

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS-MG
CURSO DE ENGENHARIA AGRÔNOMICA
RODRIGO BRITO REIS

**FERTILIZAÇÃO QUÍMICA E ORGÂNICA NA CULTURA DO MILHO E SUAS
INTERFERÊNCIAS NO pH DO SOLO**

VARGINHA-MG

2020

RODRIGO BRITO REIS

**FERTILIZAÇÃO QUÍMICA E ORGÂNICA NA CULTURA DO MILHO E SUAS
INTERFERÊNCIAS NO pH DO SOLO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Agrônômica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS MG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Prof. Dr. Tácio Peres da Silva.

VARGINHA-MG

2020

RESUMO

O milho (*Zea mays*) é uma cultura de enorme importância econômica no Brasil e no mundo. Embora a produtividade brasileira ser bastante inferior aos demais países, a safra 19/20 obteve uma produção recorde de 102,5 milhões de toneladas. Para a safra 20/21, incluindo as três safras que ocorrem no Brasil, a estimativa é a maior da série histórica da cultura do milho, totalizando 105,2 milhões de toneladas. Para o aumento de produtividade, o solo é um dos fatores limitantes para a produção. Sem a correta adequação aos teores de nutrientes e pH, pode acarretar grandes perdas no final da produção. Em solos ácidos, os elementos básicos para o desenvolvimento das plantas ficam presos nos colóides do solo e, assim, indisponíveis. De tal modo, o objetivo deste trabalho foi avaliar se os adubos orgânicos e organominerais podem melhorar o pH e os atributos químicos do solo ideal para a produção de milho, e, também avaliar as respostas na planta de milho. Foi realizado o plantio de milho em solo onde nunca se havia cultivado antes, em uma área de pastagem. Houve três tratamentos, sem adubação, adubação estritamente orgânica com esterco bovino e adubação com fertilizante organomineral. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados (DBC), sendo três tratamentos, quatro blocos e seis repetições. Ao final no experimento retirou-se amostras dos solos, para análise do pH e teores de nutrientes. Também se avaliou altura da planta, comprimento da espiga, peso da espiga, largura da folha, comprimento da folha e área foliar. Os dados de análise de solo foram analisados de maneira descritiva, e os dados vegetativos e de produção foram submetidos à análise de variância pelo teste de F, e quando significativos, as médias foram comparadas pelo teste *Scott-Knott* a 5% de probabilidade, utilizando o *software* SISVAR para as análises. Ao final do experimento, os tratamentos com esterco bovino e fertilizantes organominerais foram capazes de aumentar o pH do solo e melhorar diversos níveis de nutrientes essenciais do solo. Para os dados vegetativos e produtivos, o tratamento com organominerais se mostrou superior aos demais. Porém, como foi realizado somente em uma safra se faz necessário maiores estudos para concluir a efetividade dessas melhorias.

Palavras-chave: *Zea mays*. pH Ácido. Organomineral.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. OBJETIVO.....	7
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	8
3.1 Cultura do milho	8
3.2 Adubação orgânica.....	9
3.3 Adubação organomineral	11
3.4 Acidez do solo.....	12
4. MATERIAL E MÉTODOS	14
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
5.1 Análise de solo	16
5.2 Dados vegetativos e produtivos.....	19
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	22

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*) é uma cultura de enorme importância econômica no Brasil e no mundo. O Brasil está entre os três maiores produtores de milho no mundo, ficando atrás somente de Estados Unidos e China. Embora a produtividade brasileira ser bastante inferior aos demais países, a safra 19/20 obteve uma produção recorde de 102,5 milhões de toneladas. Para a safra 20/21, incluindo as três safras que ocorrem no Brasil, a estimativa é a maior da série histórica da cultura do milho, totalizando 105,2 milhões de toneladas, 2,6% maior que a anterior (CONAB, 2020).

A estimativa de área a ser plantada com a cultura no país na safra 20/21 é de 18.482,4 mil hectares (CONAB, 2020). A demanda para exportação do grão tem aumentado a cada ano. Frente a isso, os cuidados com o manejo do solo são muito importantes, visando otimizar ao máximo a produção.

O solo é um dos fatores limitantes para a produção. Sem a correta adequação aos teores de nutrientes e pH, pode acarretar grandes perdas no final da produção. Em solos ácidos, os elementos básicos para o desenvolvimento das plantas ficam presos nos colóides do solo e, assim, indisponíveis (ALVAREZ *et al.*, 1999).

Fatores importantes a serem considerados no plantio do milho são a qualidade do solo (rico em nutrientes), uma boa drenagem e o pH adequado. Matéria orgânica como folhagem e resíduos de outros cultivos (plantio direto) favorecem o aprimoramento do solo, melhorando a produção da cultura. Como na maioria dos vegetais, o pH do solo ideal para o plantio do milho está na faixa entre 5.8 e 6.8. A verificação do pH do solo antes do plantio é primordial, obedecendo aos níveis aceitáveis para semeadura. Para o balanceamento do solo quanto a sua acidez, são adicionados à terra cal ou enxofre, a fim de aumentar ou diminuir o pH desejado. (NATIONAL GARDENING ASSOCIATION EDITORS, 2019).

A acidificação do solo pode ser causada pela lixiviação e exportação dos nutrientes, basicamente pelo manejo do solo, pela intensificação do ciclo da matéria orgânica e pelo uso dos fertilizantes químicos com efeitos acidificantes. A maneira principal de avaliar a acidez é fazer uma análise de solo onde se encontra o pH, que é a quantidade de hidrogênio nessa solução, relatando a disponibilidade dos nutrientes para a planta.

Os adubos organominerais são a junção da química e da matéria orgânica (turfa), que visa à nutrição mineral da planta, juntamente com a harmonia biológica, física e química do solo, em cuja composição pode haver os principais macronutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio. A turfa, é a mistura de restos do vegetal em decomposição, enzimas ou bactérias.

A matéria orgânica que está presente nos fertilizantes organominerais é um fator considerável para melhorar a fertilidade do solo e as suas propriedades físicas, pois aumenta a capacidade de armazenagem de água; promove a diminuição da densidade visível do solo e o aumento da sua porosidade, forma agregados capazes de minimizar a erosão e aumentar a capacidade de absorção do solo e maximiza a capacidade na troca catiônica pela ação de micelas húmicas coloidais e com atividade na camada superior às argilas (REDI, 2014).

