

INSTITUTO FEDERAL DO PARANÁ

JOÃO PAULO BARBOSA FERREIRA

**EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DO FERTILIZANTE ORGANOMINERAL
DESENVOLVIDO A PARTIR DE RECURSOS DA REGIÃO DE IVAIPORÃ NA
CULTURA DO MILHO (*Zea mays* L.)**

IVAIPORÃ

2023

JOÃO PAULO BARBOSA FERREIRA

**EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DO FERTILIZANTE ORGANOMINERAL
DESENVOLVIDO A PARTIR DE RECURSOS DA REGIÃO DE IVAIPORÃ NA
CULTURA DO MILHO (*Zea mays* L.)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Graduação em Engenharia
Agrônômica, do Instituto Federal do Paraná,
como requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Prof. Dr. Mateus José Falleiros da
Silva

IVAIPORÃ

2023

FOLHA DE APROVAÇÃO

João Paulo Barbosa Ferreira

EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DO FERTILIZANTE ORGANOMINERAL DESENVOLVIDO A PARTIR DE RECURSOS DA REGIÃO DE IVAIPORÃ NA CULTURA DO MILHO (*Zea mays* L.)

O presente trabalho em nível de Bacharel foi avaliado e aprovado por
banca examinadora composta pelos seguintes membros:



Prof. Dra. Nayara Norrene Lacerda Duraes

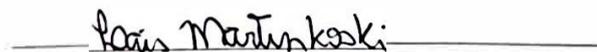
Instituto Federal do Paraná – Campus Ivaiporã



Prof. Dra. Marcibela Stülp

Instituto Federal do Paraná – Campus Ivaiporã

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Agrônômica obtido pelo Instituto Federal do Paraná – Campus Ivaiporã



Coordenadora do Curso de Engenharia Agrônômica

Prof.ª. Me. Laís Martinkoski

Siapc: 1227192



Orientador

Prof. Dr. Mateus José Falleiros da Silva

Siapc: 1803152

Ivaiporã, 2023

Dedico esse trabalho aos meus pais,
Naor Aparecido Ferreira e Elizabete
Carvalho Barbosa Ferreira, pelo apoio
dado durante todo esse percurso de
graduação

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus por ter me dado sabedoria e forças para que eu não ficasse maluco enquanto realizava este trabalho e por ter me proporcionado essa experiência ao lado de pessoas incríveis.

Quero agradecer a minha família pelo apoio em todos os momentos e por sempre me incentivar.

Quero agradecer a minha namorada Ana Gabriella Dolibaina Cordioli pelo apoio e incentivo em todas as partes deste trabalho.

Gostaria de agradecer ao meu orientador Dr. Mateus José Falleiros da Silva, por me ajudar nessa etapa tão importante da minha vida e por ser compreensível e paciente comigo.

Quero agradecer a professora Dra. Nayara Norrene Duraes, por ter me ajudado com a estatística do trabalho e por ser muito atenciosa e paciente para me explicar.

Agradeço também a professora Dra. Marcibela Stülp por participar desse momento tão importante e sempre me apoiar no curso.

Agradeço também meus amigos por sempre me apoiarem nos momentos difíceis e me ajudarem com a conclusão deste trabalho.

Agradeço aos servidores do Campus Ivaiporã pelo apoio e auxílio para a realização desse trabalho.

Gostaria de agradecer a UDPSolos e a todos os integrantes por me ajudarem e apoiarem.

Ao campus IFPR por me dar essa oportunidade de estudo tão valioso e proporcionar vários aprendizados e momentos inesquecíveis.

RESUMO

O Brasil tem passado por uma crise devido à elevação do custo dos fertilizantes, a maior parte importados. Para enfrentar esta situação, que eleva custos de produção e reduz a competitividade da agricultura brasileira, com efeitos econômicos, sociais e ambientais devastadores, está havendo um esforço concentrado nos últimos anos, gerando políticas públicas focadas na busca por fertilizantes de baixo custo, utilizando fontes locais, o que exige o desenvolvimento de produtos e processos inovadores, que garantam a eficiência na fertilização das culturas, mas com custo acessível e reduzindo a dependência externa. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo testar a eficiência de um fertilizante organomineral, formulado a partir de recursos renováveis da região de Ivaiporã – PR. Para que fosse testado a eficiência deste fertilizante foi utilizado a cultivar de milho Pioneer 3282VYH, implantada em vasos de 15 litros, na casa de vegetação do Instituto Federal do Paraná – Campus Ivaiporã. O fertilizante organomineral (FOM) foi constituído com cama de frango de sexto lote, resíduos de carvoaria, pó de rocha, microrganismos eficientes, Fosfato Diamônico (DAP) e Cloreto de Potássio. E para o teste utilizando apenas minerais foram utilizados o Fosfato Diamônico (DAP) e Cloreto de Potássio (KCl). As doses foram calculadas conforme necessidade da cultura. O experimento foi conduzido em DIC com 4 tratamentos e 5 repetições, sendo T1 - testemunha; T2 - adubação mineral, com a formulação 12-32-15, sendo aplicado o equivalente a 262 kg ha⁻¹; T3 – Organomineral em 100% da dose recomendada com formulação 6-16-8, aplicando o equivalente a 550 kg ha⁻¹; T4 – Organomineral em 80% da dose recomendada com formulação 9-16-6, aplicando o equivalente a 440 kg ha⁻¹. O milho foi colhido aos 60 DAS para avaliações, na qual foram matéria seca e verde da parte aérea e raiz, diâmetro do colmo, altura de plantas e diagnose visual dos sintomas de deficiência. Todos os tratamentos com adubação foram superiores a testemunha, apenas para a avaliação de diâmetro de colmo no qual a adubação mineral foi estatisticamente igual à testemunha, porém foi igual também as adubações feitas com FOM. Para as variáveis de matéria seca da raiz e matéria verde da parte aérea o tratamento com 100% da dose de FOM foi superior aos demais tratamentos. Sendo assim pode-se constatar que a utilização do FOM para nutrição da planta de milho é melhor que a adubação mineral em alguns aspectos.

Palavras-chave: Nutrição de plantas; Adubação; Resíduos.

ABSTRACT

Brazil has been going through a crisis due to the increase in the cost of fertilizers, most of which are imported. To address this situation, which raises production costs and reduces the competitiveness of Brazilian agriculture, with devastating economic, social, and environmental effects, there has been a concentrated effort in recent years to generate public policies focused on seeking low-cost fertilizers using local sources. This requires the development of innovative products and processes that ensure efficiency in crop fertilization while maintaining affordable costs and reducing external dependence. In this context, the present study aimed to test the efficiency of an organomineral fertilizer formulated from renewable resources in the region of Ivaiporã, Paraná. To assess the efficiency of this fertilizer, the Pioneer 3282VYH maize cultivar was used, planted in 15-liter pots in the greenhouse of the Federal Institute of Paraná - Campus Ivaiporã. The organomineral fertilizer (FOM) was composed of chicken manure from the sixth batch, charcoal residue, rock powder, effective microorganisms, Diammonium Phosphate (DAP), and Potassium Chloride. For the test using only minerals, Diammonium Phosphate (DAP) and Potassium Chloride (KCl) were used. The doses were calculated according to the crop's needs. The experiment was conducted using a completely randomized design (DIC) with 4 treatments and 5 repetitions. The treatments were as follows: T1 - control; T2 - mineral fertilization with the 12-32-15 formulation, applying the equivalent of 262 kg ha⁻¹; T3 - 100% recommended dose of organomineral fertilizer with the 6-16-8 formulation, applying the equivalent of 550 kg ha⁻¹; T4 - 80% recommended dose of organomineral fertilizer with the 9-16-6 formulation, applying the equivalent of 440 kg ha⁻¹. The maize was harvested at 60 DAS (days after sowing) for evaluation, including measurements of dry and green matter of the aboveground and root parts, stem diameter, plant height, and visual diagnosis of deficiency symptoms. All fertilized treatments were superior to the control, except for the stem diameter evaluation, where the mineral fertilization was statistically equal to the control, but also equal to the fertilizations performed with FOM. For the variables of root dry matter and aboveground green matter, the treatment with 100% dose of FOM was superior to the other treatments. Thus, it can be concluded that the use of FOM for maize plant nutrition is better than mineral fertilization in some aspects.

