma constante fonte de inspiração, meu combustível diário e amor incondicional.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela oportunidade de iniciar e concluir esse trabalho com discernimento, por depositar em mim fé, dando-me sabedoria para alcançar meu objetivo.

Agradeço aos meus pais André Alvim e Simone, que me incentivam a seguir em frente, a evoluir e a crescer pessoal e profissionalmente, investindo e acreditando em mim.

Agradeço à minha avó Cleusa que me acolheu, alimentando os meus sonhos e me direcionando ao caminho do bem.

Agradeço aos meus irmãos André Eduardo e Lucas, que fazem parte de minha vida pessoal e profissional, com quem enfrento e enfrentarei tudo que nos for imposto.

Agradeço a minha companheira Maria Eduarda, que me fez pai da Flora meu grande amor e me fazem prosseguir nessa jornada.

A meus grandes amigos Eduardo, Gregory, Gustavo e Juliano que se fizeram presentes em muitos momentos, sendo peça chave de inspiração e incentivo para a conclusão dos trabalhos.

Ao meu orientador Álvaro Luiz Mafra, pela inestimável participação em todas as fases desse projeto, através de ensinamentos e encorajamento, sem contar a grande paciência que teve.

À Embrapa Suínos e Aves pela parceria, infraestrutura e em especial a Juliano Corulli Correa, Anildo Cunha Jr e Arlei Coldebella, além de todos os técnicos, que ajudaram no que foi preciso para o projeto ter continuidade e alcançarmos os resultados.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, professores e técnicos pela oportunidade e ensinamentos.

Ao Programa de Apoio à Pesquisa (PAP/FAPESC) e ao PROAP/CAPES, pelo auxílio financeiro à pesquisa.

À CAPES pela concessão da bolsa e à empresa Ferticel Indústria de Fertilizantes Ltda pelo financiamento do projeto.

A todos meus amigos e pessoas que apoiaram acreditaram no meu potencial para que eu chegasse até aqui, com vocês todo trabalho se tornou mais leve e possível.

Gratidão!

“Erros são, no final das contas, fundamentos da verdade. Se um homem não sabe o que uma coisa é, já é um avanço do conhecimento saber o que ela não é”.

Carl Jung

RESUMO

As substâncias húmicas podem apresentar ação bioativa no solo e podem estimular o crescimento vegetal e a nutrição de plantas. Todavia, ainda é incipiente o conhecimento sobre a utilização de novas fontes desta fração para fins agrícolas, a composição final do produto extraído e qual concentração empregar nos cultivos. Assim, o objetivo desse estudo foi avaliar a eficiência agronômica do fertilizante fluido (FF) enriquecido com substâncias húmicas (SH), extraído de cama de aves associado ou não à adubação mineral solúvel e orgânica no cultivo da aveia-branca (*Avena sativa L.*). O experimento foi conduzido em casa de vegetação em vasos, em um Cambissolo Háplico. Os tratamentos foram dispostos em fatorial 4+(4*4) com quatro adubações (testemunha, controle 50% dose mineral solúvel, controle positivo 100% mineral solúvel e orgânica) e quatro doses (0,25; 0,50; 1; 2 mL kg⁻¹) do FF, com cinco repetições, em delineamento inteiramente casualizado. O índice de eficiência agronômica foi calculado com base no rendimento de fitomassa da aveia branca. Os maiores acúmulos de massa seca de parte aérea (MSPA) da aveia-branca foram no controle positivo T1 sem adição de SH, semelhante aos demais tratamentos quando a dose de FF foi de 2 ml kg⁻¹. Na análise econômica, o tratamento T3 somente FF enriquecido com SH, sem adubação de base, na maior dose de SH apresentou o menor custo para produzir o mesmo que todos os outros tratamentos. A eficiência agronômica de nutrientes (EAN) para P e K foi superior no T3, o N por apresentar valores muito altos do EAN atestaram a deficiência do nutriente e por isso considerado o tratamento T4 na dose de 0,25 ml kg⁻¹ com maior eficiência. Os atributos químicos do solo não apresentaram variações significativas após a aplicação do FF. O estudo indicou que o uso de FF SH tem potencial em aumentar a eficiência do uso de nutrientes na cultura da aveia, possibilitando um menor custo para produção da mesma massa de forragem.

Palavras chaves: Substâncias húmicas; Bioinsumo; Extração Alcalina; Ácido Húmico.

ABSTRACT

Humic substances can have bioactive action in the soil and can stimulate plant growth and nutrition. However, knowledge about the use of new sources of this fraction for agricultural purposes, the final composition of the extracted product and the concentration to be used in crops is still incipient. Thus, the objective of this study was to evaluate the agronomic efficiency of fluid fertilizer (FF) enriched with humic substances (HS), extracted from poultry litter associated or not with soluble mineral and organic fertilizer in the cultivation of white oats (*Avena sativa* L.). The experiment was conducted in a greenhouse in pots, in a Haplic Cambisol. The treatments were arranged in a 4+(4*4) factorial with four fertilizations (control, control 50% soluble mineral dose, positive control 100% soluble mineral and organic) and four doses (0.25; 0.50; 1; 2 mL kg⁻¹) of FF, with five replicates, in a completely randomized design. The agronomic efficiency index was calculated based on the phytomass yield of white oats. The highest accumulations of aerial part dry mass (MSPA) of white oats were in the positive control T1 without addition of SH, similar to the other treatments when the FF dose was 2 ml kg⁻¹. In the economic analysis, the T3 treatment only FF enriched with SH, without base fertilization, at the highest SH dose presented the lowest cost to produce the same as all the other treatments. The agronomic efficiency of nutrients (EAN) for P and K was higher in T3, N, due to its very high EAN values, attested to the deficiency of the nutrient and therefore the T4 treatment at the dose of 0.25 ml kg⁻¹ was considered to have greater efficiency. The chemical attributes of the soil did not present significant variations after the application of FF. The study indicated that the use of FF SH has the potential to increase the efficiency of nutrient use in oat crops, allowing a lower cost for the production of the same forage mass.

Keywords: Humic substances; Bioinput; Alkaline Extraction; Humic Acid.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Principais vias propostas para a formação das substâncias húmicas....	21
Figura 2 - Fracionamento das substâncias húmicas do solo.....	22
Figura 3 - Local de coleta do Cambissolo Háplico distrófico. Localidade Pedras Brancas, Lages, Santa Catarina.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição química de cama de aves com base de maravalha.....	20
Tabela 2 - Delineamento experimental com descrição dos fertilizantes utilizados em cada tratamento.....	28
Tabela 3 – Composição do fertilizante fluido, com hidróxido de potássio em 0,5 mol L ⁻¹ e ácido fosfórico 85%.....	29
Tabela 4 – Análise dos atributos químicos do Cambissolo Háplico distrófico.....	30
Tabela 5 - Quantidade de NPK por vaso em cada um dos tratamentos.....	32
Tabela 6 - Caracterização química dos teores de ácidos fúlvicos, ácidos húmicos, MS, C Org, N, P, Ca, Mg, Na e S do biofertilizante tipo “bokashi”	32
Tabela 7 - Eficiência agronômica do nitrogênio em cada um dos tratamentos.....	52
Tabela 8 - Valores de EAN calculados a partir das respostas às aplicações de nitrogênio relatadas para um campo de milho irrigado em Nebraska (média de 3 anos).....	53
Tabela 9 - Eficiência agronômica do fósforo em cada um dos tratamentos.....	54
Tabela 10 - Eficiência agronômica do potássio em cada um dos tratamentos.....	54
Tabela 11 - Custo por hectare de cada um dos tratamentos utilizados no experimento.....	55

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Acúmulo de massa seca da parte aérea 60 dias após emergência da aveia-branca em resposta aos tratamentos avaliados.....	36
Gráfico 2 – Resposta da altura parte aérea 60 dias após emergência (DAE) da aveia-branca, a os diferentes tratamentos aplicados.....	37
Gráfico 3 – Resposta da massa seca de raiz (MSRA) 60 dias após emergência da aveia-branca, a os diferentes tratamentos aplicados.....	38
Gráfico 4 - Concentração de nitrogênio foliar da aveia-branca, a os diferentes tratamentos aplicados.....	39
Gráfico 5 - Concentração de fósforo foliar da aveia-branca, nos diferentes tratamentos aplicados.....	40
Gráfico 6 - Concentração de magnésio foliar da aveia-branca, nos diferentes tratamentos aplicados.....	41
Gráfico 7 - Concentração de potássio foliar da aveia-branca, nos diferentes tratamentos aplicados.....	42
Gráfico 8 - Concentração de cálcio foliar da aveia-branca.....	43
Gráfico 9 - Concentração de nitrogênio (g/kg) no solo onde foi conduzido cada tratamento.....	44
Gráfico 10 - Quantidade extraída de P (mg/kg) no solo, pela metodologia utilizada...45	45
Gráfico 11 - Quantidade extraída de K (mg/kg) no solo, pela metodologia utilizada...46	46
Gráfico 12 - Quantidade extraída de C (%) no solo, pela metodologia utilizada.....47	47
Gráfico 13 – Análise do pH (mg/kg) no solo.....47	47
Gráfico 14 – Efeito das doses de FF na altura de plantas de aveia 60 DAE (curva de resposta linear do tratamento T3)	49
Gráfico 15 – Efeito das doses de FF na MSPA de plantas de aveia 60 DAE (curva de resposta linear dos tratamentos T3 e T5)	50
Gráfico 16 – Efeito das doses de FF na MSRA de plantas de aveia 60 DAE (curva de resposta quadrática do tratamento T4)	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AF	Ácidos fúlvicos
AH	Ácidos húmicos
C SH	Carbono de substâncias húmicas
CA	Cama de aves
CaO	Óxido de cálcio
COT	Carbono orgânico total
CTC	Capacidade de troca catiônica
DAE	Dias após emergência
FAF	Fração dos ácidos fúlvicos
FAH	Fração dos ácidos húmicos
FF	Fertilizante fluído enriquecido com substâncias húmicas
FM	Fertilizante mineral
HUM	Humina
IHSS	International humic substances society (Sociedade internacional de substâncias húmicas)
KOH	Hidróxido de potássio
M	Molar
MgO	Óxido de magnésio
MOS	Matéria orgânica do solo
NaOH	Hidróxido de sódio
NH ₄	Amônio
NH ₄ OH	Hidróxido de amônio
CaO	Óxido de cálcio
SH	Substâncias húmicas

LISTA DE SÍMBOLOS

Al Alumínio

C Carbono

Ca Cálcio

Cu Cobre

K Potássio

Mg Magnésio

N Nitrogênio

P Fósforo

Zn Zinco

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVOS	16
1.1.1 Objetivo Geral	16
1.1.2 Objetivos Específicos	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 AGRICULTURA E FERTILIZANTES	17
2.2 A CULTURA DA AVEIA	17
2.3 BIOFERTILIZANTE TIPO “BOKASHI”	18
2.3.1 Avicultura e Cama de Aves	19
2.4 MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO E SUBSTÂNCIAS HÚMICAS	21
2.4.1 Extração das SH	23
2.4.2 Potencial e utilização agrícola das SH	24
3. MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1 LOCALIZAÇÃO	27
3.2 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	28
3.3 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO E ADUBAÇÃO	30
3.4 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	33
3.5 COLETA E PREPARO DE AMOSTRAS	33
3.5.1 Determinação de nutrientes no tecido vegetal e solo	34
3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1 CRESCIMENTO VEGETATIVO	36
4.2 CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES FOLIAR	38
4.3 ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO	44
4.4 EFEITO DA DOSE DE FERTILIZANTE FLUIDO	48
4.5 EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DOS NUTRIENTES (EAN)	51
4.6 ANÁLISE ECONÔMICA DOS FERTILIZANTES	55
5 CONCLUSÃO	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

1. INTRODUÇÃO

A dependência do Brasil pela importação de adubos leva a necessidade de utilizar novas fontes de matérias-primas para produção de fertilizantes, que possam incrementar a capacidade produtiva e sejam acessíveis. Por isso a extração alcalina de substâncias húmicas da cama de aviário, pode ser um método de utilizar esse material, diminuir os riscos de contaminação ambiental e maximizar os efeitos positivos do uso como fertilizante agrícola.

Geralmente fertilizantes obtidos a partir de substâncias húmicas são produzidos pela extração de solos de turfa, porém, essa é uma fonte esgotável na natureza e que gera desestabilização do ecossistema e impactos ambientais. Ainda, em algumas regiões tem-se a necessidade do transporte desse material por longas distâncias, o que acarreta maior preço no produto e, conseqüentemente eleva o custo da produção agrícola da qual utiliza esse substrato.

Desta forma, produzir fertilizantes húmicos a partir da extração de cama de aves se torna uma alternativa sustentável, uma vez que aumentam as opções de destinação dos resíduos avícolas e aproxima a produção do fertilizante húmico das áreas agrícolas que fazem seu uso. Dessa forma, é possível diminuir o custo final do produto e reduzir a extração a partir de turfa, o que contribui para a preservação ambiental.

Os fertilizantes orgânicos podem aumentar a produtividade dos cultivos devido a sua complexa composição, que quando degradada, aumenta o aporte de carbono e em consequência eleva os níveis de matéria orgânica no solo e libera substâncias húmicas (SH). As SH são divididas em ácidos húmicos, fúlvicos e humina, os quais podem melhorar propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. Os benefícios das SH são inúmeros no sistema, e ocorrem principalmente na dinâmica de nutrientes no sistema solo planta. No solo aumentam a disponibilidade de nutrientes, especialmente do fósforo, diminuem sua fixação nos coloides e, no caso dos cátions, aumentam a retenção em formas que as plantas têm acesso para absorção. Já na planta, promovem benefícios diretos e indiretos, com maior absorção de nutrientes e efeitos hormonais que aumentam a produtividade dos cultivos.

Produzir fertilizantes húmicos a partir de cama de aves se mostra uma opção favorável ao cenário atual, dado que o Brasil é o segundo maior produtor mundial de frangos de corte e gera aproximadamente 10 milhões de toneladas deste resíduo por ano. Além disso, pode ser mais uma alternativa sustentável e ambientalmente correta de utilização desses resíduos, essa produção favorece ao avicultor e a economia local, pois gera um produto com maior valor agregado e que pode incrementar a renda de agricultores familiares e sustentar a permanência deles na atividade.

Do ponto de vista científico, espera-se alcançar avanços em uma área ainda pouco estudada no Brasil, que é a avaliação da extração de substâncias húmicas a partir de cama de aves e sua eficiência agrônômica. Permitindo saber, quais doses tem efeito positivo para o crescimento vegetal e quais doses podem apresentar ineficácia ou até mesmo efeitos inibitórios. As escassas pesquisas existentes na área, são compostas por fertilizantes a partir de cama de aves, manejadas de formas distintas às que são utilizadas no modelo de avicultura intensiva do Brasil.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar o efeito de doses de substâncias húmicas na produção de aveia e nos atributos do solo.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a eficiência do fertilizante fluido, em associação ou não com a adubação convencional, a partir de fertilizante solúvel ou orgânico, no desempenho agrônômico da aveia branca e nos atributos do solo.
- Identificar quais doses do FF SH são mais responsivas para as condições do estudo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 AGRICULTURA E FERTILIZANTES

A utilização de adubos minerais solúveis impulsionou a agricultura moderna ao aumentar significativamente a produtividade agrícola, garantindo colheitas abundantes e segurança alimentar para a população mundial (SNYDER; BRUULSEMA, 2007). Por outro lado, o aumento da aplicação de fertilizantes pode levar à diminuição da eficiência dos nutrientes e assim resultar em perdas econômicas para os agricultores devido ao aumento dos custos de produção, também pode gerar contaminações se aplicados em excesso, contribuindo para a eutrofização de corpos d'água, degradação da qualidade da água e do solo. Esses desafios ressaltam a necessidade urgente de implementar práticas agrícolas mais sustentáveis e eficientes em termos de nutrientes para mitigar os impactos negativos do uso de fertilizantes no meio ambiente e na saúde humana (Liu *et al.*, 2021).

A necessidade de independência do Brasil em relação ao mercado externo de fertilizantes é impulsionada por diversos motivos. Garantir a segurança alimentar é essencial, evitando flutuações de preços e disponibilidade. Além disso, a dependência de importações pode comprometer a soberania nacional, tornando o país vulnerável a interrupções no fornecimento. Investir na produção nacional não só promove o desenvolvimento econômico interno, mas também reduz a vulnerabilidade cambial e permite a adoção de práticas agrícolas mais sustentáveis, alinhadas com os objetivos ambientais do país. Assim, a busca pela autossuficiência em fertilizantes é crucial para fortalecer a economia, garantir a segurança alimentar e promover o desenvolvimento sustentável do Brasil (BRASIL 2021).

2.2 A CULTURA DA AVEIA

A aveia-branca (*Avena sativa L.*) é uma opção versátil de cultivo de inverno e rotação de culturas. Além de ser adequada para a produção de grãos, tanto para consumo humano quanto animal, seus altos teores de proteínas a tornam valiosa

como fonte de alimentação. Ela também desempenha papel importante na cobertura do solo, previne erosões e inibe o crescimento de plantas indesejadas. Com sua adaptabilidade a diferentes condições climáticas, a aveia branca é uma escolha preferencial para produtores no sul do Brasil, pois complementa áreas de pastagem e contribui para a rentabilidade e lucratividade na produção agrícola (EMATER/RS, 2017).

O Brasil é o principal produtor da cultura na América do Sul com 1,26 milhões de toneladas na safra de 2022 (CONAB, 2022). O cultivo de aveia-branca na maioria dos solos brasileiros, requer correção dos baixos teores de fósforo disponíveis. Sendo necessário o uso de alguma forma de fertilizante fosfatado para garantir a produtividade e qualidade da cultura (MANICA; ESCOSTEGUY, 2019). A adubação nitrogenada também é indispensável para atingir produtividades elevadas, em vista da eficiência agrônômica do uso desse elemento pela aveia (SILVA *et al.*, 2016).

