

UNIVERSIDADE CESUMAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS LIMPAS

BÁRBARA MARIA LUSTRI

**MICRORGANISMOS DO SOLO COMO INDICADORES DA
EFICIÊNCIA DE CORRETIVOS AGRÍCOLAS**

MARINGÁ
2021

BÁRBARA MARIA LUSTRI

**MICRORGANISMOS DO SOLO COMO INDICADORES DA
EFICIÊNCIA DE CORRETIVOS AGRÍCOLAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Limpas da Universidade Cesumar, como requisito parcial para obtenção do título de MESTRE EM TECNOLOGIAS LIMPAS.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Francielli Gasparotto.
Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Edneia Aparecida de Souza Paccola.

MARINGÁ
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

L972m Lustri, Bárbara Maria.

Microrganismos do solo como indicadores da eficiência de corretivos agrícolas / Bárbara Maria Lustri. – Maringá-PR: UNICESUMAR, 2021.
40 f. : il. ; 30 cm.

Orientadora: Profa. Dra. Francielli Gasparotto.

Coorientadora: Profa. Dra. Ednéia Aparecida de Souza Paccolla.

Dissertação (mestrado) – Universidade Cesumar - UNICESUMAR,
Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Limpas, Maringá, 2021.

1. Acidez do solo. 2. Calcário. 3. Sustentabilidade. I. Título.

CDD – 631.4

Roseni Soares – Bibliotecária – CRB 9/1796
Biblioteca Central UniCesumar

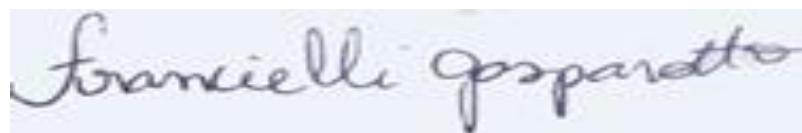
Ficha catalográfica elaborada de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

BÁRBARA MARIA LUSTRI

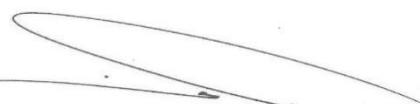
Microrganismos do solo como indicadores da eficiência de corretivos agrícolas

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Limpas da Universidade Cesumar, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Tecnologias Limpas pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA



Profª. Dra . Francielli Gasparotto
Universidade Cesumar (Presidente)



Profª. Drª. Márcia Aparecida Andreazzi
Universidade Cesumar



Profª. Drª. Kátia Regina Freitas Schwan Estrada
Universidade Estadual de Maringá - UEM

Aprovado em:15/Dezembro/2021.

A Deus, por ter me dado saúde para chegar até aqui. À minha família que sempre me incentivou. Ao meu esposo que esteve sempre ao meu lado.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me permitido chegar até aqui.

À minha mãe Ana Claudia que sempre me motivou a continuar, e a seu esposo Elton que sempre nos ajudou como pôde.

Ao meu grande amor Walter, que nunca me deixou desistir e sempre esteve ao meu lado.

Ao meu irmão Bruno que sempre foi minha força.

Ao meu pai Marcos, por sempre me dar forças para ser cada vez melhor.

À minha irmã de alma Natalia, que escutou minhas crises nas horas difíceis.

À minha orientadora e mãe científica Francielli, que nunca desistiu de mim e que me acompanha desde a graduação.

À Universidade Cesumar, por ter me possibilitado desenvolver este trabalho.

À Universidade Cesumar (UNICESUMAR), pela concessão da bolsa de estudos institucional.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Limpas / UNICESUMAR pelos valiosos ensinamentos.

Aos colegas de curso, pela amizade, apoio e demonstração de companheirismo.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

A técnica de calagem é utilizada para modificar e equilibrar o potencial hidrogeniônico (pH) dos solos, podendo influenciar na microbiota destes. Os microrganismos agem como um indicador biológico, importante por sua capacidade em responder rapidamente às alterações no solo e por sua participação em diversos processos necessários para o bom desenvolvimento das culturas. Desta forma, objetivou-se avaliar os microrganismos do solo como indicadores da eficiência de corretivos agrícolas ao longo do tempo. Para isso, foi coletada a camada superficial de um solo arenoso e um argiloso, e por meio de análise químico obtido à necessidade de calagem, sendo estabelecidos os seguintes tratamentos: T1 – Testemunha (solo sem correção); T2 - Calcário Calcítico convencional (42% CaO e 2% MgO); T3 - Produto A - 48% de óxido de cálcio + 34,3% de cálcio + 1% de óxido de magnésio + 0,6% de magnésio; T4 - Produto B - 48% de óxido de cálcio + 34,3% de cálcio + 1% de óxido de magnésio + 0,6% de magnésio + bactérias *Lactobacillus* + leveduras *Saccharomyces*. As amostras para análise microbiológica foram coletadas antes da aplicação dos tratamentos e aos 30, 60 e 90 dias após aplicação. Foram pesados 10 g de solo a cada 5 cm de profundidade e estes diluídos em série a 10^{-4} , de onde foi retirada uma alíquota de 0,1 mL e disposta sob o meio agar batata dextrose (BDA). A aplicação dos corretivos de solo proporcionou variação do pH do solo na camada de 0 a 5 cm durante o período avaliado, com valor máximo aos 30 dias após a aplicação, tanto para o solo arenoso quanto para o solo argiloso. Ocorreram alterações tanto na população de bactérias quanto de fungos presentes nas amostras do solo argiloso, em todas as profundidades e tratamentos avaliados; já em solo arenoso não houve diferença significativa. O tratamento com o produto B apresentou acréscimo diferencial na microbiota, possivelmente devido à existência de cepas bacterianas neste, o que pode favorecer a sustentabilidade dos sistemas agroambientais de produção.

Palavras-chave: Acidez do solo. Calcário. Sustentabilidade.

ABSTRACT

The liming technique is used to modify and balance the hydrogenic potential (pH) of soils, which can influence the microbiota of the soil. Microorganisms act as an important biological indicator for their ability to respond quickly to changes in the soil and their participation in several processes necessary for the good development of crops. Thus, the objective was to evaluate soil microorganisms as indicators of the efficiency of agricultural correctives over time. For this, the surface layer of a sandy and a clayey soil was collected, and through chemical analysis obtained the need for liming and then established the following treatments: T1 – control treatment (soil without correction); T2 - Conventional Calcitic Limestone (42% CaO and 2% MgO); T3 - Product A - 48% calcium oxide + 34.3% calcium + 1% magnesium oxide + 0.6% magnesium; T4 - Product B - 48% calcium oxide + 34.3% calcium + 1% magnesium oxide + 0.6% magnesium + *Lactobacillus* bacteria + *Saccharomyces* yeasts. Samples for microbiological analysis were collected before the application of treatments and at 30, 60 and 90 days after application. 10 g of soil were weighed every 5 cm of depth and these were serially diluted to 10⁻⁴, from which an aliquot of 0.1 mL was taken and placed on the potato dextrose agar (PDA) medium. The application of soil improvers provided a variation in soil pH in the layer from 0 to 5 cm during the evaluated period, with a maximum value at 30 days after application for both sandy and clayey soils. There were changes both in the population of bacteria and fungi present in the clay soil samples, at all depths and treatments evaluated, however in sandy soil there was no significant difference. Treatment with product B showed a differential increase in the microbiota, possibly due to the existence of bacterial strains in it, which may favor the sustainability of agro-environmental production systems.

Keywords: Soil acidity, Limestone, Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Local de obtenção da amostra do solo argiloso.....	23
Figura 2 – Local obtenção da amostra do solo arenoso	24
Figura 3 – Acomodação do solo nas unidades experimentais	24
Figura 4 – Aplicação superficial dos corretivos em cada unidade experimental.	25

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Valores médios do pH de amostras de solo argiloso submetidas a aplicação de diferentes corretivos.....	26
Gráfico 2 – Valores médios do pH de amostras de solo arenoso submetidas a aplicação de diferentes corretivos.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Número médio de unidades formadoras de colônias bacterianas totais em amostras de solo argiloso submetidas a diferentes tratamentos (UFCB x 104 g-1de solo).....	28
Tabela 2 – Número médio de unidades formadoras de colônias fúngicas totais em amostras de solo argiloso submetidas a diferentes tratamentos (UFCF x 104 g-1de solo).....	29
Tabela 3 – Número médio de unidades formadoras de colônias bacterianas totais em amostras de solo arenoso submetidas a diferentes tratamentos (UFCB x 104 g-1de solo).....	30
Tabela 4 – Número médio de unidades formadoras de colônias fúngicas totais em amostras de solo arenoso submetidas a diferentes tratamentos (UFCF x 104 g-1de solo).....	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BDA	Agar Batata Dextrose
BMS	Biomassa Microbiana do Solo
DAA	Dias Após Aplicação
UFCB	Unidades Formadoras de Colônias Bacterianas
UFCF	Unidades Formadoras de Colônias Fúngicas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 OBJETIVOS.....	15
2.1 Objetivo geral.....	15
2.2 Objetivos específicos	15
3 REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1 Sustentabilidade Agrícola.....	16
3.2 Qualidade do solo	18
3.3 pH do solo e corretivos agrícolas.....	19
3.4 Biomassa microbiana do solo	21
4 MATERIAL E MÉTODOS	233
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

A acidez influencia diretamente o potencial produtivo dos solos brasileiros (SILVA; MOLIN, 2018), pois estes são caracteristicamente representados por soluções ácidas, isto é, o alto teor de íons de hidrogênio livres (H^+) conferindo aos mesmos pH baixos (BRILHANTE *et al.*, 2017), podendo ser intensificado por práticas e produtos aplicados durante o cultivo e manejo do solo. Segundo Gomes (2020) essa condição ácida pode limitar o desenvolvimento radicular das plantas, reduzindo sua capacidade de absorção de água e nutrientes, desfavorecendo a produção agrícola brasileira.