O esterco bovino sempre foi utilizado como fertilizante, porém com o decorrer dos anos perdeu espaço para os adubos de composição química, é largamente utilizado na produção orgânica, em que se prioriza a produção saudável, com o destino correto dos dejetos de origem animal produzidos em grandes quantidades.

As compostagens orgânicas são fertilizantes feitos dos restos de matéria orgânica e, por esse motivo, além de fornecer nutrientes para as culturas, nota-se também ascensão às condições químicas, físicas e biológicas do solo. São facilmente produzidos nas propriedades, aproveitando-se os resíduos animais e vegetais disponíveis na área (ALCÂNTARA *et al.*, 2018).

Dessa forma, um dos fatores limitantes na produção de cereais é o pH e a química do solo, que, se não estiver em níveis regulares pode prejudicar o desenvolvimento da cultura na área onde for introduzida, acarretando prejuízos para o produtor. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar se os adubos orgânicos e organominerais podem melhorar o pH e os atributos químicos do solo ideal para a produção de milho, e, também avaliar as respostas na planta de milho.

2. OBJETIVO

Comparar fontes nutricionais orgânicas e organomineiras na cultura do milho e avaliar suas interferências no desenvolvimento da cultura e no pH do solo.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Cultura do milho

A cultura do milho tem diversificadas funções no mercado externo e interno, podendo ser bem vista como um ponto de equilíbrio para o agronegócio. Pelo fato de ter diversas funções e aplicações, quer seja para a alimentação humana, quer seja para a alimentação animal, assume uma imensa função socioeconômica, além de ser uma fundamental matéria-prima que impulsiona variados complexos agroindustriais (OZELAME *et al.*, 2013).

O milho (*Zea mays*) tem como centro de origem a região meridional do México (DOELBLEY, 1990). Pertence à família *Gramineae/Poaceae*, tem como ancestral selvagem o teosinto. Há provas que é cultivado há mais de 8000 anos, hoje é cultivado em todo o mundo, embora seja de origem tropical (BARROS *et al.*, 2014). No Brasil começou-se cultivando uma espécie primitiva, o milho duro, pois ainda apresentava resistência às pragas. A introdução iniciou pela Bacia Amazônica e Nordeste, com o progresso da agricultura, chegou ao sul do país (BARGHINI, 2004).

É uma planta monoica, ou seja, apresenta flores unissexuais femininas (espigas) e masculinas (pendão) no mesmo indivíduo. Suas folhas são lanceoladas, paralelinérveas. O sistema radicular fasciculado, com hábito de crescimento superficial, a maior parte encontra-se nos primeiros 30 cm de solo (FANCELLI *et al.*, 2000). Apresentando polinização cruzada (alógama). É de cultivo anual, o ciclo pode ser de 120 a 140 dias. A planta é robusta e ereta, sua altura é de acordo com a variedade (PATERNIANI, 1980). Além de tudo é uma planta C4, apresentando maior eficiência de uso da radiação solar e na conversão de CO₂, com altas taxas de fotossíntese líquida, mesmo em elevados níveis de luz (ALVES, 2007). É uma planta bastante responsiva aos avanços tecnológicos, altamente utilizados em pesquisas biotecnológicas e genéticas.

Para maximizar os resultados na cultura do milho, o manejo nutricional é de enorme importância, uma vez que a planta extrai grandes quantidades de nutrientes do solo. (MELGAR *et al.*, 2004). As adubações em função da expectativa de produtividade deve levar em consideração a extração dos nutrientes, seja pra milho grão ou silagem (COELHO *et al.*, 1991).

Dos principais macronutrientes, para a produção de milho, o nitrogênio (N) é o mais demandado, devido ser constituinte da clorofila, fitocromos, proteínas e ácidos nucleicos, exercendo função em diversos processos bioquímicos (FORNASIERI FILHO, 2007;

CIVARDI *et al.*, 2011). Em segundo, temos o potássio (K), indispensável na fotossíntese e respiração, realizando a síntese e metabolismo de carboidratos, além disso, é ativador enzimático (TAKASU *et al.*, 2014). Também fundamental para altas produções de milho é o fósforo (P), porém é menos demandado em quantidade pela planta (CASTRO *et al.*, 2016).

Variadas formas de manejo do solo vêm sendo estudadas para a produção do milho em campo, incluindo-se a movimentação do terreno somente nas linhas de plantio ou a sua remoção total, pelo método de preparo tradicional com gradagens e aração (MOREIRA *et al.*, 2014).

A rotação de culturas tem sido bastante empregada em lavouras de milho, usando o manejo correto, o retorno econômico é grande. Os adubos representam um elevado custo na produção. Quando se utiliza de leguminosas como cultura antecessora, principalmente em sistemas de plantio direto, o gasto com adubação nitrogenada cai consideravelmente (LARA CABEZAS *et al.*, 2000).

O indiscriminado uso de adubação química tem causado grandes problemas nos solos brasileiros, causando intensa degradação, salinização, erosão, diminuindo o teor de matéria orgânica e nutrientes (SILVA *et al.*, 2007). Além disso o interesse da população pela agricultura sustentável, devido a uma conscientização ambiental, tem mudado os rumos agrícolas atualmente (SALDANHA *et al.*, 2017), principalmente de culturas como o milho, com enorme importância no comércio externo. Isso levou à aumentar o uso de adubos de origem orgânica nas lavouras.

3.2 Adubação orgânica

O princípio da aplicação de adubos de origem orgânica é manter e ativar a vida do solo. Os restos de plantas e animais deixados no solo, ao se decomporem, são atacados continuamente por microrganismos (SILVA *et al.*, 1997), com essa transformação dos resíduos, gera compostos mais refinados e com nutrientes mais disponíveis para as plantas (POWLSON *et al.*, 1987). A matéria orgânica no solo é importante na reciclagem de nutrientes, no tamponamento do solo contra variações de pH, na construção e manutenção da estrutura e no armazenamento e adsorção de água (SILVA *et al.*, 1997).

Porém, um grande desafio da adubação orgânica, é com relação a disponibilidade de nutrientes durante todo o ciclo da cultura, principalmente nitrogênio (BARRETO *et al.*, 2016). O manejo do adubo orgânico é complicado quando diz respeito às formas de N disponíveis para as plantas, pois é condicionado da mineralização, e apenas uma parte do N-

orgânico é mineralizada no ano em que é aplicado (MALLORY *et al.*, 2010). Compreender esses processos é de vital importância para altas produtividades.