2.3 BIOFERTILIZANTE TIPO “BOKASHI”

O conceito do biofertilizante tipo “bokashi” tem origem no Leste Asiático, significa “matéria orgânica pré-cozida ao vapor”, ocorre por um processo de biossolubilização, similar a um composto orgânico, pode ser utilizado na fertilização de diversas produções agrícolas (ZAHRAH, 2019).

Sendo produzido a partir da semi-decomposição biológica aeróbica de uma mistura de materiais orgânicos e/ou minerais, juntamente com fontes energéticas como glicose e melado, e proteicas como farelo de cereais. Com a montagem de leiras e com revolvimentos periódicos, há o predomínio do metabolismo aeróbico de microrganismos, havendo a liberação de calor, dióxido de carbono, metabólitos e vapor d’água, o que acelera a oxidação da matéria orgânica via fase termofílica (45 a 65° C), até a obtenção de um composto estável e biodisponível, geralmente num período de 7 a 21 dias (RESTREPO; HENSEL, 2015. HERENCIA; MAQUEDA, 2016).

O biofertilizante do tipo bokashi exerce diversas funções cruciais no sistema, atuando como um fertilizante abrangente ao disponibilizar uma variedade de nutrientes essenciais para as plantas, bem como um inóculo para microrganismos

benéficos, como gêneros de rizobactérias promotores de crescimento de plantas (*Azospirillum sp.*, *Rhizobium sp.*, *Bradyrhizobium sp.*, *Burkholderia sp.*) promovendo o equilíbrio trófico e estimulando o crescimento vegetal (KRUKER *et al.*, 2023). Além disso, ele exerce um efeito de supressão sobre patógenos do solo, contribuindo para a saúde das plantas, enquanto também revitaliza o solo por meio de suas substâncias bioativas, como vitaminas, hormônios, enzimas, aminoácidos, ácidos orgânicos, sideróforos, antibióticos e antioxidantes (OLLE, 2020).

A utilização de SH beneficia a adsorção de cátions trocáveis (Ca, Mg, K) por trocas com H⁺ de grupos funcionais orgânicos, aumentando a saturação por bases no complexo coloidal (ROSA *et al.*, 2019) podendo ter sinergia com a aplicação do biofertilizante do tipo bokashi, como condicionador de solo, devido sua capacidade de melhorar a estrutura e qualidade do solo, bem como o incremento na produtividade agrícola (ZAMAN *et al.*, 2010; KARIMUNA *et al.*, 2016).

2.3.1 Avicultura e Cama de Aves

Em 2022 o Brasil foi maior exportador mundial de carne de frango (4,82 milhões de toneladas) e segundo maior produtor mundial (14,524 milhões de toneladas), sendo de expressiva importância para a economia do país o ciclo de produção dessa proteína (ABPA, 2023). Na produção de 1 tonelada de carne de frango é gerado 760 kg do subproduto tipo cama de aves (Frazão *et al.*, 2021), totalizando no ano de 2022 cerca de 11 milhões de toneladas da cama de aves no Brasil.

A composição química da cama de aves (Tabela 1) é dependente da quantidade de material utilizado, do tipo de material da cama, do número de reutilizações, do sistema de fornecimento de água, da quantidade de detritos, do manejo sanitário e do armazenamento adotado pela propriedade (ANDRADE, 2017). Pode-se descrever também como uma mistura complexa que inclui alquil porções, açúcares, compostos aromáticos e elementos ácidos (LYNCH *et al.*, 2013). Mas é essencialmente composta por maravalha de madeira, fezes, urina, penas, resíduos de ração e microrganismos, em uma mistura heterogênea (GHANIM *et al.*, 2016).

A maravalha, subproduto da indústria madeireira, apresenta alta capacidade de absorção e secagem, com boa condição microbiológica e facilidade de manejo, por isso é considerada um dos melhores materiais para ser utilizado como base para a cama, mas também pode ser substituído por outros materiais como, palha de arroz, casca de amendoim, bagaço de cana, feno, dependendo de sua disponibilidade regional ou preferência (STAUB *et al.*, 2017).

Tabela 1 - Composição química de cama de aves com base de maravalha.

Autor	pH	C	N	P	K	Ca	Mg
		%	g kg ¹				
Ávila <i>et al.</i> (2007)	8,58	-	24,2	8,4	-	14,9	-
Valadão <i>et al.</i> (2011)	-	24,3	40,0	37,7	32,0	64,2	7,8
Jindo <i>et al.</i> (2016)	8,2	27,9	29,0	-	-	-	-
Rogeri <i>et al.</i> (2016)	7,8	28,3	22,2	30,0	29,0	-	-
CQFS – RS/SC (2016)	-	27,9	30,0	13,0	30,8	37,9	14,0

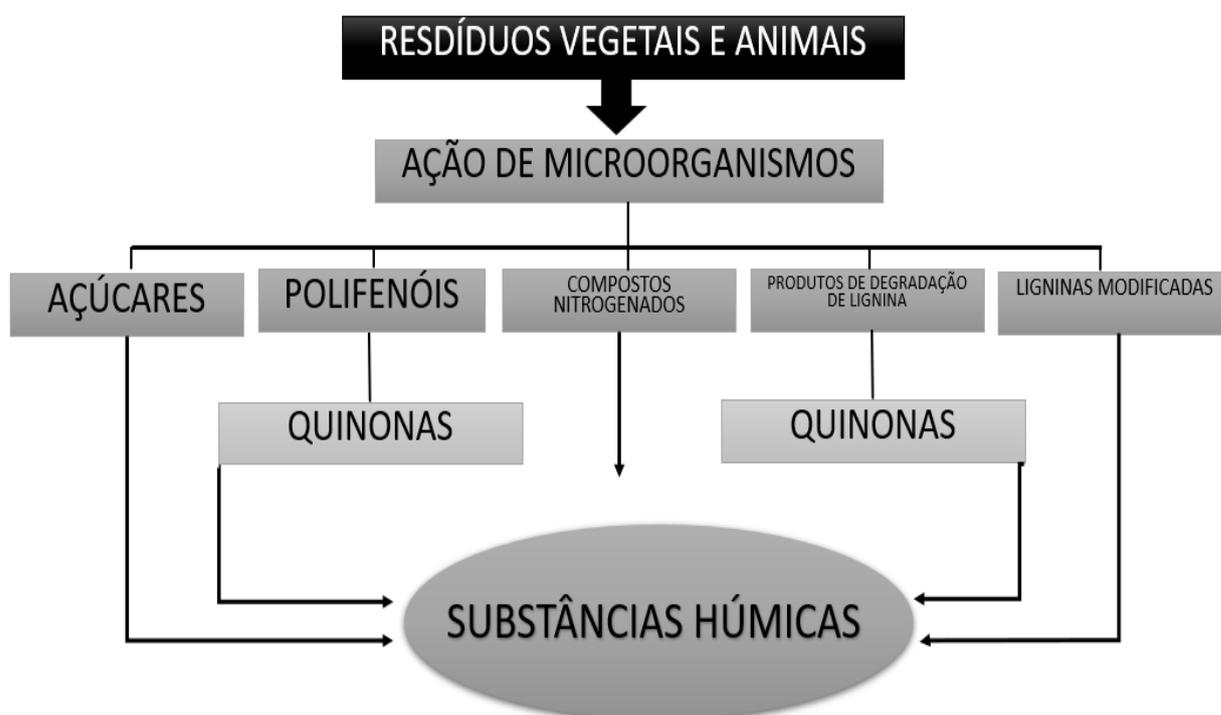
Fonte: SANTIANI (2022).

A cama de aves, por ser rica em nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas, apresenta potencial como fertilizante agrícola. Entretanto, se não for empregada seguindo os critérios técnicos, como a utilização de quantidades excessivas, levará a poluição do solo e das águas (PALHARES *et al.*, 2019). Uma vez que esses resíduos orgânicos possuem diferentes concentrações de cada nutriente, se empregada doses elevadas para atender a demanda da cultura pelo nitrogênio por exemplo, poderá levar a um aporte excessivo de potássio e fósforo, esse segundo que apresenta alto potencial de impacto ambiental, pela eutrofização de águas (NICOLOSO *et al.*, 2016; GATIBONI *et al.*, 2015). Além da liberação de elementos para nutrição da planta, a cama de aves possui alto teor de carbono orgânico, que se for aliado a um manejo regenerativo pode auxiliar no incremento da matéria orgânica do solo (MOS), que durante sua decomposição gera vários compostos orgânicos benéficos para química, física e biologia do solo (HENTZ *et al.*, 2016).

2.4 MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO E SUBSTÂNCIAS HÚMICAS.

O termo MOS engloba todos os materiais orgânicos presentes no solo em diferentes estágios de decomposição, como restos vegetais/animais e microrganismos (Figura 1). Apresenta potencial em estabilização da estrutura do solo, retenção e liberação de nutrientes para as plantas e manutenção da capacidade de retenção de água, sendo uma fração de grande importância em solos agrícolas e na resiliência ambiental (CLARA *et al.*, 2017).

Figura 1- Principais vias propostas para a formação das substâncias húmicas.



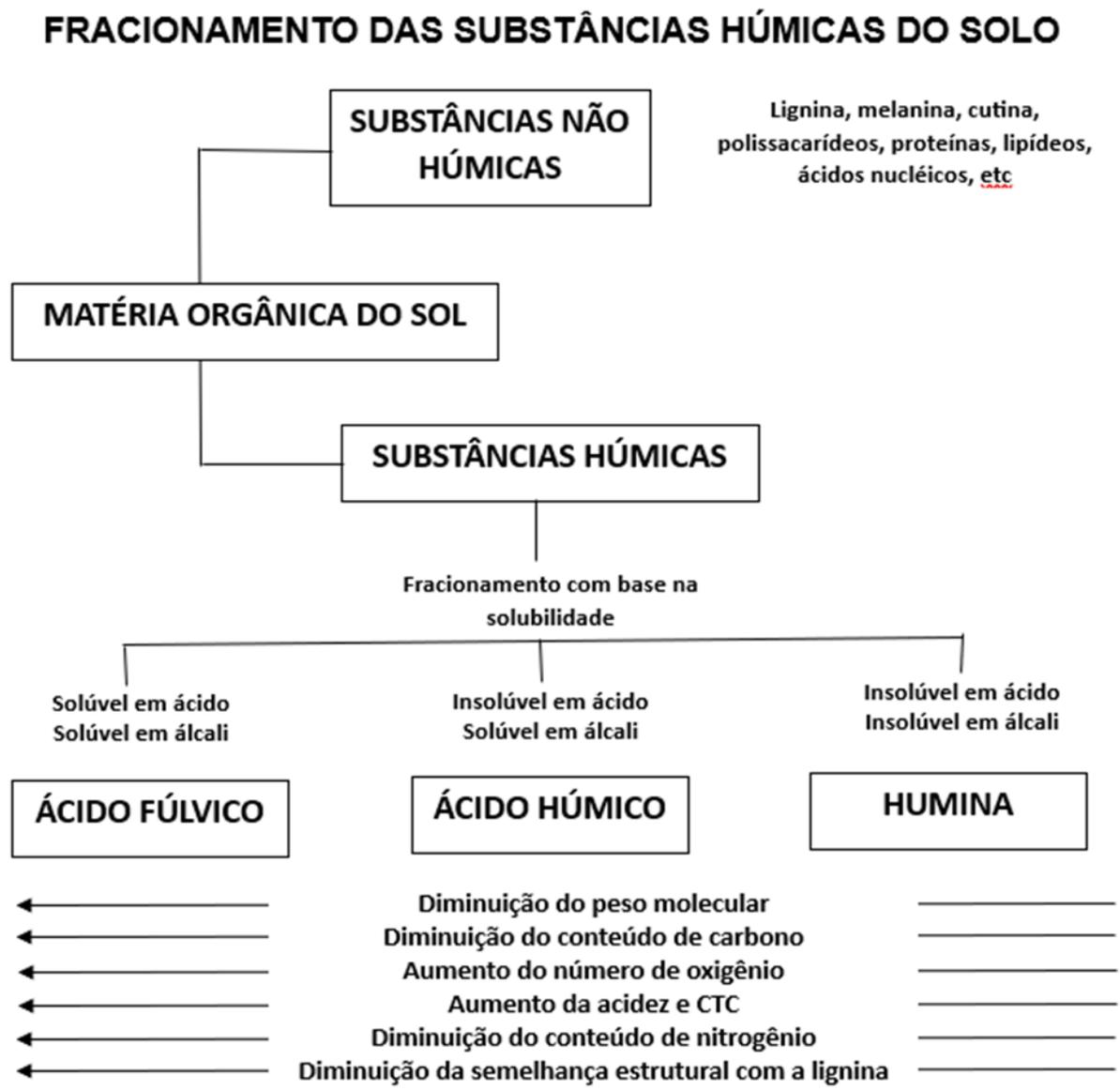
Fonte: VAZ (2006)

Presente na matéria orgânica, as substâncias húmicas (SH) são componentes muito importantes do solo que afetam as propriedades físicas e químicas e melhoram a sua fertilidade, representam aproximadamente 75% da MOS (ALMENDROS, 2008). São formadas por misturas complexas e heterogêneas de materiais polidispersos gerados em reações bioquímicas e químicas durante a decomposição e transformação de resíduos orgânicos e microbianos na humificação (HAYES; SWIFT, 2020).

A lignina vegetal e seus produtos de transformação, bem como polissacarídeos, melanina, cutina, proteínas, lipídios, ácidos nucleicos, partículas finas de carvão, são componentes importantes que participam desse processo, sendo denominados de substâncias não húmicas que compõe a matéria orgânica (FONTANA, 2009; ATIYEH *et al.*, 2002).

As SH em solos e sedimentos podem ser divididas em três frações (Figura 2) principais: ácidos húmicos (HA), ácidos fúlvicos (FA) e humina.

Figura 2 - Fracionamento das substâncias húmicas do solo.



Fonte: SOUZA (2017, p.18).

Os HA e FA podem ser extraídos do solo e outras fontes de fase sólida usando uma base forte (NaOH ou KOH). Os HA são componentes predominantes das substâncias húmicas, são solúveis apenas em soluções alcalinas, possuem elevado peso molecular e capacidade de troca catiônica de 350-500 meq/100 g, têm origem na lignina, apresentando alto teor de ácidos carboxílicos e nitrogênio. Os FA, são solúveis em água, soluções ácidas e alcalinas, possuem menor peso molecular, maior quantidade de compostos fenólicos e carboxílicos, conferindo-lhes capacidade de troca catiônica mais alta (700 a 1000 meq/100 g). A humina não pode ser extraída nem com uma base forte, nem com um ácido forte. As SH possuem características altamente reativas quimicamente, mas recalcitrantes em relação à biodegradação (DE MELO *et al.*, 2016).

Por ser composta de diferentes frações, as propriedades e estrutura das SH dependem da sua fonte e das condições específicas de extração. Naturalmente, a composição elementar das SH contém de 40 a 60% de carbono, 30 a 50% de oxigênio, 4 a 5% de nitrogênio, 1 a 2% de enxofre e 0 a 3% de fósforo (SUTZKOVER-GUTMAN *et al.*, 2010; CANELLAS *et al.*, 2009; COLOMBO, 2005).

2.4.1 Extração das SH

Na literatura existem diversos procedimentos descritos para extração de SH de solos utilizando solventes alcalinos, orgânicos, piro fosfato de sódio, agentes complexantes, entre outros, com variação na capacidade de extração dependendo de sua concentração, tempo e tipo de substrato (SWIFT, 1996; HAYES & GRAHAM, 2000). Entretanto, ainda não existe uma metodologia para extração de substâncias húmicas oficialmente adotada. A Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas recomenda um procedimento padrão baseado em 4 horas de extração com solução de NaOH 0,1 mol L⁻¹ à temperatura ambiente sob atmosfera de nitrogênio (IHSS, 2018).

Toledo *et al.* (1985), compararam a capacidade de extração de SH em vários solventes verificando que a maior capacidade para extração simultânea de AH e AF é com solução de NaOH 0,5 mol/L. Apesar de mais eficiente, o uso da solução alcalina

na extração das SH tem sido criticado, pois, nessas condições a matéria orgânica pode ser alterada por hidrólises e/ou auto-oxidação (STEVENSON, 1982).

Na comparação do potencial de extração entre hidróxido de sódio (NaOH) e hidróxido de potássio (KOH) realizada por ROCHA *et al.* (1998) e SAITO; SECKLER, (2014) na extração das SH de turfas, concluíram para as amostras estudadas a extração alcalina das SH utilizando-se KOH aumenta o rendimento e diminui o teor de contaminantes inorgânicos co-extraídos em relação ao procedimento utilizando NaOH.

Atualmente, as principais fontes de SH são turfa, leonardita, lignita e sedimentos fluviais, que são fontes não renováveis. Além disso, a extração excessiva de SH de fontes naturais pode causar graves riscos à saúde e perturbações ecológicas, incluindo aquecimento global, mudanças climáticas e erosão nas minas no longo prazo, semelhante à mineração de carvão. A mineração de carvão ou lignita pode liberar substâncias orgânicas nocivas que se misturam com as águas superficiais, assim o consumo dessas águas pode ocasionar insuficiência renal grave (NIEWEŚ *et al.*, 2022; FINKELMAN; WOLFE; HENDRY, 2021).

O KOH por possibilitar extração com menor contaminação e por adicionar potássio a SH extraída, é definido como melhor extrator para a produção de SH derivada da cama de aves, no uso como fertilizante. Aproximadamente 38% do carbono orgânico total presente na cama de aves pode ser extraído em SH (10% AH e 28% AF) utilizando este extrator, sendo o restante do carbono, humina ou substâncias não húmicas (SANTIANI, 2022).

2.4.2 Potencial e utilização agrícola das SH

Devido à sua estrutura química complexa e à presença de grupos funcionais polares, as SH são capazes de reter grandes quantidades de água por meio de interações de hidrogênio. Assim, podem contribuir para a resiliência das plantas durante os períodos de estiagem. Além disso, as SH melhoram a solubilidade e a retenção de nutrientes no solo, por possuir cargas negativas na sua estrutura e permitir interação com cátions presentes no solo. Essa interação ajuda a reter os

nutrientes, impede sua lixiviação e melhora sua disponibilidade às plantas (CABRAL, 2016).

