

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**  
ANA KEILA BOTELHO PEREIRA

**EFEITO DE DOSES DE BENTONITA NO  
DESENVOLVIMENTO DO MILHO (*Zea mays* L.)**

Taubaté  
2021

**Ana Keila Botelho Pereira**

**EFEITO DE DOSES DE BENTONITA NO DESENVOLVIMENTO DO  
MILHO (*Zea mays* L.)**

Trabalho de Graduação apresentado ao Departamento de Ciências Agrárias da Universidade de Taubaté, como requisito para obtenção de título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Julio Cesar Raposo de Almeida

**Taubaté - SP  
2021**

**Grupo Especial de Tratamento da Informação - GETI  
Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBi  
Universidade de Taubaté - UNITAU**

P436e      Pereira, Ana Keila Botelho  
              Efeito de doses de bentonita no desenvolvimento do milho  
(Zea mays L.). / Ana Keila Botelho Pereira. -- 2021.  
              42 f. : il.

              Monografia (graduação) - Universidade de Taubaté,  
              Departamento de Ciências Agrárias, 2021.  
              Orientação: Prof. Dr. Júlio César Raposo de Almeida.  
              Departamento de Ciências Agrárias.

              1. Bentonita. 2. Pó de rocha. 3. Milho. I. Universidade de  
              Taubaté. Departamento de Ciências Agrárias. Curso de  
              Agronomia. II. Título.

CDD – 631.8

**ANA KEILA BOTELHO PEREIRA**  
**EFEITO DE DOSES DE BENTONITA NO DESENVOLVIMENTO DO**  
**MILHO (*Zea mays* L.)**

Trabalho de Graduação apresentado ao Departamento de Ciências Agrárias da Universidade de Taubaté, como requisito para obtenção de título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Júlio Cesar Raposo de Almeida

Data: 18 de novembro de 2021.

Resultado: Aprovado.

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. Julio Cesar Raposo de Almeida

Universidade de Taubaté

\_\_\_\_\_

Prof. Dr. João Luiz Gadioli

Universidade de Taubaté

\_\_\_\_\_

Prof. Dr. Marcelo dos Santos Targa

Universidade de Taubaté

\_\_\_\_\_

À Deus, familiares e amigos.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus pela oportunidade de cursar uma universidade. Em especial aos meus pais e a todos os meus familiares que contribuíram e me incentivaram nesta jornada.

A todas as minhas amigas, em especial – Mariana, Raffaella e Estefani e ao querido amigo Custódio pela receptividade e carinho durante esses anos.

Um enorme agradecimento a todos os professores, principalmente ao meu orientador Prof. Júlio César pela paciência e dedicação, sendo um grande exemplo como professor.

Aos funcionários e amigos.

“Não faças do amanhã o sinônimo de nunca, nem o ontem te seja o mesmo que nunca mais. Teus passos ficaram. Olhes para trás, mas vá em frente pois há muitos que precisam que chegues para poderem seguir-te.”

Charles Chaplin

## RESUMO

O Brasil em 2020 foi considerado o 4º maior produtor de grãos do mundo, apesar da elevada produtividade ainda importa aproximadamente 85% do fertilizante que consome, pois os solos brasileiros são considerados em sua maioria profundos, ácidos e de baixa fertilidade natural. O uso de remineralizadores conhecidos também como pó de rocha vem se tornando uma alternativa complementar para suprir a deficiência nutricional do solo. O presente trabalho tem por objetivo verificar o efeito de diferentes doses de bentonita no desenvolvimento do milho (*Zea mays L.*). O experimento foi conduzido na estufa do Departamento de Ciências Agrárias da Universidade de Taubaté, localizada no município de Taubaté-SP, entre o período, 16 de abril de 2021 a 15 de junho de 2021. Avaliou-se a resposta do milho a sete doses de bentonita (0; 0,6; 1,2; 2,4; 4,8; 9,6 e 19,2 t/ha). As doses de bentonita foram incorporadas a 4,6kg de Latossolo vermelho Amarelo distrófico. No plantio, irrigou-se os vasos com água deionizada e semeou-se 8 sementes de milho por vaso, após 13 dias da semeadura fez-se o desbaste deixando apenas 4 plantas por vaso. Entre os dias 10 de junho e 15 de junho realizou-se o corte da parte aérea, coleta das raízes e amostragem dos solos, em cada vaso. A secagem e análises do material ocorreu no Laboratório de solos e plantas da Universidade de Taubaté. Foram analisados os seguintes nutrientes na parte aérea (MS; P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn) e no solo (pH, P, K, Ca, Mg, SB, CTC, V% e H+Al). O experimento foi arranjado em delineamento em blocos ao acaso e os resultados foram submetidos a análises de variância e regressão para o nível de significância de 5%. As doses de bentonita aplicada contribuíram positivamente na produção da MS e nos teores e acúmulo dos elementos Ca, Mg, S da parte aérea do milho e elevou os teores de Ca, Mg, SB, CTC, V% e H+Al do solo.

**Palavras-chave:** Bentonita, pó de rocha, milho.



## ABSTRACT

In 2020, Brazil was considered the 4th largest grain producer in the world despite its high productivity, it still imports approximately 85% of the fertilizer it consumes, as Brazilian soils are mostly considered to be deep, acidic and of low natural fertility. The use of remineralizers also known as rock powder has become a complementary alternative to supply the soil's nutritional deficiency. The present work aims to verify the effect of bentonite on maize (*Zea mays* L.) development. The experiment was carried out in the greenhouse of the Department of Agricultural Sciences of the University of Taubaté, located in the city of Taubaté-SP, between the period, April 16, 2021 to June 15, 2021. The response of corn to seven doses was evaluated of bentonite (0;0.6;1.2;2.4;4.8;9.6 and 19.2 t/ha). The doses of bentonite were incorporated into 4.6Kg of dystrophic red yellow latosol. At planting, the pots were irrigated with deionized water and 8 corn seeds per pot were sown. After 13 days of sowing, they were thinned, leaving only 4 plants per pot. Between the 10th of June and the 15th of June, the aerial part was cut, the roots collected and the soil sampled in each pot. The drying and analysis of the material took place at the Laboratory of Soils and Plants at the University of Taubaté. The following nutrients were analyzed in the aerial part (DM, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn and Zn) and in the soil (pH, P, K, Ca, Mg, SB, CEC, V% and H+Al). The experiment was arranged in a randomized block design and the results were submitted to analysis of variance and regression for a significance level of 5%. The doses of bentonite applied contributed positively to the production of DM and to the contents and accumulation of elements Ca, Mg, S in the aerial part of corn and increased the contents of Ca, Mg, SB, CEC, V% and H+Al in the soil.

Key words: bentonite, rock dust, corn.

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1. Análise Inicial da argila comercial Blend Santa Fé. ....  | 22 |
| Tabela 2. Análise da argila comercial Blend Santa Fé (SENAI). ....  | 23 |
| Tabela 3. Média do teor e acúmulo dos nutrientes que não apresentaram efeito significativo ( $p>0,05$ ) na parte aérea do milho em função das doses de bentonita aplicada. ....         | 27 |
| Tabela 4. Média do teor e acúmulo dos nutrientes que não apresentaram efeito significativo ( $p>0,05$ ) no solo, após o corte do milho, em função das doses de bentonita aplicada. .... | 32 |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) e total (MST) do milho em função das doses de bentonita aplicada. ....                      | 26 |
| Figura 2. Teores de cálcio (Ca) da parte aérea do milho em função das doses de bentonita aplicada.....   | 27 |
| Figura 3. Acúmulo de cálcio (Camass) da parte aérea do milho em função das doses de bentonita aplicada. ....   | 28 |
| Figura 4. Teores de Magnésio (Mg) da parte aérea do milho em função das doses de bentonita aplicada. ....  | 28 |
| Figura 5. Acúmulo de magnésio (Mgmass) da parte aérea do milho em função das doses de bentonita aplicada. ....                                       | 29 |
| Figura 6. Acúmulo de enxofre (Smass) da parte aérea do milho em função das doses de bentonita aplicada. ....   | 29 |
| Figura 7. Teores de Manganês (Mn) da parte aérea do milho em função das doses de bentonita aplicada. ....  | 30 |
| Figura 8. Valores do pH em latossolo vermelho amarelo, após o corte do milho, em função das doses de bentonita aplicada. ....                        | 31 |
| Figura 9. Valores da acidez potencial (H+Al) em latossolo vermelho amarelo, após o corte do milho, em função das doses de bentonita aplicada. ....   | 32 |
| Figura 10. Teores de cálcio (Ca) em latossolo vermelho amarelo, após o corte do milho, em função das doses de bentonita aplicada. ....               | 33 |
| Figura 11. Teores de Magnésio (Mg) em latossolo vermelho amarelo, após o corte do milho, em função das doses de bentonita aplicada.....              | 33 |
| Figura 12. Soma de bases (SB) em latossolo vermelho amarelo, após o corte do milho, em função das doses de bentonita aplicada. ....                  | 34 |
| Figura 13. Capacidade de troca catiônica (CTC) em latossolo vermelho amarelo, após o corte do milho, em função das doses de bentonita aplicada. .... | 34 |
| Figura 14. Saturação por bases (V%) do latossolo vermelho amarelo, após o corte do milho, em função das doses de bentonita aplicada.....             | 35 |