Assim, a substituição dos adubos de composições minerais por estritamente compostos orgânicos, pode levar à diminuição significativa de rendimento. Existe um prazo necessário para a alteração de sistemas convencionais para os orgânicos. O prazo depende da adaptação dos sistemas ecológicos às novas condições, eventualmente ao longo dos anos, se torna natural a disponibilidade de nutrientes pelas adubações orgânicas, uma vez que o sistema entra em equilíbrio (FEIDEN, 2001). Deste modo ao invés da agilidade das respostas da adubação com adubos químicos solúveis, é a vez da estabilidade das respostas dos adubos orgânicos de base biológica (BUSATO *et al.*, 2009).

Dentre vários adubos orgânicos que são usados na agricultura, o esterco bovino é o mais empregado, uma vez que se encontra no mercado e quase todo país. Embora no Brasil ainda não há muitos estudos acerca de quantidades a ser aplicadas na maioria das culturas, ele é bastante utilizado devido seus vários benefícios ao solo, como o aumento da CTC, melhorar a retenção de água e a aeração do solo, proporcionando um ambiente ótimo para o desenvolvimento das raízes (STEVENSON, 1995). A eficácia o esterco bovino vai depender da composição que ele apresenta, porém isso altera de acordo com a origem do material, como a espécie do animal, idade, raça, alimentação, tratamento da matéria prima inicial e distribuição do esterco no campo (KIEHL, 1985). Além de depender do quanto decomposto está o resíduo.

Para não acarretar problemas para às plantas, e disponibilizar os nutrientes, geralmente os adubos orgânicos são misturados ao solo com antecedência, antes do plantio ou semeadura, nas covas, sulcos ou covas de plantio e a seguir irrigados (PENTEADO, 2007).

A adubação orgânica com o esterco bovino reduz consideravelmente o gasto com adubação mineral na lavoura de milho. Além de ser um bom destino aos excrementos produzidos propriedades de gado (LEKASIA *et al.*, 2002). O esterco bovino também é capaz de promover um efeito residual de N, tendo efeito na produtividade em anos subsequentes, bem como nos custos (PAUL *et al.*, 1993).

Na legislação brasileira, temos os fertilizantes orgânicos simples, misto, composto e organominerais, sendo classificados de acordo com as matérias-primas utilizadas na sua produção, os esterco de animais pertencem à categoria dos fertilizantes orgânicos simples (MAPA, 2009).

3.3 Adubação organomineral

Uma das vertentes tecnológicas voltadas para a área de produção de fertilizantes é o desenvolvimento dos organominerais. Na Legislação Brasileira, o adubo organomineral é definido como produto consequente da mistura física ou combinação de fertilizantes minerais ou orgânicos, podendo ser em forma de farelo, granular ou peletizada (MAPA, 2009). A utilização é bastante recente, desde 1982, quando comparado aos minerais, que estão em uso há mais de 160 anos (KIEHL, 2008).

O mercado de organominerais está crescendo em torno de 16% a cada ano (POLIDORO, 2013), por utilizar matéria prima mais barata e abundante, apresentam um menor custo tornando assim uma alternativa viável para os agricultores (MALAQUIAS *et al.*, 2017).

Um bom motivo de somar o nutriente mineral aos adubos orgânicos é diminuir as taxas de mineralização, lixiviação e fixação dos nutrientes. Devido os adubos orgânicos não apresentar proporções definidas de nutrientes, como as fórmulas comerciais dos adubos minerais, cuja composição pode ser balanceada conforme a necessidade da planta e solo (SOUZA *et al.*, 2012).

Deve-se levar em conta que a utilização dos resíduos orgânicos nessas misturas precisa obedecer a critérios técnicos adequados, para evitar danos ao sistema solo-planta-atmosfera, ou seja, atender as necessidades das culturas e não agredir o ambiente. Isso acontece com a maioria dos resíduos de origem urbana, industrial e agrícola que não devem ser adicionados diretamente no solo, podendo causar impactos ao ambiente (SANTOS, 2008).

Os fertilizantes organomineirais apresentam vertentes crescentes nos mercados. São formulados a partir de dejetos orgânicos como: dejetos animais (estercos), turfa, resíduos industriais, usinas de álcool, farinhas de ossos (osso moído), tortas diversas, resíduos agroindustriais e lodo de esgoto. Há também a possibilidade da reutilização dos resíduos das aves e suínos sem a conversão biológica, utilizando-se apenas processos físicos para secagem e diminuição do tamanho das partículas, cujas vantagens e curto tempo entre a chegada do resíduo e a obtenção do adubo, além de não depender de grandes áreas para beneficiamento (BENITES *et al.*, 2010).

Uma das maiores vantagens dos adubos organominerais é o proveito dos nutrientes minerais devido à sua incorporação com a matéria orgânica. Isso proporciona uma grande capacidade de troca de cátions (CTC) do solo, redução de perdas por lixiviação e drenagem absorção pelas plantas (INKOTTE *et al.*, 2012).

Outro ponto forte dos adubos organominerais em relação aos adubos minerais é a utilização de restos que são passivos ambientais de outros sistemas de produção como matéria-prima, que engloba perfeitamente na presente política nacional de resíduos sólidos destacando o poder da reutilização e a soma de valores a esses tipos de materiais (BENITES *et al.*, 2010).

Em termos práticos, os resultados com o uso de fertilizantes organominerais são bastante favoráveis nas mais variadas culturas segundo estudos que vêm sendo realizados em soja, trigo, aveia, melão, café, milho, batata, cana-de-açúcar, feijão e interação lavoura-pecuária-floresta (SOUZA *et al.*, 2012). Ao utilizar adubação organomineral, o produtor consegue todas as melhorias que a adubação orgânica proporciona ao solo, aliada à uma boa concentração e disponibilidade de nutrientes.

3.4 Acidez do solo

Um dos principais fatores que limitam a produção agrícola mundial é a acidez do solo. No Brasil, predominam os latossolos, que são solos bastante intemperizados, profundos e bem drenados (HESS *et al.*, 2010). Geralmente são ácidos, com saturação por bases baixa e baixa fertilidade (EMBRAPA, 2013), porém quando corrigidos quimicamente, apresentam grande potencial agrícola, atingindo elevadas produtividades (BERGAMIN, 2010).

Os solos com alto teor de acidez podem apresentar toxicidade ou deficiências de alguns nutrientes que podem limitar a produtividade agrícola. As principais deficiências são de cálcio, zinco, fósforo, magnésio e a toxicidade de alumínio, muito comuns nesse tipo de solo (EMBRAPA, 1997).