Medidas que visem a neutralização do pH, por meio da adoção de práticas corretivas, são necessárias para evitar estes danos às culturas e manter a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. Realizar a correção de todo o perfil do solo se torna importante para que o sistema radicular das plantas explore maior área, ocorrendo maior absorção de água e nutrientes, influenciando positivamente no seu crescimento e desenvolvimento (EZE; PALMER; CHAPMAN, 2018). Esta correção muitas vezes é realizada por meio da calagem, processo que aumenta a disponibilidade de alguns nutrientes, promove o aproveitamento dos fertilizantes aplicados, melhora a saturação de bases, bem como, torna insolúvel outros elementos, como o alumínio, promovendo a neutralização devido à elevação do pH, por exemplo (COSTA, 2012; FONTOURA *et al.*, 2019). Além disso, proporciona o incremento nos teores de cálcio e magnésio no solo (ZANDONA *et al.*, 2015).

A alteração do pH pode afetar a biomassa microbiana do solo (BMS), sua atividade e a relação bactéria/fungo, sendo esta considerada a parte viva e mais ativa do solo (CARDOSO; ANDREOTE, 2016). Além do pH, outros fatores também podem alterar a BMS como a quantidade de material orgânico, aeração, umidade, temperatura, sistema de cultivo, adubação, rotação de culturas, textura do solo, entre outros (DIONÍSIO *et al.*, 2016). Segundo Guo *et al.* (2020) a BMS é um indicador biológico importante por sua capacidade em responder rapidamente às alterações no solo, podendo ser utilizado para verificar a sustentabilidade dos sistemas produtivos.

Variações na BMS podem influenciar em diversos processos, pois estes microrganismos atuam na formação do solo, decomposição de materiais orgânicos, ciclagem de nutrientes, fixação de nutrientes como nitrogênio, liberação de fósforo, biorremediação, entre outros (HARTMAN *et al.*, 2018; SOUZA; ARRUDA, 2021). Segundo Holland *et al.* (2018) esses seres microscópicos são capazes de promover transformações bioquímicas dos nutrientes e fornecer elementos nutritivos às plantas. A BMS ainda contribui no aspecto físico do perfil do

solo, na colonização, na decomposição da matéria orgânica e também na estabilidade de agregados dos solos (LOURENTE et al., 2011).

A manutenção do pH ótimo, entre 6 – 6,5 (DOWLING; O'DWYER; ADLEY, 2018), se faz necessária tanto para desenvolvimento da BMS quanto para o desenvolvimento da maioria das culturas de interesse do agronegócio brasileiro, como a soja (FREITAS et al., 2017), milho (MORENO; KUSDRA; PICAZEVICZ et al., 2021), feijão (SANTOS et al., 2017), café (DE LIMA et al., 2016), entre outras.

Deste modo, estudos que avaliam o desempenho de corretivos agrícolas por meio de neutralização de íons H⁺ ao longo do perfil do solo e a correlação com a BMS, tornam-se relevantes para o entendimento da dinâmica nos sistemas produtivos, na busca por uma agricultura mais sustentável.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito da aplicação de diferentes corretivos agrícolas sobre o pH e a população de fungos e bactérias de amostras de solo arenoso e de solo argiloso.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a aplicação dos corretivos de solo, produto A (48% de óxido de cálcio + 34,3% de cálcio + 1% de óxido de magnésio + 0,6% de magnésio) e B (48% de óxido de cálcio + 34,3% de cálcio + 1% de óxido de magnésio + 0,6% de magnésio + bactérias *Lactobacillus* + leveduras *Saccharomyces*) sobre a população de fungos e bactérias do solo;
- Quantificar a população microbiana existente em amostras de solo arenoso e argiloso antes e após a aplicação dos corretivos;
- Determinar o corretivo mais efetivo em melhorar a BMS e neutralizar o pH dos solos;
- Disseminar os resultados a fim de contribuir com a implementação de práticas agrícolas mais sustentáveis.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Sustentabilidade Agrícola

Dos primórdios à atualidade, os sistemas agrícolas passaram por mudanças conceituais e tecnológicas decorrentes de transformações econômicas, sociais e ambientais (YAN; NING; SU, 2020), contribuindo com a alta produtividade por meio de práticas como a monocultura, mecanização agrícola para o cultivo intensivo do solo, e utilização de agroquímicos, como os fertilizantes sintéticos, inseticidas e herbicidas (ANGELAKIS *et al.*, 2020). Algumas destas práticas, embasadas na economia de mercado e inovação tecnológica, resultaram na degradação de ecossistemas naturais, erosão e redução da fertilidade dos solos (HARIZANOVA-BASTOS; STOYANOVA, 2019).

Altieri e Nicholls (2000) destacam que devido aos impactos socioambientais, surgiram questionamentos relacionados a práticas agrícolas mais sustentáveis, direcionadas à segurança na produção de alimentos e à preservação ambiental. Neste sentido, surge a agricultura sustentável que busca rendimentos em longo prazo, por meio do uso de tecnologias de manejo ecologicamente mais adequadas (SANTOS; SILVA, 2019). Destaca-se que a sustentabilidade está associada a três dimensões: econômica, ambiental e social (DURAN *et al.*, 2015). De acordo com Barbieri e Cajazeira (2016), na agricultura, a dimensão econômica se caracteriza como a capacidade de gerar produtos de valor comercial com valor agregado, por meio da adoção de sistemas de produção e cultivo que minimizem perdas e desperdícios. A dimensão ambiental envolve a geração de recursos naturais renováveis, restringindo o uso dos recursos naturais não renováveis, reduzindo as emissões de gases poluentes, e ampliando a pesquisa e o uso de tecnologias limpas para a proteção ambiental.

Por fim, a sustentabilidade social na agricultura é a consolidação de processos capazes de promover a equidade na distribuição dos bens e renda para melhorar os direitos e condições de vida das populações, reduzindo as desigualdades sociais (BARBIERI; CAJAZEIRA, 2016). Entre os fatores que influenciam e direcionam a sustentabilidade social na agricultura, destacam-se os costumes, tradições, espiritualidade, cultura, relações interpessoais e condições de vida na sociedade, incluindo pobreza, violência, educação, trabalho, saúde pública e direitos humanos. Deste modo, a sustentabilidade social na agricultura, refere-se a um processo de desenvolvimento que leva a um crescimento estável com distribuição equitativa de renda, diminuindo as diferenças entre os diversos níveis na sociedade e melhorando a condição de vida da população(CZYZEWSKI *et al.*, 2018; JANKER; MANN; RIST, 2019).

A avaliação da sustentabilidade na agricultura não se fundamenta apenas nas questões ambientais e técnicas, mas integra a multifuncionalidade das questões econômicas e sociais. Um dos desafios da sustentabilidade na agricultura envolve a compreensão das necessidades atuais sem o comprometimento das gerações futuras (BIDONE; MORALES, 2004).

Em 25 de setembro de 2015, a Organização das Nações Unidas (ONU) estabeleceu 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas que compreendem a Agenda 2030, um plano de ação pactuado pelo Brasil e por 192 países que integram a ONU (ONU, 2015; LAGOARDE-SEGOT, 2020). A Agenda busca fortalecer a paz universal através da erradicação da pobreza em todas as suas formas e dimensões, um requisito primordial para o desenvolvimento sustentável. Os ODS buscam concretizar os direitos humanos de todos, alcançar a igualdade de gênero e o empoderamento das mulheres e meninas. Além de serem integrados e indivisíveis, estes equilibram as três categorias do desenvolvimento sustentável descritas anteriormente. Com base nos objetivos deste trabalho, serão enfatizados os seguintes ODS: (2) - Fome zero e agricultura sustentável; (12) - Consumo e produção responsáveis, e (15) - Vida terrestre. O trabalho destaca esses ODS, pois visa o emprego de práticas conservacionistas para a preservação das características físicas, químicas e biológicas do solo e com isso proporcionar uma maior produtividade das culturas que serão implantadas futuramente nestas áreas.

O ODS 2, fome zero e agricultura sustentável, visa até 2030 acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhorar a nutrição e promover a agricultura sustentável (ONU, 2015). Dentre os propósitos para a agricultura sustentável, destacam-se a implementação de práticas agrícolas resilientes que ajudem a manter os ecossistemas, que fortaleçam a capacidade de adaptação às mudanças climáticas, às condições meteorológicas extremas, secas, inundações, e que melhorem progressivamente a qualidade da terra e do solo (ONU, 2015).

O consumo e produção responsáveis (12) propõem alcançar a gestão sustentável e o uso eficiente dos recursos naturais, alcançar um manejo ambientalmente saudável dos produtos químicos e todos os resíduos para minimizar seus impactos negativos sobre a saúde humana e o meio ambiente, garantir que as pessoas tenham informação relevante e conscientização para o desenvolvimento sustentável e estilos de vida em harmonia com a natureza (ONU, 2015).