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO .....  | 13 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA .....                                 | 14 |
| 2.1 Bentonita .....  | 14 |
| 2.2 Bentonita da sociedade extrativista Santa Fé LTDA .....    | 14 |
| 2.3 Pó de rocha .....  | 15 |
| 2.4 Macronutrientes.....                                       | 16 |
| 2.4.1 Fósforo (P) .....  | 16 |
| 2.4.2 Potássio (K).....  | 17 |
| 2.4.3 Cálcio (Ca) .....  | 18 |
| 2.4.4 Magnésio (Mg) .....                                      | 18 |
| 2.4.5 Enxofre (S) .....  | 18 |
| 2.5 Micronutrientes.....                                       | 19 |
| 2.5.1 Cobre (Cu).....  | 19 |
| 2.5.2 Ferro (Fe) .....   | 20 |
| 2.5.3 Manganês (Mn) .....                                      | 20 |
| 2.5.4 Zinco (Zn).....  | 20 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS .....                                    | 22 |
| 3.1 Descrição .....  | 22 |
| 3.2 Análises dos nutrientes da parte aérea do milho.....       | 24 |
| 3.2 Análises dos nutrientes no solo após o corte do milho..... | 25 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....                                 | 26 |
| 4.1 Atributos da parte aérea do milho .....                    | 26 |
| 4.1.1 Produção de matéria seca (MS).....                       | 26 |
| 4.1.2 Fósforo (P) .....  | 26 |
| 4.1.3 Potássio (K).....  | 27 |
| 4.1.4 Cálcio (Ca) .....  | 27 |
| 4.1.5 Magnésio (Mg) .....                                      | 28 |
| 4.1.6 Enxofre (S) .....  | 29 |
| 4.1.7 Cobre (Cu).....  | 30 |
| 4.1.8 Ferro (Fe) .....   | 30 |
| 4.1.9 Manganês (Mn) .....                                      | 30 |
| 4.1.10 Zinco (Zn).....   | 31 |
| 4.2 Atributos químicos do solo após o corte do milho .....     | 31 |
| 4.2.1 Potencial Hidrogeniônico (pH).....                       | 31 |
| 4.2.2 Acidez potencial (H+Al) .....                            | 31 |
| 4.2.3 Fósforo (P) e potássio (K) .....                         | 32 |
| 4.2.4 Cálcio (Ca) .....  | 32 |
| 4.2.5 Magnésio (Mg) .....                                      | 33 |
| 4.2.6 Soma de Bases (SB).....                                  | 34 |
| 4.2.7 Capacidade de troca catiônica (CTC) .....                | 34 |

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 4.2.7 Saturação por bases (V%) ..... | 35 |
| 5. CONCLUSÃO.....                    | 38 |
| REFERÊNCIAS .....                    | 39 |
| ANEXOS .....                         | 41 |

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui alta representatividade no mercado mundial, sendo considerado o 4º maior produtor de grãos do mundo. Um dos fatores importantes para se alcançar um índice elevado de produtividade é conhecer a fertilidade do solo, pois é um dos fatores responsáveis pela disponibilização dos nutrientes necessários à planta.

Apesar da variedade de solos que podem ser encontrados no território brasileiro há a predominância de latossolos, argissolos e neossolos. Segundo Embrapa, (2021), as classes latossolos e argissolos ocupam aproximadamente 58% da área e são solos profundos, ácidos e de baixa fertilidade natural.

Embora a elevada produtividade o Brasil ainda é um grande importador de fertilizantes, importando aproximadamente 85% do que consome. A baixa autossuficiência brasileira em fertilizantes é conhecida pelo mercado há décadas, e vem se acentuando ainda mais nos últimos anos, diante de uma demanda cada vez maior por adubos e produção doméstica em declínio. Cenário que torna o agricultor brasileiro extremamente dependente do produto estrangeiro e refém de oscilações cambiais e da dinâmica de O&D internacional (BEZZON, 2021).

O pó de rocha conhecido também como remineralizador do solo provém de um processo conhecido como rochagem que consiste na moagem da rocha para utilização no solo. O uso de pós de rocha na agricultura é uma alternativa complementar às adubações com fertilizantes sintéticos e minerais de alta solubilidade, inclusive, para repor alguns nutrientes e micronutrientes para as plantas (ROCHA, 2021).

Este trabalho tem por objetivo verificar o efeito de doses de bentonita no desenvolvimento do milho (*Zea mays* L.).

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Bentonita**

A Bentonita é um mineral constituído essencialmente por argilominerais do grupo das esmectitas e origina-se mais frequentemente das alterações de cinzas vulcânicas. Seu nome faz alusão a um depósito de argila esmectita na região de Fort Benton, Wyoming (EUA) (SILVA, 2011). De maneira geral, há dois tipos de bentonitas, as que incham em água ou sódicas e as que não incham em água ou policatiônicas cálcicas (CORTEZ et. al,2020)

Segundo Silva (2011), as bentonitas apresentam características como: partículas muito finas; elevada carga superficial; alta capacidade de troca catiônica; elevada área superficial e inchamento quando em presença de água. O uso da Bentonita na indústria é determinado de acordo com as suas propriedades, podendo ser citados os seguintes usos: componentes de fluidos utilizados para perfuração de poços de petróleo; aglomerantes de areia de moldagem usadas em fundição; pelotização de minério de ferro; descoramento de óleo e clarificação de bebidas; e impermeabilizante de solo.

### **2.2 Bentonita da sociedade extrativista Santa Fé LTDA**

A sociedade extrativista Santa fé LTDA é uma mineradora, extratora de bentonita, fundada em 1994 com sede no município de Tremembé São Paulo, suas reservas são de aproximadamente 2.750.000 toneladas. A bentonita é extraída a céu aberto e depois triturada, seca, homogeneizada, beneficiada em moinho e ensacada.

A mineradora possui a marca registrada APOFORO conhecida como bentonita que não incha, sendo uma argila Illita-Montmorilonita natural, cálcica, que é proveniente da decomposição de rochas em condições de drenagem restringidas e de retenção de água de lixiviação, ricas em potássio, ferro, magnésio e cálcio. Trata-se de um argilomineral cristalino lamelar, do tipo camadas, equidimensional,

com a distância interplanar basal de cerca de 10Å (angstrom) na forma anidra. Além disso o empilhamento das placas ou lamelares que compõe a argila é formado de tal forma que entre essas placas existem lacunas denominadas de galeria ou camadas inter lamelares nas quais residem cátions trocáveis fixos eletrostaticamente e onde água ou moléculas polares, de espessuras variáveis, podem entrar (SANTA FÉ,2021).

Devido a sua elevada capacidade de troca catiônica a APOFORO possui vários usos nas indústrias como descorantes, fundição, aciaria e refratários, cosméticos, impermeabilização e recuperação ambiental, ração animal, higiene animal, construção civil e agricultura.

Segundo Santa Fé (2021), o APOFORO pode ser utilizado na agricultura para fabricação de fertilizantes, pesticidas e agroquímicos. Atua para dar plasticidade no processo de granulação de fertilizantes sólidos ajudando na aglomeração e dureza requeridos na pelotização, suporte para formulações de agroquímicos e pesticidas em pó, suporte de princípios ativos e anticompactantes em agroquímicos e pesticidas, além de atuar como recobridor de sementes para proteção durante a germinação pela alta retenção de água.

### **2.3 Pó de rocha**

A rochagem ou remineralização, como também é conhecida, é a aplicação de pó de rocha no solo resultante da moagem de rochas. Segundo Martins (2017), a aplicação de pós de rocha tem por finalidade manejar a fertilidade e fornecer nutrientes para as plantas. A remineralização, ou rejuvenescimento do solo, se baseia no processo de intemperismo sobre as rochas, sendo uma prática interessante principalmente em solos tropicais, onde se observa intensa lixiviação de bases (ROCHA, 2021).

Os nutrientes presentes no pó de rocha ficam disponíveis para as plantas aos poucos, à medida que recebem a ação da água, de microrganismos presentes no solo e nas raízes das plantas, tornando-se um processo lento e progressivo (LOPES



& SANTOS, 2014). Dentre as vantagens do uso de rocha destacam-se a característica de disponibilidade em abundância e o baixo custo, além da possibilidade de efeito residual prolongado e redução de perdas por lixiviação e, ainda, a fertilização do solo com macro e micronutrientes não disponíveis em fertilizantes químicos solúveis (ROCHA, 2021).

Para melhorar a fertilidade do solo, recorre-se à utilização de fertilizantes convencionais e por razões econômicas e ambientais, ao uso de fontes alternativas de nutrientes, incluindo esterco, rochas e agro minerais, disponíveis nas proximidades das áreas de aplicação (STRAATEN,2010). Grande parte dos pós de rochas são provenientes de mineração e pedreiras, onde geram rejeitos que são descartados no meio ambiente. Esses rejeitos contêm altos teores de nutrientes que podem ser reaproveitados para uso nos solos como fertilizantes, após serem moídos e aplicados em forma de pó (LOPES & SANTOS, 2014). A rochagem não vem para substituir os fertilizantes, mas para complementar, reduzindo os custos (CORRÊA & MANTOAN,2017).

## **2.4 Macronutrientes**

É necessário conhecer as funções exercidas pelos elementos pois isto, além de ajudar a entender como vive a planta, ajuda também a entender os métodos destinados a avaliar o seu estado nutricional (MALAVOLTA et al., 1997). Os macros e micronutrientes desempenham funções na vida da planta, essas funções podem ser divididas em três grandes grupos, que são eles: Estrutural, constituinte de enzimas e ativador enzimático.

### **2.4.1 Fósforo (P)**

O fósforo encontra-se na solução do solo como íons ortofosfato, formas derivadas do ácido ortofosfórico ( $H_3PO_4$ ) (RAIJ,2011). Da solução do solo, é absorvido nas formas aniônicas ( $H_2PO_4^-$  e  $HPO_4^{2-}$ ), as quais apresentam uma forte ligação covalente com o átomo de O, que é mantida mesmo após sua incorporação aos tecidos vegetais (MENDES, 2007). O fósforo é um nutriente que tem como

particularidade o alto grau de interação com o solo. Essa característica, associada à sua deficiência em vastas áreas da agricultura brasileira, fez desse elemento o mais crítico nas adubações nas últimas décadas. (RAIJ, 2011).

Em solos com calagem excessiva, o cálcio reage com o fósforo, diminuindo a disponibilidade deste à medida que o pH fica acima de 7,0 e em solo ácido, o fosforo reage com os óxidos de ferro, manganês e alumínio para formar produto insolúvel, tornando-o menos disponível (COSTA & OLIVEIRA, 2001). Alguns dos sintomas de deficiência de fósforo são: atraso no florescimento, redução no número de frutos e sementes, gemas laterais dormentes e cor amarelada das folhas em algumas espécies há o aumento em pigmentos vermelhos ou roxos. Segundo, Malavolta (1976), os sintomas de excesso do fósforo não são reconhecidos diretamente, contudo pode haver deficiências de micronutrientes metais pesado como cobre, ferro, manganês e zinco.

#### **2.4.2 Potássio (K)**

O potássio é o segundo macronutriente em teor contido nas plantas. Depois do fósforo, constitui o nutriente mais consumido como fertilizante pela agricultura brasileira. O potássio é absorvido pelas plantas da solução do solo na forma iônica  $K^+$  (RAIJ, 2011). O potássio é, depois do nitrogênio, o elemento, mais exigido, pela maioria das plantas cultivadas (MALAVOLTA, 1976).