Keywords: Plant nutrition; Fertilization; Residues.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Demonstração do ensaio na casa de vegetação, imagem (a) representando o milho com 6 DAS e imagem (b) demonstrando o desbaste do milho com 15 DAS.....	11
Figura 2	- Utilização do tensiômetro para avaliação de umidade do solo.....	12
Figura 3	- Pesagem da matéria verde da parte aérea (a) e pesagem da matéria verde da raiz (b).....	13
Figura 4	- Pesagem da matéria seca da parte aérea (a) e pesagem da matéria seca da raiz (b).....	13
Figura 5	- Medição da altura de plantas com fita métrica (a) e diâmetro de colmo com paquímetro (b).....	14
Figura 6	- Testemunha com deficiência de N e K aos 30 DAS.....	27
Figura 7	- Testemunha aos 60 DAS apresentando deficiência de N e K (a); deficiência de Ca (b) e deficiência de Mg (c).....	28
Figura 8	- Tratamento com mineral aos 30 DAS apresentando deficiência de K.....	29
Figura 9	- Tratamento com mineral aos 60 DAS, imagem (a) apresentando deficiência de P; imagem (b) apresentando deficiência de N; imagem (c) apresentando deficiência de K.....	29
Figura 10	- Tratamento com 100% da dose de FOM aos 30 DAS apresentando deficiência de N (a) leve sintomas de deficiência de P e K (b).....	30
Figura 11	- Tratamento com 100% da dose de FOM aos 60 DAS apresentando sintomas de deficiência de K (a) e deficiência de N (b).....	30
Figura 12	- Tratamento com 80% da dose de FOM aos 30 DAS apresentando leve sintomas de deficiência de P (a) e sintomas de deficiência de K (b).....	31
Figura 13	- Tratamento com 80% da dose de FOM aos 60 DAS apresentando sintomas de deficiência de N e K (a) e deficiência de K (b).....	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Atributos químicos do solo coletado na propriedade, situada em Ivaiporã – PR.....	10
Tabela 2	- Resumo da análise de variância para as características massa verde de raiz (MVRaiz), massa verde de parte aérea (MVAérea), massa seca de raiz (MSRaiz), massa seca de parte aérea (MSAérea), altura de plantas (ALT) e diâmetro de colmo (DIAM) avaliados na cultura do milho (casa de vegetação, Instituto Federal do Paraná), Ivaiporã – PR, 2023.....	23
Tabela 3	- Desdobramento das médias para as variáveis matéria verde e seca da raiz do milho.....	24
Tabela 4	- Comparação da avaliação de matéria verde e seca da parte aérea milho entre os tratamentos.....	25
Tabela 5	- Altura de plantas de milho tratadas com tipos e doses de fertilizantes.....	26
Tabela 6	- Médias para avaliação de diâmetro de colmo para os diferentes tratamentos.....	26

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	10
2.1	DETERMINAÇÃO DE MATÉRIA FRESCA E SECA DA PARTE AÉREA E RAÍZES DO MILHO.....	12
2.2	DETERMINAÇÃO DE DIÂMETRO DE COLMO E ALTURA DE PLANTA.....	14
2.3	ASPECTOS DE DIAGNOSE VISUAL DOS SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA DO MILHO.....	14
2.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	15
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
3.1	ASPECTOS GERAIS E A IMPORTÂNCIA DA CULTURA DO MILHO.....	16
3.2	CARACTERIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE ORGANOMINERAIS COMO FORMA ALTERNATIVA DE ADUBAÇÃO.....	17
3.3	ASPECTOS DA UTILIZAÇÃO DA CAMA DE FRANGO COMO INSUMO PARA A PRODUÇÃO DE FERTILIZANTES.....	18
3.4	A UTILIZAÇÃO DE MICRORGANISMOS EFICAZES NA AGRICULTURA PARA MELHORAR A DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES.....	19
3.5	O PÓ DE ROCHA DE ROCHA COMO REMINERALIZADOR PARA O SOLO.....	20
3.6	AValiação de parâmetros agronômicos da cultura do milho.....	21
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
4.1	MATÉRIA SECA E VERDE DA PARTE AÉREA E RAIZ, ALTURA DE PLANTAS E DIÂMETRO DE COLMO.....	23
4.2	DIAGNOSE VISUAL DAS DEFICIÊNCIAS DE NUTRIENTES NO MILHO.....	27
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	33
	REFERÊNCIAS.....	34

1 INTRODUÇÃO

O Brasil sofre com a constante dependência da importação de adubos minerais para a utilização na agricultura. Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) 2022, a quantidade importada de 2021 foi 22% maior que em 2020, indicando que cada vez mais o país está dependente da importação de insumos para a produção de alimentos. Isso ocasiona também uma vulnerabilidade às oscilações de preço ditadas pelo mercado internacional, sendo que uma grande parte da economia brasileira é provinda do agronegócio.

O milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas mais importantes no âmbito mundial, pela sua alta produção e papel fundamental na segurança alimentar e na economia de diversos países, pelos subprodutos obtidos através dele. O Brasil é o segundo maior produtor de milho do mundo, com uma produção de 113 milhões de toneladas do grão na safra 21/22 segundo a Conab (2022), sendo o Paraná o terceiro estado que tem a maior produção, ficando atrás apenas do Mato Grosso.

Neste contexto, o uso de adubos organominerais tem se destacado como uma alternativa viável e sustentável para a fertilização dos solos e a promoção do crescimento e desenvolvimento das culturas. Os adubos organominerais combinam as propriedades benéficas dos fertilizantes orgânicos e minerais, fornecendo nutrientes essenciais às plantas e melhorando as características físicas, químicas e biológicas do solo. Além disso, a adoção dessa prática pode contribuir para a redução da dependência dos fertilizantes minerais.

Visando isso, o presente trabalho de conclusão de curso teve como objetivo geral avaliar a eficiência agronômica do uso de adubos organominerais na cultura do milho. Avaliar a eficiência agronômica e viabilidade técnica do uso do fertilizante organomineral comparado ao adubo mineral no cultivo do milho, mensurando os benefícios da adubação e os ganhos em produtividade. E como objetivo específico avaliar o diâmetro do colmo, altura de plantas, matéria seca e fresca das raízes e parte aérea; e verificar os sintomas de deficiência de macronutrientes que se apresentaram na cultura durante o experimento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O solo que foi utilizado para o experimento foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, que foi coletado na propriedade situada na Latitude 24° 15' 42.8``S e Longitude 51° 40' 33.2"W, em uma área anteriormente cultivada com feijão. Foram coletadas amostras de solo com trado holandês para análise química (Tabela 1) de 0 a 20 cm de profundidade (SILVA, 2009).

Tabela 1: Atributos químicos do solo coletado na propriedade, situada em Ivaiporã – PR

MO	P	pH	K	Al ³⁺	H+Al	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	V	m
g dm ⁻³	mg dm ⁻³	CaCl ₂			cmol _c dm ⁻³				-----%	
3,1	6,5	4,8	0,39	0,2	5,3	4,5	1,7	6,5	55	3

Nota: MO = Matéria orgânica; P = Fósforo; K = potássio; Al = Alumínio; H+Al = Hidrogênio + Alumínio; Ca = Cálcio; Mg = Magnésio; SB = Saturação de Bases; V = percentagem de saturação por bases; m = Saturação por alumínio.

O solo foi destorroado e peneirado com malha 4 mm. Aplicou-se o equivalente a 10 gramas de cal hidratado em volumes de terra que iria ser dispostos nos vasos, para elevação da saturação de base a 70%, conforme o método de cálculo de calagem baseado na elevação da porcentagem de saturação de bases. Utilizou-se vasos com capacidade de 14 dm⁻³, contendo 13 dm⁻³ de solo.

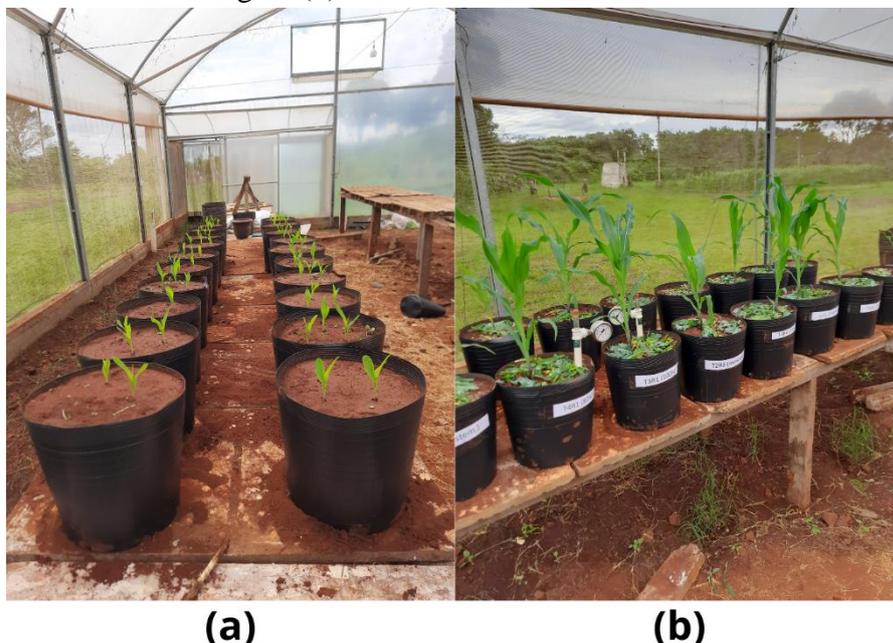
O ensaio foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), pelo fato das unidades experimentais serem homogêneas, com a distribuição aleatória na estufa, constando de quatro tratamentos e cinco repetições cada constituídos de: T1- testemunha sem adubo; T2- com adubo mineral (NPK), nas doses 193 kg ha⁻¹ de Fosfato diamônico (DAP) e 69 kg ha⁻¹ de Cloreto de Potássio (KCl), sendo uma formulação igual 12-32-15; T3- adubo organomineral com 100% da recomendação (FOM 100%), aplicado 550 kg ha⁻¹; T4 - adubo organomineral com 80% da recomendação 440 kg ha⁻¹ (FOM 80%).

O organomineral foi constituído de cama de frango de sexto lote, pó de rocha basáltica, resíduo de carvoaria, microrganismos eficazes, Fosfato diamônico (DAP) e Cloreto de Potássio (KCl). As misturas foram feitas em laboratório e pesadas em copinhos plásticos, conforme a necessidade da cultura segundo o Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Paraná (PAULETTI; MOTTA, 2019), foram dispostas no vaso a cinco centímetros abaixo da superfície. A formulação para o adubo organomineral foi 6-16-8. Foi realizada a aplicação de Ureia em cobertura em estágio de desenvolvimento V4, no qual foi incorporada superficialmente em dose equivalente a 110 kg ha⁻¹ de Nitrogênio, incorporado

superficialmente no vaso.