Por fim, o ODS 15 (vida terrestre) visa proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade (ONU,

2015). Um ecossistema saudável protege o planeta, e permite a subsistência humana (FAO, 2020).

3.2 Qualidade do solo

O solo é um recurso natural complexo e heterogêneo, essencial à manutenção do meio ambiente e ecossistemas, é formado a partir de um material semiconsolidado, oriundo do processo de intemperismo físico, químico e biológico sofrido pelas rochas. Este desempenha funções ecológicas, como, o acúmulo da energia solar na forma de matéria orgânica, reciclagem da água e nutrientes, suporte para o crescimento de inúmeras espécies da fauna e flora, regulador dos ciclos de elementos químicos, como: C, N, K, S e P, e matéria-prima para artefatos humanos (MATSUNAGA; RODRIGUES; RODRIGUES, 2019; AHLAWAT et al., 2020; FAO, 2020).

O conceito de saúde ou de qualidade do solo está relacionado a sua capacidade de funcionar para fornecer importantes serviços ambientais, como: manter a capacidade de produção biológica, produção de grãos, carne, madeira, agroenergia, fibras, promover a saúde das pessoas, plantas e animais, solos saudáveis, ambientes saudáveis e também de preservar a qualidade ambiental, armazenando e filtrando água, sequestrando carbono.

A qualidade do solo é quantificada através dos atributos físicos, químicos e biológicos, dentre os indicadores físicos estão: agregação do solo, capacidade de retenção de umidade, infiltração, densidade do solo, que interferem na retenção de água e nutrientes, armazenamento e movimento da água e porosidade do solo (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007). Em relação aos fatores químicos, tem-se pH, condutividade elétrica, conteúdo de nutrientes, estes estão relacionados ao crescimento vegetal, a atividade microbiana e disponibilidade de nutrientes para as plantas. No que se refere aos fatores biológicos, tem-se biomassa microbiana, mineralização de nutrientes, respiração do solo, fixação biológica de nitrogênio, que atuam na atividade microbiana e reposição de nutrientes, produtividade do solo e potencial de suprimentos de nutrientes e suprimento de nitrogênio para as plantas (DORAN; PARKIN, 1994).

A avaliação dos atributos do solo tem crescido entre as comunidades de pesquisadores e produtores que buscam informações mais detalhadas sobre os efeitos das práticas de manejo sobre a qualidade do solo, e com sustentabilidade das funções de um agroecossistema. Segundo Wastowski et al. (2010), com o passar dos anos, torna-se cada vez mais indispensável a utilização de modelos de manejo e uso do solo que possibilitem preservar e promover melhorias

em seus atributos, já que é a partir de práticas errôneas de manejo do solo, sobretudo pela utilização do sistema convencional, que promovemos a sua degradação, especialmente dos parâmetros biológicos.

Silva (2008) caracteriza os atributos microbiológicos, como bioindicadores eficientes, pois detectam alterações no meio ambiente em um curto período de tempo. Os organismos que habitam o solo são sensíveis às modificações de qualquer natureza física, química e/ou biológica que ocorrem no meio, podendo ser utilizados como indicadores de sua qualidade (BARETTA et al., 2011).

O plantio direto ou cultivo mínimo são os principais sistemas de manejo, considerados conservacionistas, pois priorizam a manutenção de resíduos vegetais em superfície, reduzindo a movimentação do solo e promovendo benefícios à conservação dos bens naturais, a redução da erosão e o aumento da atividade biológica de microrganismos, melhorando a qualidade e a rentabilidade do solo agrícola (CORTEZ et al., 2018).

3.3 pH do solo e corretivos agrícolas

O potencial hidrogeniônico (pH) consiste no teor de íons de hidrogênio livres (H^+) na solução do solo, o qual pode estar elevado tornando o solo ácido, ou básico caracterizado por poucos íons de hidrogênio livres. O pH está ligado à disponibilidade de nutrientes no solo, no crescimento radicular e no desenvolvimento de microrganismos no solo (TAIZ et al., 2017).

Os solos brasileiros apresentam condições físicas favoráveis ao desenvolvimento das culturas, apesar de serem, a grande maioria, naturalmente ácidos (PEREIRA et al., 2020). Solos dessa natureza, uma vez corrigidos, apresentam grande potencial, possibilitando uma agricultura de alta tecnologia com elevadas produtividades (BERGAMIN et al., 2010). Sendo que, de acordo com Zandona et al. (2015) a acidez do solo é um dos fatores mais limitantes à produtividade das culturas no mundo, pois há um desequilíbrio nos macro e microelementos no solo, o qual inclui a toxicidade por excesso de hidrogênio (H^+) e/ou alumínio (Al^{3+}).

Além do efeito do pH na disponibilidade de nutrientes, há também o efeito direto da concentração hidrogeniônica (ou de OH^-) na absorção. Em geral, o pH abaixo de 7 diminui a absorção de cátions, e acima de 7 diminui a absorção de ânions. A acidez do solo pode ser dividida em acidez ativa e acidez potencial. Denomina-se acidez ativa a parte do hidrogênio que está dissociada na solução do solo, na forma de H^+ e é expressa em valores de pH (PRADO, 2018). A acidez potencial consiste no somatório de $H^+ + Al^{3+}$ ligados

covalentemente aos sítios de troca dos colóides do solo e podem ser extraídos com soluções tamponantes ou misturas de sais neutros com solução tampão (TEIXEIRA et al., 2017). A acidez potencial pode ser trocável ou não trocável. A acidez trocável são os íons de H⁺ e Al³⁺ ligados por forças eletrostáticas aos sítios de troca da argila ou matéria orgânica, enquanto a não trocável são os íons H⁺ de ligação covalente associado a Al, Fe e compostos orgânicos (PRADO, 2018).

Para corrigir a acidez do solo, a prática da calagem é a mais eficiente e menos onerosa, aumentando o pH, os teores de cálcio, magnésio, a saturação de bases, a disponibilidade de fósforo e reduzindo o Al⁺ tóxico no solo (RHEINHEIMER et al., 2018). A correção do pH e o equilíbrio entre os teores de bases no solo, promove uma disponibilidade adequada da maioria dos nutrientes para as plantas (OLIVEIRA et al., 2015), melhorando significativamente a capacidade de produção dos solos, o que gera melhores rendimentos ao agricultor, eleva a produtividade, evitando a abertura de novas áreas (INAGAKI et al., 2016).

Como dito, a correção do solo geralmente é feita pelo uso da prática da calagem, que consiste na aplicação de corretivos, sendo que os materiais que podem ser utilizados na correção da acidez apresentam em sua composição: óxidos, hidróxidos, carbonatos e silicatos de cálcio e/ou magnésio. Entre as opções está o calcário, que é originado da rocha calcária moída, constituído por carbonato de cálcio, associado ou não ao carbonato de magnésio (CAMPOS et al., 2013). Os calcários utilizados na agricultura são classificados em dolomítico, calcítico e magnesiano. O calcário dolomítico é o mais utilizado devido a sua constituição, por apresentar maior teor de óxido de cálcio (CaO) e óxido de magnésio (MgO) quando comparado aos demais calcários (COSTA et al., 2016). O calcítico apresenta menor teor de MgO (<5%) e o calcário magnesiano apresenta de 5 a 12% de MgO (NAHASS; SEVERINO, 2003). Além desses tipos, a indústria de corretivos vem lançando produtos com características e propriedades intermediárias entre o calcário e a cal como possíveis substitutos do calcário, como por exemplo os produtos A e B, ambos constituídos por 48% de óxido de cálcio, 34,3% de cálcio, 1% de óxido de magnésio e 0,6% de magnésio (POLLI FERTILIZANTES ESPECIAIS, 2021).

O produto A possui tecnologia Nana Atom que engloba dois processos produtivos, o físico e o químico. O processo físico de obtenção das nanopartículas ocorre através da extração do particulado durante as fases de granulação. E o químico, por meio de reações que acarretam produtos com dimensões nanométricas (POLLI FERTILIZANTES ESPECIAIS, 2021).

A Empresa atesta que esta nova tecnologia gera impacto positivo ao ambiente, pois utiliza emissões atmosféricas como insumos, e otimiza o uso de matérias primas, não havendo

a geração de resíduos, e ainda alega existir melhoria nas propriedades do produto final, como o aumento da área de contato, solubilidade, condutividade elétrica, facilidade de percolação e pureza. Já o produto B, além de contar com esses fatores conta também com a adição de um *blend* de microrganismos, sendo eles as bactérias *Lactobacillus* e as leveduras *Saccharomyces*, que acrescentam na ampla gama de microrganismos presentes no solo, sendo estes possivelmente benéficos ao solo e aos vegetais (POLLI FERTILIZANTES ESPECIAIS, 2021).

3.4 Biomassa microbiana do solo

Quando analisados os atributos do solo, deve-se considerar os fatores químicos, físicos e biológicos, e suas modificações de acordo com cada tipo de manejo (MOREIRA et al., 2018). Um indicador importante de qualidade do solo é a biomassa microbiana do solo (KNUPP; FERREIRA, 2011), já que os microrganismos possuem funções como: decomposição de matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, fixação de nitrogênio atmosférico, controle biológico, produção de substâncias de crescimento vegetal entre outras, e são afetados negativamente ou positivamente pelo manejo de solo (SOUZA; ARRUDA, 2021).