De acordo com, Malavolta (1976), a deficiência de potássio causa sintomas visíveis, químicos ou anatômicos. Alguns dos sintomas visíveis da deficiência de potássio são: diminuição da dominância apical e deficiência de ferro induzida, causando acúmulo de Ferro (Fe) em nós inferiores, os sintomas anatômicos são: perda de atividade cambial e diferenciação prejudicada dos tecidos condutores e alguns dos sintomas químicos são: aumento no teor de putrescina e diminuição no teor de açúcares. O excesso de potássio na planta tem como sintoma a deficiência de magnésio induzida.

### 2.4.3 Cálcio (Ca)

O cálcio é absorvido pelas plantas na forma  $\text{Ca}^{2+}$ . Segundo, Malavolta (1976), a deficiência de cálcio pode causar diversos sintomas visíveis na planta, como amarelecimento nas margens de folhas mais novas, crescimento desuniforme da folha o que acarreta formas tortas podendo ter gancho nas ponta, murchamento e morte das gemas apicais, manchas necróticas internervais, em caso de cereais pode ocorrer pequena ou nenhuma produção de sementes mesmo com flores normais, já os sintomas anatômicos e histológicos são: dificuldade para a mitose, as células radiculares não se diferenciam e mitocôndrias pequenas e com menos proteína.

Nos solos ácidos são conhecidos os efeitos prejudiciais dos altos níveis de Al. Sabe-se que esse elemento interfere com o Ca, O Al pode mudar a estrutura e o funcionamento das calmodulinas com repercussões sérias nos processos que delas dependem e que são vários (MALAVOLTA et al., 1997).

### 2.4.4 Magnésio (Mg)

O magnésio ocorre, em minerais, no complexo de troca catiônica e na solução do solo, como cátion  $\text{Mg}^{2+}$ , que é a forma absorvida pelas plantas (RAIJ, 2011). De acordo com, Malavolta (1976), a deficiência de magnésio pode causar clorose nas folhas, numerosos cloroplastos pequenos e menor teor de clorofila. O  $\text{Mg}^{2+}$ , como o  $\text{Ca}^{2+}$  e o  $\text{K}^+$ , se move à parte aérea na corrente transpiratória. Como acontece com o potássio, é móvel no floema, de modo que os sintomas típicos de carência (clorose internerval) começam a aparecer nas folhas mais velhas (MALAVOLTA et al., 1997).

### 2.4.5 Enxofre (S)

O enxofre é absorvido pelas plantas na forma de ânion  $\text{SO}_4^{2-}$ . Em muitos casos, esse ânion não é retido no solo, sendo facilmente lixiviado (RAIJ, 2011). Segundo, Malavolta (1976), alguns dos sintomas de deficiência de enxofre são:

clorose ocorrendo primeiramente nas folhas mais novas, folhas pequenas, enrolamento das margens das folhas, redução no florescimento, folhas pequenas e redução na síntese de proteína, o excesso de enxofre pode causar, em algumas espécies, clorose internerval.

## **2.5 Micronutrientes**

A divisão em macro e micronutrientes é baseada nos teores dos elementos encontrados nas plantas, os micronutrientes ocorrem em teores menores que os macronutrientes por isso possui essa classificação. Essa divisão é um tanto arbitrária, já que alguns ditos micronutrientes podem ocorrer em plantas em teores da mesma ordem de grandeza de alguns macronutrientes, como é o caso de ferro, manganês e cloro (RAIJ, 2011).

### **2.5.1 Cobre (Cu)**

O cobre é absorvido pelas plantas na forma  $\text{Cu}^{2+}$ . Em pH baixo é absorvido pelos coloides do solo, óxidos de ferro e alumínio, silicatos e matéria orgânica, formando complexos insolúveis, em pH alto diminui sua disponibilidade devido a formação de compostos insolúveis com os hidróxidos e carbonatos, tornando-se ainda inerte (COSTA & OLIVEIRA, 2001). Segundo, Malavolta et al. (1997), a mobilidade do cobre na planta dependerá do teor do elemento que se encontra no tecido, pois em plantas bem nutridas o elemento se movimentará com facilidade até os grãos, sendo que em plantas deficientes essa movimentação é mais difícil.

De acordo com, Malavolta (1976), a deficiência de cobre pode acarretar lesões na casca de ramos novos, gemas múltiplas e menor absorção de  $\text{O}_2$ , entretanto o excesso desse elemento pode causar deficiência de ferro induzida e manchas aquosas e depois necróticas das folhas.

### 2.5.2 Ferro (Fe)

O ferro se encontra na solução do solo principalmente como  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  e quelatizado, sendo absorvido nas duas últimas formas. A maior parte está como  $\text{Fe}^{3+}$  insolúvel que as raízes não conseguem absorver (MALAVOLTA et al. 1997).

A elevação de uma unidade no pH diminui a disponibilidade de ferro na solução do solo em mil vezes, por formar hidróxidos de ferro de baixa disponibilidade e o desequilíbrio em relação ao cobre, manganês e molibdênio, afeta sua disponibilidade (COSTA & OLIVEIRA, 2001). Segundo, Malavolta (1976), a deficiência de ferro pode gerar clorose das folhas novas seguida de branqueamento e diminuição no crescimento e na frutificação, o excesso pode causar manchas necróticas nas folhas.

### 2.5.3 Manganês (Mn)

O manganês é absorvido pelas plantas na forma  $\text{Mn}^{2+}$ . O desequilíbrio em relação ao cálcio, magnésio e ferro, afeta sua disponibilidade e adubação com altas quantidade de nitrogênio pode provocar deficiência (COSTA & OLIVEIRA, 2001). Segundo, Malavolta (1976) alguns dos sintomas de deficiência de manganês são: clorose das folhas novas seguida de branqueamento, manchas pequenas e necróticas nas folhas, menor teor de amido e menor atividade fotossintética, já o excesso pode causar a princípio deficiência de ferro induzida e manchas necróticas ao longo do tecido condutor.

### 2.5.4 Zinco (Zn)

De um modo geral, aceita-se que a absorção radicular do  $\text{Zn}^{2+}$  se dê ativamente, embora nas raízes cerca de 90% do elemento ocorra em sítios de troca ou adsorvidos nas paredes das células do parênquima cortical. A absorção foliar também é ativa (MALAVOLTA et al., 1997).

Em pH baixo é adsorvido pelos óxidos, silicatos de ferro ou de alumínio e em pH alto, é absorvido pelas argilas, matéria orgânica e coloides do solo, o excesso de boro, cobre, ferro e manganês pode dificultar a absorção do zinco (COSTA & OLIVEIRA, 2001). Segundo, Malavolta (1976), alguns dos sintomas de deficiência de zinco são: folhas novas pequenas, estreitas e alongadas e diminuição na produção de sementes, o excesso de zinco pode induzir a carência de ferro.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Descrição

O experimento foi conduzido, no período entre 16 de abril de 2021 a 15 de junho de 2021 na estufa do Departamento de Ciências Agrárias da Universidade de Taubaté, localizada no município de Taubaté-SP.

A bentonita utilizada neste trabalho provém da Sociedade Extrativa Santa Fé, localizada no município de Tremembé, São Paulo. O solo utilizado neste experimento é oriundo do trabalho de incubação, alterações nos atributos químicos de latossolo vermelho amarelo em função do tempo de incubação e doses de bentonita, realizado por (OLIVEIRA, 2020).

Oliveira (2020), obteve análise laboratorial da argila Blend Santa Fé (Tabela1) para avaliação dos seguintes atributos (pH, MO, P, K, Ca, Mg, H+Al, SB, CTC, V%, Cu, Fe, Mn e Zn).

Tabela 1. Análise Inicial da argila comercial Blend Santa Fé.

| Registro | pH  | MO<br>CaCl <sub>2</sub><br>g/dm <sup>3</sup> | P<br>Resina<br>mg/dm <sup>3</sup> | K<br>-----mmol./dm <sup>3</sup> ----- | Ca  | Mg | H+Al | SB   | CTC | V<br>-----%----- | Cu  | Fe | Mn  | Zn  |
|----------|-----|--|-----------------------------------|---------------------------------------|-----|----|------|------|-----|------------------|-----|----|-----|-----|
| Inicial  | 6,3 | 11   | 20                                | 7,0                                   | 164 | 25 | 10   | 196, | 206 | 95               | 5,2 | 22 | 6,0 | 2,7 |

Fonte: Oliveira, 2020.

Oliveira (2020), definiu sete doses de bentonita (0;0,6; 1,2; 2,4; 4,8; 9,6 e 19,2 (t/ha) com o objetivo de atingir aproximadamente 20;40;80;160;320;640 kg/ha de K<sub>2</sub>O respectivamente. A determinação das doses foi baseada no resultado de 3,38% K<sub>2</sub>O encontrado na análise da argila comercial Blend Santa Fé- SENAI (tabela 2). Para a condução do experimento foi disposto 7 tratamentos de bentonita (0; 0,6; 1,2; 2,4; 4,8; 9,6 e 19,2 t/ha) com 4 repetições. Cada dose de bentonita foi incorporada a 4,6kg de latossolo vermelho amarelo distrófico acondicionado em sacos plásticos e dispostos em vasos de polietileno.

Tabela 2. Análise da argila comercial Blend Santa Fé (SENAI).

| Elementos                      | Teor (%) |
|--------------------------------|----------|
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 19,27    |
| CaO                            | 2,55     |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 8,92     |
| K <sub>2</sub> O               | 3,38     |
| MgO                            | 2,47     |
| MnO                            | 0,15     |
| Na <sub>2</sub> O              | 0,25     |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,44     |
| SiO <sub>2</sub>               | 51,26    |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,89     |
| Outros                         | 10,42    |

Fonte: Oliveira, 2020.

Antes do plantio realizou-se o destorroamento do solo e identificação dos vasos com etiqueta. No dia 16 de abril de 2021 irrigou-se todos os vasos com 500mL de água deionizada e semeou-se 8 sementes de milho por vaso, adicionando posteriormente mais 200mL de água deionizada. Fez-se a rega dos vasos diariamente levando em consideração a umidade do solo.

No dia 29 de abril de 2021 realizou-se o desbaste deixando apenas 4 plantas de milho por vaso e aplicou-se 10mL, por vaso, de (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (solução de sulfato de amônio), proporção de 0,6g/L.

No dia 05 de maio de 2021 aplicou-se 10ml de (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (solução de sulfato de amônio 0,6g/L) e 10ml de H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (solução de ácido fosfórico), por vaso.