A planta teste utilizada foi o milho (*Zea mays* L.), cultivar Pionner 3282VYH, sendo ela uma das mais utilizadas na região por apresentar ciclo precoce e por apresentar excelente estabilidade produtiva, excelente qualidade de colmo e de raiz, ótimo potencial produtivo e boa sanidade foliar. A cultura foi semeada no dia 22 de fevereiro de 2023, com três sementes por vaso, na profundidade de três centímetros e aos 15 dias após a semeadura (DAS) foi realizado o desbaste, mantendo apenas uma planta por vaso e as plantas desbastadas foram picadas e depositadas na superfície do respectivo vaso (Figura 1), conforme Tiritan *et al.* (2010), modificado.

Figura 1: Demonstração do ensaio na casa de vegetação, imagem (a) representando o milho com 6 DAS e imagem (b) demonstrando o desbaste do milho com 15 DAS



Fonte: Autor, 2023

O monitoramento da umidade foi realizado com dois tensiômetros instalados em dois vasos (Figura 2) e foi mantido a umidade entre -10 e -20 kPa, conforme Marouelli (2008). A rega foi realizada com água potável, de poço semiartesiano, sempre adicionando aos poucos para que não houvesse erosões. E foi realizado a quebra do encrostamento da terra, sempre que está apresentava aspecto rígido.

Figura 2: Utilização do tensiômetro para avaliação de umidade do solo.



Fonte: Autor, 2023

As variáveis avaliadas foram: matéria fresca e seca de parte aérea e de raízes, diâmetro de colmo e altura de planta. também foram observados os sintomas característicos de deficiências nutricionais

2.1 DETERMINAÇÃO DE MATÉRIA FRESCA E SECA DA PARTE AÉREA E RAÍZES DO MILHO

Para a determinação da matéria fresca das raízes e parte aérea (Figura 3), as plantas foram colhidas e separadas a parte aérea das raízes, em seguida, as raízes foram lavadas a fim de tirar a terra presente nelas e esperou até que elas secassem, após isso tanto as duas partes de cada planta foram levadas para o laboratório para aferição da pesagem. Em seguida as partes foram secas em estufa de circulação forçada a 70°C até atingirem peso constante, para determinar a matéria seca das raízes e parte aérea (Figura 4), utilizando o método de Von pinho *et al.* (2009).

Figura 3: Pesagem da matéria verde da parte aérea (a) e pesagem da matéria verde da raiz (b)



(a)

(b)

Fonte: Autor, 2023

Figura 4: Pesagem da matéria seca da parte aérea (a) e pesagem da matéria seca da raiz (b)



(a)

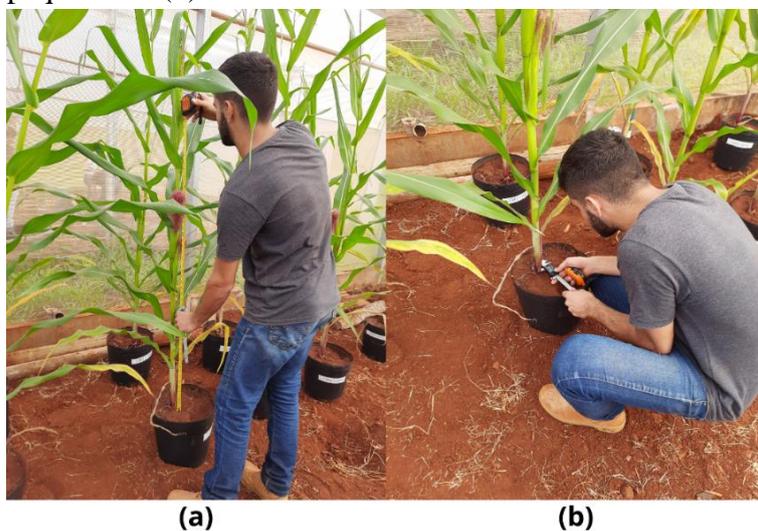
(b)

Fonte: Autor, 2023

2.2 DETERMINAÇÃO DE DIÂMETRO DE COLMO E ALTURA DE PLANTA

Para a aferição do diâmetro de colmo e altura de plantas, foi utilizado o método de Francis *et al.* citado por Santos *et al.* (2017), modificado, no qual realizou a medição do diâmetro em uma altura de um centímetro do solo com um paquímetro digital e para altura de plantas, foi realizado a aferição do tamanho desde o solo até a curvatura da última folha, utilizando de fita métrica, assim como demonstrado na Figura 5.

Figura 5: Medição da altura de plantas com fita métrica (a) e diâmetro de colmo com paquímetro (b)



Fonte: Autor, 2023

2.3 ASPECTOS DE DIAGNOSE VISUAL DOS SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA DO MILHO

Para determinação do diagnóstico visual foi utilizada a metodologia de Ferreira (2012), modificado. No qual foi observado os sintomas aos 30 dias após a semeadura e aos 60 dias após a semeadura, registrado com imagens.

2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise de variância foi realizada com o auxílio do procedimento Proc GLM do programa SAS Statistical Analysis System (LITTEL *et al.*, 2006). Uma vez que houve diferenças significativas, pelo teste F, para as características avaliadas, aplicou-se o teste de comparações múltiplas pela metodologia de Tukey a 5% de probabilidade.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 ASPECTOS GERAIS E A IMPORTÂNCIA DA CULTURA DO MILHO

O milho é considerado uma gramínea, pertencente à família *Poaceae*, tendo como espécie cultivável a *Zea mays* L. (MAGALHAES; SOUZA, 2015). Pelos estudos acredita-se que ele é originário da América central, mais precisamente no México, sendo cultivado pelos povos nativos de lá, conhecidos como os Astecas, tendo sido desenvolvido nos últimos 8 mil anos. Esse povo conseguiu domesticar o milho e por conta da seleção conseguiram produzir uma enorme quantidade de variedades. Porém a sua disseminação por todo o planeta ocorreu com os europeus que chegaram em 1492, para eventual colonização do continente (UDRY; DUARTE, 2000)

A cultura se destaca pela alta produção, sendo um dos cereais mais cultivados pelo mundo. É uma das espécies de maior interesse econômico, por fornecer diversas opções de subprodutos, desde alimentação animal, em forma de ração ou processado, até como forma de alimentação humana (PATERNIANI; DENUCCI, 2022). No Brasil ele é o segundo cereal mais produzido, com produção de 113,2 milhões de toneladas na safra 2021/2022 (CONAB, 2022a).

A produção brasileira está concentrada em maior parte no estado do Mato Grosso, tendo uma área de produção de 11,1 milhões ha na safra de 21/22, tendo uma produção de 41,5 milhões de toneladas. O Estado do Paraná fica em terceiro lugar tanto em área cultivável, quanto em produção (CONAB, 2022a).

Além de ser uma cultura de grande importância para o agronegócio brasileiro, ela também está muito presente na agricultura familiar, no qual se faz necessário para a alimentação do rebanho bovino (MUNARETTO, 2014). Porém essa cultura vem perdendo enfoque nos últimos anos pelo elevado custo de produção, sendo necessário a utilização de recursos que façam com que esse custo diminua. Para a diminuição do custo uma das formas é a utilização de adubos organominerais que são mais baratos e trazem benefícios ao solo, deixando resquícios para as outras culturas e conseqüentemente diminuindo o custo de produção tanto do milho quanto das culturas subseqüentes.

3.2 CARACTERIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE ORGANOMINERAIS COMO FORMA ALTERNATIVA DE ADUBAÇÃO

O aumento na produtividade das mais diversas culturas de grãos ocasionado pelo desenvolvimento tecnológico, provocou o aumento na quantidade de adubos utilizados para o fornecimento de nutrientes necessários (CHICONATO *et al.*, 2013). O Brasil em 2021 atingiu nível recorde de importação de fertilizantes agrícolas, sendo que o total importado entre janeiro e dezembro chegou a 41,6 milhões de toneladas em comparação a 2020 no qual foi cerca de 34,25 milhões de toneladas, um acréscimo de aproximadamente 22% (CONAB, 2022b). Levando em consideração a dependência do Brasil na importação e oscilação de preços dos adubos minerais (OLIVEIRA; MALAGOLLI; CELLA, 2019), observa-se uma demanda alta pela busca de novas fontes de nutrientes renováveis.

Segundo a Instrução Normativa Nº 61, DE 08 DE JULHO DE 2020, os fertilizantes organominerais são produtos derivados de misturas físicas ou combinações de fontes minerais e orgânicas. Para ser considerado pela legislação o fertilizante organomineral sólido deve ter as seguintes características: mínimo de 8% de carbono orgânico; máximo de 20% de umidade; CTC mínima de 80 cmolc kg⁻¹; a somatória de macronutrientes primários sendo eles NPK, NP, NK ou PK deve ser no mínimo de 5%, sendo que podem ser adicionados macronutrientes secundários ou micronutrientes.

Os fertilizantes organominerais são uma ótima alternativa para a substituição por apresentarem algumas características favoráveis, tanto sociais, quanto para o meio ambiente e solo. Dessas pode-se citar o baixo custo de matéria-prima, que são resíduos de indústrias tanto da agroindústria como de outros setores, alguns deles não possuem destinação inapropriada, mas que podem ser utilizados na composição de um organomineral (KINPARA, 2020). Além disso, a aplicação de organominerais possibilita o reaproveitamento de componentes químicos importantes, como Nitrogênio, Fósforo e Potássio (NPK) e micronutrientes. A adição de matéria orgânica ao solo auxilia na melhoria da sua estrutura física e na capacidade de retenção de água, assim como no fornecimento de nutrientes às plantas. Isso resulta no aumento da produção e na melhoria da qualidade dos alimentos (IPEA, 2012).