A BMS é a fração viva e mais ativa do solo, constituída por bactérias, fungos, actinomicetos, protozoários, algas e são responsáveis por processos bioquímicos e biológicos e podem ser sensivelmente alterados pelas condições do meio. A BMS é um biofertilizante natural, pois fornece às plantas, nutrientes suficientes e proteção contra patógenos em troca de produtos fotossintéticos de plantas (SANTANA et al., 2017; WANG et al., 2017; BERRUTI et al., 2016). Associados às raízes das plantas, tanto as bactérias quanto os fungos, proporcionam benefícios, pois contribuem com a nutrição de plantas, diminuem o consumo de fertilizantes, promove maximização do equilíbrio ecológico, maior crescimento, aumento de produção, preservação ambiental, maior tolerância e estresses abióticos, respostas positivas ao déficit hídrico (RODRIGUES et al., 2018; BERRUTI et al., 2016).

Os microrganismos estão intimamente ligados ao bom funcionamento do ecossistema, favorecendo a implantação de lavouras e participando ativamente da alta produtividade na agricultura (FERREIRA et al., 2019), pois interferem na atuação da distribuição do material orgânico e movimentação mecânica do solo, mobilização de nutrientes através de enzimas e a ativação dos microrganismos presentes nele (REZENDE et al., 2017). Os organismos contribuem para a estruturação do solo e retenção de água, por meio da formação de micro e macroagregados (PENG; GUO; LIU, 2013).

Contudo, a microflora está suscetível tanto a interferências bióticas como abióticas, a mecanização oferece condições adequadas para o desenvolvimento das culturas, no entanto, essa prática altera o ambiente do solo, podendo causar distúrbios na comunidade microbiana e influenciar os processos biogeoquímicos que nele ocorrem (TÓTOLA; CHAER, 2002). Além da ação antrópica, os microrganismos também são influenciados de acordo com a presença e volume de material orgânico, aeração, umidade, temperatura, pH, sistema de cultivo, adubação, rotação de culturas, textura do solo, entre outros (DIONÍSIO et al., 2016).

A quantificação da biomassa microbiana pode ser associada ao tamanho da população de microrganismos, e a sua dinâmica com a fertilidade e potencial de produtividade do solo, e pode fornecer dados sobre suas alterações de acordo com diferentes práticas agrícolas. A biomassa microbiana é influenciada pelo tipo de utilização do solo, e a relevância de sua quantificação se deve, portanto, a sua utilização como índice mais sensível às mudanças ocorridas no sistema comparado aos conteúdos de C orgânico (GAMA-RODRIGUES *et al.*, 2005).

4 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em duas etapas na Fazenda Experimental Biotec e no Laboratório de Microbiologia da Universidade Unicesumar, Maringá-PR. No primeiro experimento foi coletada uma única camada superficial de 0 a 20 cm, e feita a homogenização de um solo argiloso coletado no município de Roncador – PR (Figura 1), e o delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) com 4 tratamentos: T1 - Testemunha (solo sem correção); T2 - Calcário Calcítico convencional (42% CaO e 2% MgO); T3 - Produto A - 48% de óxido de cálcio + 34,3% de cálcio + 1% de óxido de magnésio + 0,6% de magnésio; T4 - Produto B - 48% de óxido de cálcio + 34,3% de cálcio + 1% de óxido de magnésio + 0,6% de magnésio + bactérias *Lactobacillus* + leveduras *Saccharomyces*, com quatro repetições por tratamento e 4 períodos de avaliação, sendo um antes da aplicação e 30, 60 e 90 dias após a aplicação dos tratamentos.



Figura 1 - Local de obtenção da amostra do solo argiloso.

No segundo experimento foi coletada uma única camada superficial de 0 a 20 cm, e feita a homogenização de um solo arenoso coletado do município de Paranavaí-PR (Figura 2), o delineamento foi inteiramente casualizado (DIC) com 4 tratamentos: T1 - Testemunha (solo sem correção); T2 - Calcário Calcítico convencional (42% CaO e 2% MgO); T3 - Produto A - 48% de óxido de cálcio + 34,3% de cálcio + 1% de óxido de magnésio + 0,6% de magnésio; T4 - Produto B - 48% de óxido de cálcio + 34,3% de cálcio + 1% de óxido de magnésio + 0,6% de magnésio + bactérias *Lactobacillus* + leveduras *Saccharomyces*, com quatro repetições por tratamento e 4 períodos de avaliação, sendo um antes da aplicação e 30, 60 e 90

dias após a aplicação dos tratamentos.



Figura 2 - Local de obtenção da amostra do solo arenoso.

Em ambos os experimentos as unidades experimentais foram compostas por um cilindro de pvc com 10 cm diâmetro e 20 cm altura, que foi completado com o solo argiloso e arenoso homogeneizado, peneirado e seco (Figura 3).



Figura 3 - Acomodação do solo nas unidades experimentais.

As amostras de solo foram umedecidas até a capacidade de campo dentro de cada cilindro, e foi aplicado superficialmente cada tratamento a dose necessária para elevar a saturação de Ca a 65% e Mg a 15% na CTC, para o solo argiloso foram necessários 15,41 g do calcário calcítico convencional e 3,9 g do produto A e do produto B e, para o solo arenoso, foram necessários 17,6 g do calcário calcítico convencional e 4,2 g dos produtos A e B.



Figura 4 - Aplicação superficial dos corretivos em cada unidade experimental.

Após a utilização dos corretivos foi aplicada uma lâmina de água de 50 mm na quantidade 10 mm por hora semanalmente, durante 4 meses. Após a passagem de água, foram retiradas de cada cilindro 4 amostras com 10 g a cada 5 cm de profundidade (0-5 cm; 5-10 cm; 10-15 cm; 15- 20 cm), sendo realizada a amostragem a cada 30 dias, para a realização das análises microbiológicas e de pH em CaCl₂. As amostras foram enviadas para análise no laboratório de Microbiologia da UNICESUMAR, Maringá - Paraná.

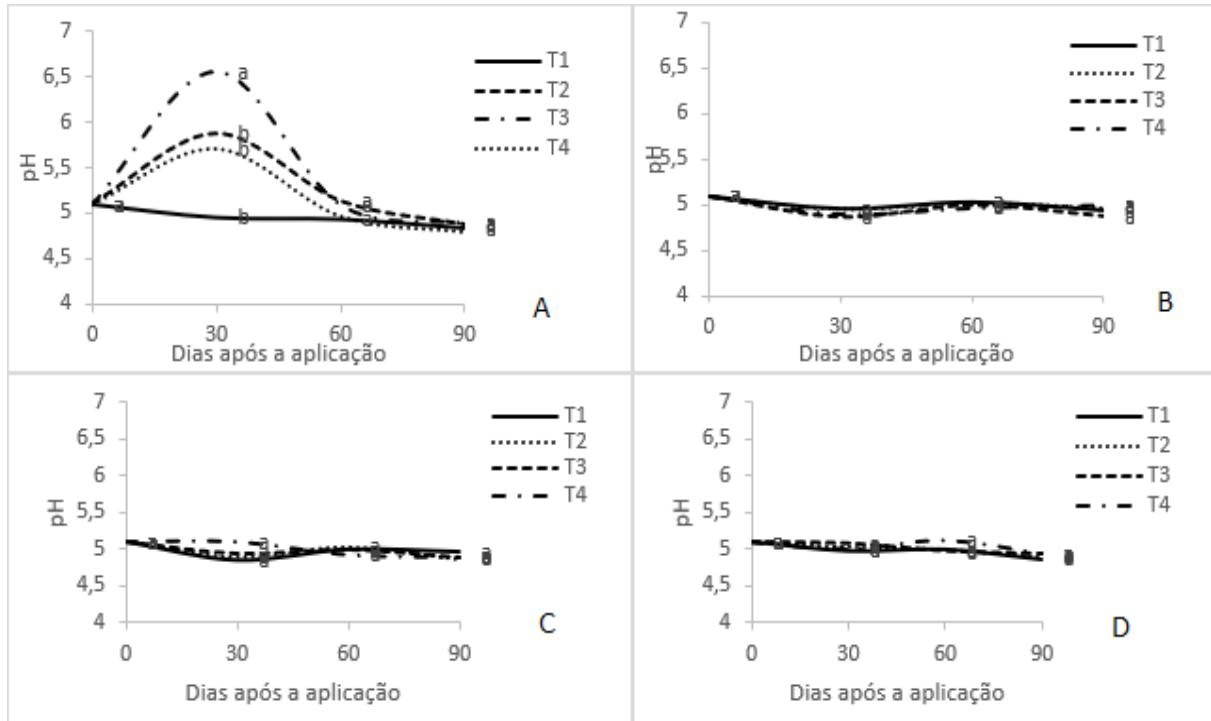
Para determinação do pH as amostras de solos foram secas ao ar, moídas em moinho mecânico e peneiradas. Após a preparação, tiveram o pH determinado em CaCl₂ com auxílio de um peagâmetro digital. Para determinação dos microrganismos, procedeu-se a técnica de diluição em série para bactérias e fungos utilizando-se do meio batata-dextrose-ágar (BDA).