No dia 10 de junho de 2021 efetuou-se o corte da parte aérea das plantas e no dia 15 de junho de 2021 a coleta das raízes, ambas as partes foram colocadas em sacos de papel e levados ao laboratório de solos e plantas da Universidade de Taubaté, para a secagem em estufa. Logo após a coleta das raízes realizou-se a



amostragem do solo em cada vaso sendo encaminhadas ao laboratório para as análises químicas. Após a secagem da parte aérea e raízes realizou-se a pesagem da matéria seca.

### **3.2 Análises dos nutrientes da parte aérea do milho**

A secagem do material ocorreu em estufa de circulação forçada a 65°C por 72h, posteriormente o material foi moído em moinho tipo Wiley com peneira de 1mm (20mesh), o material moído foi acondicionado em sacos plásticos devidamente identificados.

A extração dos elementos (fósforo -P; potássio- K; cálcio -Ca; Magnésio – Mg- Enxofre -S; Cobre -Cu; Ferro – Fe; Manganês -Mn e Zinco- Zn) foi feita por digestão nítrico-perclórico, colocando-se 0,5g de amostra em um tubo de ensaio de 50mL e adicionando 7mL de uma mistura de HNO<sub>3</sub> e HClO<sub>4</sub> na proporção de 3:1, posteriormente levados para o bloco digestor em capela de exaustão aumentando gradativamente a temperatura até atingir 150°C , permaneceu nessa temperatura cerca de 40 minutos a fim de reduzir o volume pela metade, depois aumentou a temperatura para 210°C até obter fumos branco de HClO<sub>4</sub> e o extrato apresentar-se incolor. Ao final da digestão foi adicionado 25mL com água deionizada e aqueceu-se em bico de Bunsen, após esse processo transferiu o extrato para um balão volumétrico de 50mL e completou o volume com água deionizada.

O fósforo total foi determinado pelo método Colorimetria do metavanadato, o potássio pelo método fotometria de chama de emissão(K) e os demais elementos (Calcio, magnésio, cobre, ferro, manganês e zinco) pelo método espectrofotometria de absorção atômica.

As análises de nutrientes da parte aérea do milho foram realizadas conforme descrito por (MALAVOLTA et al. 1997).

### 3.2 Análises dos nutrientes no solo após o corte do milho

A determinação do pH foi realizada em solução de cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) 0,01mol/L, transferindo 10  $\text{cm}^3$  de terra para um copinho descartável e adicionando 25mL de cloreto de cálcio 0,01M, após 15 minutos de molhamento agitou por 5 minutos em mesa agitadora à 220rpm, em seguida permaneceu em repouso por 30 minutos para que ocorresse o equilíbrio e decantação. A leitura foi realizada em peagâmetro previamente aferido.

A acidez potencial foi determinada em solução tampão SMP, a partir das amostras de determinação do pH foi adicionado 5mL de solução tampão em seguida agitado por 15 minutos em agitador de hélice (220rpm), após uma hora de repouso realizou-se a leitura no peagâmetro, os resultados de (H+Al) foram obtidos através da tabela de conversão.

A extração e quantificação dos macronutrientes (fósforo, potássio, cálcio e magnésio) ocorreu através do método da resina trocadora de íons. Determinou-se o fósforo usando o método do molibdênio azul pelo uso do colorímetro (espectrofotômetro), o Ca e Mg por espectrofotômetro de Absorção Atômica e o potássio em fotômetro de chama.

As análises de nutrientes no solo após o corte da parte aérea foram realizadas conforme descrito por (RAIJ et al., 2001)

Os resultados obtidos nas análises da parte aérea do milho e no solo foram submetidos à análise de variância e em caso de efeito significativo ( $p < 0,05$ ) realizou-se análise de regressão utilizando-se do software SAS.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Atributos da parte aérea do milho

#### 4.1.1 Produção de matéria seca (MS)

Por meio da análise de regressão verificou-se efeito significativo ( $p < 0,05$ ) onde os resultados se ajustaram a equações do primeiro grau (1º Grau) indicando aumento da produção de matéria seca da parte aérea ( $y = 4,5894 + 0,1018 \cdot X$   $R^2 = 0,4162$ ) e matéria seca total ( $y = 7,9465 + 0,1515 \cdot X$   $R^2 = 0,5414$ ) proporcionais ao aumento da dose de bentonita aplicada, contudo mediante análise de variância não foi observado efeito significativo ( $p > 0,05$ ) das doses de bentonita em relação a produção de matéria seca da raiz apresentando produção média de 3,62 g/vaso.

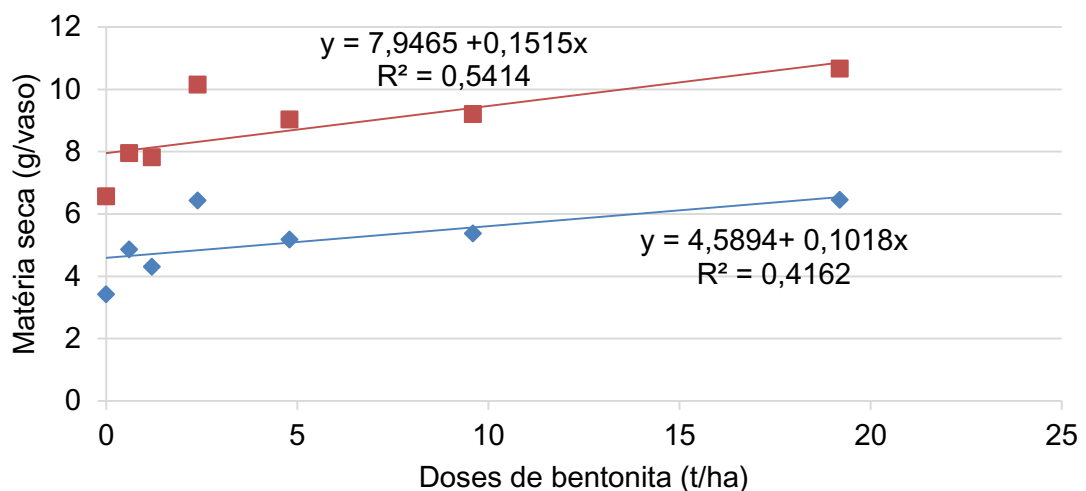


Figura 1. Produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) e total (MST) do milho em função das doses de bentonita aplicada.

#### 4.1.2 Fósforo (P)

Mediante análise de variância não foi observado efeito significativo ( $p > 0,05$ ) das doses de bentonita em relação ao teor e acúmulo de fósforo absorvido pela planta, apresentando média de 0,99 g/kg e 5,1 mg/vaso, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3. Média do teor e acúmulo dos nutrientes que não apresentaram efeito significativo ( $p>0,05$ ) na parte aérea do milho em função das doses de bentonita aplicada.

| Nutriente | Teor        | Acúmulo             |
|-----------|-------------|---------------------|
| Fósforo   | 0,99 g/kg   | 5,1mg/vaso          |
| Potássio  | 25,3 g/kg   | 129,1 mg/vaso       |
| Enxofre   | 3,5g/kg     | -                   |
| Cobre     | 5,2mg/kg    | 27,3 $\mu$ g/vaso   |
| Ferro     | 102,03mg/kg | 549,6 $\mu$ g/vaso  |
| Manganês  | -           | 6220,6 $\mu$ g/vaso |
| Zinco     | 29,1 mg/kg  | 146,6 $\mu$ g/vaso  |

#### 4.1.3 Potássio (K)

Mediante análise de variância não foi observado efeito significativo ( $p>0,05$ ) das doses de bentonita em relação ao teor e acúmulo de potássio absorvido pela planta, apresentando média de 25,3 g/kg e 129,1mg/vaso, respectivamente (Tabela 3).

#### 4.1.4 Cálcio (Ca)

Mediante análise de variância verificou-se efeito significativo ( $p<0,05$ ) das doses de bentonita, sendo que, os resultados obtidos se ajustaram a equações do 1º grau indicando aumento do teor de cálcio ( $y=4,0334+0,1221x$   $R^2=0,8359$ ) e acúmulo de cálcio ( $y=18,396+1,17x$   $R^2=0,8173$ ) absorvido pela planta proporcionais ao aumento da dose de bentonita aplicada.

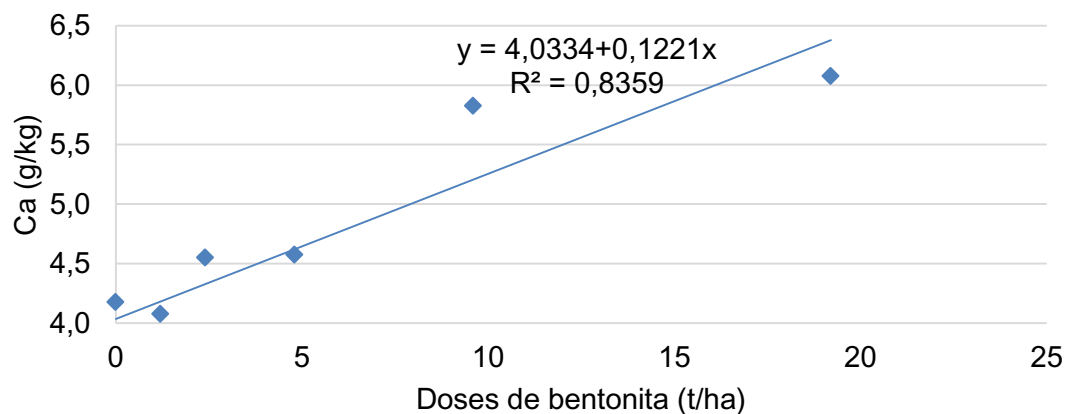


Figura 2. Teores de cálcio (Ca) da parte aérea do milho em função das doses de bentonita aplicada.

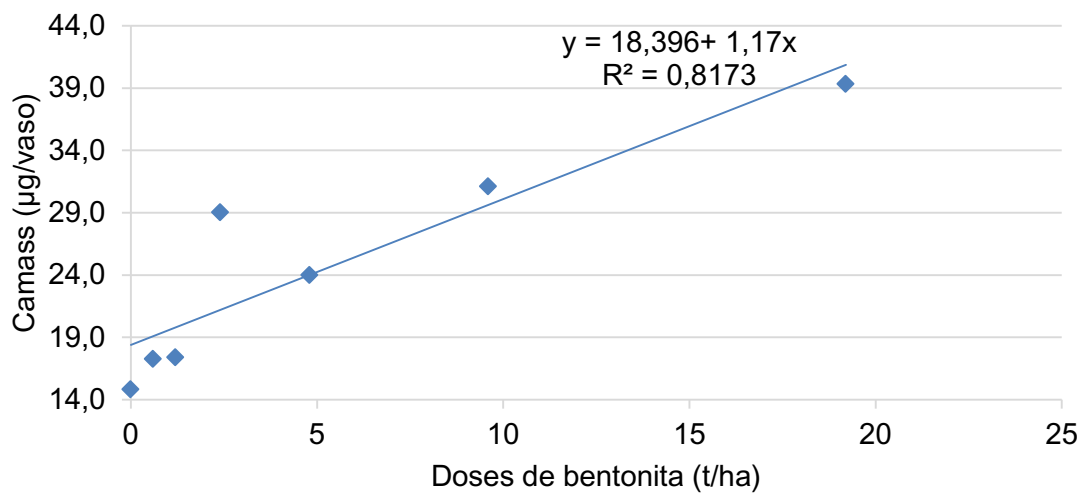


Figura 3. Acúmulo de cálcio (Camass) da parte aérea do milho em função das doses de bentonita aplicada.