Pereira, 2019 verificou em seu trabalho que a utilização de organomineral na planta de milho, teve uma melhor resposta nas variáveis de comprimento de espiga, diâmetro de espiga, número de fileiras de grãos e de grãos por fileira em relação ao adubo mineral e a testemunha. Sendo assim pode ser observado, que o organomineral tem vantagens na disponibilidade de nutrientes para a planta em relação ao mineral, fazendo dele uma fonte

muito viável para o uso na agricultura.

Os organominerais podem ser compostos por fontes orgânicas de diferentes tipos, dentre elas se destacam o esterco bovino e a cama de frango, entre outras. A cama de frango é uma das composições de maior rendimento, no qual a coleta dela é de fácil manuseio em comparação com o esterco bovino, sendo o dejetos de aviários que necessitam ser retirados para a obtenção de novos lotes de frangos.

3.3 ASPECTOS DA UTILIZAÇÃO DA CAMA DE FRANGO COMO INSUMO PARA A PRODUÇÃO DE FERTILIZANTES

A cama de frango tem a principal função de evitar o contato das aves com o piso, promover a absorção e evaporação das excretas, reduzir as oscilações de temperatura nas instalações de criação e aumentar a eficiência da produção, sendo uma prática que é utilizada a muito tempo (SILVA, 2011). Ela pode ser constituída de vários materiais que são absorventes, sendo os mais comuns para utilização a maravalha, casca de café, sabugo de milho triturado, capins, restos de culturas, casca de arroz e casca de amendoim (VIEIRA, 2011). A casca de arroz utilizada como constituinte da cama de frango, é o material que melhor disponibiliza os nutrientes para a planta em relação a serragem, por ter uma relação C/N menor, isso favorece o incremento na produção de biomassa (TORALES, 2019).

Considerada uma importante fonte de nutrientes, a cama de frango disponibiliza dos principais macronutrientes, sendo o Nitrogênio, Fósforo, Potássio e Cálcio, e disponibiliza de micronutrientes como o cobre, ferro, zinco, arsênio, sódio, cloro, manganês e magnésio. A proporção e quantidade de nutrientes presentes na cama de frango varia conforme o número de lotes em que ela foi utilizada e os diferentes tipos de substratos (FUKAYAMA, 2008). Além disso, seu uso aumenta a matéria orgânica do solo, melhora as propriedades físicas, diminuindo conseqüentemente os riscos de erosão no solo, melhora a aeração, aumenta a capacidade retenção de água e cria um ambiente mais favorável para o desenvolvimento da flora microbiana do solo (BLUM *et al.*, 2003).

Avila *et al.* (2007), concluiu que a cama de frango reutilizada em até seis lotes tem um valor agregado para a utilização como fertilizante e reduz o pH dela, sendo muito vantajoso para a aplicação como nutrientes para as mais diversas culturas.

Saldanha e Ribeiro (2021) pode constatar em seu trabalho com alface que a aplicação de cama de frango em dose de 20% e 30% em relação a quantidade de solo, foi benéfico para

a planta em aspectos como altura, matéria fresca e matéria seca das plantas, sendo uma ótima forma de adubação de forma inteiramente orgânica.

Tendo em vista os benefícios da utilização da cama de frango como adubo orgânico, sabe-se que uma parte dos nutrientes presentes nela não são prontamente disponíveis para a planta, sendo assim interessante a utilização de microrganismos eficazes, que irão auxiliar na decomposição da matéria orgânica, disponibilização do fósforo, entre vários outros benefícios que estes podem oferecer tanto para a planta quanto para a biota do solo.

3.4 A UTILIZAÇÃO DE MICRORGANISMOS EFICAZES NA AGRICULTURA PARA MELHORAR A DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES

Os Microrganismos Eficientes (EMs) são constituídos por microrganismos naturalmente presentes em solos férteis, sem influência humana, como é o caso das florestas nativas. Este grupo inclui, por exemplo, actinomicetos, leveduras e bactérias fermentadoras de lactose, entre outros (SIQUEIRA; SIQUEIRA, 2013 citado por MACHADO, 2021). Eles são responsáveis por processos que ocasionam a melhora biológica do solo em questão de produtividade e fornecimento de nutrientes para as plantas (DOURADO, 2018).

Os microrganismos se alimentam de matéria orgânica, como restos de plantas e animais, e ao decompor essa matéria, liberam compostos menores no ambiente. Esses compostos incluem nutrientes, hormônios e vitaminas, que alimentam tanto a comunidade microbiana quanto animais e plantas. Além disso, liberam compostos que ajudam as plantas a resistirem a insetos e doenças. A decomposição da matéria orgânica no solo tem vários benefícios, pois aumenta a diversidade de microrganismos que ajudam a estruturar o solo, melhorando a agregação das partículas minerais e evitando a compactação. Isso resulta em solo mais poroso, com maior capacidade de absorver água. Em um solo vivo e saudável, esses microrganismos transformam a matéria orgânica, proporcionando condições para o crescimento de plantas vigorosas e produtivas, como ocorre nas florestas, e fornecendo alimento para toda a vida na terra (ANDRADE, 2020).

Paiva *et al.* (2017), estudando o efeito da adubação fosfatada organomineral com pulverização de inoculante contendo microrganismos solubilizadores, aliado aos benefícios da fonte organomineral, verificaram que a presença de microrganismos solubilizadores de P resultou em aumento da disponibilidade de P para uso pelas plantas. Este efeito positivo pode ser comprovado também pelo teor disponível de P no solo, que foi maior no organomineral

associado aos microrganismos em relação aos tratamentos testemunhas e organomineral é igual ao tratamento com adubo mineral. Sendo assim, a adição de microrganismos eficientes na mineralização dos nutrientes é importante.

Tupy, 2022 em seu trabalho constatou que a aplicação de EM no solo, teve efeito positivo características da planta aumentando o tamanho das raízes e a biomassa e promovendo maior tolerância ao estresse hídrico em comparação ao controle. Outros aspectos que foram observados uma melhora nas plantas foram os de tamanho de raiz e peso seco em gramas. Foi constatado também que os solos que foram inoculados a mais de um ano antes do experimento possuíam uma diversidade superior devido ao maior tempo de adaptação dos microrganismos no ambiente.

3.5 O PÓ DE ROCHA DE ROCHA COMO REMINERALIZADOR PARA O SOLO

O pó de rocha é utilizado na agricultura a muito tempo, sendo caracterizado com a técnica de rochagem, porém é um método ainda pouco estudado. Ela consiste na aplicação da rocha após ser moída e tornando-se uma espécie de pó, disponibilizando nutrientes tanto para as plantas, quanto para o solo. É uma técnica que tem um grande potencial de sustentabilidade, pois utiliza resíduos de mineração, nos quais não se tem destino certo, reduz problemas do uso indiscriminado de fertilizantes químicos, reduzindo os custos para o agricultor (SILVEIRA, 2016).

Apesar de não ser tão recente o termo rochagem, ele vem sendo muito estudado por grandes empresas, principalmente depois que o Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), através da Lei 12.890 de 10 de dezembro de 2013 e a Instrução Normativa nº 5, de 10 de março de 2016, regulamentaram a produção, registro e comércio do pó de rocha na agricultura, passando a ser conhecido como “Remineralizadores” do solo (BRASIL, 2016).

Pesquisas demonstraram que o uso de pó de rocha em substituição total ou parcial de fertilizantes tem demonstrado resultados promissores, como elevação do pH, aprimoramento da estrutura do solo e fornecimento de macro e micronutrientes. A maior parte desses resultados e do volume de estudos tem sido observada na agricultura familiar e em sistemas de produção agroecológica (THEODORO *et al.*, 2006; BRANDÃO, 2012).

Em trabalho com a cultura do milho Almeida Júnior *et al.* (2020), verificou que a aplicação do pó de rocha basáltica, apresentou rendimentos consideráveis em quesitos como

plantas por metro, produtividade em quilogramas por hectare e peso de mil grãos. Sendo uma opção viável para a cultura do milho.

3.6 AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS AGRONÔMICOS DA CULTURA DO MILHO

Para se ter base de alguma resposta que o milho possa sofrer sobre os diferentes tipos de adubação, podemos utilizar de alguns fatores de medida, os quais irão indicar se a resposta a certo tipo de adubação foi benéfica ou não para a planta; dentre essas respostas, pode-se citar a quantidade de matéria fresca e seca da planta, diâmetro de colmo e altura da planta e alguns aspectos visuais que dão o indicativo da falta de algum nutriente para a planta.

A importância de se ter um bom diâmetro de colmo se dá pelo fato de que ele atua como principal parte da planta que armazena sólidos solúveis, nos quais serão utilizados posteriormente na formação de grãos. Sendo assim um colmo com maior diâmetro pode ser um indicativo de aumento de produtividade e uma planta mais vigorosa e que suporta melhor o acamamento. E a altura de plantas pode ocasionar com que diminua o tombamento da planta (BRITO *et al.*, 2014).