A calagem é a prática mais comum e mais efetiva na correção da acidez do solo. A calagem muda o ambiente químico em torno do sistema radicular. Com a dissolução do calcário, o alumínio (Al^{3+}) e o hidrogênio (H^+) são trocados por cálcio (Ca^{2+}), havendo um aumento do cálcio permutável (SOUSA *et al.*, 2007). Produz-se, portanto, um aumento na porcentagem de saturação por bases, e, coincidentemente, aumenta-se o pH da solução do solo.

A correção do pH ácido em profundidade, por meio de aplicação de calcário na parte superficial, em doses mais elevadas do que as recomendadas, pode alavancar desbalanceamento nutricional na camada superficial, pois o deslocamento de bases poderá ser demorado e indefinido de acordo com a quantidade de H_2O , do calcário incorporado e do tipo de solo (COSTA *et al.*, 2016).

Além da correção do pH com calcário, o uso de espécies de plantas tolerantes à acidez e o uso de matéria orgânica são práticas complementares para a produção agrícola nesses tipos de solos (FAGERIA *et al.*, 1999).

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Sítio Coqueiro, no município de Três Pontas - Minas Gerais, com altitude de 885m, latitude 21°22'00'' S, longitude 45°40'45'' W, pluviometria média 1200 mm durante o ano. Foi realizado o plantio de milho em solo onde nunca se havia cultivado antes, em uma área de pastagem. Também não houve correções quanto à pH e teores de nutrientes. Foi feita a limpeza com trincha, aração e duas gradagens. Não se realizou as correções comuns antes do plantio, porém a área já cultivada havia sido corrigida em safras anteriores.

Os tratamentos estão especificados na tabela 1. Os tratamentos com esterco bovino aplicou-se 14 toneladas por hectare, incorporando-o ao solo. No tratamento em que se realizaram adubações com fertilizante organomineral aplicou-se 1,5 toneladas de organomineral (02-14-10) por hectare, no dia 11 de maio de 2019, e também se realizou a adubação em cobertura, aplicou-se mais 500 kg por hectare de organomineral (02-14-10) no dia 15 de junho de 2019.

Tabela 01 – Tratamentos utilizados no experimento.

Tratamento	Descrição
1	Sem adubação;
2	Esterco bovino no plantio.
3	Organomineral no plantio e cobertura;

Fonte: o autor.

Foram utilizadas sementes de milho híbrido KWS precoce, com resistência ao herbicida glifosato. Foram plantadas com espaçamento de aproximadamente 25 cm entre plantas na linha, e 70 cm entrelinhas. Cada parcela com 3 linhas de 2 metros de comprimentos. Sendo respeitado 0,7m² de bordaduras, assim, avaliando apenas a linha central, 5 plantas por parcela.

No decorrer do experimento realizou-se os manejos necessários exigidos pela cultura, com relação a pragas e doenças, para plantas daninhas, utilizou o controle químico com herbicida Glifosato nos estágios V4/V5, além de capina nas entrelinhas.

Antes do início, e ao final no experimento retirou-se amostras dos solos, para análise do pH e teores de nutrientes. A amostragem se deu utilizando trado e saco para coleta, feita em cinco pontos diferentes, em profundidade de 0 a 20 cm, reunida em uma única amostra e destinada para o Laboratório de análise de solo da Cooperativa dos Cafeicultores da Zona de Três Pontas LTDA.

Foram avaliados o peso da espiga com casca, altura de planta, comprimento da espiga sem casaca, comprimento e largura de folha. O peso da espiga foi avaliado, após coletarem-se as espigas centrais de cada tratamento no final do ciclo, pesando-as com casca, com auxílio de uma balança de precisão conforme apêndice 01. A altura das plantas centrais foi medida no estágio R6, entre 120 a 135 dias após o plantio, com o auxílio de uma trena desde a parte mais baixa do colmo até o pendão conforme apêndice 02. O comprimento da espiga foi avaliado coletando-se as espigas centrais de cada tratamento, ao final do ciclo, retirou-se a casca, e mediu com o auxílio de uma régua conforme apêndice 03. O comprimento e largura das folhas foram medidos e coletados na altura média da planta com auxílio de uma régua e paquímetro conforme apêndice 04. A área foliar foi obtida pela expressão: $AF = \text{comprimento} \times \text{largura} \times 0,75$ (SANGOI *et al.*, 2011).

Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados (DBC), sendo três tratamentos, com três repetições. Os dados de análise de solo foram avaliados de maneira descritiva. Os dados vegetativos e produtivos foram submetidos à análise de variância pelo teste de F, e quando significativos, as médias foram comparadas pelo teste *Scott-Knott* a 5% de probabilidade. Foi utilizado o *software* SISVAR para as análises (FERREIRA, 2014).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise de solo

A análise de solo do pré-plantio na área onde não se havia cultivo (Tabela 02) mostrou exatamente o que se esperava de um solo de pastagem degradada. A acidez muito elevada com o pH baixo, inexistência de matéria orgânica. Todos os níveis de nutrientes variando da classe muito baixa a baixa. Assim, também a saturação por bases e a capacidade de troca de cátions baixa. Surpreendentemente o nível de alumínio trocável não estava alto, indicando uma boa saturação. A recuperação de áreas de pastagem degradada é extremamente viável para aumentar a produção de grãos, como no caso do milho, das fazendas, além do ponto de vista ambiental, para que se evitem o desmatamento e abertura de novas áreas (OLIVEIRA *et al.*, 2005).

Comparando os resultados de pH obtidos antes do plantio, com as áreas em que se utilizou adubação, houve uma pequena alteração para maiores valores, sendo 10% de aumento quando utilizou esterco e 5% com organominerais. Porém, ainda não foi suficiente para boas condições de plantio, mas, o interessante é que houve alteração, indicando que o uso de fertilizantes organominerais ou esterco, pensando a longo prazo, poderá contribuir para a melhoria das condições deste solo. Tripathi *et al.*, (2014) conduziram um estudo que durou cerca de 41 anos utilizando diferentes fontes de fertilizantes, e onde se utilizou esterco aumentou relativamente o pH do solo. Essa diminuição de acidez pode ser explicada pelo fato de nos dejetos dos animais possuir CaCO_3 que não foi metabolizado pelo trato digestivo (EGHBALL *et al.*, 1999).