#### 4.1.5 Magnésio (Mg)

Por meio da análise de variância verificou-se efeito significativo ( $p < 0,05$ ) das doses de bentonita, explicado a partir de uma equação do 1º grau, indicando aumento no teor de magnésio ( $y = 1,4016 + 0,04x$   $R^2 = 0,8421$ ) e acúmulo de magnésio ( $y = 6,3111 + 0,394x$   $R^2 = 0,8481$ ) proporcional ao aumento de doses de bentonita aplicada.

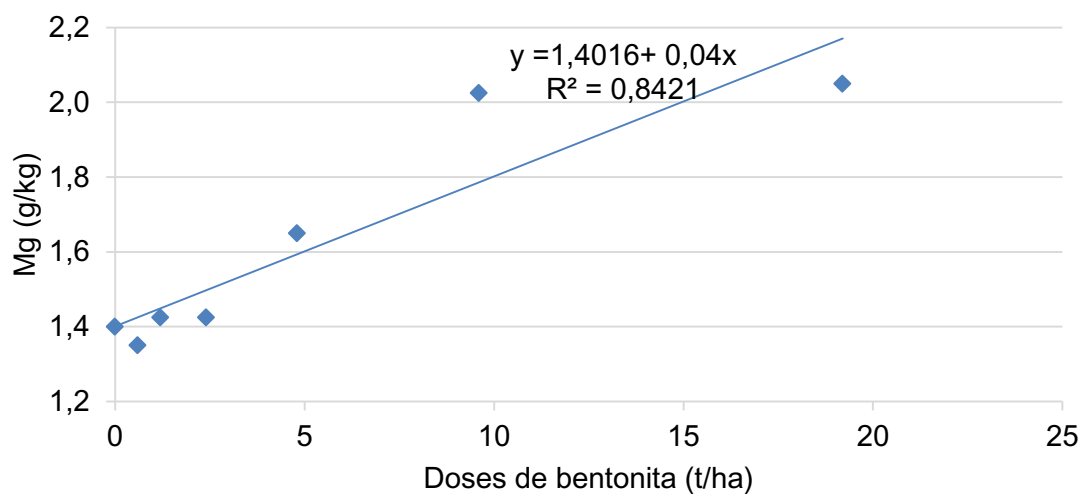


Figura 4. Teores de Magnésio (Mg) da parte aérea do milho em função das doses de bentonita aplicada.

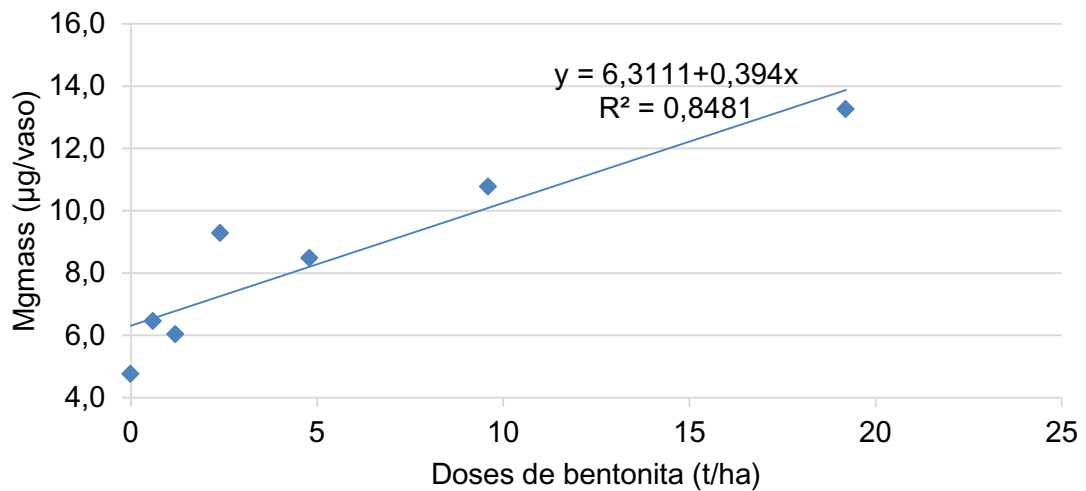


Figura 5. Acúmulo de magnésio (Mgmass) da parte aérea do milho em função das doses de bentonita aplicada.

#### 4.1.6 Enxofre (S)

Por meio da análise de variância não foi observado efeito significativo ( $P > 0,05$ ) das doses em relação ao teor de enxofre na parte aérea da planta do milho, apresentando média de 3,5g/kg, contudo apresentou efeito significativo ( $p < 0,05$ ) das doses em relação ao acúmulo de enxofre, explicado a partir da equação do 1º grau ( $y = 15,399 + 0,4702x$   $R^2 = 0,7079$ ) indicando aumento do acúmulo de enxofre proporcional ao aumento da dose de bentonita aplicada.

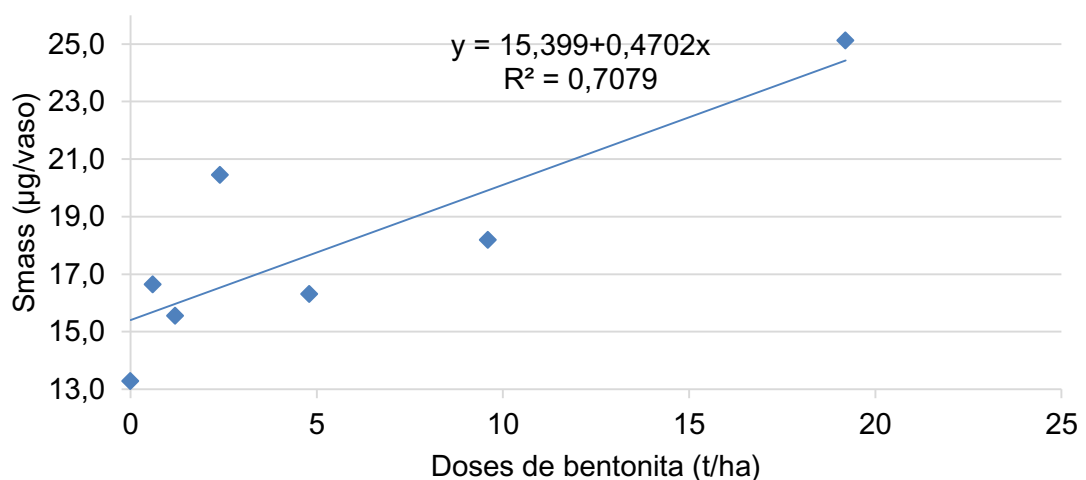


Figura 6. Acúmulo de enxofre (Smass) da parte aérea do milho em função das doses de bentonita aplicada.

#### 4.1.7 Cobre (Cu)

Mediante análise de variância não foi observado efeito significativo ( $p>0,05$ ) das doses em relação ao teor e acúmulo de cobre da parte aérea do milho, apresentando média de 5,2mg/kg e 27,3 $\mu$ g/vaso, respectivamente, (tabela 3).

#### 4.1.8 Ferro (Fe)

Por meio da análise de variância não foi observado efeito significativo ( $P>0,05$ ) das doses em relação ao teor e acúmulo de ferro absorvido pela parte aérea do milho, apresentando média de 102,03mg/kg e 549,6  $\mu$ g/vaso, respectivamente (Tabela 3).

#### 4.1.9 Manganês (Mn)

Mediante análise de variância verificou-se efeito significativo ( $p<0,05$ ) das doses de bentonita em relação ao teor de manganês, no qual os resultados obtidos se enquadraram a equações do 1º grau indicando redução do teor de manganês ( $y=1328-18,816x$   $R^2 = 0,7764$ ) conforme o aumento da doses de bentonita aplicada, contudo, não foi observado efeito significativo ( $p>0,05$ ) do acúmulo de manganês na parte aérea do milho apresentando média de 6220,6  $\mu$ g/vaso (Tabela 3).

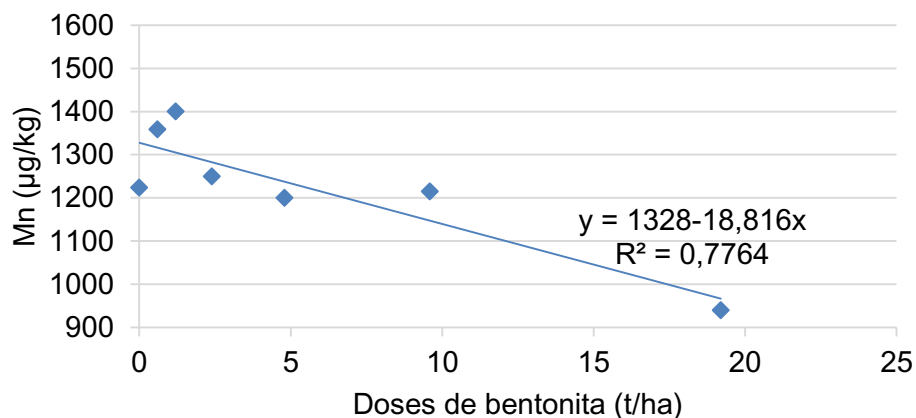


Figura 7. Teores de Manganês (Mn) da parte aérea do milho em função das doses de bentonita aplicada.

#### 4.1.10 Zinco (Zn)

Por meio da análise de variância não foi observado efeito significativo ( $p > 0,05$ ) das doses em relação ao teor e acúmulo de zinco contido na parte aérea do milho, apresentando média de 29,1mg/kg e 146,6  $\mu\text{g}/\text{vaso}$ , respectivamente (Tabela 3).