O teor de matéria seca no milho está relacionado diretamente ao acúmulo de nutrientes, este pode ser muito favorável na hora da colheita, pois quanto maior o teor de matéria seca maior será a palhada propiciando um alto valor de nutrientes que voltam para o solo (SILVA, 2015). A produção de matéria verde na planta é de grande importância para os agricultores que fazem silagem ou usam como alimentação animal. Quanto maior a matéria verde, mais rentável esta planta é, sendo que, com essa análise, podemos dizer se esta planta assimilou mais nutrientes em suas estruturas do que outras plantas iguais a ela (CÂNDIDO; FURTADO, 2020).

Os nutrientes são de extrema importância para as plantas, sendo que na falta de alguns deles a planta pode não terminar o seu ciclo. Esses nutrientes são classificados na forma de necessidade da planta, sendo os macronutrientes e os micronutrientes. Podemos observar de forma mais clara a ausência de macronutrientes nas plantas, sendo que quando há falta deles a planta apresenta sintomas característicos, porém a falta de micronutrientes nas plantas também podem apresentar sintomas, sendo eles mais difíceis de diferenciar, também pode fazer com que a planta não assimile todos os macronutrientes disponíveis para ela (FERREIRA, 2012).

GONDIM *et al.* (2016) observando os sintomas visuais ocasionados pela ausência de macronutrientes na cultura do milho, pode constatar que estes são comuns para cada nutriente, nos quais se tornam perceptíveis pela sua constância e podem ser diagnosticados na própria lavoura. Os sintomas de deficiência, seja ela por macronutrientes e micronutrientes, causam uma perda na produtividade para o produtor, afetando o lucro final.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 MATÉRIA SECA E VERDE DA PARTE AÉREA E RAIZ, ALTURA DE PLANTAS E DIÂMETRO DE COLMO

Na tabela 2, são apresentados os dados da análise de variância para as características agronômicas matéria verde da raiz, matéria verde da parte aérea, matéria seca da raiz, matéria seca da parte aérea, altura de planta e diâmetro de colmo da planta nos tratamentos avaliados.

Tabela 2: Resumo da análise de variância para as características massa verde de raiz (MVRaiz), massa verde de parte aérea (MVAérea), massa seca de raiz (MSRaiz), massa seca de parte aérea (MSAérea), altura de plantas (ALT) e diâmetro de colmo (DIAM) avaliados na cultura do milho (casa de vegetação, Instituto Federal do Paraná), Ivaiporã – PR, 2023.

Fonte de Variação	GL	MVRaiz (g)	MVAérea (g)	MSRaiz (g)	MSAérea (g)	ALT (m)	DIAM (mm)
Adubações	3	21199,72**	39685,07**	255,68**	8978,53**	0,598**	10,183*
Adubações vs Testemunha	1	57877,20**	109215,57**	592,69**	23608,80**	1,774**	23,550**
Resíduo	15	600,06	617,09	10,312	491,32	0,015	1,448
Média		152,48	369,40	25,12	128,84	1,44	19,07
CV%		16,06	6,72	12,78	17,20	8,63	6,31

Nota: MVRaiz = Matéria verde da raiz; MVAérea = Matéria verde da parte aérea; MSRaiz = Matéria seca da raiz; MSAérea = Matéria seca da parte aérea; ALT = altura de planta; DIAM= diâmetro de planta.

*, **Significativo, pelo teste de F, a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

A partir desses resultados foi possível observar que para a fonte de variação tratamentos houve diferenças altamente significativas pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade, para a maioria das variáveis avaliadas. O mesmo foi observado para o contraste entre os tratamentos as testemunhas (Tabela 2).

A precisão experimental foi evidenciada pelo coeficiente de variação (CV%) que alcançou valores inferiores a 20% para a totalidade de variáveis avaliadas.

As médias apresentadas para matéria verde e seca das raízes dos tratamentos com adubação organomineral foram maiores que a testemunha, assim como o tratamento com adubação mineral (tabela 3).

Tabela 3: Desdobramento das médias para as variáveis matéria verde e seca da raiz do milho

Tratamentos	MVRaiz	MSRaiz
	-----g planta ⁻¹ -----	
Testemunha	59,31 c	15,604 c
Mineral	189,55 ab	26,458 b
FOM 100%	203,88 a	32,92 a
FOM 80%	157,19 b	26,294 b

Nota: MVRaiz = Matéria verde da raiz; MSRaiz = Matéria seca da raiz.

Médias seguidas pelas mesmas letras não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey a ($p < 0,05$).

Para MVRaiz, a adubação mineral foi igual aos tratamentos com FOM, porém o tratamento com 100% da dose recomendada de FOM foi superior comparado ao tratamento com 80% da dose recomendada de FOM.

Na avaliação da matéria seca da raiz o tratamento FOM 100% sobressaiu estatisticamente aos demais tratamentos. Em trabalho realizado por Rosa (2017) observou-se que o acúmulo de matéria seca da raiz no milho foi maior entre os estádios R1 e R4, sendo essa a fase de florescimento, em que ocorre a polinização, até a fase em que os grãos já estão formados. Indicando que o estágio fenológico que o milho foi colhido no qual era R1, a planta estava no período de maior acúmulo de matéria seca.

Considerando que a planta necessita estar bem nutrida para poder passar por estresses, a maior produção de MSRaiz pode indicar que a adubação com FOM 100% poderiam ser indicadas na nossa região.

Em média não foi observada diferença entre os tratamentos com mineral e FOM 80% (Tabela 3). Possivelmente porque a quantidade de nutrientes presentes no FOM 80% era equivalente ao mineral, mesmo tendo teoricamente uma menor quantidade de nutriente, o organomineral por apresentar matéria orgânica faz com que o aproveitamento destes nutrientes seja mais eficaz que o mineral.

A matéria orgânica presente no organomineral melhora as propriedades do solo como a estrutura, retenção de nutrientes, atividade microbiana e melhora da disponibilidade de água para as raízes (KINPARA, 2020). Isso explica o maior acúmulo de matéria seca na raiz da planta, com a utilização de FOM 100% e pelo fato da liberação gradual de P pela matéria orgânica presente ao longo do ciclo, no qual tem a ver diretamente com o desenvolvimento das raízes, porém mesmo com FOM 80%, ou seja, menos nutrientes disponíveis, obteve-se os resultados estatisticamente iguais a adubação mineral (Tabela 3).

Para a variável de matéria verde da raiz, os resultados foram semelhantes entre os tratamentos com adubação mineral e organomineral, provavelmente pelo fato da liberação rápida do N desde o início da cultura, tanto pela adubação mineral quanto com FOM.

Na tabela 4, para a variável de matéria verde da parte aérea pode-se observar que no tratamento com FOM 100% houve uma maior produção de massa que os demais tratamentos com mineral e FOM 80%, porém todos eles foram superiores a testemunha. Esses resultados foram obtidos também por Pereira (2019), na qual realizou testes com a planta de milho, utilizando de organomineral comercial em comparação com adubação mineral e obteve maior massa verde da parte aérea em seus estudos. Na comparação entre FOM 100% e FOM 80%, a diferença pode ter ocorrido pela maior quantidade de nutrientes disponível.

Tabela 4: Comparação da avaliação de matéria verde e seca da parte aérea milho entre os tratamentos

Tratamentos	MVAérea	MSAérea
	-----g planta ⁻¹ -----	
Testemunha	241,41 c	69,33 b
Mineral	399,69 b	164,79 a
FOM 100%	447,73 a	152,37 a
FOM 80%	388,77 b	128,87 a

Nota: MVAérea = Matéria verde da parte aérea; MSAérea = Matéria seca da parte aérea.
Médias seguidas pelas mesmas letras não são significativamente diferentes ($p < 0,05$).

A superioridade média para massa verde da parte aérea presente no tratamento FOM 100% mostra a eficiência deste para o uso na produção de silagem, por apresentar matéria orgânica, contribui para a disponibilidade de nutrientes para a planta.

Já para a massa seca da parte aérea, não houve diferença entre as adubações mineral e a organomineral, no entanto todos foram superiores em relação a testemunha (Tabela 4). Os resultados coincidem com o trabalho feito por Costa *et al.* (2011), no qual verificou-se que não houve diferença entre os tratamentos com adubação orgânica, organomineral e mineral na cultura do milho para massa de matéria seca da parte aérea.

A massa seca produzida pela parte aérea da planta é um indicativo se a cultura irá disponibilizar de uma boa palhada na hora da colheita, sendo que quanto maior é o a quantidade de matéria seca presente maior será a cobertura proporcionada. Segundo Cogo, Levien e Schwarz (2003), a camada formada pelos restos culturais deixados na superfície exerce um impacto direto e eficiente na diminuição da erosão causada pela água, devido à redução da energia cinética das gotas de chuva. Isso resulta na diminuição da quebra das partículas de solo e do fechamento da sua superfície, ao mesmo tempo em que aumenta a capacidade de infiltração da água.

A diferença de resposta entre os tratamentos FOM 100% e mineral para os quesitos MVAérea e MSAérea pode ter sido dada pelas folhas do tratamento com mineral entraram em senescência mais precocemente, perdendo a capacidade fotossintética e por assim perdendo o

conteúdo de água presente. Já no tratamento FOM 100% as folhas ainda estavam fotossinteticamente ativa, ou seja, possuíam água. Quando secas para determinação de matéria seca essa água foi removida, ficando apenas os fotoassimilados no qual o resultado foi semelhante dos tratamentos. Possivelmente essas folhas ativas no tratamento FOM 100% ajudariam posteriormente na produção de grãos, funcionando com fonte para planta.