As amostras de 10g foram submetidas à secagem ao ar por 24 horas e suspensas em 90 mL de solução salina esterilizada. Após 30 minutos de agitação foram feitas as diluições em série. De cada uma das diluições foi pipetada uma alíquota de 0,1 mL e depositada em placas de Petri, contendo o meio BDA para o isolamento de fungos e as bactérias, e feito o espalhamento. A diluição utilizada foi 10⁻³ para fungos e bactérias, com quatro placas para cada amostra. As culturas foram incubadas no escuro, a temperatura constante de 28° C, por três dias para bactérias e cinco dias para fungos, sendo o resultado expresso em número de unidades formadoras de colônia por contagem (UFC). Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância, com auxílio do software estatístico Sisvar.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação dos corretivos aumentou o pH das amostras de solo argiloso (T2, T3 e T4) nos primeiros 5 cm do solo, com valor máximo aos 30 dias após a aplicação, e então ocorreu o declínio destes valores até os 90 dias, onde chegaram próximos aos valores iniciais ($\text{pH} = 5,0$). O tratamento que recebeu o produto A (48% CaO e 1,0% MgO) foi o que apresentou maior elevação de pH, diferindo significativamente dos demais tratamentos aos 30 dias após a aplicação (Gráfico 1). Porém, nas demais profundidades analisadas não houve variação significativa do pH entre os tratamentos avaliados.

Gráfico 1 - Valores médios do pH de amostras de solo argiloso submetidas a aplicação de diferentes corretivos. A) Profundidade de 0-5 cm; B) Profundidade de 5-10 cm; C) Profundidade de 10-15 cm e D) Profundidade de 15-20 cm.



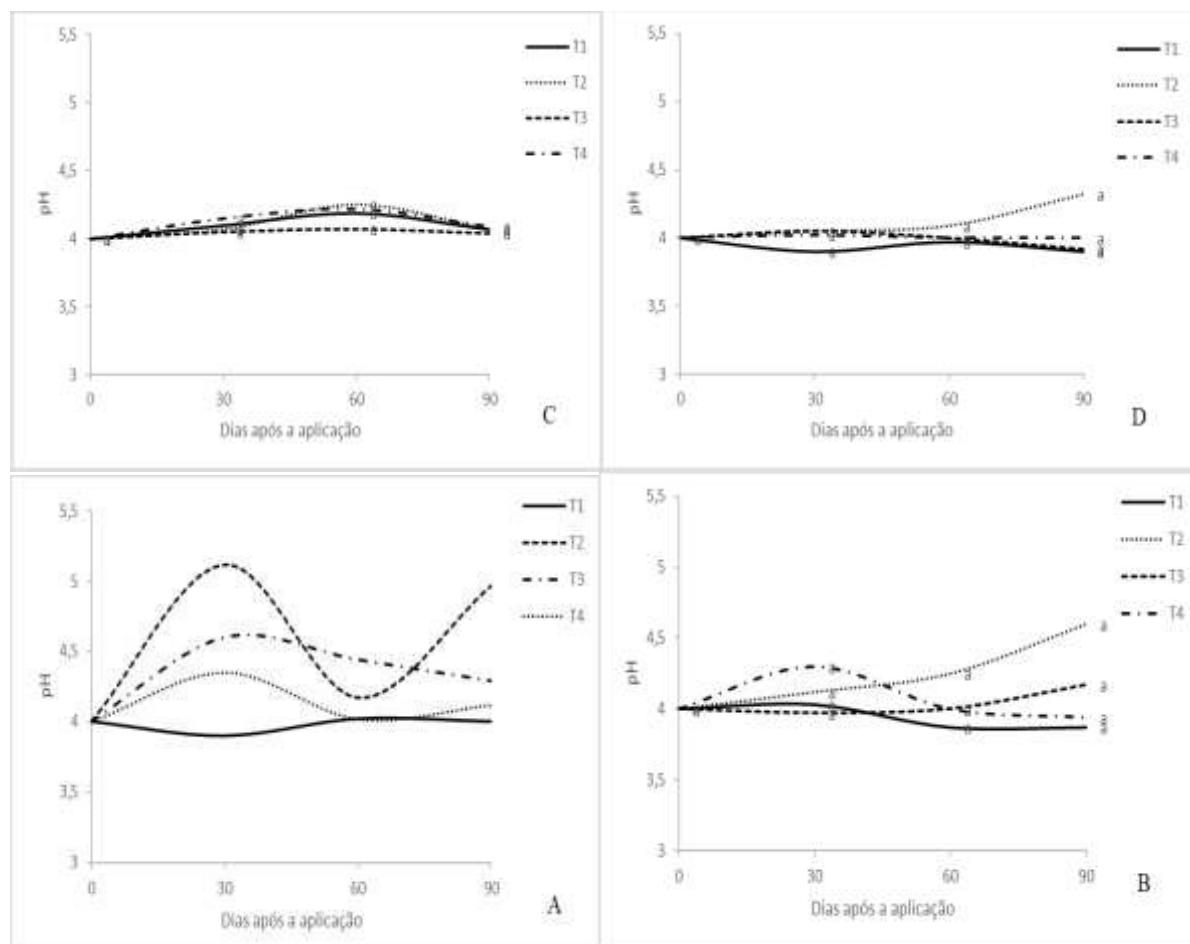
¹ Tratamentos: T1 - Testemunha (solo sem correção); T2 - Calcário Calcítico convencional (42% CaO e 2% MgO); T3 - Produto A - 48% de óxido de cálcio + 34,3% de cálcio + 1% de óxido de magnésio + 0,6% de magnésio; T4 - Produto B - 48% de óxido de cálcio + 34,3% de cálcio + 1% de óxido de magnésio + 0,6% de magnésio + bactérias *Lactobacillus* + leveduras *Sacharomyces*.

² Mesmas letras nas linhas do gráfico, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

Essa variação do pH na camada superficial dos solos pode favorecer alguns grupos de microrganismos. Schneider et al. (2011) avaliando o efeito de diferentes sistemas de manejo do solo associados ou não a calagem, verificaram que a aplicação do corretivo foi benéfica para os atributos de colonização micorrízica e comprimento de micélio extrarradicular, sendo mais significativa no plantio direto.

Em relação a ação dos corretivos testados no solo arenoso, verificou-se que não houve variações significativas em nenhuma das profundidades avaliadas no período experimental. Foi observada uma elevação aos 30 dias após a aplicação, principalmente com a aplicação do calcário calcítico, porém não significativa (Gráfico 2).

Gráfico 2 - Valores médios do pH de amostras de solo arenoso submetidas a aplicação de diferentes corretivos. A) Profundidade de 0-5 cm; B) Profundidade de 5-10 cm; C) Profundidade de 10-15 cm e D) Profundidade de 15-20 cm.



¹ Tratamentos: T1 - Testemunha (solo sem correção); T2 - Calcário Calcítico convencional (42% CaO e 2% MgO); T3 - Produto A - 48% de óxido de cálcio + 34,3% de cálcio + 1% de óxido de magnésio + 0,6% de magnésio; T4 - Produto B - 48% de óxido de cálcio + 34,3% de cálcio + 1% de óxido de magnésio + 0,6% de magnésio + bactérias *Lactobacillus* + leveduras *Sacharomyces*.

² Mesmas letras nas linhas do gráfico, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

Em relação à microbiota do solo argiloso, quando analisada a quantidade de unidades formadoras de colônia bacteriana (UFCB) da amostra inicial, retirada antes da aplicação dos tratamentos, esta apresentou 7,25 UFC/mL. Em relação à influência de cada tratamento, na camada superficial (0-5 cm), pôde-se observar que ocorreu uma redução na população de bactérias em todos os tratamentos aos 30 dias após a aplicação dos tratamentos (DAA). Esta redução foi menos significativa em T3 e T4. Aos 60 DAA todos os tratamentos apresentaram

um aumento de colônias e aos 90 dias houve uma redução destes valores em todos os tratamentos (Tabela 1), destaca-se que a menor população bacteriana foi observada na testemunha (T1) aos 60 DAA e em T2 aos 90 DAA. Esse padrão de crescimento com a população bacteriana observada está de acordo com a curva de crescimento bacteriano em ambientes fechados, com o alimento e espaço limitado.

Nas amostras da segunda profundidade (5-10 cm), após 30 dias da aplicação dos tratamentos, o T2 apresentou uma maior média das colônias, seguido de T3, T2 e T1; sendo que todos apresentaram números crescentes dos três aos dez dias de incubação. Aos 60 DAA, a sequência das médias se deu ao T2, T3, T4 e T1 em ambos os dias após incubação, sendo que em T1 houve um acréscimo. Já aos 90 DAA, o maior número de colônias de bactérias foi no T2 e o menor no T4 (Tabela 1).

Já nas profundidades de 10 a 15 cm e 15 a 20 cm o padrão de alteração para o número de UFCB também manteve o padrão com redução aos 30 dias seguidos de elevação para T2, T3 e T4, aos 60 dias. Já aos 90 DAA os tratamentos com maior número de UFCB foram detectados nos tratamentos T3 e T4 (Tabelas 1). Com exceção para o T2 aos 30 dias na profundidade de 15 a 20 cm que apresentou aumento da população bacteriana (Tabela 1).

Tabela 1. Número médio de unidades formadoras de colônias bacterianas totais em amostras de solo argiloso submetidas a diferentes tratamentos (UFCB x 10^4 g⁻¹ de solo).