### 4.2 Atributos químicos do solo após o corte do milho

#### 4.2.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Por meio da análise de variância verificou-se efeito significativo ( $p < 0,05$ ) em relação às doses de bentonita ao aumento do pH, explicado através de um modelo matemático quadrático ( $y = 4,1277 - 0,0005 \cdot x + 0,000009x^2$   $R^2 = 0,4271$ ).

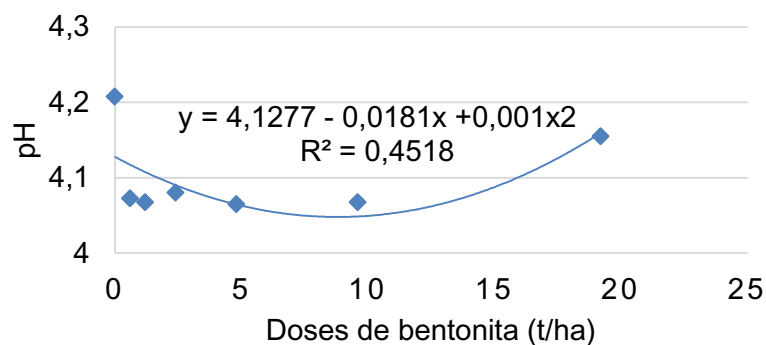


Figura 8. Valores do pH em latossolo vermelho amarelo, após o corte do milho, em função das doses de bentonita aplicada.

#### 4.2.2 Acidez potencial (H+Al)

Mediante análise de variância verificou-se efeito significativo das doses de bentonita em relação a acidez potencial do solo, sendo que os resultados obtidos se enquadraram a equações do 2º grau ( $47,394 + 0,7775 \cdot X - 0,044X^2$   $R^2 = 0,678$ )



Indicando aumento da acidez potencial do solo conforme as doses de bentonita aplicada.

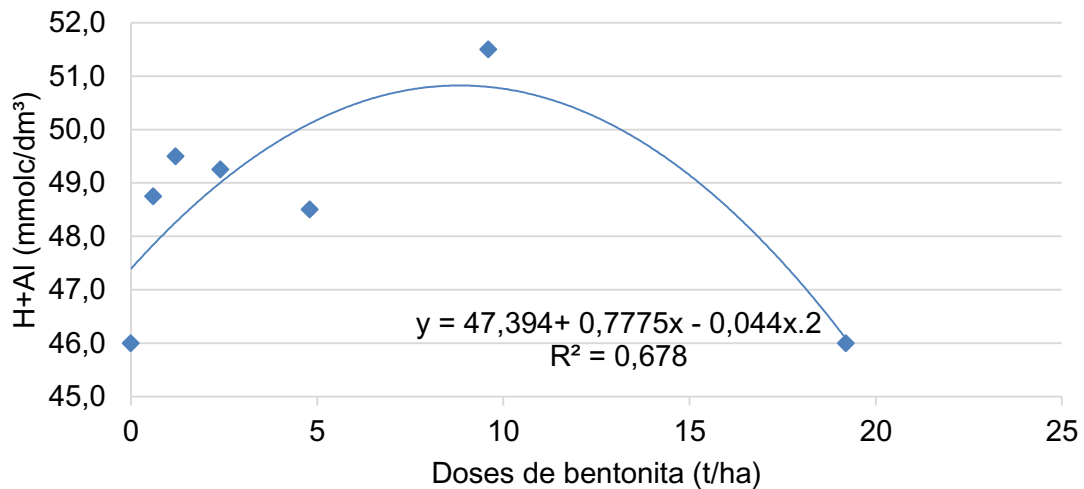


Figura 9. Valores da acidez potencial (H+Al) em latossolo vermelho amarelo, após o corte do milho, em função das doses de bentonita aplicada.

#### 4.2.3 Fósforo (P) e potássio (K)

Por meio da análise de variância observou-se que não houve efeito significativo ( $p > 0,05$ ) das doses de bentonita em relação ao aumento de P e K no solo, apresentando média de  $23,3 \text{ mg/dm}^3$  e  $1,04 \text{ mmolc/dm}^3$ , respectivamente.

Tabela 4. Média do teor e acúmulo dos nutrientes que não apresentaram efeito significativo ( $p > 0,05$ ) no solo, após o corte do milho, em função das doses de bentonita aplicada.

| Nutriente | teor                      |
|-----------|---------------------------|
| Fósforo   | $23,3 \text{ mg/dm}^3$    |
| Potássio  | $1,04 \text{ mmolc/dm}^3$ |

#### 4.2.4 Cálcio (Ca)

Mediante análise de variância verificou-se efeito significativo ( $p < 0,05$ ) para as doses de bentonita, no qual, os resultados obtidos se enquadraram a equação do 1º grau ( $y = 4,3021 + 0,1954x$   $R^2 = 0,8588$ ) indicando aumento do cálcio no solo proporcional ao aumento da dose de bentonita aplicada.

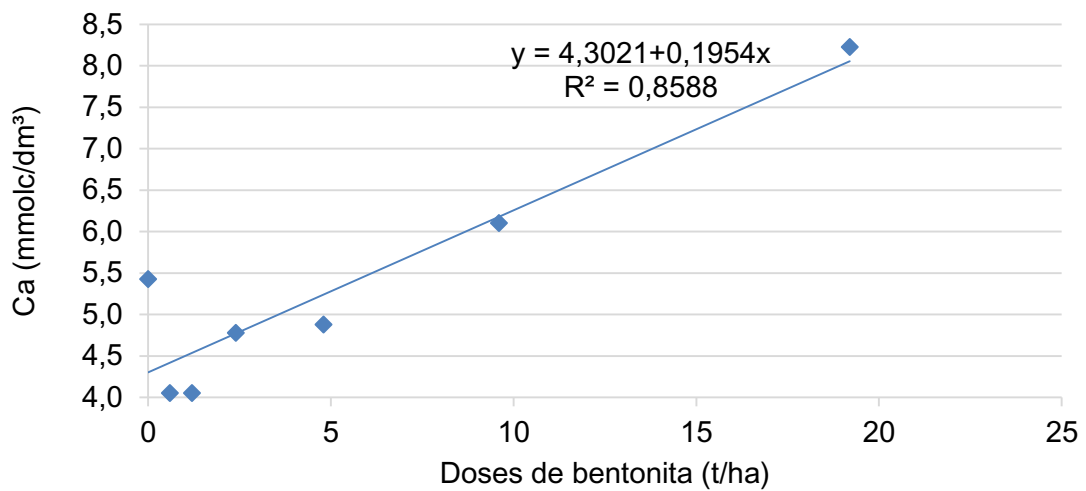


Figura 10. Teores de cálcio (Ca) em latossolo vermelho amarelo, após o corte do milho, em função das doses de bentonita aplicada.

#### 4.2.5 Magnésio (Mg)

Por meio da análise de variância verificou-se efeito significativo ( $p < 0,05$ ) das doses de bentonita, explicado a partir de uma equação do 1º grau ( $y = 1,0728 + 0,0493x$   $R^2 = 0,848$ ) em que a disponibilidade de magnésio no solo foi proporcional ao aumento da dose de bentonita aplicada.

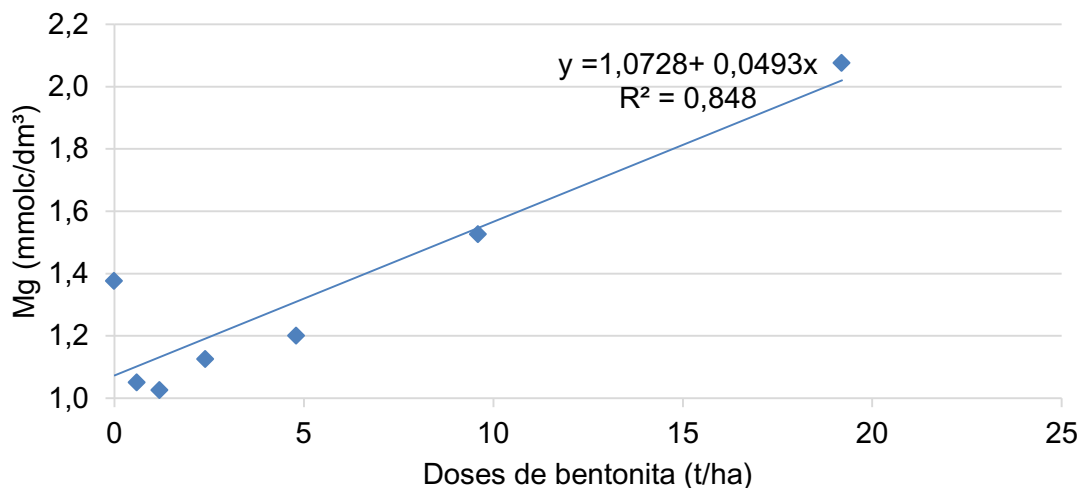


Figura 11. Teores de Magnésio (Mg) em latossolo vermelho amarelo, após o corte do milho, em função das doses de bentonita aplicada.

#### 4.2.6 Soma de Bases (SB)

Mediante análise de variância verificou-se efeito significativo ( $P < 0,05$ ) das doses de bentonita, em que, a ascendência da soma de bases (SB), explicado a partir de um modelo matemático do 1º grau ( $y = 6,4169 + 0,2449x$   $R^2 = 0,8408$ ) foi proporcional ao aumento das doses de bentonita aplicada.

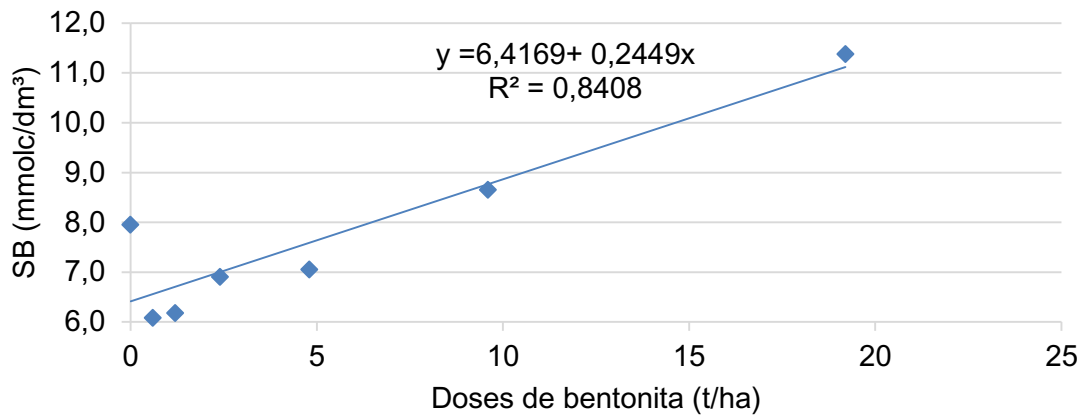


Figura 12. Soma de bases (SB) em latossolo vermelho amarelo, após o corte do milho, em função das doses de bentonita aplicada

#### 4.2.7 Capacidade de troca catiônica (CTC)

Por meio da análise de variância verificou-se efeito significativo ( $p < 0,05$ ), em que, os resultados obtidos se enquadraram a equações do 1º grau indicando ascendência da capacidade de troca catiônica ( $y = 55,219 + 0,189x$   $R^2 = 0,4168$ ) proporcional as doses de bentonita aplicada.