As SH têm a capacidade de incorporar moléculas inorgânicas e orgânicas, como fragmentos de lignina, açúcares, peptídeos e aminoácidos. A formação de um núcleo aromático dentro das SH também lhes confere funções para imobilização de metais pesados no solo, diminuindo sua toxicidade e permitindo o desenvolvimento de plantas (ORE, O.T; 2023).

As SH têm efeitos diretos sobre o metabolismo e desenvolvimento das plantas. Elas influenciam positivamente o transporte de íons, aumentam a respiração e as reações enzimáticas do ciclo de Krebs e resultam em maior produção de energia (ATP). Além disso, as SH aumentam o conteúdo de clorofila, aceleram a síntese de ácidos nucleicos, têm efeitos seletivos sobre a síntese de proteínas e podem modular a atividade enzimática. Esses efeitos variam conforme as características das SH, concentração, tipo de planta e condições ambientais (KOLODZIEJ, B.; SUGIER, D.; BIELINSKA, E; 2013).

Ainda existem controvérsias quanto a eficácia do uso das SH nos cultivos agrícolas, já que ela vai ser dependente da origem do material, método de extração, concentração e composição do extrato húmico, da espécie cultivada, o estágio de desenvolvimento e o ambiente de cultivo (CHEN; AVIAD, 1990; HARTZ; BOTTOMS, 2010). Sendo necessária a experimentação das diferentes SH, sua dose para cada cultura, nos diferentes tipos de solo e ambientes do planeta, possibilitando o crescimento do uso de produtos à base de SH na agricultura (OLK *et al.*, 2018).

O carvão lignítico proveniente do Paquistão, rico em SH principalmente em AH, contém C orgânico (51% - 57%), N (4% - 6%) e P (0,2% - 1,0%), pode melhorar o rendimento de culturas devido à sua capacidade de fornecer N e P às plantas. Mas geralmente 1 a 2 kg ha⁻¹ de AH adicionado à cultura como fertilizante dificilmente fornecerá 0,04 a 0,08 kg N e 0,001 kg P ha⁻¹ ao solo, quantidade inferior a demandada por culturas de alto rendimento (HAI, MIR, 1998; SHARIF, KHATTAK, SARIR, 2002). Todavia esses AH mostraram potencial em melhorar as propriedades físico-químicas e biológicas dos solos, com um aumento linear na liberação de N, P e K após a aplicação do AH (BAMA; *et al.*, 2003; KHATTAK; MUHAMMAD, 2008)

Prado (2014) testou fertilizante enriquecido com SH na cultura da soja, nas doses 0; 1; 2; 4 e 8 mL kg⁻¹ de solo, concluindo que houve melhora no crescimento e desenvolvimento, nutrição mineral e produtividade de grãos de soja, com o uso do fertilizante enriquecido com SH. A dose ótima para os parâmetros biométricos variou entre 5 e 6 mL de fertilizante organomineral por dm⁻³ de solo, o que equivale a 175 e 210 mg de carbono dm⁻³ de solo.

Os efeitos de quatro doses de SH (0, 600, 1200 e 1800 mL ha⁻¹) foram testadas no cultivo do nabo (*Brassica rapa L.*), com três épocas de aplicação, as quais afetaram positivamente a produtividade de raízes, folhas e seus componentes de produção, juntamente com o aumento da quantidade de SH aplicado até dose de 1200 mL ha⁻¹, quando aplicados nas duas primeiras épocas. O aumento nessa dose e na quantidade de aplicações provocou efeitos inibitórios ao crescimento do nabo (ALBAYRAK; CAMAS, 2005).

Li *et al.* (2019) utilizaram fertilizante a base de SH para o cultivo de amendoim, onde compararam a adubação convencional mais a adição de 1000 kg ha⁻¹ de fertilizante SH e concluíram que, o tratamento com a adição de SH melhorou o rendimento e a qualidade do amendoim de cultivo contínuo devido à melhoria das propriedades físico-químicas, das atividades enzimáticas e da diversidade microbiana do solo, melhorando as condições para o desenvolvimento da cultura.

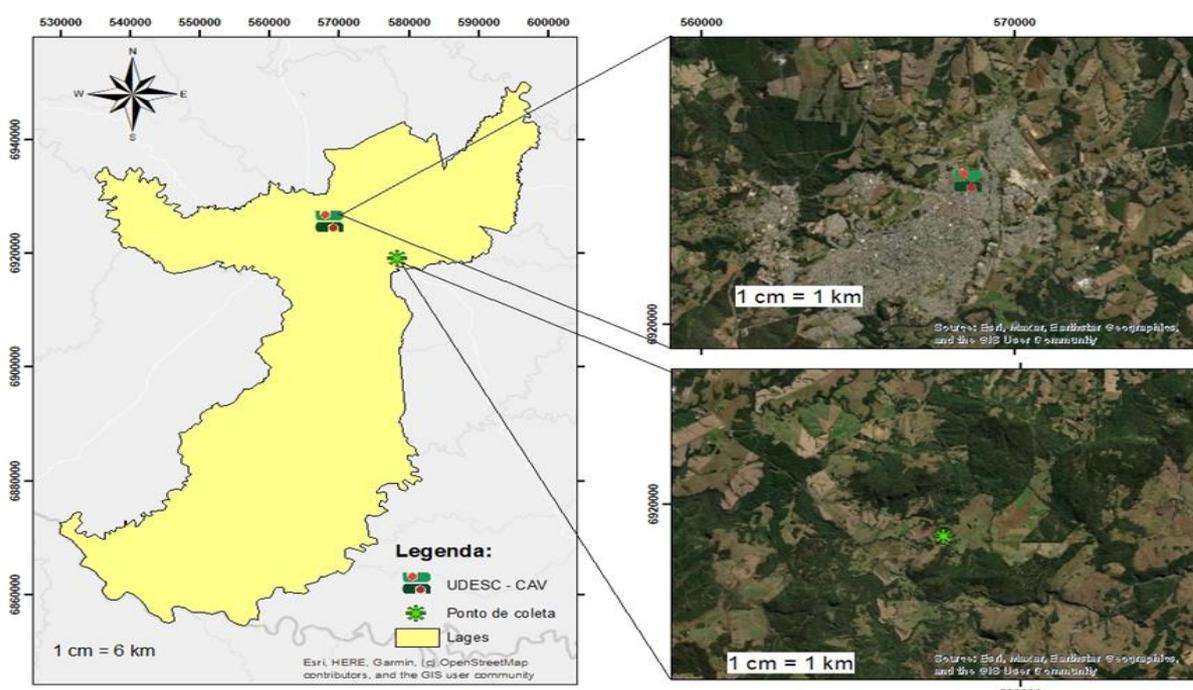
Outro exemplo, é o estudo com milho de Canellas *et al.* (2009) no qual as SH aumentaram a atividade da ATPase nas células das raízes e causaram aumentos na área da raiz. O aprimoramento das raízes laterais por SH está relacionado a mecanismos de divisão celular que estão sob o controle de auxina. Quaggiotti *et al.* (2004) trabalhando com milho também encontraram resultados positivos na aplicação de SH, com aumento da absorção de nitrato pelas plantas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no período de 15 de junho de 2023 a 17 de outubro de 2023, na Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) no Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV), situada nas coordenadas geográficas $50^{\circ} 18' 10,80''$ O $27^{\circ} 47' 31,82''$ S, com altitude geométrica de 920 metros (SIRGAS 2000), no município de Lages, Santa Catarina, o solo utilizado para o experimento foi coletado na localidade de Pedras Brancas (Figura 3).

Figura 3 - Local de coleta do Cambissolo Háplico distrófico, localidade Pedras Brancas, Lages, Santa Catarina.



Fonte: O autor (2023).

Segundo classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfb, mesotérmico úmido, constantemente úmido com verão brando, com temperatura média anual de 16°C e pluviosidade média anual de 1867 mm (WREGGE; *et al.*, 2012).

3.2 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento avaliou 5 tratamentos (Tabela 2), em um fatorial 4+(4*4): T1 controle positivo (dose 100% adubação solúvel), T2 FF branco + 50% dose adubação solúvel (4 doses de FF branco), T3 FF SH sem adubação de base (4 doses de FF SH), T4 FF SH + 50% dose adubação solúvel (4 doses de FF SH) e T5 FF SH + adubação orgânica (4 doses SH). Com cinco vasos replicados para cada tratamento/dose, seguindo o modelo de delineamento inteiramente casualizado. Assim, no total, o experimento incluiu 100 unidades experimentais.

Tabela 2 - Delineamento experimental com descrição dos fertilizantes utilizados em cada tratamento.

T1	CONTROLE POSITIVO - 100% SOLÚVEL= N: 80 kg/Ha; P: 315 kg/Ha; K: 230 kg/Ha.
T2-0,0	DOSE FERTILIZANTE FLUIDO BRANCO+50% SOLÚVEL= N: 40 kg/Ha; P: 157 kg/Ha; K: 115 kg/Ha.
T2-0,25	DOSE FERTILIZANTE FLUIDO BRANCO+50% SOLÚVEL= N: 40 kg/Ha; P: 157 kg/Ha; K: 115 kg/Ha.
T2-0,5	DOSE FERTILIZANTE FLUIDO BRANCO+50% SOLÚVEL= N: 40 kg/Ha; P: 157 kg/Ha; K: 115 kg/Ha.
T2-1	DOSE FERTILIZANTE FLUIDO BRANCO+50% SOLÚVEL= N: 40 kg/Ha; P: 157 kg/Ha; K: 115 kg/Ha.
T2-2	DOSE FERTILIZANTE FLUIDO BRANCO+50% SOLÚVEL= N: 40 kg/Ha; P: 157 kg/Ha; K: 115 kg/Ha.
T3- 0,0	FERTILIZANTE FLUIDO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS
T3- 0,25	FERTILIZANTE FLUIDO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS
T3- 0,5	FERTILIZANTE FLUIDO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS
T3- 1	FERTILIZANTE FLUIDO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS
T3- 2	FERTILIZANTE FLUIDO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS
T4- 0,0	FERTILIZANTE FLUIDO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS+50% SOLÚVEL= N: 40 kg/Ha; P: 157 kg/Ha; K: 115 kg/Ha.
T4- 0,25	FERTILIZANTE FLUIDO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS+50% SOLÚVEL= N: 40 kg/Ha; P: 157 kg/Ha; K: 115 kg/Ha.
T4- 0,5	FERTILIZANTE FLUIDO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS+50% SOLÚVEL= N: 40 kg/Ha; P: 157 kg/Ha; K: 115 kg/Ha.
T4- 1	FERTILIZANTE FLUIDO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS+50% SOLÚVEL= N: 40 kg/Ha; P: 157 kg/Ha; K: 115 kg/Ha.
T4- 2	FERTILIZANTE FLUIDO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS+50% SOLÚVEL= N: 40 kg/Ha; P: 157 kg/Ha; K: 115 kg/Ha.
T5- 0,0	FERTILIZANTE FLUIDO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS+10 ton BOKASHI
T5- 0,25	FERTILIZANTE FLUIDO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS+10 ton BOKASHI
T5- 0,5	FERTILIZANTE FLUIDO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS+10 ton BOKASHI
T5- 1	FERTILIZANTE FLUIDO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS+10 ton BOKASHI
T5- 2	FERTILIZANTE FLUIDO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS+10 ton BOKASHI

Fonte: O autor (2024).

As doses de FF SH e do FF branco foram adicionadas em relação a quantidade de solo seco utilizado por vaso, nas quantidades de 0,25 mL kg⁻¹ equivalente a 500 L ha⁻¹; 0,5 mL kg⁻¹ equivalente a 1000 L ha⁻¹; 1 mL kg⁻¹ equivalente a 2000 L ha⁻¹ e 2 mL

kg⁻¹ equivalente 4000 L ha⁻¹, o qual a composição total está descrita na Tabela 3 (a composição do FF branco é a mesma do FF SH em relação a K e P, entretanto para C e N sua concentração é 0).

Tabela 3 – Composição do fertilizante fluido, com hidróxido de potássio em 0,5 mol L⁻¹ e ácido fosfórico 85%.

pH	Ác. Fúlvico	Ác. Húmico	Substâncias Húmicas	Carbono orgânico total	N	P	K
----- g L ⁻¹ -----							
6,49	5,18	1,68	6,86	8,22	1,25	9,06	13,20
Ca	Mg	Cu	Zn				
----- g L ⁻¹ -----							
2,70	1,57	33	78,45				

Fonte: O autor (2023).

Para calcular o índice de eficiência no uso dos nutrientes (SNYDER; BRUULSEMA, 2007), é preciso saber alguns componentes, como a quantidade produzida com a aplicação de nutrientes (y), quantidade produzida sem aplicação de nutrientes (y^0) e a quantidade do nutriente aplicado (x), com esses valores pode-se aplicar a fórmula e encontrar os valores que indicam a influência dos nutrientes aplicados para a produção de biomassa da planta.

$$EAN = \frac{(y - y^0)}{x}$$

Para construção da análise de custo da adubação de cada tratamento foi feito um levantamento de custo médio de cada uma das matérias primas utilizadas no

experimento, levando em consideração o quanto seria necessário para ser aplicado em um hectare e multiplicado pelo valor do quilo do produto.

3.3 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO E ADUBAÇÃO

O solo utilizado foi classificado como um Cambissolo Háplico distrófico (Tabela 4). Após peneirar em malha de 4 mm, 4,5 kg do solo seco foram acondicionados em cada um dos vasos de polietileno com capacidade de 5 litros (largura boca 20 cm, largura fundo 17 cm, altura 20 cm).

Tabela 4 – Análise dos atributos químicos do Cambissolo Háplico distrófico.

pH	Ca	Mg	Al	H + Al	CTC efetiva	CTC pH 7	K
Água	----- cmol _c dm ⁻³ -----						
4,1	0,66	0,43	4,20	21,76	5,35	22,91	0,07
MO	C.O	Argila	Saturação Al	Bases	Ca/Mg	(Ca+Mg)/K	K/Ca+Mg
----- % -----							
2,70	1,57	33	78,45	5,04	1,53	17,05	0,06
Cu	Zn	Fe	Mn	P	S		
----- mg dm ⁻³ -----				-----	-----		
1,05	0,98	108,4	8,80	5,3	34,6		

Fonte: O autor (2023).

O pH do solo foi elevado até 5,5 com a adição de 4,9 g kg⁻¹ (9,6 ton ha⁻¹) de calcário filler calcítico, considerando PRNT 95%, de acordo com Manual de Calagem e Adubação para os Estado de RS e SC (Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC, 2016). Após a mistura do calcário, o solo foi umedecido até atingir capacidade de campo de 70% e mantido em incubação durante um período de 20 dias para possibilitar a reação do calcário com o solo.

Para produção do FF foi utilizada extração com KOH 0,5 mol L⁻¹ conforme procedimento modificado de Saito (2012). Dissolveu-se 210,5 g (3,75 mol) de hidróxido de potássio (KOH) em 7,5 L de água deionizada sob agitação mecânica. Em seguida, adicionou-se 500 g de cama de aves e manteve-se a mistura em agitação por 4 h a temperatura ambiente (16-20°C). A mistura foi mantida em repouso por cerca de 18 horas. O pH da mistura foi ajustado para 6,49 pela adição de 150 mL de ácido fosfórico (H₃PO₄) 85% sob agitação mecânica constante. A suspensão foi filtrada em peneira de 2 mm (ABNT 10), transferindo-se a solução (coloração amarronzada) para recipiente plástico. O sólido retido na peneira (suportada em fundo) foi seco ao ar por 48 h e posteriormente, a 105 °C por 2 h. O sólido foi quantitativamente separado da peneira e descartado, o FF foi estocado em temperatura ambiente até sua aplicação. Para o preparo do FF branco seguiu-se os mesmos passos, mas sem a adição da cama de aves.

Nos tratamentos com fertilizante solúvel foram adicionados 0,40 g vaso⁻¹ de ureia (45% N); 0,43 g vaso⁻¹ de cloreto de potássio (60% K₂O) e 3,94 g vaso⁻¹ de superfosfato simples (18% P₂O₅), correspondentes a 80 kg ha⁻¹ de N, 315 kg ha⁻¹ de P e 230 kg ha⁻¹ de K.

Na Tabela 5 estão apresentadas as quantidades de cada um dos nutrientes NPK, adicionados para cada tratamento. O solo e todos os fertilizantes que compõe cada tratamento, foram misturados homoganeamente em uma bacia e em seguida acondicionados em seus respectivos vasos e identificados.

Tabela 5 - Quantidade de NPK (nitrogênio-fósforo-potássio) por vaso em cada um dos tratamentos, somando cada fonte de nutriente utilizada.

Dose	Grupo de tratamentos				
	T1 Controle Positivo 100% mineral solúvel	T2 Branco + 50% dose mineral	T3 SH	T4 SH + 50% dose mineral	T5 Controle Positivo 100% mineral solúvel
	NPK por vaso (mg)				
0	180-720-520	90-360-260	0	90-360-260	144-99-131
0,25		90-360-280	1,26-0,4-20,7	91-360-280	145-99,5-152
0,5		90-360-300	2,52-0,88-41,4	93-360-300	147-100-172
1		90-362-340	5,05-1,75-82,4	95-362-340	149-101-214
2		90-364-420	10,1-3,5-165	100-364-420	154-103-297

Fonte: O autor (2023).

No tratamento com adubação orgânica foram adicionados 22,5 g vaso⁻¹ de biofertilizante tipo bokashi (composição descrita na Tabela 4) correspondentes a 10 ton ha⁻¹.

Tabela 4 - Caracterização química dos teores de ácidos fúlvicos, ácidos húmicos, MS, C Org, N, P, Ca, Mg, Na e S do biofertilizante tipo “bokashi”.

Atributos	Ác. Fulvico	Ác. Húmico	MS	C Org	M.O	N	P	K	Ca	Mg	Na	S
	----- % -----											
	1,06	1,16	79,12	7,39	16,25	0,64	0,44	0,58	2,09	0,56	0,9	0,18

Fonte: Kruker (2023).