TRAT ¹	PROFUNDIDADE (CM)			
	0-5	5-10	10-15	15-20
30 DAA²				
T1	4,00b ³	6,50a	5,25a	4,25b
T2	3,75c	3,50c	4,50b	23,00a
T3	6,75a	3,25d	4,00c	4,25b
T4	6,75a	5,75b	3,50d	2,50c
60 DAA				
T1	8,00d	8,50c	4,75d	6,50d
T2	9,75b	9,25b	13,50a	10,25c
T3	11,00a	13,00a	9,25c	11,00a
T4	8,75c	9,25b	10,75b	10,50b
90 DAA				
T1	5,50c	3,25c	4,50c	5,00c
T2	3,50d	1,75d	2,25d	3,50d
T3	7,25b	7,50b	8,00b	16,50a
T4	7,75a	13,75a	33,00a	13,25b

¹Tratamentos: T1 - Testemunha (solo sem correção); T2 - Calcário Calcítico convencional (42% CaO e 2% MgO); T3 - Produto A - 48% de óxido de cálcio + 34,3% de cálcio + 1% de óxido de magnésio + 0,6% de magnésio; T4 - Produto B - 48% de óxido de cálcio + 34,3% de cálcio + 1% de óxido de magnésio + 0,6% de magnésio + bactérias *Lactobacillus* + leveduras *Sacharomyces*.

²DAA: Dias após a aplicação dos tratamentos;

³Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

Em relação ao número de unidades formadoras de colônias fúngicas (UFCF) presentes na amostra inicial do solo argiloso, retirada antes da aplicação dos tratamentos, a mesma apresentou 1,75 UFC/g de solo. Na profundidade de 0 a 5 cm das unidades experimentais, observaram-se aos 30 DAA, reduções em todos os tratamentos, sendo mais significativa em T4 e T3, respectivamente. Aos 60 DAA número de UFCF manteve-se estável no T3, e sofreu redução nos demais. E aos 90 DAA o T3 apresentou um aumento significativo de UFCF. De 5 a 10 cm houve variações entre os tratamentos e reduções em relação à população inicial e ao tratamento anterior, com exceção do T3 aos 30 DAA e do T2 aos 90DAA que apresentou um aumento significativo do número de colônias chegando a $4,25 \text{ UFC} \times 10^4/\text{g}$ de solo (Tabela 2).

Tabela 2. Número médio de unidades formadoras de colônias fúngicas totais em amostras de solo argiloso submetidas a diferentes tratamentos ($\text{UFCF} \times 10^4 \text{ g}^{-1}$ de solo).

TRAT ¹	PROFUNDIDADE (CM)			
	0-5	5-10	10-15	15-20
30 DAA²				
T1	1,50a ³	0,50c	0,25b	0,25c
T2	1,00b	0,25d	0,75a	0,75a
T3	0,75c	0,75b	0,75a	0,25c
T4	0,30d	1,50a	0,75a	0,50b
60 DAA				
T1	0,25b	0,25c	0,75a	3,00d
T2	0,25b	1,00a	0,00b	7,50b
T3	0,75a	0,00d	0,00b	3,75c
T4	0,00c	0,50b	0,00b	22,00a
90 DAA				
T1	0,50c	0,25c	0,50a	0,00b
T2	0,00d	4,25a	0,00c	0,00b
T3	1,50a	0,25c	0,25b	0,50a
T4	0,75b	1,00b	0,50a	0,50a

¹Tratamentos: T1 - Testemunha (solo sem correção); T2 - Calcário Calcítico convencional (42% CaO e 2% MgO); T3 - Produto A - 48% de óxido de cálcio + 34,3% de cálcio + 1% de óxido de magnésio + 0,6% de magnésio; T4 - Produto B - 48% de óxido de cálcio + 34,3% de cálcio + 1% de óxido de magnésio + 0,6% de magnésio + bactérias *Lactobacillus* + leveduras *Sacharomyces*.

²DAA: Dias após a aplicação dos tratamentos;

³Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

Quanto ao número de colônias fúngicas na profundidade de 10 a 15 cm, os tratamentos que receberam os corretivos apresentaram menor redução da população de fungos aos 30 DAA, porém, aos 60 DAA nenhuma colônia fúngica foi detectada nestes tratamentos. E aos 90 DAA a população continua reduzida e o T2 não apresentou nenhuma colônia novamente (Tabela 2).

Já na camada de 15 a 20 cm observou-se redução do número de UFCF em todos os

tratamentos, seguida de aumento aos 60 DDA, com destaque para o T4 que apresentou 22 UFC x 10⁴/g de solo. E aos 90 DDA ocorreram novamente reduções em todos os tratamentos. De acordo com Campos et al. (2013) a população de fungos e actinomicetos pode apresentar mudanças devido a condições de pH do solo. Isso pode ser justificado pela existência de diferentes classes microbiológicas na qual o crescimento pode ser favorecido ou desfavorecido devido à acidez do meio (LEITE; ARAÚJO, 2007).

Em relação ao solo arenoso, verificaram-se na amostra inicial, seis unidades formadoras de colônias de bactérias por grama de solo. Na camada de 0 a 5 cm, o mesmo padrão observado no solo argiloso, descríscimo, de forma geral, do número de colônias isoladas aos 30 dias, porém, sem diferença significativa entre os tratamentos. Redução aos 60 dias e elevação novamente aos 90 dias após a aplicação dos tratamentos, este padrão foi observado até mesmo na testemunha (Tabela 3). Ressalta-se que mesmo havendo um aumento de aproximadamente 3X no número de colônias no tratamento que recebeu o produto B, devido ao elevado coeficiente de variação entre as repetições, não se observou diferença significativa.

Tabela 3. Número médio de unidades formadoras de colônias bacterianas totais em amostras de solo arenoso submetidas a diferentes tratamentos (UFCB x 10⁴ g⁻¹ de solo).

TRAT ¹	PROFUNDIDADE (CM)			
	0-5	5-10	10-15	15-20
	30 DAA²			
T1	6,00a ³	1,75a ³	2,75a ³	2,75a ³
T2	5,25a	2,25 ^a	2,50a	2,00a
T3	2,75a	2,00a	1,00a	3,25a
T4	2,50a	1,00a	3,25a	1,50a
60 DAA				
T1	2,50a	2,75 ^a	1,00a	2,75a
T2	5,75a	5,75 ^a	4,50a	4,75a
T3	2,75a	5,25 ^a	4,25a	3,25a
T4	2,50a	2,75 ^a	3,75a	2,25a
90 DAA				
T1	4,50a	8,75 ^a	11,25a	7,00a
T2	5,75a	3,75 ^a	6,50a	4,00a
T3	11,75a	9,75 ^a	7,50a	8,00a
T4	4,00a	8,00a	11,25a	6,75a

¹Tratamentos: T1 - Testemunha (solo sem correção); T2 - Calcário Calcítico convencional (42% CaO e 2% MgO); T3 - Produto A - 48% de óxido de cálcio + 34,3% de cálcio + 1% de óxido de magnésio + 0,6% de magnésio; T4 - Produto B - 48% de óxido de cálcio + 34,3% de cálcio + 1% de óxido de magnésio + 0,6% de magnésio + bactérias *Lactobacillus* + leveduras *Sacharomyces*.

²DAA: Dias após a aplicação dos tratamentos;

³Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

Na segunda profundidade, 5 a 10 cm, após 30 dias da aplicação dos tratamentos o T2

apresentou uma maior média das colônias, seguido de T3, T2 e T1, porém, não havendo diferença significativa entre estes. Tanto aos 60 DAA quanto aos 90 DAA observou-se um aumento de UFCB em todos os tratamentos, sem diferença significativa entre os tratamentos.

De forma semelhante, na terceira profundidade (10-15 cm), ocorreram variações no número médio de UFCB e UFCF, porém, não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 3). As colônias de bactérias presentes na amostragem mais profunda, de 15 a 20 cm, aos 30 DAA, foram maiores em T3, T1, T4 e T2. Aos 60 DAA, o T2 permaneceu com o maior número médio de colônias nas duas avaliações. Já aos 90 DAA, inicialmente o melhor resultado foi encontrado quando usado o produto B seguido do A e da testemunha, o menor número foi observado no tratamento com calcário calcítico (Tabela 3).

Em relação ao número de unidades formadoras de colônias fúngicas (UFCF) presentes na amostra inicial do solo arenoso, retirada antes da aplicação dos tratamentos, apresentou 1,5 UFC/g de solo. Em relação aos 30 DAA, observou-se um aumento no número de colônias em todos os tratamentos, com destaque para o tratamento com calcário calcítico (T2). Aos 60 DAA, com exceção da testemunha, todos os tratamentos apresentaram redução do número médio de colônias fúngicas. Na última avaliação aos 90 DAA, não houve crescimento fúngico em nenhuma repetição da testemunha e do tratamento com calcário calcítico (Tabela 4).

Tabela 4. Número médio de unidades formadoras de colônias fúngicas totais em amostras de solo arenoso submetidas a diferentes tratamentos (UFCF x 10^4 g⁻¹ de solo).