Outro fator que está relacionado ao pH do solo é a presença de alumínio trocável. O alumínio é um elemento tóxico à maioria das plantas, a presença dele na solução do solo reduz consideravelmente a produtividade das áreas. Isso se deve ao fato dele atuar como cátion em pH abaixo de 5,5 e como ânion em meio básico com pH acima de 7,5 (MALAVOLTA, 2006). Na amostra de solo antes do plantio, mostrou que o teor de alumínio não está em níveis críticos, mas com o pH a 4, indica que o alumínio está em forma de cátion, podendo ser absorvido pelas raízes e causar danos à planta. Com a adubação com esterco bovino houve uma diminuição em aproximadamente 62% de alumínio trocável, e com organomineral reduziu cerca de 46% (Tabela 02). Naramabuye *et al.*, (2006) conseguiram resultados semelhantes quando se utilizou esterco bovino em seu estudo, e constataram que essa diminuição pode ser atrelada ao aumento do pH do solo ou à complexação do Al^{3+} por

compostos orgânicos. Neste presente trabalho, o que melhor se explica o ocorrido é a utilização de adubos com fontes orgânicas, uma vez que em ambas as áreas, o pH não aumentou de forma significativa à neutralizar o alumínio no solo.

Houve uma diferença no teor de fósforo na área onde houve adubação com esterco, diminuindo 50% (Tabela 02). O fósforo em particular tem uma dinâmica complexa no solo. Isso devido ao fato de ser um elemento pouco móvel, altamente adsorvido pelas argilas no solo. Assim, ele se liga fortemente à elas e fica indisponível para às plantas (MALAVOLTA, 2006). O aumento da matéria orgânica no solo faz com que ligantes orgânicos substituam o fósforo adsorvido, assim liberando o fósforo para a solução do solo e conseqüentemente para absorção das plantas (IYAMUREMYE *et al.*, 1996). Possivelmente o aumento da MO no solo disponibilizou esse fósforo e a planta de milho extraiu. Isso é um fator que se deve levar em consideração nas adubações, o quanto a planta vai extrair de nutrientes do ambiente. No caso do milho, quando se obtém uma produtividade de 8 t/ha, extrai nos grãos cerca de 34 kg/ha de fósforo (COELHO *et al.*, 1995). Além disso, o esterco não foi capaz de repor o fosforo utilizado, com isso a diminuição do teor. Já no caso da adubação com organomineral, o teor de fósforo aumentou 16% (Tabela 02), devido a presença do fertilizante mineral misturado ao orgânico, então forneceu uma quantidade para a planta, e sobrou um estoque pequeno para a próxima safra.

Outro parâmetro importante a ser aumentado no solo é a Capacidade de Troca de Cátions (CTC), ela é calculada pela somatória das bases cálcio, magnésio, potássio e sódio, e a acidez potencial (H + Al) (ALVAREZ *et al.*, 1999). Nas amostragens deste trabalho, a acidez potencial se mostrou ser grande parte da CTC, sendo na amostra 1 no pré-plantio 83,7% da CTC, na amostra 2, adubada com esterco, diminuiu para 72,7%, e na amostra 3, com organominerais, para 67,1% (Tabela 02). O interessante para boas condições de cultivo de milho é que a saturação por bases (V) atinja em torno de 60% (BRITO *et al.*, 2019). Com as adubações com o esterco e organomineral, conseguiu-se aumentar a saturação por bases em 27,3% e 32,9% (Tabela 02), respectivamente, porém ainda insuficiente.

O pH do solo influencia diretamente a disponibilidade de nutrientes essenciais para as plantas. Contudo quando se fala em micronutrientes, mínimas diferenças de pH alteram enormemente a disponibilidade (MALAVOLTA, 2006). Neste trabalho, como era área de pastagem nunca cultivada, os níveis do micronutrientes boro e zinco estavam muito baixos. Com a adubação com esterco bovino houve uma aumento de 150% para o boro e 220% para o zinco. Com organominerais, houve aumento de 250% para o boro e 450% para o zinco

(Tabela 02). No caso de ambas as adubações o nível dos nutrientes foi para médio à alto (ALVAREZ *et al.*, 1999).

Abaixo, a tabela 02 demonstra a análise do solo onde não havia cultivo, sendo a amostra 1 antes da adubação e plantio. A amostra 2 da área em que foi adubada com esterco. E a amostra 3 da área adubada com fertilizante organomineral.

pH em água; MO – Matéria orgânica; P.rem – Fósforo remanescente; P – fósforo disponível; K – potássio disponível; Ca – cálcio disponível; Mg – Magnésio trocável; Al – acidez trocável; H+Al – Acidez potencial; SB – Somas de bases (SB = Ca+Mg+K+Na); T – Capacidade de troca de cátions a pH 7 (SB+ (H + Al)); t – Capacidade efetiva de troca de cátions (t = SB + Al); m – Saturação por alumínio (m = 100*Al/t). V – Saturação por bases (V = 100*SB/T). B – Boro disponível; Zn – Zinco disponível.

Tabela 02 – Análise de solo da área onde não havia cultivo.

Amostra	pH	MO	P.rem	P	K	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T
		Dag/Kg	mg/L	mg/dm ³	cmol/dm ³							
1	4,0	0,0	0,0	6,0	70	0,3	0,3	0,2	1,3	4,1	0,8	4,9
2	4,4	2,6	0,0	3,0	80	0,3	1,1	0,5	0,5	5,1	1,9	7,0
3	4,2	3,0	0,0	7,0	100	0,3	2,0	0,8	0,7	6,3	3,1	9,4
Amostra	t	m	V	K	Ca	Mg	B	Zn				
		%		% em relação a T			mg/dm ³					
1	2,1	61,9	16,3	6,1	6,1	4,1	0,2	0,0				
2	2,4	20,8	27,1	4,3	15,7	7,1	0,5	2,2				
3	3,8	18,4	33,0	3,2	21,3	8,5	0,7	4,5				

Fonte: o autor.

Na cultura do milho, a necessidade de aplicar micronutrientes deve ser pautada em análises de solo, foliar, além de avaliar o histórico da área. Nunca aplicar sem o devido planejamento. Isso porque a concentração de micronutrientes no solo deve estar em equilíbrio, e pouca variação além do necessário leva a situações de fitotoxicidade e anomalias fisiológicas (FANCELLI *et al.*, 2015).