3.4 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

Para as avaliações de solo e planta a cultura da aveia branca cultivar ucraniana (*Avena sativa*), foi semeada no dia 02 de agosto de 2023, onde foram semeadas 10 sementes em cada vaso. Durante todo o ciclo os vasos foram regados a cada 3 dias, com água destilada. Semanalmente os vasos foram pesados para ajuste da quantidade de água e aleatorizados suas posições. O desbaste foi realizado quando as plantas atingiram aproximadamente 5 cm de altura, reduzindo para 5 plantas por vaso. Durante a condução do experimento buscou-se fazer intervenção mínima, sendo necessária uma aplicação de Tebuconazol (200g/L) seguindo as recomendações da bula para a cultura da aveia para controle do oídio (*Blumeria graminis*) em casa de vegetação.

3.5 COLETA E PREPARO DE AMOSTRAS

A coleta de material vegetal e a contagem de perfilhos de cada planta foram realizadas aos 60 dias após emergência (DAE), também foi medida a altura de parte aérea de cada planta. Após mensuradas, a parte aérea foi cortada na base do colmo e todo o conteúdo de cada vaso foi transferido para a embalagem de pré-secagem. Em seguida, as raízes foram devidamente separadas para posterior remoção do excesso de solo sob água corrente. Todo conteúdo da raiz foi acondicionado em embalagem de pré-secagem. Tanto as amostras de parte aérea (n=100) quanto de raiz (n=100) foram submetidas a secagem a 65 °C por 96 horas em estufa de circulação de ar forçado. As amostras foram pesadas e processadas imediatamente em moinho Retsch SM 300 (Retsch GmbH, Haan, Alemanha). Amostras de solo foram coletadas em cada um dos vasos e, acondicionadas para secagem ao ar (TFSA). Em seguida, o solo foi moído e peneirado em uma malha 0,56 mm.

3.5.1 Determinação de nutrientes no tecido vegetal e solo

A concentração de N no tecido vegetal foi determinada por injeção da amostra em um analisador Leco FP-528 (Leco Corp., St. Joseph, MI, EUA). Para a determinação dos demais elementos (P, K, Ca, Mg) as amostras de tecido vegetal foram submetidas previamente à digestão nítricoperclórica de acordo com procedimento adaptado do método AOAC 975.03 (AOAC, ICP-OES Perkin –Elmer Optima 8300 Perkin-Helmer, Waltham, MA, EUA).

As concentrações de C e N no solo foram determinadas simultaneamente em um analisador elementar Thermo-Scientific™ Flash 200 CHNS/O (Waltham, MA, EUA). Para determinação de P disponível e K trocável, as amostras de solo foram extraídas com solução de Mehlich-1 seguindo método descrito por Van Raij *et al.* (2001). O P foi quantificado em espectrofotômetro UV-VIS Varian Cary 50 Probe (Melbourne, Vic Austrália), seguindo o método de Murphy e Riley, (1962). A quantificação de K do solo foi realizada em um ICP-OES Perkin –Elmer Optima 8300 (Perkin-Helmer, Waltham, MA, EUA). Ca e Mg trocáveis foram extraídos com solução KCl 1 mol l⁻¹ conforme o método descrito por van Raij *et al.* (2001). Os elementos foram quantificados em um espectrofotômetro de absorção atômica Varian SpectrAA 220 (Melbourne, Vic Austrália).

A estimativa de acidez potencial (H + Al) no solo baseou-se na medida de pH SMP segundo o método descrito por van Raij *et al.* (2001). Os índices de soma de bases (SB), CTC pH7 e saturação por bases (V%) foram estimados de acordo com van Raij *et al.* (2001).

3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram submetidos à análise da variância do modelo contendo o efeito de tratamento.

Para massa da parte aérea foi aplicada análise da variância ponderada pelo inverso da variância de cada tratamento devido à heterocedasticidade observada. O detalhamento do efeito de tratamento foi avaliado pelo teste de Dunnett para comparar

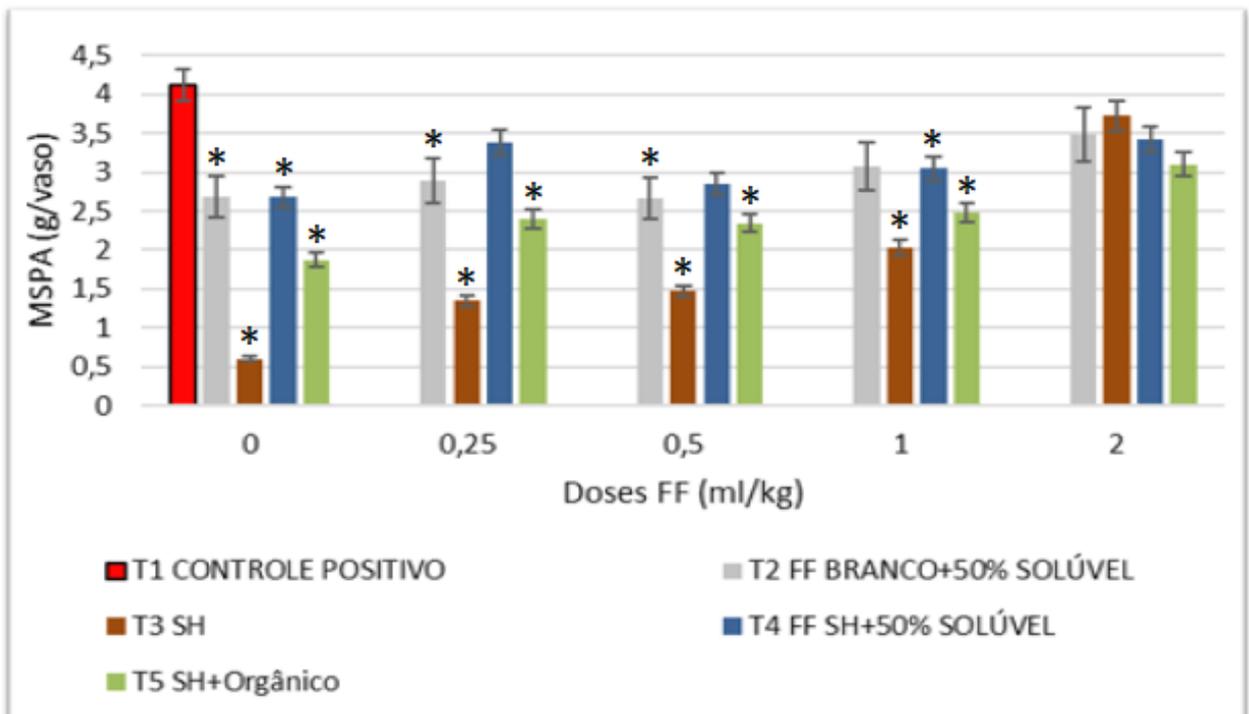
o tratamento controle positivo com cada um dos demais tratamentos. A análise de regressão polinomial foi aplicada para avaliar o efeito da dose de extrator/substância húmica em cada tipo de composição. Foi utilizado o procedimento GLM do Statistical Analysis System© (SAS, 2012) para realização das análises.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CRESCIMENTO VEGETATIVO

O crescimento inicial da aveia até os 60 DAE respondeu ao tipo de fertilizante aplicado, assim como à aplicação do fertilizante fluido com substâncias húmicas. O acúmulo de massa seca de parte aérea (MSPA) (Gráfico 1), teve a maior massa no controle positivo T1 sem adição de SH, entretanto foi semelhante aos demais tratamentos quando a dose de FF foi de 2 ml kg⁻¹ de solo seco.

Gráfico 1 – Acúmulo de massa seca da parte aérea 60 dias após emergência da aveia-branca em resposta aos tratamentos avaliados.



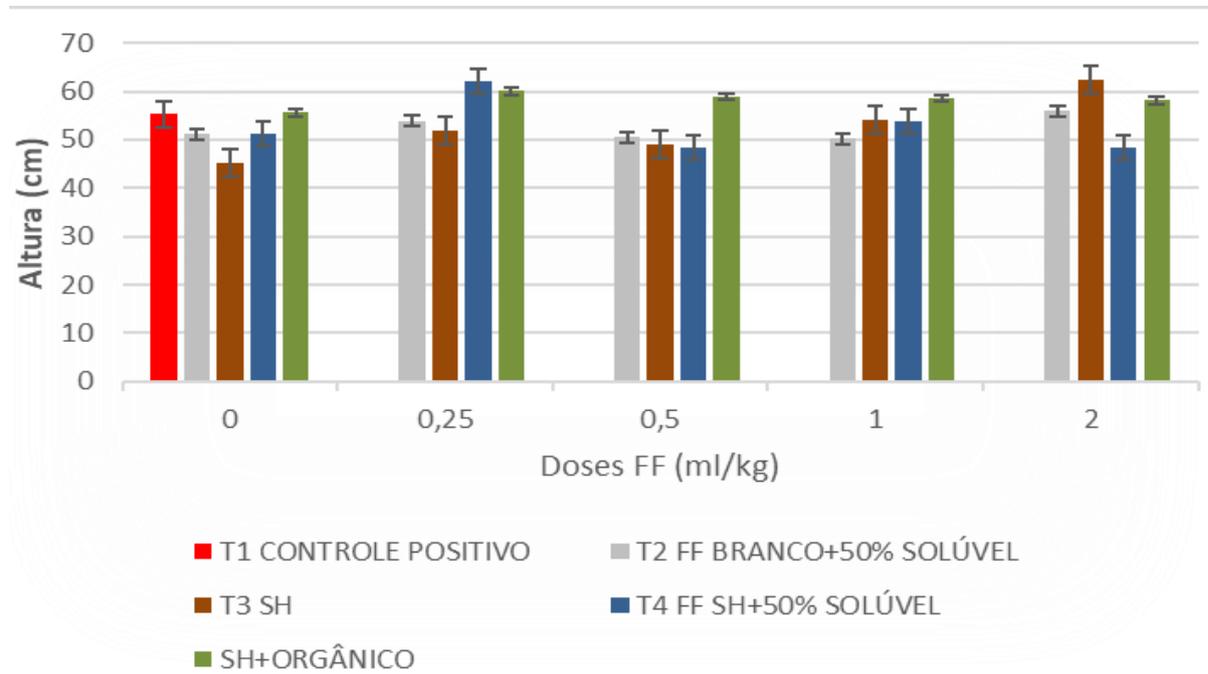
* Indica os tratamentos que se diferenciam estatisticamente pelo teste de Dunnet do controle positivo (T1)

Fonte: O autor (2024).

Para as variáveis, altura de planta e massa seca de raiz (MSRA) houve semelhança entre todas as doses de FF dos tratamentos em relação ao controle positivo T1 (gráfico 2 e 3). Estes resultados corroboram em parte o que é encontrado na literatura (ZHANG *et al.*, 2022, VERLINDEN *et al.*, 2010, VAN DYKE, 2008, CELIK *et al.*, 2011, ZHANG; ERVIN 2004, FIGLIOLIA *et al.*, 1994), em experimentos com

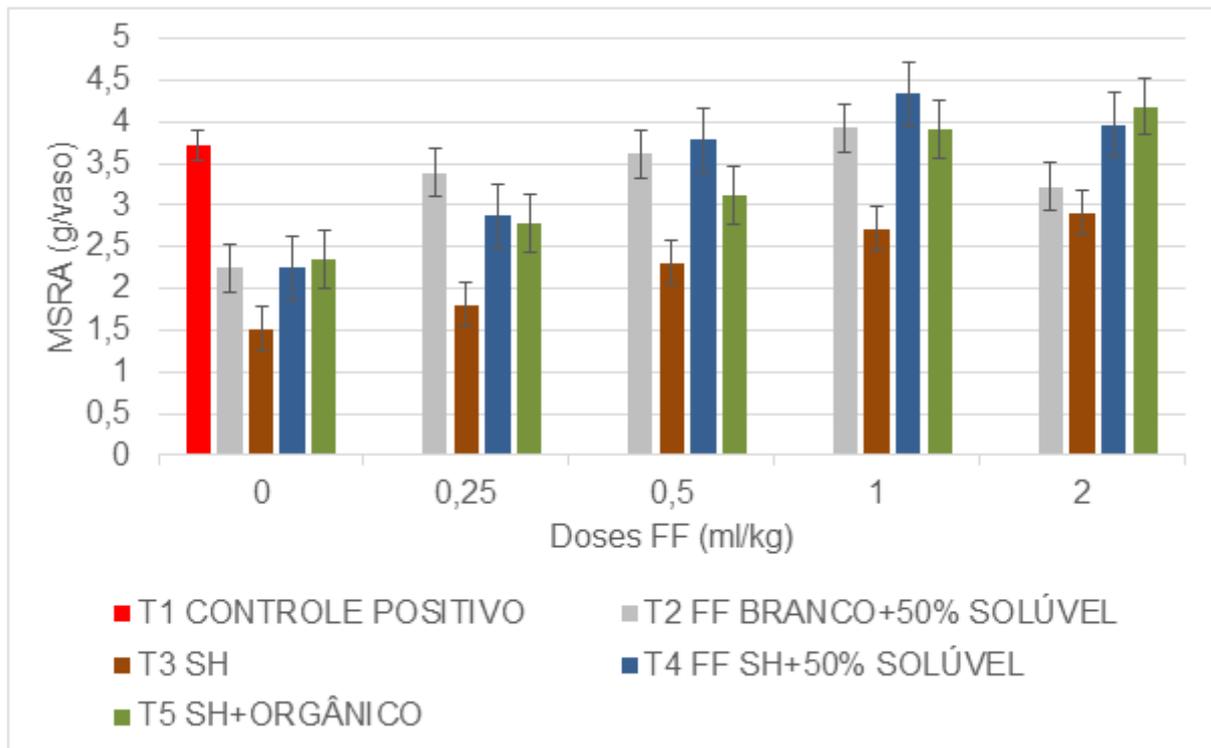
gramíneas, esses autores verificaram algum aumento de MSPA, entretanto os resultados mais significativos foram em relação ao aumento da MSRA, o que não foi constatado nas condições deste experimento.

Gráfico 2 – A altura de parte aérea 60 dias após emergência da aveia-branca em resposta aos tratamentos avaliados.



Fonte: O autor (2024).

Gráfico 3 – O acúmulo de massa seca da raiz 60 dias após emergência da aveia-branca em resposta aos tratamentos avaliados.

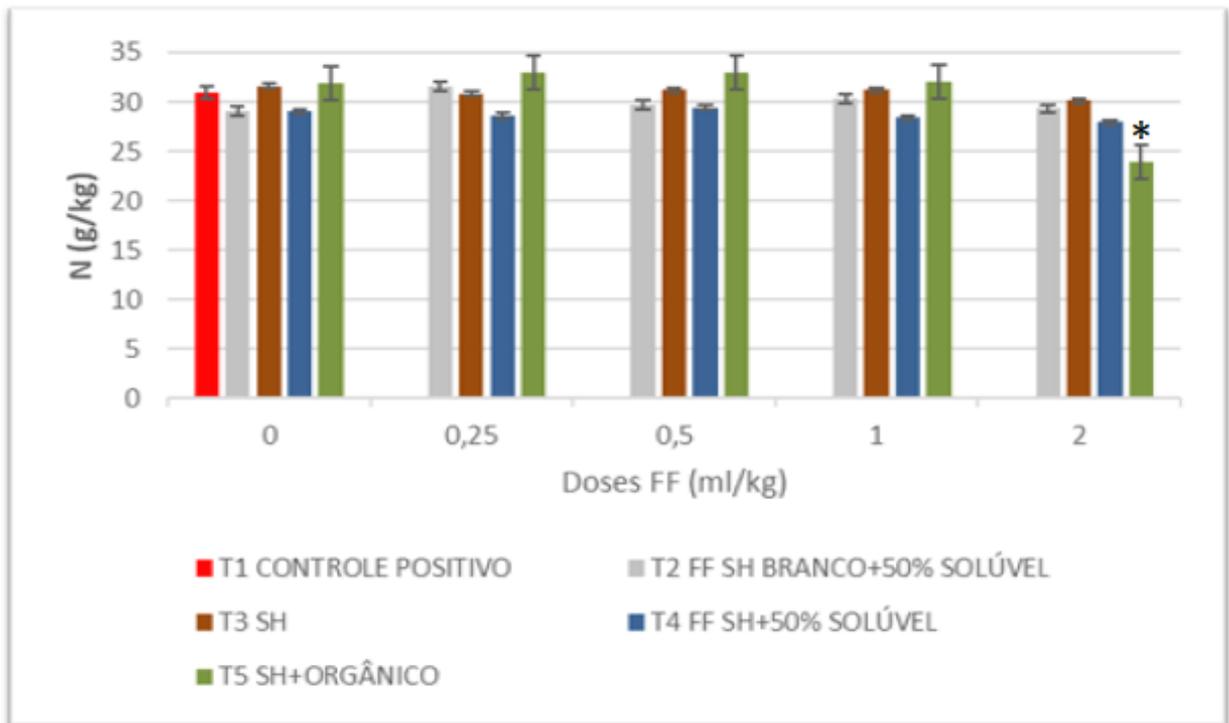


Fonte: O autor (2024).

4.2 CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES FOLIAR

Pode ser observado que os teores foliares de N, P e Mg foram semelhantes entre os tratamentos (gráfico 4; 5 e 6), corroborando em parte o encontrado por MAO *et al.*, (2020), onde a aplicação de fertilizante nitrogenado não afetou a concentração foliar dos outros nutrientes, entretanto como foi aplicado NPK neste experimento a dinâmica pode ser diferente.