TRAT ¹	PROFUNDIDADE (CM)			
	0-5	5-10	10-15	15-20
30 DAA²				
T1	0,50a ³	0,75a	0,00a	0,25a
T2	1,75a	1,75a	1,00a	1,00a
T3	0,75a	0,25a	1,25a	0,00a
T4	0,25a	0,00a	0,50a	0,50a
60 DAA				
T1	0,50a	0,50a	0,00a	0,00a
T2	0,25a	0,25a	0,25a	0,25a
T3	0,25a	0,25a	0,25a	0,00a
T4	0,50a	0,50a	0,00a	0,25a
90 DAA				
T1	0,00a	1,00a	0,50a	0,50a
T2	0,00a	0,50a	0,50a	0,75a
T3	2,50a	0,25a	0,50a	0,75a
T4	1,00a	0,50a	0,25a	0,75a

¹Tratamentos: T1 - Testemunha (solo sem correção); T2 - Calcário Calcítico convencional (42% CaO e 2% MgO); T3 - Produto A - 48% de óxido de cálcio + 34,3% de cálcio + 1% de óxido de magnésio + 0,6% de magnésio; T4 - Produto B - 48% de óxido de cálcio + 34,3% de cálcio + 1% de óxido de magnésio + 0,6% de magnésio + bactérias *Lactobacillus* + leveduras *Sacharomyces*. ²DAA: Dias após a aplicação dos tratamentos;

³Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%).

Como nas colônias bacterianas, nos fungos, observou-se variação na população, porém, sem diferença significativa entre os tratamentos aos 30, 60 e 90 DAA na profundidade 5 a 10 cm (Tabela 4). De forma semelhante, na terceira e quarta profundidade 10 a 15 cm e 15 a 20 respectivamente, ocorreram variações no número médio de UFCF, porém, não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos.

Diante destes resultados obtidos no solo arenoso destaca-se que ocorreu variação no número de colônias isoladas tanto para bactérias quanto para fungos em todas as profundidades avaliadas, porém, estas variações não foram significativas.

De acordo com Moreira e Siqueira (2006), bactérias se adaptam mais facilmente a ambientes menos ácidos do que fungos, este fato pode estar relacionado à redução da população bacteriana nas condições deste experimento. Caires et al. (1998) e Silva et al. (1997) ainda explicam que a ação do calcário superficialmente (até 10cm de profundidade), tanto para correção do pH como para disponibilização de nutrientes, ocorre rapidamente; enquanto em camadas subsuperficiais pode levar até trinta e dois meses para ação efetiva. Barbosa Filho et al. (2005) também afirmam que a ação corretiva realizada devido a prática da calagem é mais acentuada e pode ser observada de forma instantânea na camada de 0 a 10 cm de solo, fato este que pode ser observado na variação do número de colônias de acordo com a passagem do tempo após aplicação dos produtos.

Segundo Souza et al. (2015), o pH do solo além de estar ligado diretamente a disponibilidade de nutrientes está também vinculado a parte microbiológica. Como a variação do pH foi muito sutil neste tipo de solo entre os tratamentos, a população pode não ter sofrido interferência. Na grande maioria, os fungos são adaptados a condições de pH mais ácido (acidófilos), desenvolvendo-se melhor em valores de pH inferiores a 5,0, justificando assim a existência de diferentes classes microbiológicas, nas quais o crescimento pode ser favorecido ou desfavorecido devido a acidez do meio (LEITE; ARAÚJO, 2007).

De acordo com Berendsen et al. (2012) o solo pode ser caracterizado como um sistema dinâmico e biológico, no entanto Duchicela et al. (2013) afirma que dentro desse dinamismo há a existência de micro-habitat que varia devido a características físicas e químicas, como o pH. Desta modo, pode-se explicar a variação não significativa entre os tratamentos no solo arenoso, já que cada um se mostrou mais eficiente em algum momento da pesquisa. A diferença da disponibilidade de nutrientes no decorrer do solo é um fator que pode explicar a variação do número de unidades formadoras de colônias visualizadas.

Este fato pode estar ligado ao ser observado no solo argiloso também, onde houve uma alternância na influência benéfica dos tratamentos no aumento da população microbiana, em

que cada um se mostrou mais eficiente em algum momento da pesquisa. No entanto, para este tipo de solo o tratamento que se mostrou com a maior média no número de unidades formadoras de colônias, tanto fúngicas quanto bacterianas. Por mais vezes, foi o tratamento que recebeu a aplicação do Produto B (T4), produto este caracterizado por possuir um conjunto de cepas de bactérias, que por sua vez se mostraram favoráveis para o desenvolvimento e reprodução da microbiota no meio desde o momento da sua aplicação.

Não se sabe exatamente por qual motivo o pH do solo influencia o desenvolvimento microbiano, porém, sabe-se que a diversidade e a funcionalidade da microbiota são afetadas por este fator (CARDOSO; ANDREOTE, 2016). Desta forma, neste trabalho, avaliou-se apenas a influência no número de UFC isoladas a partir das amostras de solo em cada tratamento, não levando em consideração a diferenciação, função, desenvolvimento e benefício gerado por tais colônias, sugere-se o desenvolvimento de pesquisas futuras que avaliem os grupos microbianos afetados pelos corretivos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os corretivos calcário Calcítico (42% CaO e 2% MgO), Produto A (48% de óxido de cálcio + 34,3% de cálcio + 1% de óxido de magnésio + 0,6% de magnésio) e o Produto B (48% de óxido de cálcio + 34,3% de cálcio + 1% de óxido de magnésio + 0,6% de magnésio + bactérias *Lactobacillus* + leveduras *Saccharomyces*) proporcionaram variação no pH do solo na camada de 0 a 5 cm durante o período do experimento, com valor máximo 30 dias após aplicação, nas amostras de solo argiloso. Já a aplicação dos corretivos não proporcionou variações significativas do pH do solo arenoso durante o período avaliado.

Ocorreram alterações na população de bactérias e fungos presentes nas amostras de solo em todas as profundidades e tratamentos avaliados, porém de forma não significativa no solo arenoso.

O tratamento com o produto B apresentou acréscimo diferencial na microbiota, com destaque no solo argiloso, possivelmente devido a existência de cepas bacterianas neste.

A avaliação quantitativa da população isolável de fungos e bactérias do solo não foi eficiente, no solo arenoso nas condições deste experimento, para avaliação das alterações desencadeadas pelos corretivos agrícolas testados.

REFERÊNCIAS

- AHLAWAT, U.; ANU; SINGH, V. K.; SHARMA, V.; SHEKHAWAT, N.; RAI, R. K. Soil organic matter and its importance for soil health. **Food and Scientific reports**, v. 1, issue 10, 2020.
- ALTIERI, M.; NICHOLLS, C. I. **Agroecología: Teoría y práctica para uma agricultura sustentable**. Série Textos Básicos para la Formación Ambiental. México: PNUMA, 2000.
- ANGELAKIS, A. N. et al. **Irrigation of world agricultural lands: Evolution through the millenia**. Water, v.12, n. 1285, 2020.
- ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, v. 23, n. 3, p. 66-75, 2007.
- BARBIERI, J. C.; CAJAZEIRA, J. E. R. **Responsabilidade Social Empresarial e Empresa Sustentável - Da Teoria à Prática**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2016. 256 p.
- BARBOSA FILHO, M. P.; FAGERIA, N. K.; ZIMMERMANN, F. P.. Atributos de fertilidade do solo e produtividade do feijoeiro e da soja influenciados pela calagem em superfície incorporada. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n.3, p.507-514. 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542005000300001>
- BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; SEGAT, J. C.; GEREMIA, E. V.; OLIVEIRA FILHO, L. C.; ALVES, M. V. Fauna edáfica e qualidade do solo. **Tópicos em ciência do solo**, v. 7, p. 119-170, 2011.
- BERENDSEN, R. L.; PIETERSE, C. M. J.; BAKKER, P. A. H. M. The rhizosphere microbiome and plant health. **Trends in Plant Science**, v. 8, p. 478- 486, 2012.
- BERGAMIN, A. C.; VITORINO, A. C. T.; FRANCHINI, J. C.; SOUZA, C. M. A. D.; SOUZA, F. R. D. 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.
- BERRUTI, A.; LUMINI, E.; BALESTRINI, R.; BIANCIOTTO, V. Mycorrhizal fungi as natural biofertilizers: let's benefit from past successes. **Frontiers in microbiology**, v. 6, p. 1559, 2016.
- BIDONE, E. D.; MORALES, P. R. D. **Desenvolvimento Sustentável e Engenharia (Enfoque Operacional)**. Rio de Janeiro: Fundação Ricardo Franco, 2004. 260p.
- BRILHANTE, S. A.; SANTOS, J. C. B.; SANTOS, J. V. S.; ARAÚJO, J. K. S.; FILHO, M. R. R.; CORRÊA M. M. Weathering of rhyolites and soil formation in an atlantic forest fragment in Northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 47, p. 1-18, 2017.
- CAIRES, E. F.; CHUEIRI, W. A.; MADRUGA, E.; FIGUEIREDO, A.. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, n.1, p.27-34, 1998. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0100-06831998000100004>

CAMPOS, DVB; FREIRE, LR; ZONTA, E.; EIRA, PA; DUQUE, FF; DE-POLLI, H.; SOUTO, SM; SANTOS, GA; ANJOS, LHC Adubos e corretivos. In: FREIRE, LR (Coord.). Manual de calagem e adubação do estado do Rio de Janeiro. Brasília, DF: **Embrapa**; Seropédica, RJ: Editora Universidade Rural, 2013. p.107-130.

CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do solo**. 2. ed. Piracicaba-SP: ESALQ, 2016. 221p.