De acordo com o desdobramento das médias, demonstrou que não houve diferença para a altura de plantas entre as adubações mineral e organomineral, sendo que todos diferiram apenas do tratamento testemunha, esses resultados são demonstrados na tabela 5.

Tabela 5: Altura de plantas de milho tratadas com tipos e doses de fertilizantes

Tratamentos	Altura de plantas m planta ⁻¹
Testemunha	0,926 b
Mineral	1,580 a
FOM 100%	1,578 a
FOM 80%	1,666 a

Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras não são significativamente diferentes ($p < 0,05$).

Os mesmos resultados foram obtidos por Oliveira (2018), no qual realizou testes em plantas de milho e observou que não obteve diferença em relação à altura das plantas que foram testadas com adubação mineral e organomineral comercial, mostrando que tanto o tratamento com mineral quanto o com adubo organomineral possuem a mesma eficiência para essa variável.

Segundo Possamai, Souza e Galvão (2001), a altura de planta está diretamente ligada as perdas e a pureza dos grãos, sendo que plantas mais altas e com inserção de espigas mais altas também, levam vantagem neste quesito diminuindo a ocorrência na hora da colheita.

Para a característica de diâmetro de colmo, podemos observar que o tratamento com mineral não diferiu da testemunha e nem dos tratamentos com FOM. No entanto, estes foram significativamente superior ao tratamento testemunha (Tabela 6). Esses resultados diferem dos encontrados por Oliveira (2018) que, ao avaliar a adubação organomineral e mineral, constatou que a adubação com FOM obteve maior diâmetro de colmo que o tratamento com mineral.

Tabela 6: Médias para avaliação de diâmetro de colmo para os diferentes tratamentos

Tratamentos	mm planta ⁻¹
Testemunha	17,1940 b
Mineral	18,7340 ab
FOM 100%	20,1900 a
FOM 80%	20,1760 a

Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras não são significativamente diferentes ($p < 0,05$).

Por se tratar de um órgão de reserva para as plantas, o diâmetro do colmo está correlacionado com a produtividade, estando diretamente ligado com a produção de grãos por conta da reserva de fotoassimilados (CRUZ *et al.*, 2007). Segundo Kappes *et al.* (2011) o diâmetro de colmo está relacionado com o acamamento e quebramento da planta por ocasião da colheita, no qual quanto maior o diâmetro do colmo menor será esse fator.

4.2 DIAGNOSE VISUAL DAS DEFICIÊNCIAS DE NUTRIENTES NO MILHO

A testemunha apresentou sintomas de deficiência de N e K aos 30 DAS, assim como visto na figura 6.

Figura 6: Testemunha com deficiência de N e K aos 30 DAS



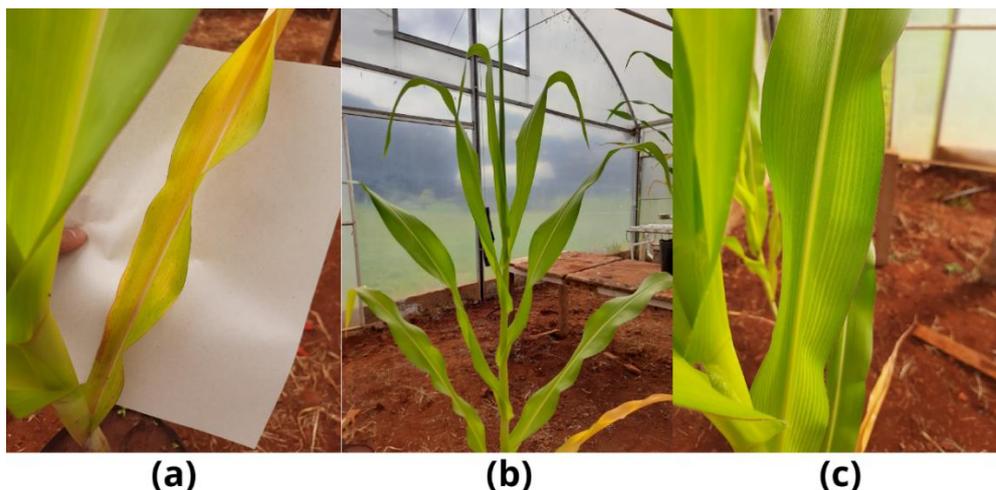
Fonte: Autor, 2023.

Os sintomas de deficiência de N são expressivos, sendo perceptível observando que as folhas mais velhas mudaram a coloração gradativamente de verde-escuro, para verde pálido em formato de “V” invertido, no qual progrediu para amarelo e posteriormente clorose (Figura 6). Já a deficiência de K é possível observar que inicialmente apareceu uma clorose discreta nas bordas das folhas mais antigas progredindo para necrose, afetando as extremidades das folhas (Figura 6)

Aos 60 DAS foi possível observar sintomas mais severos de deficiência de N e K, nos quais mantiveram ao longo da cultura e foi possível constatar sintomas de deficiência de Ca, no qual apresentou anormalidades nas folhas mais jovens, como um leve enrugamento nas

bordas e Mg no qual os primeiros sinais foram observados nas folhas mais antigas, exibindo clorose internerval e as folhas localizadas na parte inferior ficaram amareladas a partir das bordas em direção ao centro e, em seguida, entre as nervuras na planta, assim como apresentado na Figura 7.

Figura 7: Testemunha aos 60 DAS apresentando deficiência de N e K (a); deficiência de Ca (b) e deficiência de Mg (c)



Fonte: Autor, 2023.

Segundo Gondim (2016), a deficiência desses nutrientes está diretamente relacionada a menor produção de matéria seca da parte aérea e da raiz, e ao nanismo da planta o que foi possível observar ao longo do experimento.

Esses sintomas justificam o menor desempenho apresentado na testemunha para variáveis de matéria verde e seca da parte aérea e raiz e altura de planta, por consequência da menor área fotossintética apresentada, neste caso a produção de foto assimilados é menor que os demais tratamentos e possivelmente levando a menor produção em comparação com os demais tratamentos, mostrando assim a importância de uma adubação para o desenvolvimento.

Para o tratamento com adubação mineral foi possível observar que aos 30 DAS a planta apresentou deficiência de K nas folhas mais velhas (Figura 8).

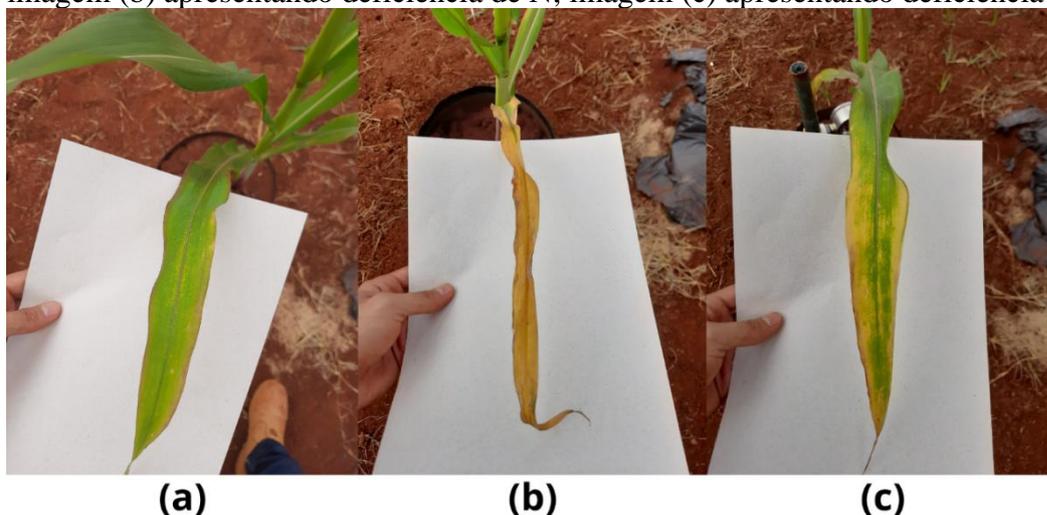
Figura 8: Tratamento com mineral aos 30 DAS apresentando deficiência de K.



Fonte: Autor, 2023.

Já aos 60 DAS (Figura 9) a planta continuou apresentando deficiência de N e K, e P no qual foi possível observar um leve arroxejamento das folhas mais velhas, sendo esse um sintoma bem característico.

Figura 9: Tratamento com mineral aos 60 DAS, imagem (a) apresentando deficiência de P; imagem (b) apresentando deficiência de N; imagem (c) apresentando deficiência de K



Fonte: Autor, 2023.

O leve sintoma de deficiência de P apresentado aos 60 DAS, pode explicar o porquê a planta apresentou matéria seca de raiz menor que o tratamento FOM 100%, pois este nutriente está ligado diretamente ao acúmulo de foto assimilados na raiz, sendo que a planta prioriza o crescimento da raiz ao longo do seu ciclo.

No tratamento com 100% da dose recomendada de FOM, aos 30 DAS (Figura 10) foi possível observar que a planta apresentou sintomas de deficiência de K e leve sintomas de deficiência de P.

Figura 10: Tratamento com 100% da dose de FOM aos 30 DAS apresentando deficiência de N (a) leve sintomas de deficiência de P e K (b)



(a)

(b)

Fonte: Autor, 2023

Já aos 60 DAS (Figura 11) os sintomas de P sumiram, apresentando leves sintomas de K e N.