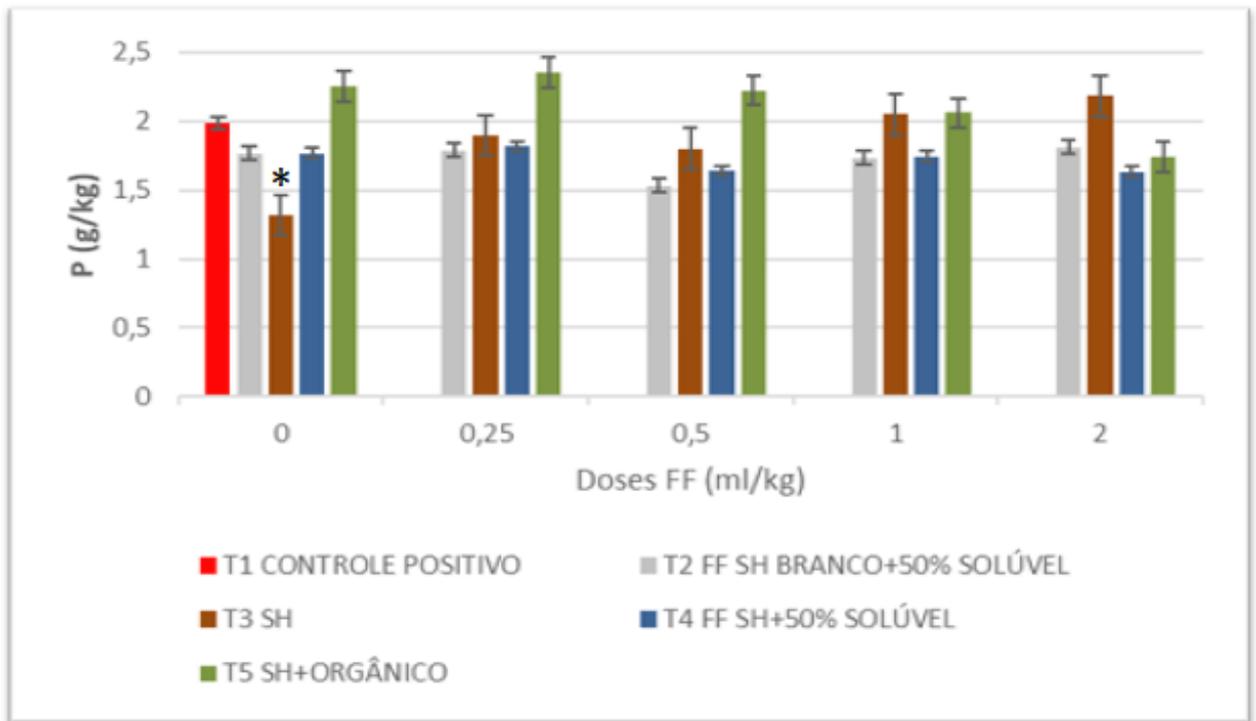
Gráfico 4 – Concentração de nitrogênio foliar da aveia branca dos tratamentos avaliado



* Indica os tratamentos que se diferenciam estatisticamente pelo teste de Dunnet do controle positivo (T1)

Fonte: O autor (2024).

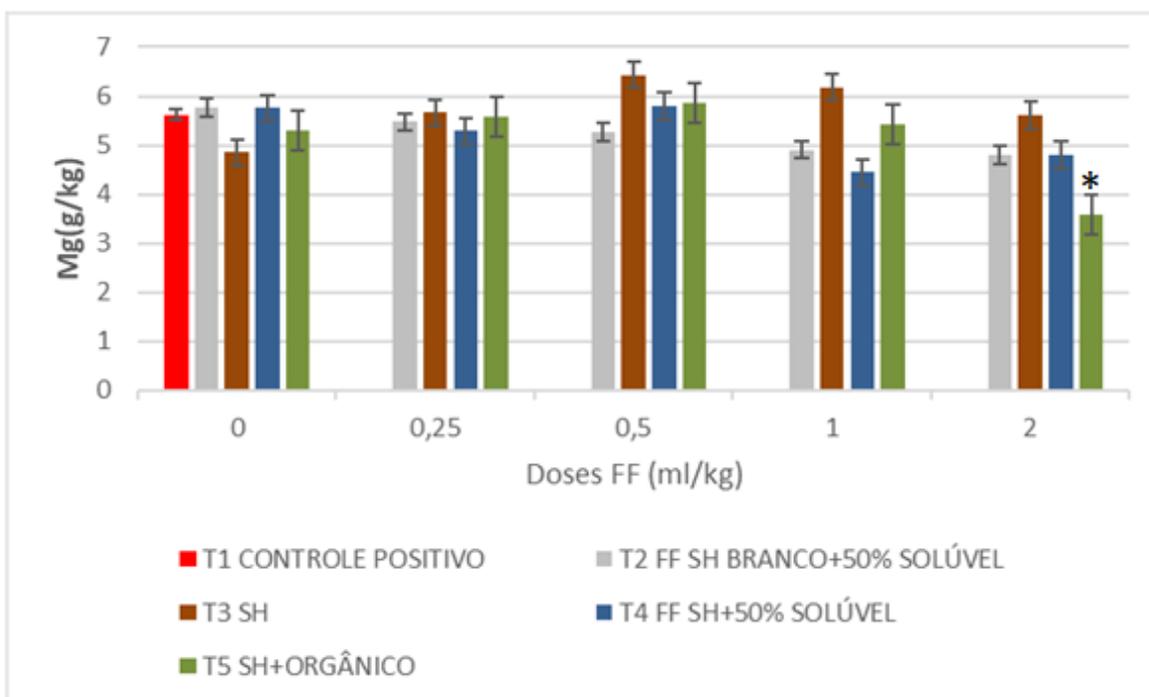
Gráfico 5 – Concentração de fósforo foliar da aveia branca dos tratamentos avaliados.



* Indica os tratamentos que se diferenciam estatisticamente pelo teste de Dunnet do controle positivo (T1)

Fonte: O autor (2024).

Gráfico 6 – Concentração de magnésio foliar da aveia branca dos tratamentos avaliados.

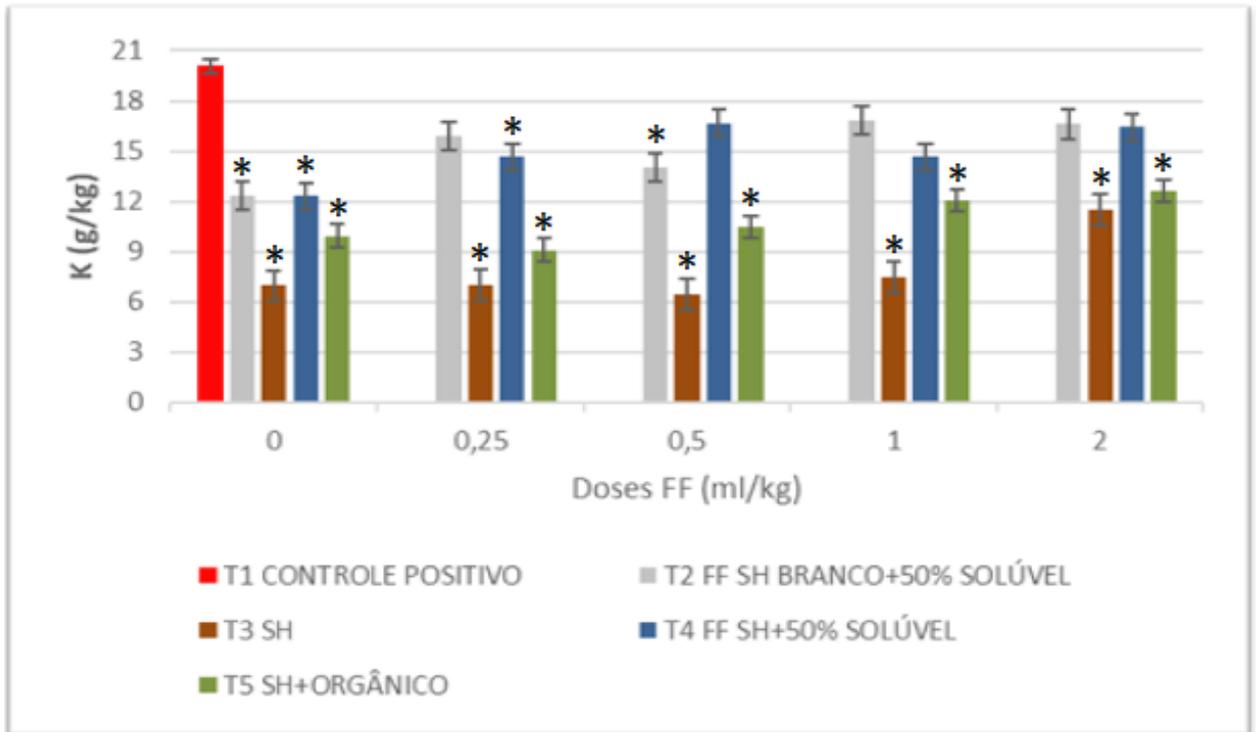


* Indica os tratamentos que se diferenciam estatisticamente pelo teste de Dunnett do controle positivo (T1)

Fonte: O autor (2024).

Enquanto para K (gráfico 7), apenas os tratamentos T2 (extrator + meia dose química) e T4 (FF SH + meia dose química) na dose de 1 mL/dm³ de FF ou mais, atingiram as mesmas concentrações do controle positivo.

Gráfico 7 – Concentração de potássio foliar da aveia branca dos tratamentos avaliados.

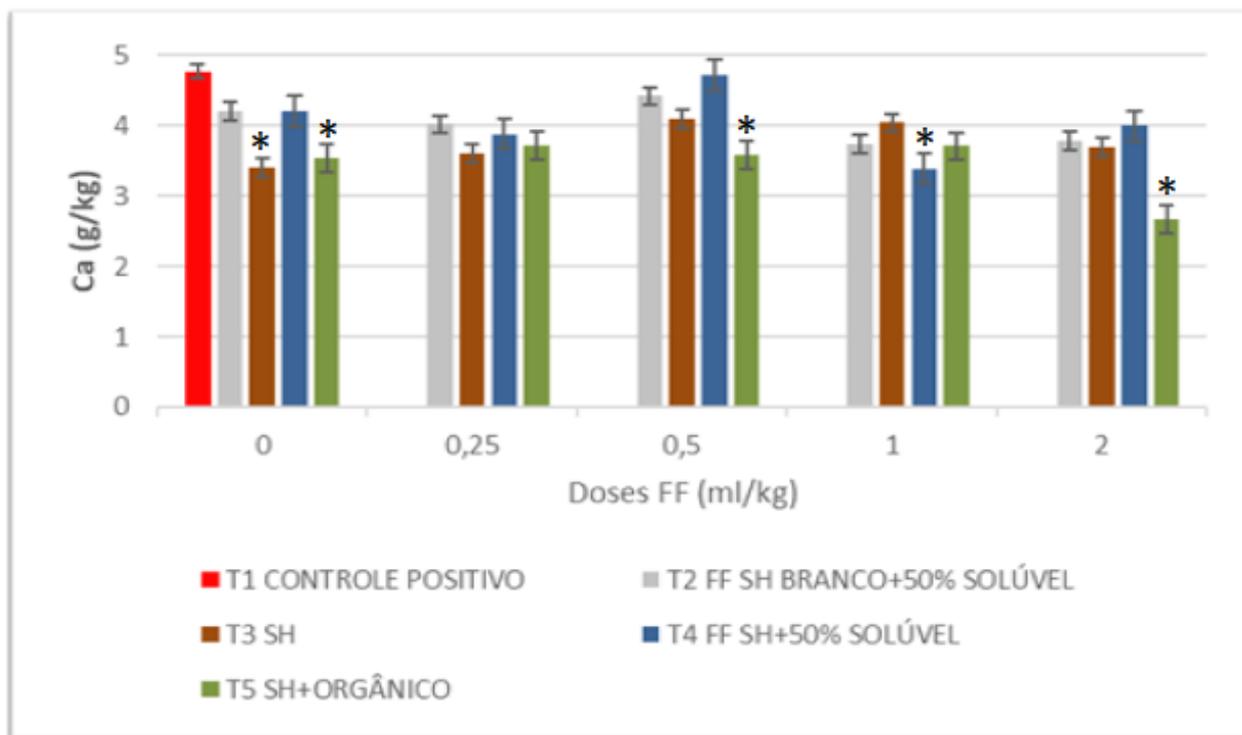


* Indica os tratamentos que se diferenciam estatisticamente pelo teste de Dunnet do controle positivo (T1)

Fonte: O autor (2024).

Para o Ca (Gráfico 8), somente o tratamento T5 (FF SH + orgânica), não alcançou as médias de concentração do controle positivo.

Gráfico 8 – Concentração de cálcio foliar da aveia branca dos tratamentos avaliados.



* Indica os tratamentos que se diferenciam estatisticamente pelo teste de Dunnet do controle positivo (T1)

Fonte: O autor (2024).

Em estudo semelhante (ARJUMEND; ABBASI; RAFIQUE, 2015) com SH extraídas de lignito, plantas de trigo conduzidas em casa de vegetação, também apresentaram maior MSPA e absorção foliar de K quando aplicadas maiores doses de SH. Todavia, nesse estudo constataram a maior absorção foliar de N e P também, o que diferiu do experimento com aveia branca. Em experimento (HARTZ; BOTTOMS, 2010) com alface e tomate, aplicando SH extraídas de leonardita, nas doses de 4 a 22 kg ha⁻¹ não encontraram melhoras no crescimento de planta ou absorção de nutrientes como N, P e K, corroborando em parte o encontrado neste estudo.

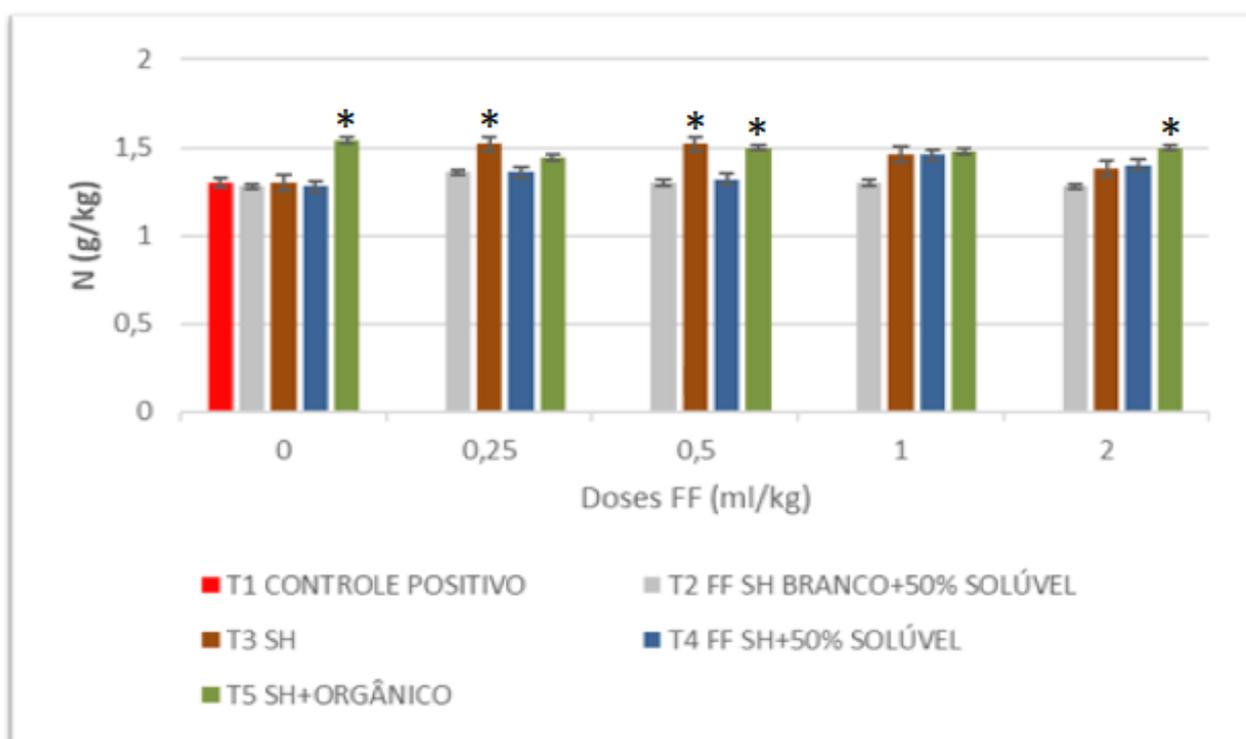
Os resultados do crescimento MSPA e acúmulo de nutrientes seguem o que foi sugerido por (AKINREMI *et al.*, 2000; LODHI, 2013), sendo eles dependentes da espécie de planta e da origem das SH, o que foi complementado por (LITTLE *et al.*, 2014) colocando o tipo de solo também como um fator que pode influenciar a eficácia

dos SH no acúmulo de nutrientes e crescimento de plantas, constatando que algumas SH utilizadas foram capazes de aumentar a absorção de K da alfafa e azevém.

4.3 ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO

Quanto a análise química do solo após aplicação dos fertilizantes e o cultivo da aveia, o N (Gráfico 9) foi encontrado em maiores concentrações em relação ao controle positivo, nos tratamentos T3 nas duas menores doses de SH e no T5 nas doses de 2; 0,5 mL/dm³ e sem adição de SH.

Gráfico 9 – Concentração de nitrogênio (g/kg) no solo onde foi conduzido cada tratamento.