Dentre os micronutrientes mais exigidos pelo milho temos o zinco, principalmente quando o solo é pobre em matéria orgânica. Todavia com o passar das adubações nas safras ele atinge níveis satisfatórios no solo, o que dispensa posteriores aplicações (COELHO *et al.*, 1995). Tem-se utilizado o tratamento de sementes com zinco, que auxilia no enraizamento e nos processos fisiológicos iniciais da cultura (SANTOS *et al.*, 2019). Em excesso pode causar danos, como predispor a planta a doenças e afetar a disponibilidade e aproveitamento de outros nutrientes como o cobre (ALVAREZ *et al.*, 1999). Outro bastante importante para a

cultura do milho é o boro, que apresenta baixa mobilidade, então deve ser aplicado pelo solo e de preferência na semeadura (FANCELLI *et al.*, 2015), e está relacionado diretamente à diversos processos fisiológicos da planta, além de atuar na ativação de enzimas e translocação de carboidrato e fitormônios (SONGKHUM *et al.*, 2018; NOGUEIRA *et al.*, 2019).

O interessante deste experimento foi mostrar que quando se pensa em micronutrientes as adubações orgânicas são suficientes e dispensam outras aplicações minerais. Isso a longo prazo de safras causam muitas melhorias no solo, e economia para o produtor.

O produtor atualmente deve buscar cada vez mais construir a fertilidade do solo, aumentando o aporte de matéria orgânica, utilizando além de adubações orgânicas o sistema de plantio direto. Também fazer estoques de nutrientes no solo, e assim, manejar a reposição somente do que foi exportado pela cultura. Aquele que consegue ao longo dos anos construir esse solo, atinge produtividades máximas por área e gastando o mínimo com fertilizantes. Este experimento mostrou melhorias notórias no solo somente em uma safra de milho. Ainda necessita maiores investigações a respeito, não se encontram na literatura muitos trabalhos mostrando os benefícios em longo prazo de se utilizar adubações orgânicas.

5.2 Dados vegetativos e produtivos

Na Tabela 03 são apresentados os resumos das análises de variância das características vegetativas e de produção avaliados, tendo altura da planta (AP), comprimento da espiga (CE), peso da espiga (PE), largura da folha (LF), comprimento da folha (CF) e área foliar (AF) dos tratamentos sem a adubação de plantio, com a adubação com esterco, e com adubação com fertilizante organomineral. Os resultados demonstraram a existência de diferenças significativas entre as médias dos tratamentos para as seguintes características: altura da planta, peso de espiga, comprimento da folha e área foliar, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F. A medida mais utilizada como indicativo de precisão experimental é o coeficiente de variação experimental CV(%), que neste trabalho variou de 1,37% para altura de plantas à 19,08% para largura da folha, indicando que o experimento teve de alta a boa precisão (PIMENTEL GOMES, 1985).

Tabela 03 – Resumos das análises de variância. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.
¹CV (%) – coeficiente de variação.

FV	GL	AP	CE	PE	LF	CF	AF
		QM					
Tratamentos	2	233,61*	3,25	376,55*	3,25	164,11*	15117,47*
Blocos	2	4,33	0,52	6,60	0,82	10,03	549,95
Resíduo	4	4,16	0,75	7,70	0,74	3,28	624,59
CV(%) ¹		1,37	5,31	2,08	19,08	3,23	12,86

Fonte: o autor.

Comparando as médias dos resultados vegetativos encontrados, a altura da planta mostrou maior média pelo teste *Scott-Knott* quando adubado com adubos organominerais que os demais tratamentos (Tabela 04). Isso pode ser explicado pelo fato deste tipo de adubação possuir nutrientes que são disponibilizados mais rapidamente para as plantas, levando à respostas mais rápidas. A altura da planta é um fator importante a ser levado em consideração, visto que influencia diretamente na colheita, seja para milho silagem, milho grão ou milho verde. Outra questão importante é o acamamento de plantas, que quando a colheita é mecanizada, pode causar grandes problemas (CRUZ *et al.*, 2011). Cabral (2017) encontrou resultados semelhantes ao deste trabalho, havendo aumentos quando se utilizou de adubação orgânica e organomineral.

A largura e comprimento da folha de milho são importantes de serem mensurados para o cálculo da área foliar. Embora a largura da folha não ter diferenças significativas entre os tratamentos, o comprimento foliar apresentou maiores médias pelo teste *Scott-Knott* nos tratamentos em que se utilizou organominerais, seguido pelo tratamento com esterco (Tabela 04). As folhas são responsáveis pela fotossíntese, e com isso auxiliam tanto no crescimento vegetativo quanto no enchimento de grãos, Moreira *et al.*, (2020) demonstraram que o milho quando adubado com fertilizantes de origem orgânicas, aumentou sua capacidade fotossintética.

A área foliar, que é produto do comprimento e largura de folha, apresentou maior média pelo teste *Scott-Knott* também quando se utilizou organominerais (Tabela 04). Isso pode indicar que se for o caso de milho silagem, mais matéria seca e carbono e, assim maior produtividade, no caso de milho grão, um melhor enchimento de grãos, menos abortamentos (CAMACHO *et al.*, 1995). Além disso, a área foliar diz respeito do quanto de radiação solar a planta consegue aproveitar e transformar em produto (SANGOI *et al.*, 2011).

Em relação às espigas, o comprimento da espiga não mostrou diferenças significativas, porém o peso da espiga indicou maiores médias pelo teste *Scott-Knott* quando se usou organominerais, seguido pelo tratamento com esterco bovino (Tabela 04). Cabral (2017)

também não obteve diferenças significativas para o comprimento da espiga quando se utilizou adubação orgânica e organomineral. Pohlmann (2009) mostrou que a adubação orgânica pode ser um diferencial para o peso de espigas e, conseqüentemente, a produtividade.

A tabela 04, abaixo, demonstra as médias da planta (AP), largura da folha (LF), comprimento da folha (CF), comprimento da espiga (CE), área foliar (AF) e peso da espiga (PE) dos tratamentos 1, sem adubação de plantio, tratamento 2, com adubação com esterco, e tratamento 3, com adubação com fertilizante organomineral.

Tabela 04 – Resultados das análises.

Tratamentos	AP	LF	CF	CE	AF	PE
		cm			cm ²	g
1	142,66 b	3,63 a	49,33 c	15,5 a	133,78 b	123,00 c
2	145,33 b	4,26 a	55,00 b	16,0 a	177,04 b	132,00 b
3	159,06 a	5,66 a	64,00 a	17,5 a	273,05 a	145,33 a

Fonte: o autor.