Figura 11: Tratamento com 100% da dose de FOM aos 60 DAS apresentando sintomas de deficiência de K (a) e deficiência de N (b)



(a)

(b)

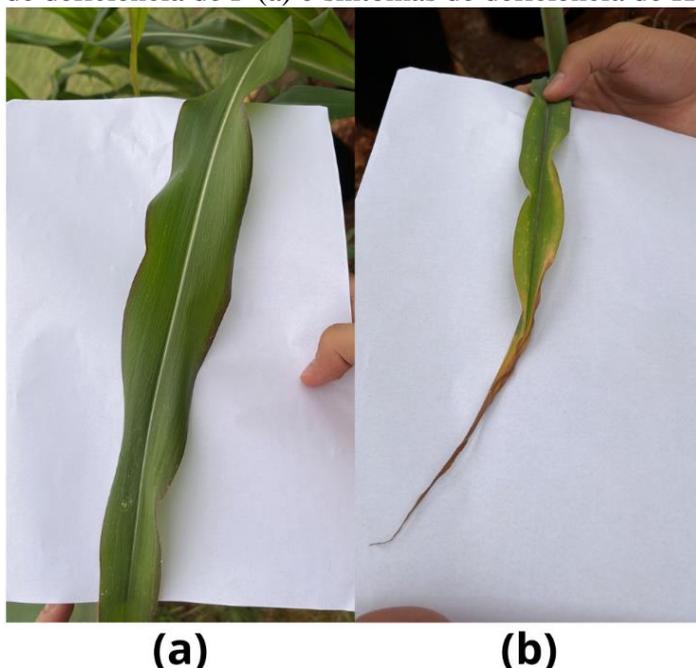
Fonte: Autor, 2023

A dinâmica de liberação de P nos organominerais é de forma mais gradual e lenta, isso explica o porquê a planta apresentou leves sintomas de deficiência de P aos 30 DAS (Figura 10) e as 60 DAS (Figura 11) esses sintomas tinham desaparecidos. Apesar disso os

sintomas que foram possíveis observar na planta eram menos rigorosos em comparação ao mineral, isso pode explicar o fato deste tratamento ter se sobressaído para os quesitos de matéria verde da parte aérea e matéria seca da raiz.

No tratamento com 80% da dose recomendada de FOM, aos 30 DAS (Figura 12) foi possível observar que a planta apresentou sintomas de deficiência de K e P.

Figura 12: Tratamento com 80% da dose de FOM aos 30 DAS apresentando leve sintomas de deficiência de P (a) e sintomas de deficiência de K (b).



Fonte: Autor, 2023

Aos 60 DAS (Figura 13) a planta apresentou leves sintomas de deficiência de N e K. Da mesma forma que o tratamento FOM 100%, a planta apresentou leves sintomas de deficiência de P aos 30 DAS, porém esses sintomas não foram mais observados aos 60 DAS.

Figura 13: Tratamento com 80% da dose de FOM aos 60 DAS apresentando sintomas de deficiência de N e K (a) e deficiência de K (b)



Fonte: Autor, 2023

Os sintomas de deficiência de nutrientes podem ser diferenciados pelo padrão apresentado na planta, já para as doenças não se tem um padrão, sendo que os sintomas podem aparecer da forma aleatória na planta como um todo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Houve eficiência agronômica do uso do adubo organomineral na cultura do milho, o que pode ser comprovado pelos resultados obtidos no experimento em casa de vegetação, tanto para a dose de 100% quanto para a de 80%, em comparação a testemunha. Sendo que o tratamento mineral não apresentou maiores médias que o organomineral em qualquer das doses, mesmo em comparação com a dose de FOM 80% no qual pressupõe-se que a quantidade de nutrientes é menor que o recomendado

Alguns sintomas iniciais de deficiência nutricional não persistiram nos tratamentos FOM, efetivando assim o pressuposto de que a liberação de nutrientes pelos organominerais é de forma gradual e mais lenta, no qual esse tipo de fertilizante possui em sua composição o mineral, para disponibilidade imediata de nutrientes na fase inicial do milho e, conforme a planta vai se desenvolvendo a uma liberação dos nutrientes pela forma orgânica.

Tendo em vista que a utilização do fertilizante organomineral para a agricultura é muito benéfica, pode-se realizar trabalhos sobre a viabilidade econômica do mesmo e outras possíveis fonte renováveis que podem ser utilizados como adubo para plantas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA JÚNIOR, Joaquim Júlio *et al.* Análise das variáveis tecnológicas do milho em função das doses crescentes de condicionador pó de rocha. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.6, n.11, p.88440-88446, 2020. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/ojs/index.php/BRJD/article/view/19917/15961>. Acesso em: 29 nov. 2022

ANDRADE, Fernanda Maria Coutinho de. **Caderno dos microrganismos eficientes (E.M.):** instruções práticas sobre uso ecológico e social do EM. Instruções práticas sobre uso ecológico e social do EM. 2020. Universidade Federal de Viçosa/Departamento de Fitotecnia. Disponível em: <https://vilavelha.ifes.edu.br/images/stories/biblioteca/sala-verde-virtual/agroecologia-permacultura-e-educacao-alimentar/caderno-dos-microorganismos-eficientes-diagramado.pdf>. Acesso em: 02 jun. 2023

AVILA, Valdir Silveira de *et al.* **Valor Agrônômico da Cama de Frangos após Reutilização por Vários Lotes Consecutivos.** Concórdia, Sc: Embrapa Suínos e Aves, 2007. 4 p. (466). Disponível em: http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/publicacao_x8q71d1v.pdf. Acesso em: 18 dez. 2022

BLUM, Luiz Eduardo B. *et al.* Produção de moranga e pepino em solo com incorporação de cama aviária e casca de pinus. **Revista Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 4, p.627-631, out. 2003. Disponível em: http://www.horticulturabrasileira.com.br/images/stories/21_4/20032149.pdf. Acesso em: 01 Dez. 2022

BRANDÃO, Juliana Andreia Vrba. **Po de rocha como fonte de nutrientes no contexto da agroecologia.** 2012. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) – Universidade Federal de São Carlos Centro de Ciências Agrárias, Araras, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/142/4824.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 01 dez. 2022.

BRASIL. Órgão: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Gabinete da Ministra. Instrução Normativa nº art. 87. Relator: Ministra Kátia Abreu. Brasília, DF, 10 de março de 2016. **Diário Oficial da União:** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. p. 10. Disponível em: <http://www.in.gov.br/autenticidade.html>. Acesso em: 02 dez. 2022.

BRITO, Cleiton Fernando Barbosa *et al.* Desenvolvimento inicial do milho submetido a doses de esterco bovino: initial development of maize subjected to cattle manure. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 9, n. 3, p. 244-250, 01 out. 2014. Trimestral. Disponível em: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7388293>. Acesso em: 03 mar. 2023

CÂNDIDO, Magno José Duarte; FURTADO, Rafael Nogueira. **Estoque de forragem para a seca: produção e utilização da forragem**. Produção e utilização da forragem. UFC - Universidade Federal do Ceará, 2020. *E-book*. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/53687/1/2020_liv_mjdcandido.pdf. Acesso em: 24 mar. 2023

CHICONATO, Denise Aparecida *et al.* Resposta da alfaca à aplicação de biofertilizante sob dois níveis de irrigação. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 2, p. 392-399, 2013. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/75337>. Acesso em: 15 nov. 2022

CNA. **Debate impactos do aumento dos preços dos fertilizantes para o produtor**. 2022. Disponível em: <https://cnabrasil.org.br/noticias/cna-debate-impactos-do-aumento-dos-precos-dos-fertilizantes-para-o-produtor#:~:text=De%20janeiro%20de%202020%20a,do%20produtor%20est%C3%A3o%20se%20retraindo>. Acesso em: 29 nov. 2022

COGO, Neroli Pedro; LEVIEN, Renato; SCHWARZ, Ricardo Altair. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, p. 743-753, 2003. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/78059>. Acesso em: 04 jun. 2023

CONAB. **12º Levantamento - Safra 2021/22: tabela de dados - produção e balanço de oferta e demanda de grãos**. Tabela de dados - Produção e balanço de oferta e demanda de grãos. 2022a. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 05 nov. 2022.

CONAB. **Boletim Logístico – Janeiro/2022**. 2022b. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuário-e-extrativista/boletim-logistico>. Acesso em: 06 nov. 2022.

COSTA, Mônica Sarolli Silva de Mendonça *et al.* Sistemas de cultivo e uso de diferentes adubos na produção de silagem e grãos de milho. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 139-146, 2 mar. 2011. Universidade Estadual de Maringá. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v33i1.766>. Acesso em: 24 mai. 2023

CRUZ, Simério C. S. *et al.* Adubação nitrogenada para o milho cultivado em sistema plantio direto, no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 62-68, ago. 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662008000100009>. Acesso em: 26 maio 2023.