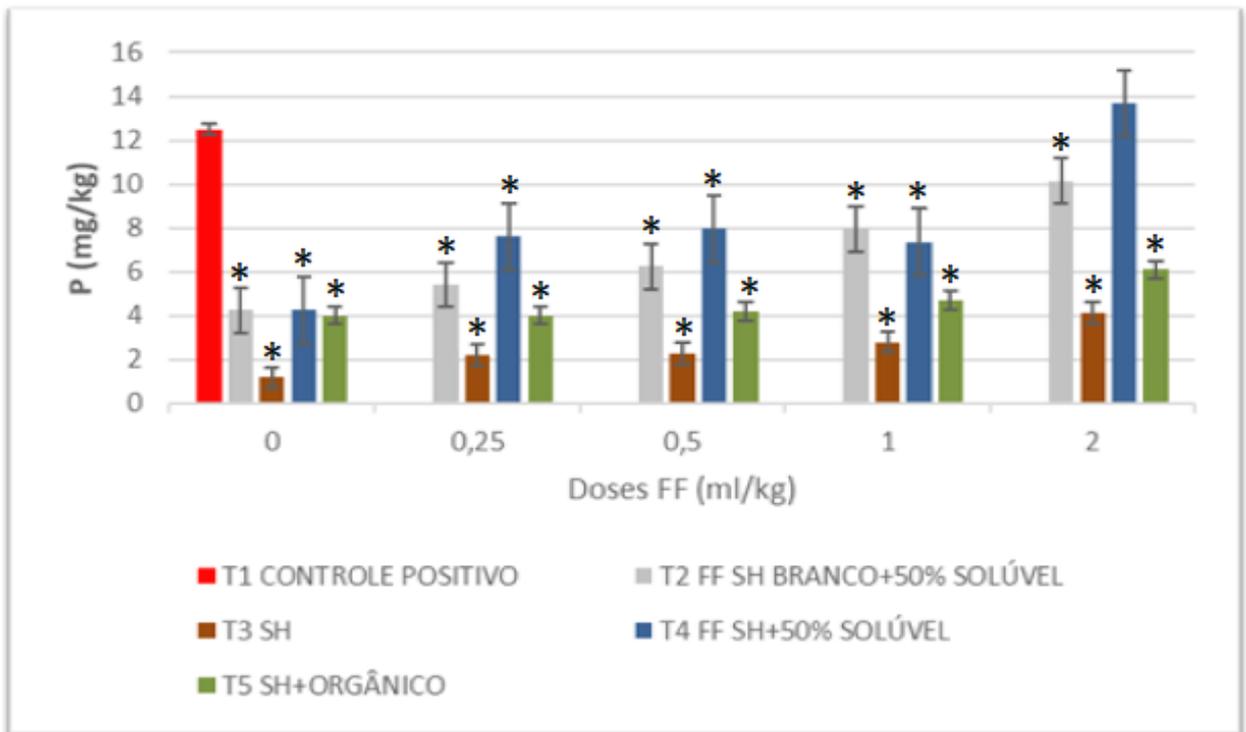


* Indica os tratamentos que se diferenciam estatisticamente pelo teste de Dunnet do controle positivo (T1)

Fonte: O autor (2024)

Para o P (Gráfico 10), somente o tratamento T4 na maior dose de SH se igualou ao controle positivo, sendo todos os outros inferiores na concentração do elemento no solo.

Gráfico 10 – Quantidade extraída de P (mg/kg) no solo, pela metodologia utilizada

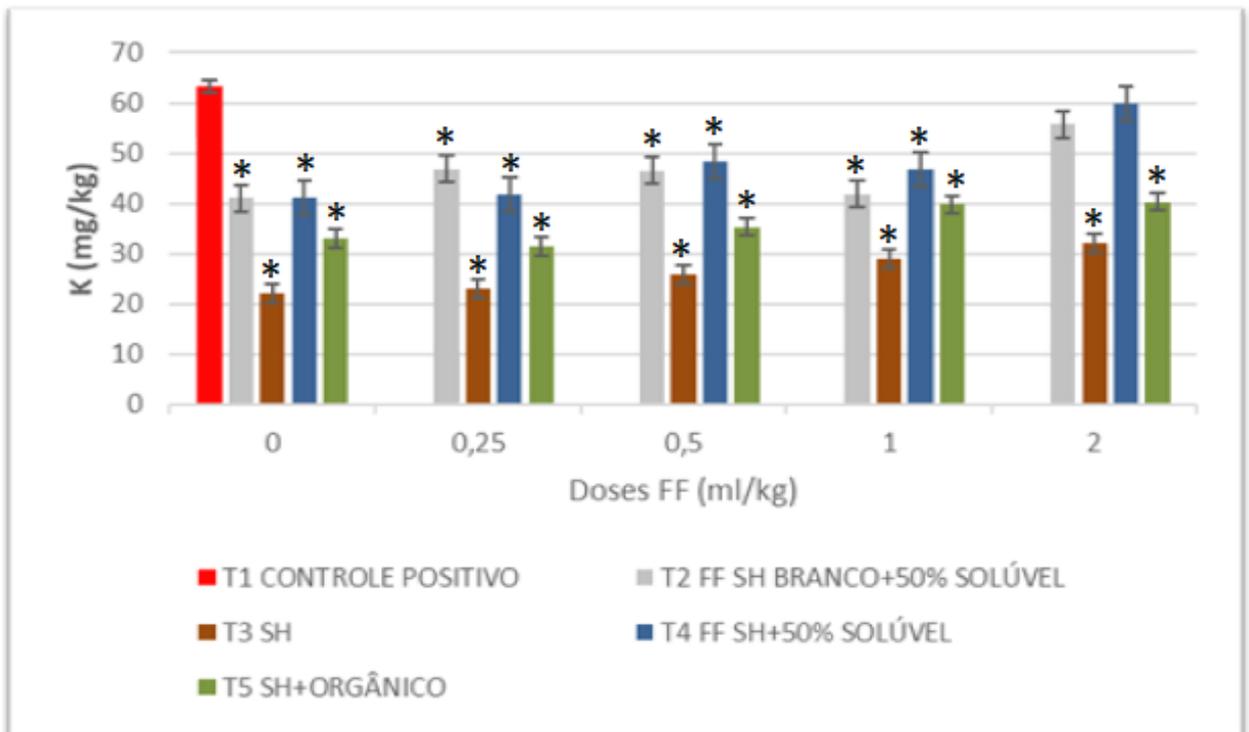


* Indica os tratamentos que se diferenciam estatisticamente pelo teste de Dunnet do controle positivo (T1)

Fonte: O autor (2024).

No elemento K (Gráfico 11), a maior dose de SH nos tratamentos T2 e T4 foram os únicos a ser comparáveis às concentrações do controle positivo.

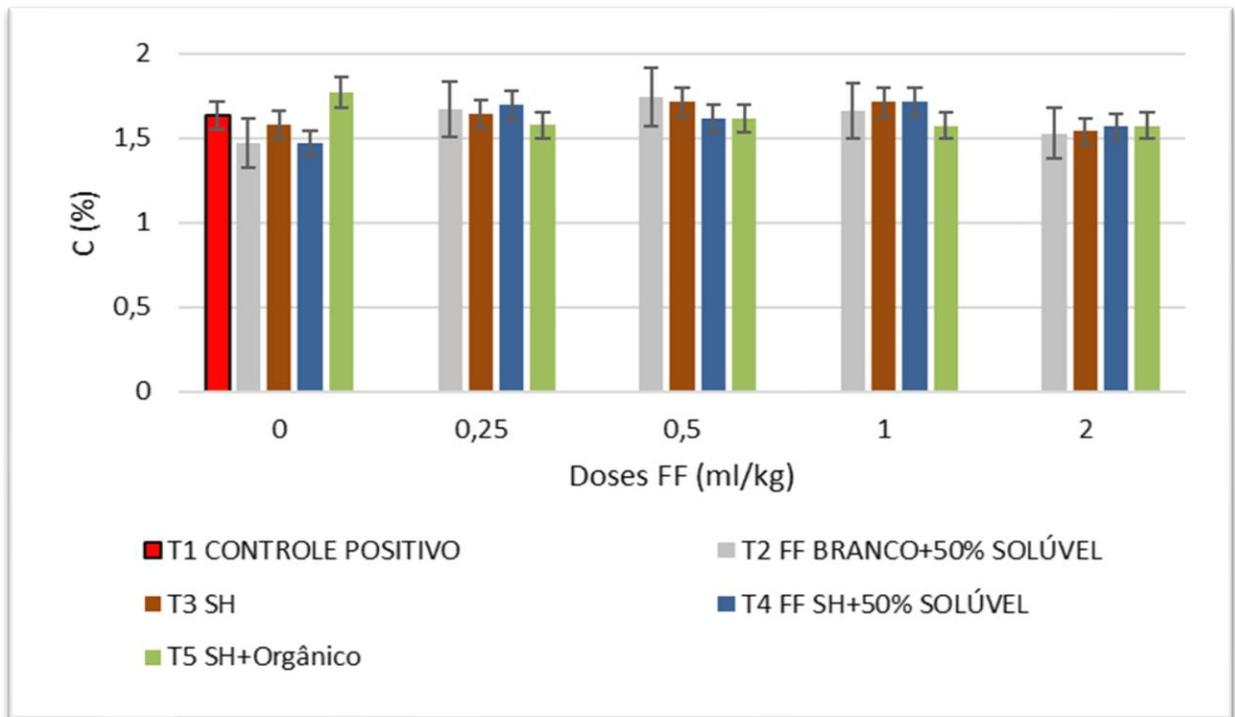
Gráfico 11 – Quantidade extraída de K (mg/kg) no solo, pela metodologia utilizada



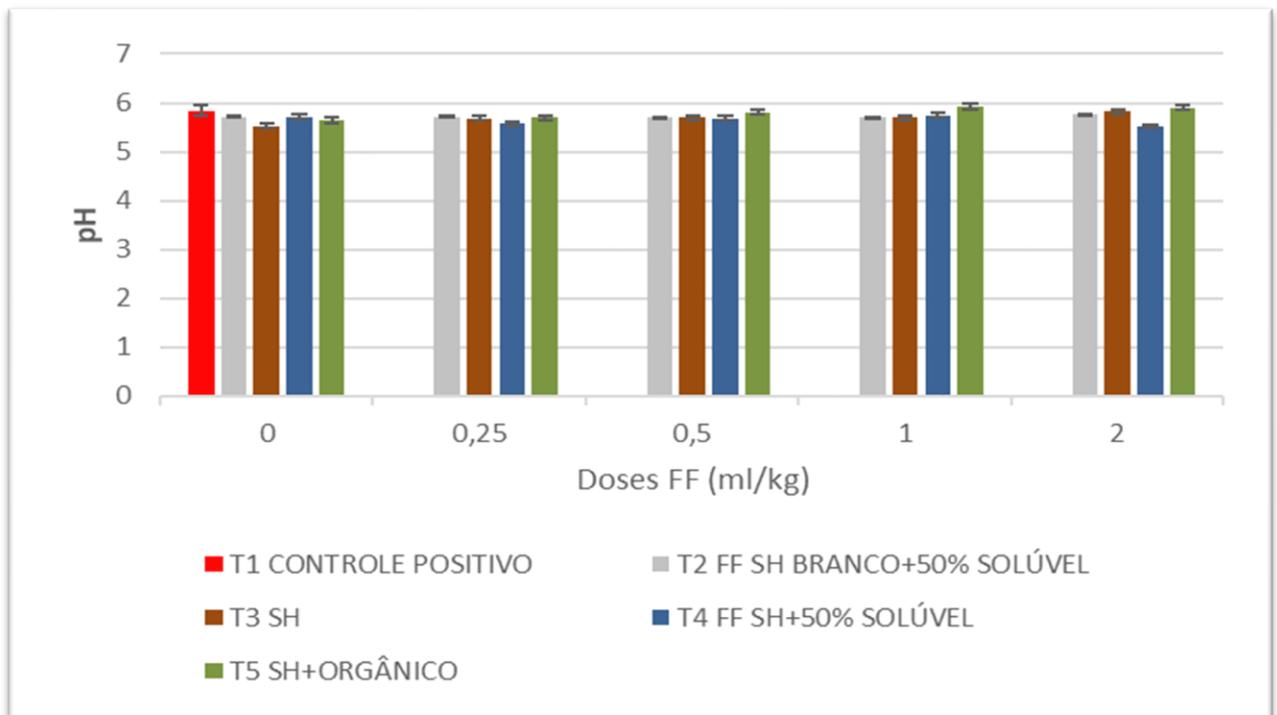
* Indica os tratamentos que se diferenciam estatisticamente pelo teste de Dunnet do controle positivo (T1)

Fonte: O autor (2024).

Para o C e pH, todos os tratamentos foram semelhantes ao controle positivo pela análise estatística de comparação.

Gráfico 12 – Quantidade extraída de C (%) no solo, pela metodologia utilizada

Fonte: O autor (2024).

Gráfico 13 – Análise do pH no solo

Fonte: O autor (2024).

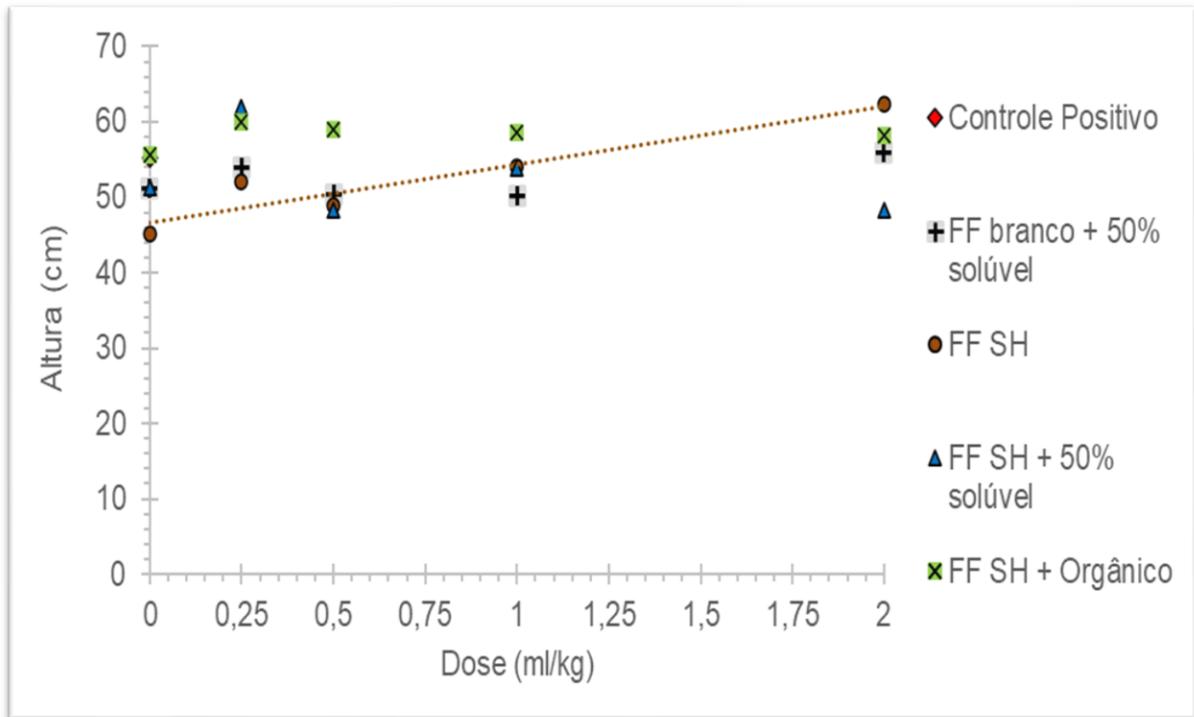
Resultados semelhantes foram encontrados por TAHIR *et al.* (2011), aplicando SH extraídas de lignito, no cultivo de trigo em vasos, verificando aumentos significativos da concentração de K no solo com a aplicação de SH, também não foi alterado o pH após o uso do fertilizante e o cultivo. Entretanto não foram encontradas alterações na concentração de N e P, diferindo em parte do estudo com SH extraídas da cama de aves, podendo se atribuir a causa do aumento do P nas maiores quantidades de SH utilizadas neste experimento, assim como a composição e método de extração utilizados para o FF SH (LODHI, 2013).

Quanto ao aumento visto na concentração de N no tratamento T5, este pode estar relacionado ao uso da adubação orgânica com bokashi, como foi relatado por (PANDIT *et al.*; 2020; AGEENEHU *et al.*; 2016) que compararam a adubação com bokashi a mineral solúvel, e encontraram maiores concentrações de N no solo após o cultivo do milho, nos tratamentos com bokashi.

4.4 EFEITO DA DOSE DE FERTILIZANTE FLUIDO

A partir da análise de regressão polinomial, verificou-se os tratamentos que responderam de forma linear ou quadrática, ao aumento das doses do FF nas variáveis de crescimento vegetativo da aveia. Na altura de planta (Gráfico 14), somente o tratamento T3 respondeu linearmente a curva de resposta do aumento da dose de FF SH.

Gráfico 14 – Efeito das doses de FF na altura de plantas de aveia 60 dias após a emergência (curva de resposta linear do tratamento T3)

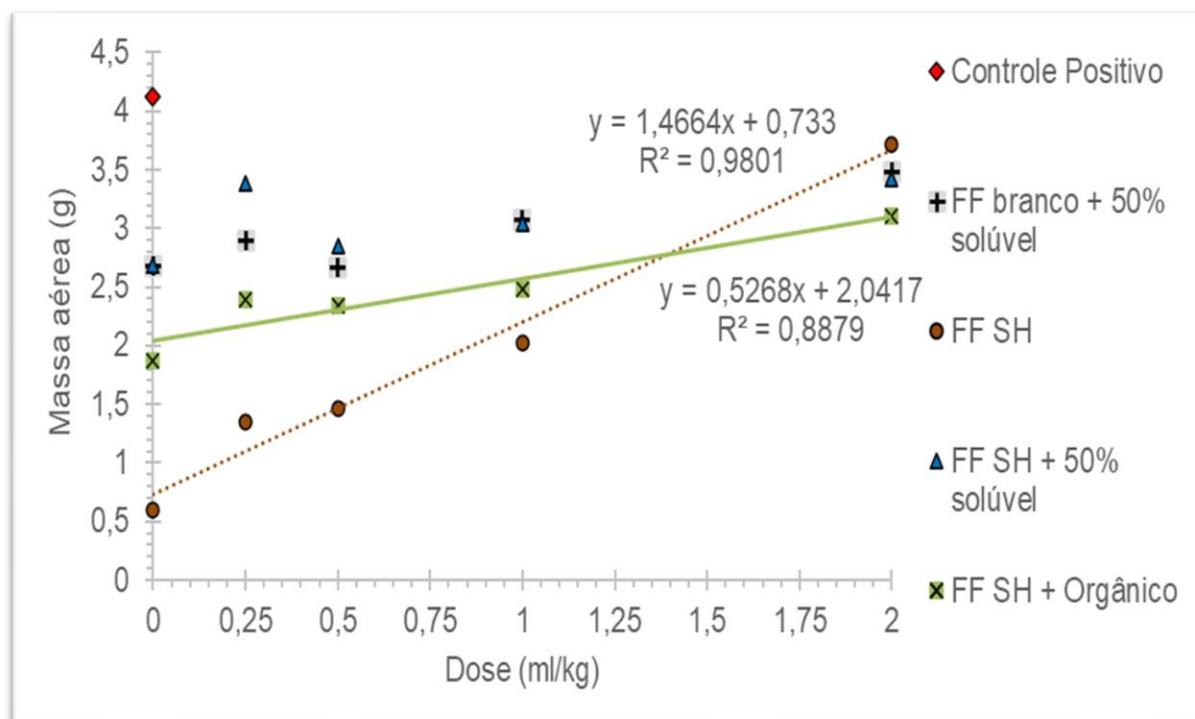


Fonte: O autor (2024).