De modo geral, as características vegetativas e de produção avaliadas podem ser correlacionadas à produtividade de maneira indireta (SOUZA *et al.*, 2014). Assim, o aumento destas características pode levar a lavoura a maiores produções.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os tratamentos com esterco bovino e fertilizantes organominerais foram capazes de aumentar o pH do solo e melhorar diversos níveis de nutrientes essenciais do solo. Para os dados vegetativos e produtivos, o tratamento com organominerais se mostrou superior aos demais. Porém, como foi realizado somente em uma safra se faz necessário maiores estudos para concluir a efetividade dessas melhorias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCÂNTARA, F.; A; et al. **Composto orgânico à base de esterco bovino e enriquecimento em fósforo**. Cartilha (INFOTECA-E). Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2018.
- ALVAREZ, V. V. H.; et al. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em minas gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999.
- ALVES, G. C. **Efeito da inoculação de bactérias Diazotróficas dos gêneros Herbaspirillum e Bulkhorderia em genótipos de milho**. 2007. p.65 Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, RJ, 2007.
- BARGHINI, A. **O milho na América do Sul Pré-Colombiana: uma história natural**. Rio Grande do Sul, 2004.
- BARRETO, C. F.; et al. **Efeito da torta de mamona e tungue como fertilizante orgânico e manejo de irrigação na produção da figueira em sistema orgânico**. Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega Urcamp, p.509-518, 2016.
- BARROS, J. F. C.; et al. **A cultura do milho**. Évora, 2014. 52f. Material de apoio. Disponível em: <<https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/10804/1/Sebenta-milho.pdf>> Acesso em: 26 out. 2020.
- BENITES, V. N.; et al. Produção de fertilizante organomineral granulado a partir de dejetos de suínos e aves no brasil. **Anais FertBio**. Guarapari – ES. 2010.
- BERGAMIN, A. C.; et al. **Compactação em um latossolo vermelho distroférrico e suas relações com o crescimento radicular do milho**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 34, n. 3, p.681- 691, 2010.
- BRITO, A. R.; et al. **Saturação por bases na integração lavoura-pecuária com cultivo de milho nos dois primeiros anos**. Colloquium Agrariae, v. 15, n.3, p.58-68. 2019.
- BUSATO, J. G.; et al. **Guia para a adubação orgânica**. 2009. Disponível em: <<http://www.pesagro.rj.gov.br/downloads/riorural/14%20Adubacao%20organica.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2020.
- CABRAL, L. B. S. **Adubação mineral e orgânica no cultivo do milho**. 2017. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias/Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Rio Verde, Goiás, 2017.
- CAMACHO, R. G.; et al. **Caracterização de nove genótipos de milho (Zea mays L.) em relação à área foliar e coeficiente de extinção de luz**. Scientia agrícola. Piracicaba. v.52, n.2. 1995.
- CASTRO, L. R.; et al. **Doses e formas de aplicação de fósforo na cultura do milho**. Revista Agrarian. V.9, n. 31, p. 4-54, 2016.

CIVARDI, E. A.; et al. **Ureia de liberação lenta aplicada superficialmente e ureia comum incorporada ao solo no rendimento do milho.** Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 41, n. 1, p.52-59, 2011.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira.** 2020. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>>. Acesso em: 10 out. 2020.

COELHO, A. M.; et al. Nutrição e adubação do milho forrageiro. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. **Milho para silagem: tecnologias, sistemas e custo de produção.** Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS. p.29-73, 1991.

COELHO, A. M.; et al. **Seja o doutor do seu milho: nutrição e adubação.** 2.ed. Piracicaba: Potafos, p.9. 1995.

COSTA, C. H. M.; et al. **Long-term effects of lime and phosphogypsum application on tropical no-till soybean–oat–sorghum rotation and soil chemical properties.** European Journal of Agronomy. V 74. p.119-132. 2016.

CRUZ, J. C.; et al. **Coleção 500 perguntas, 500 respostas sobre milho.** Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, p.333, 2011.

DOEBLEY, J. Molecular Evidence and the Evolution of Maize. In: BRETTING, Peter K. (ed.). **New Perspectives on the Origin and Evolution of New World Domesticated Plants, Supplement to Economic Botany.** V.44. p 6-27, 1990.

EGHBALL B.; et al. **Phosphorus and nitrogen-based manure and compost application: Corn production and soil phosphorus.** Soil Science Society American Journal V.63, p.895–901. 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análises de solo.** 2.ed. Rio de Janeiro. p.212. 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 3ed. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília, p.353. 2013.

FAGERIA, N. K.; et al. **Manejo da acidez dos solos de cerrado e de várzea do Brasil.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p.42. 1999.

FANCELLI, A. L.; et al. Ecofisiologia e fenologia. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. (Eds). **Produção de milho.** Guaíba: Agropecuária, p.21-54. 2000.

FANCELLI, A. L.; et al. **Programa racional para fertilizantes deve considerar fatores que afetam cultivo.** Visão agrícola. 2015.

FEIDEN, A. **Conversão de Sistemas de Produção Convencionais para Sistemas de Produção Orgânicos.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, p.20. 2001.

FERREIRA, D. F.; et al. **Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons.** Ciência e agrotecnologia. vol.38, n.2, p.109-112, 2014.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho.** 2007. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/50ea/1cb59ff41a997ef6e7527a92a8f554c962fc.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2020.

HESS, A. F., et al. **Crescimento em volume de Araucaria angustifolia (Bertol.) Kuntze em três regiões do Rio Grande do Sul, Brasil.** Ciência Florestal, v. 20, n. 1, p.107-122, 2010.

INKOTTE, J.; et al. **Capacidade de troca de cátions (CTC) e carbono orgânico de fertilizantes organominerais.** IX Reunião Sul- Brasileira de Ciência do solo. 2012.

IYAMUREMYE, F.; et al. **Organic amendments and phosphorus dynamics: II. Distribution of soil phosphorus fractions.** Soil Science, V.161, p.436-443, 1996.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos.** Piracicaba; Editora Agronômica Ceres Ltda, p.492. 1985.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes organominerais.** 4.ed. Piracicaba. p.148. 2008.

LARA CABEZAS, W. A. R.; et al. **Balço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura de milho, em sistema plantio direto no Triângulo Mineiro (MG).** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.24, p.363-376, 2000.