FERREIRA, Magna Maria Macedo. Sintomas de deficiência de macro e micronutrientes de plantas de milho híbrido BRS 1010. **Revista Agro@Mambiente On-Line**, v. 6, n. 1, p. 74, 1 maio 2012. Universidade Federal de Roraima. <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v6i1.569>. Acesso em: 18 nov. 2022

FUKAYAMA, Ellen Hatsumi. **Características quantitativas e qualitativas da cama de frango sob diferentes reutilizações: efeitos na produção de biogás e biofertilizante**. 2008. 99 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias e Veterinárias) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2008. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/104913>. Acesso em: 05 nov. 2022

DOURADO, Emuriela da Rocha. **Microrganismos eficientes (EM) no tratamento de sementes de milho**. 2018. 51 f. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) - Curso de Agroecologia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2018. Disponível em: <https://locus.ufv.br/handle/123456789/23835> Acesso em: 22 nov. 2022

GONDIM, Ancélio Ricardo de Oliveira *et al.* Crescimento inicial do milho cultivar brs 1030 sob omissão de nutrientes em solução nutritiva. **Revista Ceres**, v. 63, n. 5, p.706-714, out. 2016. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0034-737X2016000500706&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 23 mai. 2023

IPEA. Comunicado do Ipea nº 145, de 25 de abril de 2012. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos: diagnóstico dos resíduos urbanos, agrosilvopastoris e a questão dos catadores**. [S. l.], Disponível em: http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/comunicado/120425_comunicadoipea0145.pdf. Acesso em: 08 dez. 2022

ITCG. **Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná**: instituto de terras, cartografia e geologia do paraná. Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná. Disponível em: http://www.geoitcg.pr.gov.br/geoitcg/pages/templates/initial_public.jsf?windowId=aa5. Acesso em: 02 dez. 2022

KAPPES, Claudinei *et al.* Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Bragantia**, v. 70, n. 2, p.334-343, 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0006-87052011000200012>. Acesso em: 27 mai. 2023

KINPARA, Daniel Ioshiteru. **Aspectos Econômicos de Fertilizantes Organominerais Obtidos a partir de Cama de Frango e de Torta de Filtro de Cana-de-Açúcar no Brasil**. Embrapa Cerrados, 2020. 25 p. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1130402>. Acesso em: 06 nov. 2022

LITTELL, Ramon C., GEORGE A. Milliken, WALTER W. Stroup, RUSSELL D. Wolfinger, OLIVER Schabenberger. **SAS® for Mixed Models**, 2 ed. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2006.

MACHADO, Renato Perotto. **Práticas Agroecológicas em Lares: Espaços de Diálogo Multiespécie**. 2021. 251 f. Dissertação (Mestrado em Design), Universidade de Brasília, Brasília, 2021. Disponível em: <http://repositorio2.unb.br/jspui/handle/10482/43202>. Acesso em: 01 jan. 2023.

MAGALHAES, Paulo Cesar; SOUZA, Thiago Corrêa de. **Cultivo do Milho: ecofisiologia**. Ecofisiologia. 2015. Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/748755/ecofisiologia>. Acesso em: 04 dez. 2022

MUNARETTO, Rafael Luis. **Milho em sucessão à plantas de cobertura de solo cultivadas em diferentes sistemas de manejo de solo**. 2014. 33 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrônômica), Campus Pato Branco, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/14029/2/PB_DAGRO_2014_1_24.pdf. Acesso em: 09 nov. 2022

MARQUELLI, Waldir A. **Tensiômetros para o Controle de Irrigação em Hortaliças**. 2008. Embrapa Hortaliças - ISSN 1415-3033. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/6192178/mod_resource/content/0/tensi%C3%B4metro%20para%20hortali%C3%A7as.pdf. Acesso em: 13 fev. 2023

OLIVEIRA, Ana Paula da Silva. **Produção do milho em função da adubação mineral e organomineral**. 2018. 25 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia), Unievangélica, Anápolis, 2018. Disponível em: <http://repositorio.aee.edu.br/jspui/handle/aee/1064>. Acesso em: 27 mai. 2023

OLIVEIRA, Maiara Prates; MALAGOLLI, Guilherme Augusto; CELLA, Daltro. Mercado de fertilizantes: dependência de importações do Brasil. **Interface Tecnológica**, Taquaritinga, v. 16, n. 1, p.489-498, 30 jun. 2019. Semestral. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/606/373>. Acesso em: 02 dez. 2022

PAIVA, Christiane Abreu de Oliveira *et al.* **Adubação Fosfatada Organomineral com Pulverização de Inoculante contendo Microrganismos Solubilizadores**. Embrapa milho e sorgo, 2017. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1082218>. Acesso em: 06 nov. 2022

PATERNIANI, Maria Elisa Ayres Guidetti Zagatto; DENUCCI, Sylmar. HISTORY, DEVELOPMENT AND MARKET OF MAIZE CULTIVARS WITH LOW SEED COST IN BRAZIL. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 21, n. 1236, p. 1-21, 2022. Revista Brasileira de Milho e Sorgo. <http://dx.doi.org/10.18512/rbms2022vol21e1236>. Acesso em: 02 nov. 2022

PAULETTI, Volnei; MOTTA, Antônio Carlos Vargas. **Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Paraná**. 2. ed. [S. I.]: SbcS - Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2019. 289 p.

PEREIRA, Bianca de Oliveira Horvath. **Desempenho agrônomo e produtivo do milho submetido à adubação mineral e organomineral**. 2019. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia), Unievangélica, Anápolis, 2019. Disponível em: <http://repositorio.aee.edu.br/jspui/handle/aee/1888>. Acesso em: 26 mai. 2023

POSSAMAI, Juliano Marcos; SOUZA, Caetano Marciano de; GALVÃO, João Carlos Cardoso. Sistemas de preparo do solo para o cultivo do milho safrinha. **Bragantia**, v. 60, n. 2, p.79-82, 2001. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0006-87052001000200003>. Acesso em: 25 mai. 2023

ROSA, Poliana Aparecida Leonel. **Acúmulo de matéria seca e extração de nutrientes por híbridos de milho inoculados com *Azospirillum brasilense* no cerrado**. 2017. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Unesp – Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2017. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/150131>. Acesso em: 25 mai. 2023

SALDANHA, Carlos Frederiko; RIBEIRO, Kátia Daniela. Eficácia do composto de cama de frango como adubo orgânico no cultivo de alface (*Lactuca sativa* L.) em ambiente protegido. **Sustentare**, v. 5, n. 1, p. 49-62, 2021. Universidade Vale do Rio Verde (UninCor). <http://dx.doi.org/10.5892/st.v5i1.6323>. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5892/st.v5i1.6323>. Acesso em: 25 mar. 2023.

SANTOS, J. K. F. *et al.* **Crescimento de plantas de milho submetidas à adubação NPK mineral e organomineral**. In: IV INOVAGRI International Meeting, 2017, p. 6. Disponível em: https://web.archive.org/web/20180721045255id_/http://www.inovagri.org/anais/TC1910313.pdf. Acesso em: 23 fev. 2023.

SILVA, Fábio Cesar da. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p. *E-book*. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/330496>. Acesso em: 06 mar. 2023

SILVA, Virgínia Santiago. **Métodos e segurança sanitária na reutilização de cama de aviários**. In: PALHARES, Julio Cesar Pascale; KUNZ, Airton. **Manejo Ambiental na Avicultura**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011. p. 177-200. *E-book*. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/57055/1/manejo-ambiental-na-avicultura.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2022

SILVA, Antonia Rosimeire da Cruz. **Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em plantas de cobertura do solo e meloeiro em sistemas de cultivo**. 2015. 81 f. Tese (Doutorado em Agricultura Tropical), Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/tede/170>. Acesso em: 24 mar. 2023.

SILVEIRA, Rafael Toscani Gomes da. **Uso de rochagem pela mistura de pó de basalto e rocha fosfatada como fertilizante natural de solos tropicais lixiviados**. 2016. 98 f. Dissertação (Mestrado em Geociências Aplicadas), Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 2016. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/21151>. Acesso em: 06 nov. 2022.

THEODORO, Suzi Huff *et al.* Experiências de uso de rochas silicáticas como fonte de nutrientes. **Espaço & Geografia**, [s. l], v. 9, n. 2, p. 263-292, 2006. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/20882>. Acesso em: 06 nov. 2022.

TIRITAN, Carlos Sérgio *et al.* Adubação fosfatada mineral e organomineral no desenvolvimento do milho. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 1, n. 6, p.8-14, 2010. Disponível em: <http://revistas.unoeste.br/revistas/ojs/index.php/cv/index>. Acesso em: 06 nov. 2022.

TORALES, Elissandra Pacito *et al.* Produção agroeconômica de *Xanthosoma mafaffa* Schott sob diferentes tamanhos de mudas e bases de cama de frango. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 3, p. 648-656, 12 ago. 2019. Revista de Ciências Agrárias. <http://dx.doi.org/10.19084/RCA.17571>. Disponível em: <https://doi.org/10.19084/rca.17571>. Acesso em: 01 nov. 2022.

TUPY, Sumaya *et al.* Microrganismos eficientes: uma alternativa sustentável no cultivo de hortaliças para agricultores familiares da região de Viçosa - MG. **Revista ELO – Diálogos em Extensão**, [S. l.], v. 11, 2022. DOI: 10.21284/elo.v11i.14702. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/elo/article/view/14702>. Acesso em: 18 mar. 2023.

UDRY, Consolación Villafane; DUARTE, Wilton. **Uma história brasileira do milho: o valor dos recursos genéticos**. Brasília: Paralelo 15, 2000. 136 p

VIEIRA, Maria de Fátima Araújo. **Caracterização e análise da qualidade sanitária de camas de frango de diferentes materiais reutilizados sequencialmente**. 2011. 81 f. Dissertação (Mestrado em Construções rurais e ambiência; Energia na agricultura; Mecanização agrícola; Processamento de produção), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011. Disponível em: <https://locus.ufv.br/handle/123456789/3600>. Acesso em: 03 nov. 2022

VON PINHO, Renzo Garcia *et al.* Marcha de absorção de macronutrientes e acúmulo de matéria seca em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 8, n. 2, p. 157-173, 2010. <http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms>. Disponível em: <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v8n02p%25p>. Acesso em: 08 nov. 2022.