Esse resultado foi corroborado por MAFTU'AH, E., *et al.* (2024) que utilizou doses crescentes (1, 2 e 4 toneladas por hectare) de SH sílicas no cultivo de arroz, e obteve as melhores respostas com a maior dose de SH para a variável altura de plantas.

Para a MSPA (Gráfico 15), os tratamentos T3 e T5 tiveram curvas de resposta similares quanto ao acúmulo de massa seca da planta e o aumento da dose do FF SH, indicando que a dose de máxima resposta do FF SH para a cultura da aveia não foi atingida.

Gráfico 15 – Efeito das doses de FF na MSPA de plantas de aveia 60 DAE (curva de resposta linear dos tratamentos T3 e T5).

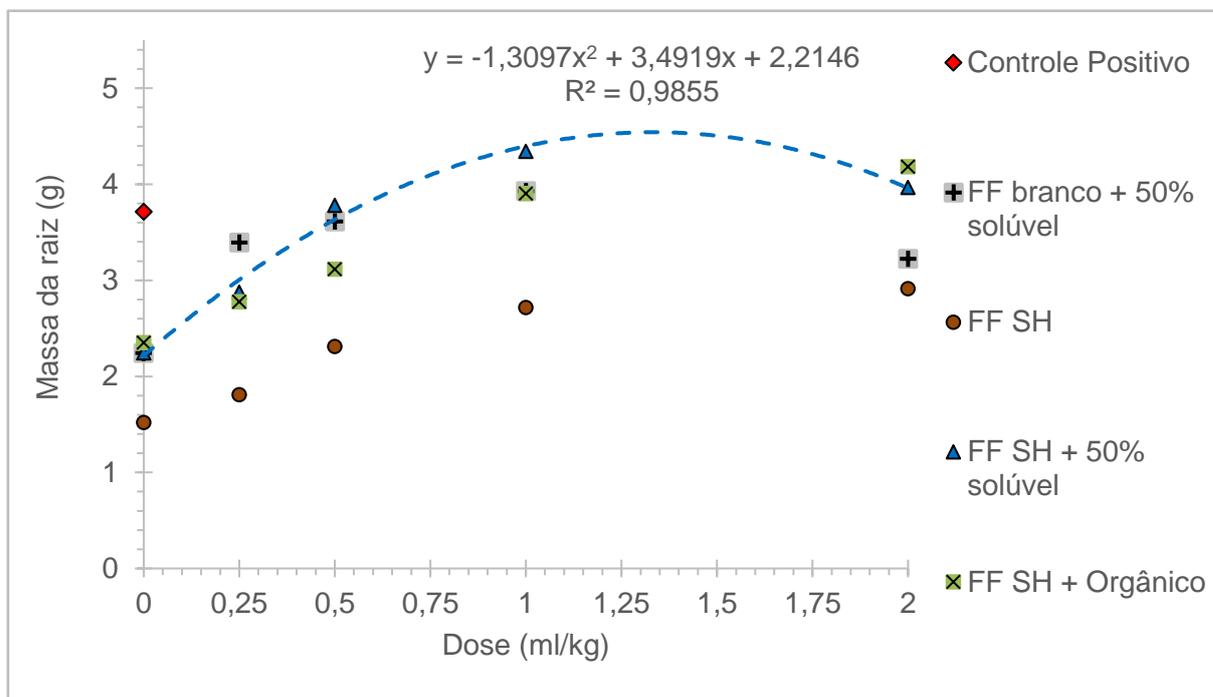


Fonte: O autor (2024).

Resultados similares foram encontrados por ALENAZI, M. M.; KHANDAKER, M. M (2024) no cultivo de híbridos de tomate em casa de vegetação, com aplicação de doses (0,5; 1; 1,5 e 2 mL por litro) de SH no solo, onde todas as cultivares tiveram melhor desempenho no crescimento vegetativo do tomateiro, tendo a maior MSPA com uso da maior dose de SH. O aumento no acúmulo de massa seca pode ser devido a capacidade das SH, em facilitar o transporte e disponibilidade de micro e macro elementos nas plantas (ASRI; DEMIRTAS, 2015; EKINCI *et al.*, 2015; KAZEMI, 2013).

No crescimento da MSRA (Gráfico 16), apenas o tratamento T4, teve curva de resposta quadrática em relação ao aumento da dose do FF, sugerindo que a maior dose (2 mL kg⁻¹) teve efeitos inibitórios em relação ao acúmulo de massa das raízes quando utilizado junto com a adubação mineral solúvel.

Gráfico 16 – Efeito das doses de FF na MSPA de plantas de aveia 60 dias após a emergência (curva de resposta quadrática do tratamento T4).



Fonte: O autor (2024).

Esse resultado corroborou o que foi visto por BARBOSA *et al* (2022) que no cultivo de mudas de melão, utilizando doses crescentes de SH (0,5; 1; 2 e 4 mL por planta) encontraram efeitos inibitórios para o crescimento do meloeiro nas maiores doses, sendo doses de até 1 mL por planta mais responsivas para as variáveis de crescimento MSPA e MSRA. É importante ressaltar que as SH, quando empregadas na medida correta para a cultura, podem incrementar a biomassa presente no sistema radicular e na parte aérea. Por outro lado, a aplicação em doses excessivas pode resultar em efeitos negativos nas culturas agrícolas (CARON *et al.*, 2015).

4.5 EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DOS NUTRIENTES (EAN)

Para o nitrogênio a EAN (Tabela 7) o tratamento T3 sem uso de adubação de base, indicou déficit do nutriente, mostrando valores acima do normal (SNYDER;

BRUULSEMA, 2007) trazem em média 10-30 unidades de cereal produzido por unidade de N aplicado, corroborando com o encontrado na literatura. Excluindo os valores superestimados do EAN, temos os tratamentos T2 e T4 com as melhores médias, sendo interessante ver como o uso do FF possibilitou maiores EAN em quase todas as doses, com destaque para a dose de 0,25 mL kg⁻¹ no T4 com a maior média.

Tabela 7 - Eficiência agrônômica do nitrogênio em cada um dos tratamentos.

Dose	Grupo de tratamentos				
	T1 Controle Positivo 100% mineral solúvel	T2 Branco+ 50% mineral solúvel	T3 SH	T4 SH + 50% mineral solúvel	T5 SH + Orgânico
	Índice de Eficiência Agrônômica N				
0	19,6	23,1	0,0	23,1	8,8
0,25		25,0	527,6	30,5	12,3
0,5		22,3	308,6	24,2	11,8
1		25,8	253,5	25,5	12,5
2		28,4	277,2	27,8	16,1

Fonte: O autor (2024).

Na interpretação dos valores calculados, deve ser levado em consideração a superestimação do índice de EAN quando o nutriente é escasso (Dobermann, 2007), já que quando há pouco do nutriente disponível e mesmo assim a planta tem um crescimento mínimo, resultará em valores altos do índice, que não são condizentes com uma boa produtividade, já que a eficiência consiste em usar o mínimo para produzir certa quantidade de biomassa.

No curto prazo, a EAN aumenta à medida que as taxas de aplicação de fertilizantes diminuem abaixo do ótimo econômico (Tabela 8), assim podemos ver que o EAN mais eficiente não resulta no maior retorno líquido econômico para a colheita. Isto pode levar a concluir falsamente que a taxa de fertilizante mais baixa resultaria no sistema de cultivo mais eficiente, o que não é verdade, uma vez que a produção depende de outros fatores de produção, além dos nutricionais, como clima, sementes,

defensivos agrícolas, maquinário, mão-de-obra, terra e manejos bem conduzidos. Além disso, a longo prazo, a limitação nas taxas de nutrientes numa situação deficiente reduz a produção de resíduos culturais, levando ao aumento dos riscos de erosão, à diminuição da matéria orgânica e da capacidade produtiva do solo.

Tabela 8 - Valores de EAN calculados a partir das respostas às aplicações de nitrogênio relatadas para um campo de milho irrigado em Nebraska (média de 3 anos)

N aplicado (kg/ha)	Colheita (kg/ha)	EAN (nitrogênio)	Retorno líquido do N aplicado (\$/ha)
0	8.070	-	-
37	9.213	16	91
74	9.617	14	111
136	9.886	13	116
173	10.020	11	106
210	10.020	9	79

Fonte: Snyder; Bruulsema (2007).

No caso do P, a EAN (Tabela 9), novamente mostrou valores acima do normal no tratamento T3 sem adubação solúvel, entretanto com o aumento da dose do FF SH, a EAN se aproxima de valores mais realistas, não indicando deficiência acentuada do nutriente, como ocorreu para o nitrogênio.

Tabela 9 - Eficiência agrônômica do fósforo em cada um dos tratamentos.

Dose	Grupo de tratamentos				
	T1	T2	T3	T4	T5
	Controle Positivo 100% mineral solúvel	Branco+ 50% mineral solúvel	SH	SH + 50% mineral solúvel	SH + Orgânico
Índice de Eficiência Agrônômica P					
0	4,9	5,8	0,0	5,8	12,8
0,25		6,2	72,8	7,5	16,4
0,5		5,4	42,6	5,9	14,6
1		6,1	34,9	6,1	13,4
2		6,5	38,2	6,4	13,9

Fonte: O autor (2024).

O potássio foi o elemento que teve menor ocorrência de valores acima dos esperados para a EAN, apenas a dose de 0,25 mL kg⁻¹ no T3 indicou déficit de K para a aveia branca (Tabela 10). Sugerindo que o FF pode ajudar a melhorar a EAN em conjunto com adubação convencional (mineral ou orgânica), assim como tem potencial de suprir sozinho as necessidades da cultura de alguns nutrientes.

Tabela 10 - Eficiência agrônômica do potássio em cada um dos tratamentos.

Dose	Grupo de tratamentos				
	T1	T2	T3	T4	T5
	Controle Positivo 100% mineral solúvel	Branco+ 50% mineral solúvel	SH	SH + 50% mineral solúvel	SH + Orgânico
Índice de Eficiência Agrônômica K					
0	6,8	8,0	0,00	8,0	9,7
0,25		8,3	49,9	10,1	12,3
0,5		7,1	29,2	7,7	10,9
1		7,7	24,0	7,6	9,9
2		7,6	26,2	7,4	10,0

Fonte: O autor (2024).

4.6 ANÁLISE ECONÔMICA DOS FERTILIZANTES

A tabela 11 serve como referência para discussão do custo em relação as variáveis de crescimento vegetativo já apresentadas previamente.

Tabela 11 - Custo por hectare de cada um dos tratamentos utilizados no experimento.

Dose	Grupo de tratamentos				
	T1	T2	T3	T4	T5
	Controle Positivo 100% mineral solúvel	Branco+ 50% mineral solúvel	SH	SH + 50% mineral solúvel	SH + Orgânico
	Custo por hectare (R\$)				
0	4411	2205	0	2205	9200
0,25		2205+309	309	2205+309	9200+309
0,5		2205+619	619	2205+619	9200+619
1		2205+1238	1238	2205+1238	9200+1238
2		2205+2477	2477	2205+2477	9200+ 2477

Fonte: O autor (2024).

O tratamento T3 tem os menores custos, para produzir MSPA semelhante ao controle positivo, com um desembolso de 44% a menos, entretanto por fornecer pouco NPK, ele pode vir a esgotar o estoque de nutrientes do solo. Por isso o tratamento T4 na dose de 0,25 ml kg⁻¹, tem destaque em fornecer os nutrientes necessários para o desenvolvimento da aveia e ter um custo 43% menor do que o controle positivo.

Em resumo o uso do fertilizante fluido de substâncias húmicas/branco melhorou o crescimento vegetativo da aveia, sendo a dose de 2 ml/dm³ capaz de igualar a MSPA, em todos os tratamentos ao tratamento controle positivo. Os tratamentos com uso dos FF obtiveram maiores resultados de eficiência agrônômica do NPK. O tratamento T3 (apenas doses de FF SH, sem adubação de base) na dose de 2 ml/dm³ de FF SH, foi o tratamento com melhor custo-benefício, pois com uma economia de 45% em relação ao controle positivo, obteve médias semelhantes de MSPA. O uso do FF SH/branco não resultaram em alterações significativas nos atributos do solo. O

efeito da dose foi crescente nas variáveis altura e MSPA no tratamento T3, apenas na variável MSRA teve efeitos inibitórios para o tratamento T5.

5 CONCLUSÃO

O uso de fertilizante fluído tem potencial na agricultura, entretanto ainda é necessário aprofundar as pesquisas sobre as interações das substâncias húmicas com diferentes tipos de solo e culturas. A variabilidade nos efeitos das substâncias húmicas, depende da sua origem e método de extração, mostrando a importância de um manejo específico dos resíduos para otimização de seus benefícios agronômicos. Em suma, o fertilizante fluído enriquecido com substâncias húmicas apresenta-se como uma alternativa promissora para a agricultura sustentável, contribuindo para a eficiência na produção agrícola e para a preservação ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABPA. **Associação Brasileira de Proteína Animal**, em 2023. Disponível em: <http://abpabr.com.br>. Acesso em: 22 de maio. 2023.

AGEGNEHU, G., BASS, A. M., NELSON, P. N., & BIRD, M. I.. Benefits of biochar, compost and biochar–compost for soil quality, maize yield and greenhouse gas emissions in a tropical agricultural soil. **Science of The Total Environment**. v. 543, p. 295–306, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv>. Acesso em: 08 Jul. 2024.

AKINREMI, O.O.; JANZEN, H.H.; LEMKE, R.L, LARNEY, F.J.. Response of canola, wheat and green beans to leonardite additions. **Canadian Journal of Soil Science**. v. 80, p. 437–443, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.4141/S99-058> Acesso em: 06 Jul. 2024.

ALBAYRAK, S.; CAMAS, N.. Effects of different levels and application times of humic acid on root and leaf yield and yield components of forage turnip (*Brassica rapa* L.) **Journal Agronomy**. v. 4, p. 130–133, 2005.

ALENAZI, M. M.; KHANDAKER, M. M.. Responses of tomato hybrid cultivars to soil application of humic acid under greenhouse conditions. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, p. 252573, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.252573>. Acesso em: 06 Jul. 2024.

ALMENDROS, G.. Humic Substances. In: CHESWORD, W.; KLUWER. **Encyclopaedia of Soil Science**, Springer, Dordrecht, p. 97-99. 2008.

ANDRADE, A. C. F de. **Qualidade físico-química e microbiológica da cama de frango de corte reutilizada e acidificada**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Mato Grosso, Instituto de Ciência Agrárias e Ambientais, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Sinop, 2017.

ARJUMEND, T.; ABBASI, K.; RAFIQUE, E.. Effects of lignite-derived humic acid on some selected soil properties, growth and nutrient uptake of wheat (*Triticum aestivum* L.) grown under greenhouse conditions. Pakistan. **Journal of Botany**. v. 47, n. 6, p. 2231–2238, 2015.

ASRI, F. O.; DEMIRTAS, E.. Changes in fruits yield, quality and nutrient concentrations in response to soil humic acid applications in processing tomato. Bulgarian. **Journal of Agricultural Science**, v. 21, n. 3, p. 585-591, 2015. Disponível em: <https://www.agrojournal.org/21/03-17.pdf>. Acesso em: 26 Jun. 2024.

ATIYEH, R. M.; LEE, S.; EDWARDS, C. A.; ARANCON, N. Q.; METZEGGER, J. D. The influence of humic acids derived from earthworm- processed organic wastes on plant growth. **Biorsource Technology**, v. 84, p. 7-14, 2002.

BALDOTTO, M. A.; CANELLAS, L.P.; CANELA, M.C.; SIMÕES, M.L., MARTIN-NETO. Propriedades redox e grupos funcionais de ácidos húmicos isolados de adubos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 31 n. 3, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000300006> . Acesso em 03 Set. 2023

BAMA, K. S. et al. Effect of humic acid on nutriente release pattern in na alfisol (Tupic haplustalf). Madras. **Agricultural Journal**. 90, p. 665-670, 2003.

BARBOSA, E. D.; MELO, R. E. de; PIMENTA, R. M. B.; OLIVEIRA, L. de J.; SILVA, A. E. B. da. Produção de mudas de meloeiro sob efeito de diferentes doses de substâncias húmicas no Semiárido Baiano. **Diversitas Journal**, [S. l.], v. 7, n. 4, 2022. Disponível em: https://diversitas.emnuvens.com.br/diversitas_journal/article/view/2297. Acesso em: 1 Jul. 2024.

BRASIL. Secretaria Especial de Assuntos Estratégicos. **Plano Nacional de Fertilizantes 2050**: uma estratégia para os fertilizantes no Brasil. Brasília: SAE, p. 180, 2021.

CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A.; SOBRINHO, M. B. A.; MORAES, A. A.; RUMJAMEK, V.. Adsorção de Cu²⁺ e Cd²⁺ em ácidos húmicos extraídos de resíduos orgânicos de origem urbana. **Revista Ciência Rural**. v. 29, n. 1, p. 21-26, 2009.