LEKASIA, J. K.; et al. **Quality of cattle fertilizer in district of Maragua, Quênia central: effect of administration practices and development of simple methods of evaluation.** Kenya Institute of Agricultural Research, Institute of Research of International Cattle, HDRA, Rytton Organic Garden, UK, 2002.

MALAGUIAS, C. A. A.; et al. **Adubação organomineral e NPK na cultura do milho (Zea mays L.)** PUBVET. v.11, n.5, p.501-512. 2017.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas.** Piracicaba: Ceres, p.631 2006.

MALLORY E. B., et al. **Seasonal nitrogen availability from current and past applications of manure.** Nutrient Cycling Agroecosystems. V. 88, p.351–360. 2010.

MAPA. **Instrução normativa:** ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. 2009. Disponível em: < <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/arquivos-alimentacao-animal/legislacao/instrucao-normativa-no-26-de-9-de-julho-de-2009.pdf/view>>. Acesso em: 20 set. 2020.

MELGAR, R.; et al. **Manejo de la Fertilización en Maíz.** Proyecto Fertilizar. EEA INTA Pergamino, Argentina, 2004.

MOREIRA, F. R.; et al. **Intervalo hídrico ótimo em um latossolo vermelho cultivado em sistema semeadura direta por 25 anos.** Revista Brasileira de Ciência do Solo. V.38, n.1, pp.118-127. 2014.

MOREIRA, V. G. M.; et al., **Crescimento e fotossíntese do milho cultivado sob estresse salino com esterco e polímero superabsorvente.** Irriga, Botucatu, v. 25, n. 3, p.603-616. 2020.

NARAMABUYE, F. X., et al. **Short-term effects of three animal manures on soil pH and Al solubility.** Australian Journal of Soil Research. V. 44. p.515-521. 2006.

NATIONAL GARDENING ASSOCIATION EDITORS. **Corn Growing: Getting Started.** 2019. Disponível em: <<https://garden.org/learn/articles/view/400/>>. Acesso em: 11 nov. 2020.

NOGUEIRA, L. M.; et al. **Corn nutrition and yield as a function of boron rates and zinc fertilization.** Semina: Ciências Agrárias, v. 40, n. 6, p.2545-2560, 2019.

OLIVEIRA, P. P. A. E.; et al. **Recuperação de pastagens degradadas para sistemas intensivos de produção de bovinos.** Circular técnica 38. São Carlos, SP Março, 2005.

OZELAME, O.; et al. **A produção de cereais em uma propriedade no município de chapecó-SC.** Ciência Rural. V.43 n.2. Santa Maria – RS. 2013.

PATERNIANI, E. **Melhoramento e produtividade do milho no brasil.** Fundação Cargil. Vol. Único p.650. 1980.

PAUL, J. W.; et al. **Nitrogen availability for corn in soils amended with urea, cattle slurry, and solid and composted manures.** Canadian Journal of Soil Science. V73. p.253-266. 1993.

PENTEADO, S. R. **Manual prático de agricultura orgânica.** Campinas: Via Orgânica, 2007.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental.** São Paulo: Nobel, p.467. 1985.

POHLMANN, R. A. de C. **Rendimento de milho verde submetido a dose de composto de carcaça de aves.** 2009. 51 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2009.

POLIDORO, J. C. **Fertilizantes Organominerais:** aspectos tecnológicos, mercadológicos e legislação. FÓRUM ABISOLO, Ribeirão Preto- SP, 2013.

POWLSON, D. S.; et al. **Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation.** Soil Biology & Biochemistry, v. 19, p.159-164, 1987.

REDI, F. **Entenda por que os fertilizantes organominerais melhoram a produtividade.** 2014. Disponível em: <<http://www.redifertilizantes.com.br/entenda-por-que-os-fertilizantes-organominerais-melhoram-produtividade/>>. Acesso em 13 jul. 2020.

SALDANHA, E. C. M.; et al. **Consórcio milho e feijão-de-porco adubado com NPK no nordeste do Pará**. Global Science and technology. v.10, n.01, p.20-28. 2017.

SANGOI, L.; et al. **Perfilhamento, área foliar e produtividade do milho sob diferentes arranjos espaciais**. Pesquisa agropecuária brasileira, v.46, n.6, p.609-616, 2011.

SANTOS, G. **Fundamentos do material orgânico do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2 ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008.

SANTOS, A. F.; et al. **Tratamento de sementes de milho com zinco semeadas em diferentes profundidades**. Revista Engenharia na Agricultura.V.27, n.2, p.111-121. 2019.

SILVA, J. E.; et al. Matéria orgânica do solo. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M., eds. **Biologia dos solos dos Cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, p.467-524. 1997.

SILVA, T. O.; et al. **Adubação orgânica da batata com esterco e, ou, *Crotalaria juncea*. II - Disponibilidade de N, P e K no solo ao longo do ciclo de cultivo**. Revista brasileira de Ciência do Solo, v. 31, p.51-61, 2007.

SONGKHUM, P.; et al. **Controlled release studies of boron and zinc from layered double hydroxides as the micronutrient hosts for agricultural application**. Applied Clay Science, v. 152, p.311-322, 2018.

SOUSA, D. M G de; et al. **ACIDEZ DO SOLO E SUA CORREÇÃO**. In: NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do Solo**, 2007. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Cap. 5. p.205-274. 2007.

SOUZA, F. R.; et al. **Efeito do gesso nas propriedades químicas do solo sob dois sistemas de manejo**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina. V. 33. n. 5. p.1717-1732. 2012.

SOUZA, T. V. et al. **Relações entre componentes de rendimento e características morfológicas de milho**. Magistra, Cruz das Almas – BA, V. 26, n. 4, p. 495 – 506. 2014.

STEVENSON, F. J. **Humus chemistry genesis, composition, reactions**. 2 ed. New York, John Wiley, p.496, 1995.

TAKASU, A. T.; et al. Produtividade da cultura do milho em resposta À adubação potássica. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. V. 13, p.2, p. 154-161, 2014.

TRIPATHI R.; et al. **Soil aggregation and distribution of carbon and nitrogen in different fractions after 41 years long-term fertilizer experiment in tropical rice–rice system**. Geoderma. V213. p.280-286. 2014.

APÊNDICES

Apêndice 01 – Avaliação de peso da espiga.



Fonte: o autor.

Figura 02 – Representação da medida da altura das plantas, parte mais baixa do colmo até o pendão.



Fonte: o autor.

Figura 03 – Avaliação de comprimento de espiga.



Fonte: o autor.