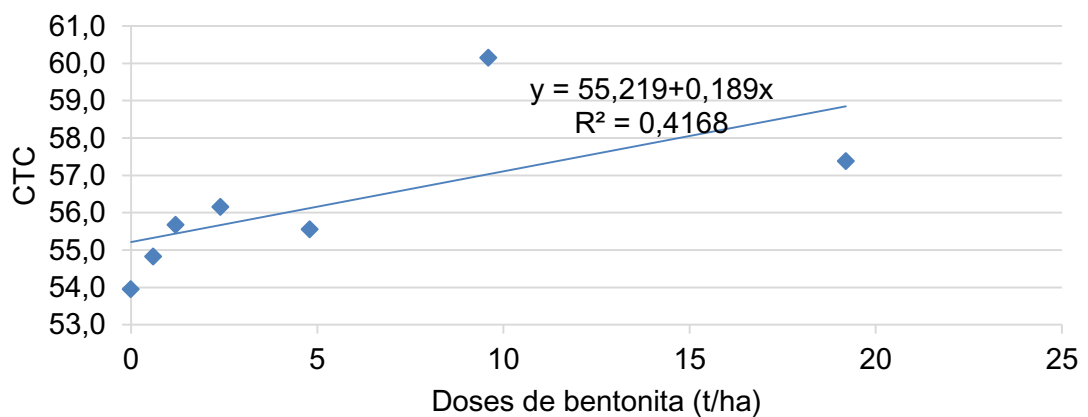


Figura 13. Capacidade de troca catiônica (CTC) em latossolo vermelho amarelo, após o corte do milho, em função das doses de bentonita aplicada.

#### 4.2.7 Saturação por bases (V%)

Por meio da análise de variância verificou-se efeito significativo ( $P < 0,05$ ) das doses de bentonita, em que, os resultados obtidos se enquadraram em equações do 1º grau indicando ascendência da saturação por bases ( $y = 11,7 + 0,3823x$   $R^2 = 0,7539$ ) proporcionais ao aumento das doses de bentonita aplicada.

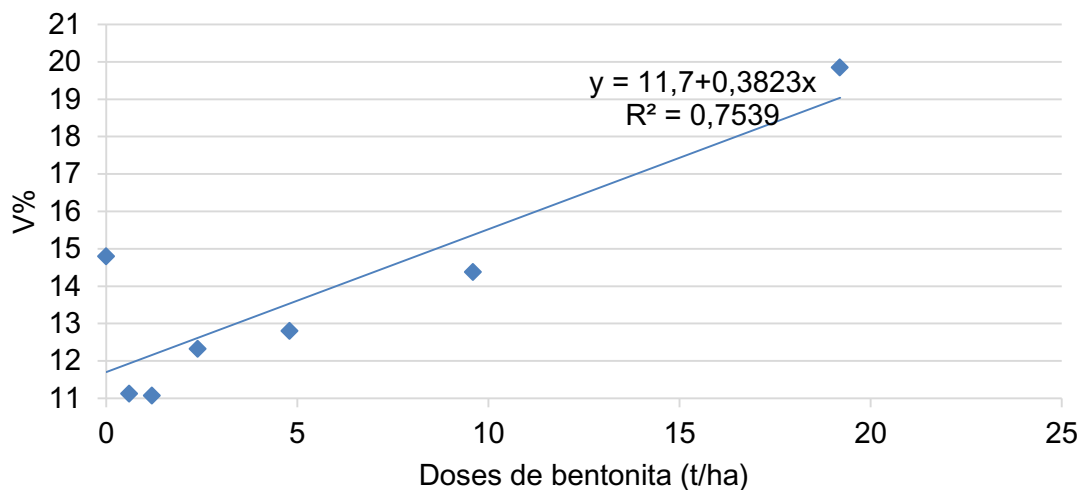


Figura 14. Saturação por bases (V%) do latossolo vermelho amarelo, após o corte do milho, em função das doses de bentonita aplicada.

#### 4.3 Discussão

Mediante análises de variância verificou-se efeito significativo ( $p < 0,05$ ) das doses de bentonita em relação a produção de matéria seca e nos teores e/ou acúmulo dos elementos Ca, Mg, S e Mn presentes na parte aérea do milho.

O aumento das doses de bentonita influenciaram positivamente a produção de matéria seca da parte aérea seguindo um modelo matemático linear.

O aumento das doses de bentonita não promoveu aumento no teor e acúmulo de fósforo nas plantas e no solo, pois de acordo com Costa & Oliveira (2001), em solo ácido, o fosforo reage com os óxidos de ferro, manganês e alumínio para formar produto insolúvel, tornando-o menos disponível. Segundo Ronquim

(2010), solos que apresentam acidez elevada (baixos valores de pH) apresentam alta fixação de fósforo pelos colóides do solo.

Considerando que o aumento das doses de bentonita segundo, Oliveira (2020), influenciaram de forma significativa diversos atributos do solo (pH, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, H+Al, SB e V%), sendo possível verificar uma tendência em que o aumento das doses eleva todos os atributos, com exceção do Zn que reduziu os teores, constatou-se que o aumento dos teores de nutrientes no solo não resultaram em maior disponibilidade para as plantas já que não houve alteração dos teores e do acúmulo de zinco e cobre na parte aérea do milho ao contrário do que foi observado por Tito (2009) que concluiu que a incorporação de bentonita no solo aumenta a adsorção de zinco e de cobre e contribui na diminuição da concentração e acúmulo desses metais, nas plantas de feijão-macassar, embora seja necessário considerar as diferenças dos sistemas radiculares do milho e do feijão macassar.

O aumento das doses de bentonita elevaram a acidez potencial do solo aproximadamente 12% na dose 9,6 t/ha de bentonita, mas na dose 19,2 t/ha de bentonita atingiu o mesmo valor do controle ( $46\text{mmolc/dm}^3$ ). O aumento da acidez potencial pode estar relacionado ao elevado teor de óxido de alumínio (19,27%) presente na composição da bentonita utilizada neste trabalho. Chaves et al. (2019), avaliando a acidez potencial, relata que a incorporação de doses de bentonita ao solo incubado por 90 dias favoreceu o acréscimo linear da acidez potencial e que a dose  $90\text{ t ha}^{-1}$  de bentonita quando comparada a testemunha provoca um aumento de 23,2% na acidez.

As doses de bentonita incorporada ao solo favoreceu, de forma linear, o aumento da capacidade de troca catiônica. Em geral, verifica-se que, as doses de bentonita favorecem a CTC, devido ao fato das argilas, terem alta microporosidade, maior superfície específica aumentando a quantidade de sítios disponíveis para as ligações, ou seja, favorecendo assim uma maior troca catiônica (CHAVES et al., 2019).

Após o cultivo do milho verificou-se ainda que a aplicação de bentonita proporcionou um efeito residual de cálcio e magnésio bem como na soma de bases.

Tendo em vista que o cultivo do milho ocorreu em solo ácido sugere-se a aplicação de calcário para neutralização do pH e do alumínio trocável presente no solo a fim de que o desenvolvimento da planta se dê próximos a condições ideais.

## 5. CONCLUSÃO

O aumento das doses de bentonita contribuiu no aumento da produção de matéria seca da parte aérea.

A aplicação de bentonita aumentou a disponibilidade de Ca e Mg no solo para as plantas.

A aplicação de bentonita teve efeito residual na soma de bases e a saturação por bases do solo mesmo após o cultivo do milho.

A aplicação de bentonita aumentou a capacidade de troca catiônica do solo.