CANELLAS, L. P.; SPACCINI, R.; PICCOLO, A. *et al.*. Relationships between chemical characteristics and root growth promotion of humic acids isolated from Brazilian oxisols. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 174, p. 611–620, 2009.

CARON, V. C.; GRAÇAS, J. P.; CASTRO, P. R. C. **Condicionadores do solo: ácidos húmicos e fúlvicos**. ESALQ, 4 ed, 2015.

CELIK, H.; KATKAT, A. V.; AŞKI, B. B.; TURAN, M.A.. Effect of foliar-applied humic acid to dry weight and mineral nutrient uptake of maize under calcareous soil conditions. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. v. 42, p. 29–38, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00103624.2011.528490>. Acesso em: 25 Jun. 2024.

CHEN, Y.; AVIAD, T.. Effects of humic substances on plant growth. In: MacCarthy, P., Clapp, C.E., Malcolm, R.L., Bloom, P.R. Humic Substances in Soil and Crop Science: Selected Readings. American Society of Agronomy Inc., **Soil Science of America**. p.161-186, 1990.

CLARA, L.; FATMA, R.; VIRIDIANA, A.; LIESL, W.. **Soil organic carbon**: the hidden potential. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Roma, p. 77, 2017.

COLOMBO, S. M.. **Isolamento, purificação e caracterização de substâncias húmicas isoladas de vermicomposto**. Propriedades ácido-base e de complexação com íons Cu (II). Dissertação (Mestrado em Química). Instituto de Química, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

CONAB. **Safra Brasileira de Grãos**. 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 04 Jun. 2022.

DE MELO, B. A. G; MOTTA, F. L.; SANTANA, M. H. A.. Humic acids: Structural properties and multiple functionalities for novel technological developments. **Materials Science and Engineering**. v. 62: p. 967–974, 2016.

EKİNCİ, M.; ESRİNGÜ, A.; DURSUN, A.; YILDIRIM, E.; TURAN, M.; KARAMAN, M.R.; ARJUMEND, T.. Growth, yield, and calcium and boron uptake of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) and cucumber (*Cucumis sativus* L.) as affected by calcium and boron humate application in greenhouse conditions. Turkish. **Journal of Agriculture and Forestry**, v. 39, p. 613-632, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3906/tar-1406-59>. Acesso em: 24 Jun. 2024.

EMATER/RS. **Safra de Inverno 2017**, 1^a Estimativa. Disponível em: http://www.emater.tche.br/site/arquivos_pdf/safra/safraTabela_01082017.pdf. 2017. Acesso em: 01 Jun. 2023.

FIGLIOLIA, A.; BENEDETTI, A., *et al.* Effects of fertilisation with humic acids on soil and plant metabolism: a multidisciplinary approach. Note I: Crop production. '**Humic substances in the global environment and implications on human health**'. (Eds N Senesi, TM Miano). (Elsevier Science: Amsterdam). Bari, Elsevier. p.579-584, 1994.

FINKELMAN, R. B., WOLFE, A., HENDRYX, M. S.. The future environmental and health impacts of coal. **Energy Geosci**. p. 99–112. 2021.

FONTANA, A.. **Fracionamento da matéria orgânica e caracterização dos ácidos húmicos e sua utilização no sistema brasileiro de classificação de solos**. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2009.

FRAZÃO, J. J.; BENITES, V. B.; PIEROBON, V. M.; RIBEIRO, J. V. S.; LAVRES, J. A.. Poultry Litter-Derived Organomineral Phosphate Fertilizer Has Higher Agronomic Effectiveness Than Conventional Phosphate Fertilizer Applied to Field-Grown Maize and Soybean. **Geoderma**. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su132111635>. Acesso em: 26 Jun. 2024.

GATIBONI, L. C.; SMYTH, T. J.; SCHMITT, D. E.; CASSOL, P. C.; OLIVEIRA, C. M. B. Limites críticos ambientais de fósforo no solo para avaliar seu risco de transferência para águas superficiais no estado de Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 39, p. 1225-1234, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/djfrFMHZ4m57QTHvWKt4Hkh/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 26 Jun. 2024.

GHANIM, B. M.; KWAPINSKI, W.; LEAHY, J. J.. Hydrothermal carbonisation of poultry litter: Effects of initial pH on yields and chemical properties of hydrochars. **Bioresource technology**. v. 238, p. 78-85, 2017.

HAI, S. M.; MIR, S.. The lignitic coal derived HA and the prospective utilization in Pakistan agriculture and industry. **Science Technology and Development**. v. 17, p. 32-40, 1998.

HARTZ, T.; BOTTOMS, T.. Humic substances generally ineffective in improving vegetable crop nutrient uptake or productivity. **Hort Science**. v. 45, n. 6, p. 906- 910, 2010.

HAYES, M. H. B.; GRAHAM, C. L.; Procedures for the isolation and fractionation of humic substances. In: GHABBOUR, E. A.; DAVIES, G. (Eds.) **Humic Substances Versatile Components of Plants, Soil and Water**, Royal Society of Chemistry, Cornwall, p. 91-110, 2000.

HAYES, M. H.; SWIFT, R. S.. Vindication of humic substances as a key component of organic matter in soil and water. **Advances in Agronomy**. v. 163, p. 1–37, 2020. Disponível em: : <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2020.05.001>. Acesso em 03 Set 2023.

HENTZ, P. *et al.* Poultry litter and pig slurry applications in an integrated croplivestock system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. p. 40, 2016.

HERENCIA, J.; MAQUEDA, C.. Effects of time and dose of organic fertilizers on soil fertility, nutrient content and yield of vegetables. **The Journal of Agricultural Science**. p. 1-19, 2016.

IHSS. **What are humic substances?** International Humic Substances Society: IHSS. 2018. Disponível em: [_https://humic-substances.org/](https://humic-substances.org/). Acesso em: 01 jun. 2023.

KARIMUNA, L.; RAHNI, N. M.; BOER. D. The use of bokashi to enhance agricultural productivity of marginal soils in Southeast Sulawesi, Indonesia. **Journal of Tropical Crop Science**. v. 3, p. 1-6, 2016.

KAZEMI, M.. Vegetative and reproductive growth of tomato plants affected by calcium and humic acid. **Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences**. v. 2, n. 11, p. 24-29, 2013.

KHATTAK, R.A.; MUHAMMAD, D.. **Increasing crop production through humic acid in salt affected soils in Kohat division** (NWFP). Pak-US Collaborative Research Endeveavor, ALP Project, PARC, Islamabad. 2008.

KOŁODZIEJ, B.; SUGIER, D.; BIELINSKA, E. The effect of leonardite application and various plantation modalities on yielding and quality of roseroot (*Rhodiarosea* L.) and soil enzymatic activity. **Journal of Geochemical Exploration**. n.129, p. 64-69, 2013.

KRUKER, G.. **Formulações do composto orgânico tipo bokashi como biofertilizante de sistemas agrícolas**. 2023. 230 p. Tese de Doutorado em Ciência do Solo – Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, Centro de Ciências Agroveterinárias – CAV. Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Lages, SC, 2023.

KRUKER, G.; GUIDI, E. S.; SANTOS, J. M. D. S. D.; MAFRA, Á. L.; ALMEIDA, J. A. D.. Quality of Bokashi-Type Biofertilizer Formulations and Its Application in the Production of Vegetables in an Ecological System. **Horticulturae**. v. 9, p. 1314, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/horticulturae9121314>. Acesso em: 03 Jul. 2024.

LI, Y.; FANG, F.; WEI, J. *et al.* Humic Acid Fertilizer Improved Soil Properties and Soil Microbial Diversity of Continuous Cropping Peanut: A Three-Year Experiment. **Scientific Reports**. v. 9, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-48620-4>. Acesso em: 24 Jun. 2024.

LITTLE, K. R.; ROSE, M. T.; JACKSON, W. R.; CAVAGNARO, T. R.; PATTI, A. F.. Do lignite-derived organic amendments improve early-stage pasture growth and key soil biological and physicochemical properties? **Crop and Pasture Science**. v. 65, n. 9, p. 899, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1071/cp13433>. Acesso em: 01 jun. 2023.

LIU, Q.; MA, L., ZHANG, J.; YUAN, Z.; DONG, H.; SUN, H.; CHRISTIE, P.. Crop yield and nitrogen use efficiency in China under the scenarios of reduced fertilizer use and optimized management practices. **Environmental Pollution**, p. 285, 2021.

LODHI, A.. Characterization of commercial humic acid samples and their impact on growth of fungi and plants. Pakistan. **Journal of Soil Science**. v. 32, p. 63–70. 2013.

MAFTU'AH, E.; SALEH, M.; SULAEMAN, Y.; NAPISAH, K.; AGUSTINA, R.; MUKHLIS, M.; ANWAR, K.; NINGSIH, R. D.; MASGANTI, M.; MAHARANI, P. H.; ASIKIN, S.; KAROLINOERITA, V.; WAKHID, N.; HAYATI, A.; LESTARI, Y.; STANDARDIZATION INSTITUTE, I. S. A. S. Si-Humate as soil ameliorant to improve the properties of acid sulfate soil, growth, and rice yield. **Chilean Journal of Agricultural Research**. v. 84, n. 2, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.4067/s0718-58392024000200267>. Acesso em: 24 Jun. 2024.

MANICA, J.; ESCOSTEGUY, P.. **Teor de fósforo de cultivares de aveia-branca, em níveis desse nutriente do solo**. 2019.

MAO, J.; MAO, Q.; ZHENG, M.; MO, J. Respostas do status de nutrientes foliares e estequiometria à adição de nitrogênio em diferentes ecossistemas: uma meta-análise. **Jornal de Pesquisa Geofísica: Biogeociências**. v. 125, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1029/2019JG005347>. Acesso em: 24 Jun. 2024.

NICOLOSO, R. S.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; CERETTA, C. A.; SPAGNOLLO, E.; CASSOL, P. C.; COMIN, J. J.; BRUNETTO, G. Adubos e adubação orgânica. In: SILVA, L. S.; GATIBONI, L. C. (Org.). **Manual de Calagem e Adubação para os estados do Rio do Sul e Santa Catarina**. Frederico Westphalen: NRS_SBCS. 11 ed. p. 317-328. 2016.

NIEWES, D.; HUCULAK-MACZKA, M.; BRAUN-GIWERSKA, M.; MARECKA, K.; TYC, A.; BIEGUN, M.; HOFMANN, K.; HOFMANN, J.. Extração de substâncias húmicas de turfa assistida por ultrassom: avaliação da eficiência do processo e da qualidade dos produtos. **Moléculas**. V . 27, p. 142, 2022.

OLK, D. C., DINNES, D. L., RENE SCORESBY, J. *et al.*. Humic products in agriculture: potential benefits and research challenges—A review. **Revista de Solos e Sedimentos**. v. 18, p. 2881–2891, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11368-018-1916-4>. Acesso em: 01 jun. 2023.

OLLE, M. Review: Bokashi technology as a promising technology for crop production in Europe. **The Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, 2020.

ORE, O. T., ADEOLA, A. O., FAPOHUNDA, O. *et al.* Humic substances derived from unconventional resources: extraction, properties, environmental impacts, and prospects. **Revista Ciência Ambiental e Pesquisa sobre Poluição**. v. 30, p. 59106–59127, 2023. Disponível em: [_https://doi.org/10.1007/s11356-023-26809-5](https://doi.org/10.1007/s11356-023-26809-5). 2023. Acesso em: 01 jun. 2023.

PALHARES, J. C. P. *et al.* **Produção animal e recursos hídricos**: tecnologias para manejo de resíduos e uso eficiente dos insumos. Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 79-97.

PANDIT, N. R.; SCHMIDT, H. P.; MULDER, J.; HALE, S. E.; HUSSON, O.; CORNELISSEN, G. Nutrient effect of various composting methods with and without biochar on soil fertility and maize growth. **Archives of Agronomy and Soil Science**. v. 66, n. 2, p. 250–265, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/03650340.2019.1610168>. Acesso em: 01 Jun. 2023.

PRADO, M. R. V.. **Fertilizante organomineral líquido contendo substâncias húmicas em soja cultivada sob estresse hídrico**. 57 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Zootecnia, Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2014. Cap. 1. Disponível em: https://ri.ufmt.br/bitstream/1/544/1/DISS_2014_Marcelo%20Ribeiro%20Vilela%20Prado.pdf . Acesso em: 23 Ago. 2023.

RESTREPO, J.; HENSEL, J. E. I.. A, B, C de la agricultura orgánica, fosfitos y panes de piedra. **Manual práctico**, Santiago de Cali. p. 399, 2015.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; FURLAN, M.. An Alternative methodology for extraction on humic substances from soils. **Sociedade Brasileira Química**. v. 9, n. 1, 1998. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jbchs/a/QyqZvGbRf3k3zHfvLDGRt9y/?format=pdf&lang=en>. Acesso em 20 Jun. 2024.

ROSA, A. H.; ROCHA, J. C.; FURLAN, M.. Substâncias húmicas de turfa: estudo dos parâmetros que influenciam no processo de extração alcalina. **Química Nova**. v. 23, n. 4, p. 472-476, 2000.

SAITO, B.; SECKLER, M. M.. Alkaline extraction of humic substances from peat applied to organic-mineral fertilizer production. Brazilian. **Journal of Chemical Engineering**. v. 31, n. 3, p. 675–682, 2014.

SANTIANI, L.. **Obtenção e avaliação de fertilizante fluído obtido com extração alcalina em cama de aves comparado à adubação mineral e orgânica**. Dissertação (Mestrado) -- Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Lages, p. 99, 2022. Disponível em: https://www.udesc.br/arquivos/cav/id_cpmenu/3030/DISSER_2_16516733433858_3030.pdf. Acesso em 03 Set. 2023.

SCHNITZER, M.; SCHULTEN, H. R.. Analysis of organic matter in soil extracts and whole soils by pyrolysis-mass spectrometry. **Advances in Agronom.** v. 55, p. 167-217, 1995.

SHARIF, M.; KHATTAK, R. A.; SARIR, M. S.. Wheat Yield and Nutrients Accumulation as Affected by Humic Acid and Chemical Fertilizers. **Sarhad Journal of Agriculture.** v. 18, p. 323-329, 2002.

SILVA, J. A. *et al.* Nitrogen efficiency in oats on grain yield with stability. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** v. 20, n. 12, p. 1095-1100, 2016.

SNYDER, C. S.; BRUULSEMA, T. W.. **Nutrient Use efficiency and Effectiveness in North America: Indices of Agronomic and Environmental Benefit.** International Plant Nutrition Institute, Peachtree Corners, Georgia, US. 2007.

STAUB, L.; SOUZA, T. V.; TON, A. P.S. Manejos para reutilização da cama aviária. **Scientific Electronic Archives.** v. 10, n. 5, p. 163-173, 2017. Disponível em: file:///C:/Users/simon/Downloads/berber,+vol+10+(5)+p+163_176.pdf. Acesso em: 03 Set. 2023.

STEVENSON, F. J.. Extraction, fractionation and general chemical composition of soil organic matter". In: STEVENSON, F.J. **Humus chemistry**, Wiley & Sons, New York. p. 26-53, 1982.

SWIFT, R. S.; Organic matter characterization. In: SPARKS, D. L., ed. Methods of soil Analysis. Part 3. Chemical Methods-SSSA. **Soil Science Society of America**, Madison. p.1011–1069, 1996.

TAHIR, M. M., KHURSHID, M., KHAN, M. Z., ABBASI, M. K., & KAZMI, M. H.. Lignite-Derived Humic Acid Effect on Growth of Wheat Plants in Different Soils. **Pedosphere.** v. 21, n. 1, p. 124–131, 2011. Disponível em: [http://doi:10.1016/s1002-0160\(10\)60087-2](http://doi:10.1016/s1002-0160(10)60087-2) Acesso em: 01 Jun. 2023.

TOLEDO, A. P. P.; CARVALHO, J. L.. Comparação sobre a capacidade de extração de substâncias húmicas por vários solventes. **Ciência e Cultura**. v. 37, p. 1174-1178, 1985.

VAN DYKE, A. **Do humic substances influence moisture retention and phosphorus uptake in putting greens?** Utah State University. 2008.

VAZ, D. O. **Estudo das interações de íons metálicos divalentes com ácidos fúlvicos extraídos das águas do Rio Suwane**. Tese (Doutorado em Química). Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

VERLINDEN, G.; COUSSENS, T.; DE VliegHER, A.; BAERT, G.; HAESAERT, G.. Effect of humic substances on nutrient uptake by herbage and on production and nutritive value of herbage from sown grass pastures. **Grass and Forage Science**. v. 65, p. 133–144, 2010. Disponível em: <http://doi:10.1111/j.1365-2494.2009.00726>. Acesso em: 01 Jun. 2023.

WERSHAW, R. L.; PINCKNEY, D. J.; LLAGUNO, E. C.; VICENTE-BECKETT, V.. NMR characterization of humic acid fractions from different Philippine soils and sediments. **Analytica Chimica Acta**. v. 232, p. 31-42, 1990.

WREGGE, M. S.; STEINMETZ, S.; JUNIOR, C. R.; ALMEIDA, I. R.. **Atlas climático da região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Brasília - DF: Embrapa, 2012.

ZAHRAH, S. System of Rice Intensification. **Encyclopedia Food Agriculture**. Ethics, v. 12, p. 2318, 2019.

ZAMAN, A.; AHMED, M.; GOGOI, P. Effect of bokashi on plant growth, yield and essential oil quantity and quality in patchouli (*Pogostemon cablin* Benth.). **Biosciences Biotechnology Research Asia**. v. 7, n. 1, . 383–387, 2010.

ZHANG, X.; ERVIN, E.H.. Cytokinin-containing seaweed and humic acid extracts associated with creeping bentgrass leaf cytokinins and drought resistance. **Crop Science**. v. 44, p. 1737–1745, 2004.

ZHANG, X.; GOATLEY, M.; MCCALL, D.; KOSIARSKI, K.; REITH F. Humic acids-based biostimulants impact on root viability and hormone metabolism in creeping bentgrass putting greens. **International Turfgrass Society Research Journal**. v. 4, p. 288–294. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/its2.37>. Acesso em: 01 Jun. 2023.