## REFERÊNCIAS

- APOROFO. Sociedade Extrativa Santa Fé. Tremembé, SP. Disponível em: <<http://www.esantafe.com.br/aporofo.html>>. Acessado em: 27 de abril de 2021.
- BEZZON L. Produção Nacional de fertilizantes perdeu ainda mais participação no mercado doméstico em 2020. Disponível em: <<https://www.mercadosagricolas.com.br/fertilizantes/producao-nacional-de-fertilizantes-perdeu-ainda-mais-participacao-no-mercado-domestico-em-2020/>>. Acesso em: 12 de julho de 2021.
- CHAVES et al. Influência da Bentonita e MB4 na acidez potencial, pH e capacidade de troca catiônica do solo. Ciência, desenvolvimento e inovação na Engenharia e Agronomia Brasileira v.3. Campina Grande: EPGRAF, 2019.159f. Disponível em: <<https://www.confea.org.br/sites/default/files/uploads-imce/Contecc2019/Agronomia/INFLUENCIA%20DA%20BENTONITA%20E%20MB4%20NA%20ACIDIZ%20POTENCIAL%20C%20pH%20E%20CAPACIDADE%20DE%20TROCA%20CATIONICA%20O%20SOLO.pdf>>. Acesso em: 12 de outubro de 2021.
- CHAVES et al. Uma abordagem agrônômica: alternativa de comercialização de bentonita. In Congresso técnico científico da engenharia e da agronomia CONTECC 2016. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Ana-Vasconcelos-26/publication/308336705\\_UMA\\_ABORDAGEM\\_AGRONOMICA\\_ALTERNATIVA\\_DE\\_COMERCIALIZACAO\\_DE\\_BENTONITA/links/57e1389008aedcda857befe5/UMA-ABORDAGEM-AGRONOMICA-ALTERNATIVA-DE-COMERCIALIZACAO-DE-BENTONITA.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ana-Vasconcelos-26/publication/308336705_UMA_ABORDAGEM_AGRONOMICA_ALTERNATIVA_DE_COMERCIALIZACAO_DE_BENTONITA/links/57e1389008aedcda857befe5/UMA-ABORDAGEM-AGRONOMICA-ALTERNATIVA-DE-COMERCIALIZACAO-DE-BENTONITA.pdf)>. Acesso em: 12 de outubro de 2021.
- CORRÊA & MANTOAN. Rochagem é boa opção para melhorar a fertilidade do solo. Campo & Negócios. Agosto.2017. Disponível em: <<https://revistacampoenegocios.com.br/rochagem-e-boa-opcao-para-melhorar-a-fertilidade-do-solo/>>. Acesso em: 11 de outubro de 2021.
- COSTA & OLIVEIRA. **Fertilidade do solo e nutrição de plantas**. 2° edição. Campo Mourão- PR/ Cascavel- PR: Kromoset, 2001.
- EMBRAPA. Os solos do Brasil. Disponível em:< <https://www.embrapa.br/tema-solos-brasileiros/solos-do-brasil>>, Acessado em: 12 de julho de 2021.
- FERNANDES et al. Agrominerais para o Brasil. Rio de Janeiro: CETEM/MCT,2010. 380p. Disponível em: <<http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/927/1/cap13.pdf>>. Acesso em:11 de outubro de 2021.
- FILHO et al. Importância do Pó de rocha para os sistemas de produção agroecológica. In: IX Congresso brasileiro de agroecologia. Vol 10, n°3 de 2015. Disponível em: <<http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/18588/14210>>. Acesso em: 12 de outubro de 2021.
- LOPES & SANTOS. Rochagem na agricultura agroecológica. Vol.6. Salvador: EDUNEB,2014.32p. Disponível em: <<https://www.bibliotecaagptea.org.br/agricultura/adubacao/livros/ROCHAGEM%20NA%20AGRICULTURA%20AGROECOLOGICA.pdf>>. Acesso em:11 de outubro de 2021.
- MALAVOLTA et al. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2° edição. Piracicaba: POTAFOS, 1997.319p.
- MALAVOLTA E. **Manual de química agrícola**. ED. Agrônômica Ceres: São Paulo,1976.
- MARQUES M.R. O ion cálcio (Ca<sup>2+</sup>) na célula vegetal. Rev. Terra & Cult, Londrina, v.36, n 71, jul/dez.2020 Disponível em: <<http://periodicos.unifil.br/index.php/Revistateste/article/view/1114/1343>>. Acesso em: 12 de outubro de 2021.
- MARTINS E.S. Técnica de manejo: rochagem melhora a fertilidade dos solos. Disponível em: <<https://www.canalrural.com.br/projeto-soja-brasil/rochagem-promete-melhorar-a-fertilidade-dos-solos/>>. Acesso em: 28 de agosto de 2021.
- OLIVEIRA G.S.R. **Alterações nos atributos químicos de solo vermelho amarelo em função do tempo de incubação e doses de bentonita aplicada**. Monografia Agronomia- Universidade de Taubaté, Taubaté, 2020.
- RAIJ B.V., **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. International Plant Nutrition Institute,2011.420p.



ROCHA R.R. Os benéficos do pó de rocha. Disponível em: < <https://revistacampoenegocios.com.br/os-beneficios-do-po-de-rocha/>>. Acesso em: 28 de agosto de 2021.

RONQUIM C.C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. Boletim de pesquisa e desenvolvimento 8.1ªed. Embrapa monitoramento por satélite,2010. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/882598/1/BPD8.pdf>>. Acesso em: 12 de outubro de 2021.

TITO G. A. Remediação de um argissolos contaminado por zinco e cobre com o uso da bentonita. Tese Engenharia Agrícola -Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009. Disponível em: <<file:///C:/Users/tatab/Downloads/GILVANISE%20ALVES%20TITO%20-%20TESE%20PPGEA%202009.pdf>>. Acesso em: 12 de outubro de 2021.

VASCONCELOS et al. Doses de MB4 e bentonita no crescimento do milho. *In* Congresso técnico científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC. 2019. Palmas/TO. Disponível em:< <https://www.confea.org.br/sites/default/files/uploads-imce/Contecc2019/Agronomia/DOSES%20DE%20MB4%20E%20BENTONITA%20NO%20CRESCIMENTO%20DO%20MILHO.pdf> >. Acesso em: 12 de outubro de 2019.

## ANEXOS

Anexo 1. Peso médio das amostras de matéria seca da parte aérea (MSPA), raiz (MSR) e total (MST) e produção relativa (PR %) quando comparado ao controle.

| Doses de bentonita (t/ha) | Produção de matéria seca do milho |         |              |        |              |        |
|---------------------------|-----------------------------------|---------|--------------|--------|--------------|--------|
|                           | MSPA (g/vaso)                     | PR. (%) | MSR (g/vaso) | PR (%) | MST (g/vaso) | PR (%) |
| 0                         | 3,42                              | (-)     | 3,14         | (-)    | 6,53         | (-)    |
| 0,6                       | 4,85                              | 42%     | 3,1          | -1%    | 7,95         | 22%    |
| 1,2                       | 4,3                               | 26%     | 3,52         | 12%    | 7,81         | 20%    |
| 2,4                       | 6,42                              | 88%     | 3,72         | 18%    | 10,14        | 55%    |
| 4,8                       | 5,17                              | 51%     | 3,85         | 23%    | 9,02         | 38%    |
| 9,6                       | 5,36                              | 57%     | 3,83         | 22%    | 9,2          | 41%    |
| 19,2                      | 6,44                              | 88%     | 4,22         | 34%    | 10,66        | 63%    |

Anexo 2. teores de Ca, Mg e Mn e diferença percentual (DP %) da parte aérea do milho quando comparados ao controle.

| Doses de bentonita (t/ha) | Teores dos atributos químicos da parte aérea do milho |        |           |       |            |       |
|---------------------------|---|--------|-----------|-------|------------|-------|
|                           | Ca (g/kg)   | DP (%) | Mg (g/kg) | DP(%) | Mn (mg/kg) | DP(%) |
| 0                         | 4,2   | (-)    | 1,4       | (-)   | 1223,8     | (-)   |
| 0,6                       | 3,6   | -14%   | 1,4       | -4%   | 1358,3     | 11%   |
| 1,2                       | 4,1   | -2%    | 1,4       | 2%    | 1399,8     | 3%    |
| 2,4                       | 4,6   | 9%     | 1,4       | 2%    | 1249,5     | -11%  |
| 4,8                       | 4,6   | 10%    | 1,7       | 18%   | 1199,5     | -4%   |
| 9,6                       | 5,8   | 40%    | 2,0       | 45%   | 1214,5     | 1%    |
| 19,2                      | 6,1   | 46%    | 2,1       | 46%   | 939,8      | -23%  |

Anexo 3. Acúmulo de Ca, Mg e Mn e S e diferença percentual (DP%) da parte aérea do milho, quando comparados ao controle.

| Doses de bentonita (t/ha) | Massa dos atributos químicos da parte aérea do milho |          |              |          |             |          |
|---------------------------|--|----------|--------------|----------|-------------|----------|
|                           | Ca (mg/vaso)   | Dif. (%) | Mg (mg/vaso) | Dif. (%) | S (mg/vaso) | Dif. (%) |
| 0                         | 14,8   | (-)      | 4,8          | (-)      | 13,3        | (-)      |
| 0,6                       | 17,3   | 16%      | 6,5          | 35%      | 16,6        | 25%      |
| 1,2                       | 17,4   | 17%      | 6,0          | 27%      | 15,6        | 17%      |
| 2,4                       | 29,0   | 96%      | 9,3          | 95%      | 20,5        | 54%      |
| 4,8                       | 24,0   | 62%      | 8,5          | 78%      | 16,3        | 23%      |
| 9,6                       | 31,1   | 110%     | 10,8         | 126%     | 18,2        | 37%      |
| 19,2                      | 39,3   | 165%     | 13,3         | 178%     | 25,1        | 89%      |

Anexo 4. Atributos químicos do solo (pH, Ca e Mg) e diferencia percentual (DP%) em função das doses de bentonita aplicada após o corte do milho, quando comparado ao controle.

| Doses de bentonita (t/ha) | Atributos químicos do solo |          |                             |          |                             |          |
|---------------------------|----------------------------|----------|-----------------------------|----------|-----------------------------|----------|
|                           | pH                         | Dif. (%) | Ca (mmolc/dm <sup>3</sup> ) | Dif. (%) | Mg (mmolc/dm <sup>3</sup> ) | Dif. (%) |
| 0                         | 4,2                        | (-)      | 5,43                        | (-)      | 1,38                        | (-)      |
| 0,6                       | 4,1                        | -3%      | 4,05                        | -25%     | 1,05                        | -24%     |
| 1,2                       | 4,1                        | -3%      | 4,05                        | -25%     | 1,03                        | -25%     |
| 2,4                       | 4,1                        | -3%      | 4,78                        | -12%     | 1,13                        | -18%     |
| 4,8                       | 4,1                        | -4%      | 4,88                        | -10%     | 1,20                        | -13%     |
| 9,6                       | 4,1                        | -3%      | 6,10                        | 12%      | 1,53                        | 11%      |
| 19,2                      | 4,2                        | -1%      | 8,23                        | 52%      | 2,08                        | 51%      |

Anexo 5. Atributos químicos do solo (H+Al, SB, CTC e V%) e diferencia percentual (DP%) em função das doses de bentonita aplicada após o corte do milho, quando comparado ao controle.

| Doses de bentonita (t/ha) | Atributos químicos do solo    |          |                             |          |       |          |       |          |
|---------------------------|-------------------------------|----------|-----------------------------|----------|-------|----------|-------|----------|
|                           | H+Al (mmolc/dm <sup>3</sup> ) | Dif. (%) | SB (mmolc/dm <sup>3</sup> ) | Dif. (%) | CTC   | Dif. (%) | V (%) | Dif. (%) |
| 0                         | 46,00                         | (-)      | 7,95                        | (-)      | 53,95 | (-)      | 14,80 | (-)      |
| 0,6                       | 48,75                         | 6%       | 6,08                        | -24%     | 54,83 | 2%       | 11,13 | -25%     |
| 1,2                       | 49,50                         | 8%       | 6,18                        | -22%     | 55,68 | 3%       | 11,08 | -25%     |
| 2,4                       | 49,25                         | 7%       | 6,90                        | -13%     | 56,15 | 4%       | 12,33 | -17%     |
| 4,8                       | 48,50                         | 5%       | 7,05                        | -11%     | 55,55 | 3%       | 12,80 | -14%     |
| 9,6                       | 51,50                         | 12%      | 8,65                        | 9%       | 60,15 | 11%      | 14,38 | -3%      |
| 19,2                      | 46,00                         | 0%       | 11,38                       | 43%      | 57,38 | 6%       | 19,85 | 34%      |