CORTEZ, J. W.; MATOS, W. P. D. S.; ARCOVERDE, S. N.; CAVASSINI, V. H.; VALENTE, I. Q. Spatial variability of soil resistance to penetration in no tillagesystem. **Engenharia Agrícola**, v. 38, p. 697-704, 2018.

COSTA, C. H. M.; CRUSCIOL, C. A. C.; FERRARI NETO, J.; CASTRO, G. S. A. Residual effects of superficial liming on tropical soil under no-tillage system. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1633-1642, 2016.

COSTA, M. C. G. Respostas do solo e da cultura ao calcário e fertilizantes em uma terra livre de fogo sistema de uso para pequenas propriedades no norte da Amazônia brasileira. **Solo e cultivo Research**, v. 121, p. 27-37, maio, 2012.

CZYZEWSKI, B.; DOBROWOLSKI, D.; MATUSZCZAK, A.; ŚMIDO DA, P.; SZWON, T. Social sustainability in agricultural farms with differing economic size in the EU countries. **Proceedings of the 2018 International Scientific Conference “Economic sciences for agribusiness and rural economy”**, n. 1, p. 75-80, 2018. DOI: <https://doi.org/10.22630/ESARE.2018.1.9>

DE LIMA, P. C.; DA SILVA ALMEIDA, C. H.; MARTINS, E. F.; DE MELO MOURA, W.; SILVA, P. R. P. Uso de misturas de materiais orgânicos na produção de café em propriedades familiares de Ervália Minas Gerais. **Cadernos de Agroecologia**, v. 10, n. 3, 2016.

DIONÍSIO, J. A.; PIMENTEL, I. C.; SIGNOR, D.; DE PAULA, A. M.; MACEDA, A.; MATANNA, A. L. **Guia prático de biologia do solo**. Curitiba: SBCS/NEPAR, 2016. 152p.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Org.) **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: SSSA, p. 3-21, 1994. p.1-21

DOWLING, A.; O'DWYER, J.; ADLEY, C. C. Lime in the limelight. **Journal of cleaner production**, v. 92, p. 13-22, 2015.

DURAN, D. C.; ARTENE, A.; GOGAN, L. M.; DURAN, V. The objectives of sustainable development – ways to achieve welfare. **Procedia Economics and Finance**, v. 26, n.1, p. 812-817, 2015. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)00852-7](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)00852-7).

DUCHICELA, J.; SULLIVAN, T. S.; BONTTI, E.; BEVER, J. D. Soil aggregate stability increase is strongly related to fungal community succession along an abandoned agricultural field chronosequence in the Bolivian Altiplano. **Journal of Applied Microbiology**, v. 50, p. 1266-1273, 2013.

EZE, S.; PALMER, S. M.; CHAPMAN, P. J. Soil organic carbon stock in grasslands: Effects of inorganic fertilizers, liming and grazing in different climate settings. **Journal of environmental management**, v. 223, p. 74-84, 2018.

FAO; ITPS; GSBI; CBD; EC. **State of knowledge of soil biodiversity – Status, challenges and potentialities, Report 2020**. Rome: FAO. 2020. 618p. DOI: <https://doi.org/10.4060/cb1928en>.

FONTOURA, S. M. V.; PIAS, O. H. de C.; TIECHER, T.; CHERUBIN, M. R.; MORAES, R. P.; de, BAYER, C. Effect of gypsum rates and lime with different reactivity on soil acidity and crop grain yields in a subtropical Oxisol under no-tillage. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, Elsevier, v. 193, p. 27-41, 2019.

FREITAS, D. C. L.; DE MACEDO, C. K. B.; CONTE, E. D.; MAGRINI, F. P.; SCHENKEL, V. O.; NACHTIGALL, G. R.; CÓSER, G. M. D. A. G. Efeito de doses de gesso agrícola e alterações químicas ocorridas no perfil do solo em sistema de plantio direto consolidado cultivado com soja. **Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega Urcamp**, p. 1423-1436, 2017.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; BARROS, N. F.; RODRIGUES, A. C. G.; SANTOS, G. A. Nitrogênio, carbono, e atividade da biomassa microbiana do solo em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 6, p. 893-902, 2005.

GOMES, S. S. **Assinatura magnética em áreas específicas de manejo na geração de protocolos de calagem**. 2020. 61 f. Tese (Doutorado em Ciências do Solo). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Jaboticabal, 2020.

GUO, K.; ZHAO, Y. LIU, Y.; CHEN, J.; WU, Q.; RUAN, Y.; LI, S.; SHI, J.; ZHAO, L.; SUN, X.; LIANG, C.; XU, Q.; QIN, H. Pyrolysis temperature of biochar affects ecoenzymatic stoichiometry and microbial nutrient-use efficiency in a bamboo forest soil. **Geoderma**, n. 363, p. 114162, 2020.

HARIZANOVA-BARTOS, H.; STOYANOVA, Z. Impact of agriculture on soil pollution in bulgaria. **Economics of agriculture**, v. 66, n. 2, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5937/ekoPolj1902375H>.

HARTMAN, K.; VAN DER HEIJDEN, M.G.A.; WITTWER, R.A.; BANERJEE, S.; WALSER, J-C.; SCHLAEPPPI, K. Cropping practices manipulate abundance patterns of root and soil microbiome members paving the way to smart farming. **Microbiome**, n. 6, p. 14, 2018.

HOLLAND, J. E.; BENNETT, A. E.; NEWTON, A. C.; WHITE, P. J.; MCKENZIE, B. M.; GEORGE, T. S.; PAKEMAN, R. J.; BAILEY, J. S.; FORNARA, D. A.; HAYES, R. C. Liming impacts on soils, crops and biodiversity in the UK: A review. **Science of the Total Environment**, v. 610-611, p. 316-332, 2018.

INAGAKI, T. M.; MORAES, S. Á. J. C.; CAIRES, E. F.; GONÇALVES, D. R. P. A aplicação de cal e gesso aumenta a atividade biológica, reservatórios de carbono e produtividade agronômica em solos altamente intemperizados. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v. 231, n. 1, p. 156-165, 2016.

JANKER, J.; MANN, S.; RIST, S. Social sustainability in agriculture – A system based framework. **Journal of Rural Studies**, v. 65, p. 32-42, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2018.12.010>

KNUPP, A. M.; FERREIRA, E. P. B. Eficiência da quantificação do carbono da biomassa microbiana por espectrofotometria comparada ao método titrimétrico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.4, p.588-595, 2011. DOI: [10.5039/agraria.v6i4a1071](https://doi.org/10.5039/agraria.v6i4a1071)

LAGOARDE-SEGOT, T. Financing the sustainable development goals. **Sustainability**, v.12, n. 2775, 2020.

LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F. **Ecologia microbiana do solo**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2007. 24 p. (Documento 164)

LOURENTE, E. R. P.; MERCANTE, F. M.; ALOVISI, A. M. T.; GOMES, C. F.; GASPARINI, A. S.; NUNES, C. M. Atributos microbiológicos, químicos e físicos de solo sob diferentes sistemas de manejo e condições de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 1, p. 20-28, 2011.

MATSUNAGA, W. K.; RODRIGUES, H. J. B.; RODRIGUES, P. G. Atributos microbiológicos de solo, relacionados às atividades da microfauna em solo na Floresta Amazônica. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 41, n. 3, p. 630-638, 2019.

MOREIRA, M. S.; MING, L. C.; DO VAL, M. F.; FRANCO, F. S.; CARMO, M. S. **Análise quantitativa de microrganismos considerando os atributos físico e químico do solo em diferentes manejos**. Plantando sonhos. Experiências em Agroecologia no Estado de São Paulo, p. 58, 2018.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2 ed. Lavras: UFLA, 2006.

MORENO, A. L.; KUSDRA, J. F.; PICAZEVICZ, A. A. C. Inoculação de rizobactérias no milho associada à adubação com nitrogênio e zinco na semeadura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, n. 2, p. 96-100, 2021.

NAHASS, S.; SEVERINO, J. **Calcário agrícola no Brasil**. CETEM/MTC. Rio de Janeiro, 2003.

OLIVEIRA, J. R.; SOUZA, F. V. P.; SILVA, U. T. G.; DUARTE, N. F.; PINTO, S. I. C. Saturação por bases para o cultivo do cedro australiano. **Global Science and Technology**, v. 8, n. 2, p. 96-102, 2015.

ONU – Organização das Nações Unidas. **Objetivos do desenvolvimento sustentável**. 2015.

PENG, S.; GUO, T.; LIU, G. The effects of arbuscular mycorrhizal hyphal networks on soil aggregations of purple soil in southwest China. **Soil Biology & Biochemistry**, p. 57, n. 411-417, 2013.

PEREIRA, M. G.; ARAÚJO, A. L. S.; DORTZBACH, D.; TAVARES, O. C. H.; SILVA

NETO, E. C. Estimativa da acidez potencial através do método do pH SMP em solos de altitude de Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, n. 33, v. 1, p. 50-55, 2020.

POLLI FERTILIZANTES ESPECIAIS. **Linha especial de produtos SE**. 2021. Disponível em:<http://pollifertilizantes.com.br/produtos.html>. Acesso em: 19 de Janeiro de 2021.

PRADO, M. R. V. **Estimativa da acidez potencial dos solos do estado de mato grosso com base em métodos tampões**. 2018. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Agricultura tropical)–Faculdade de Agronomia e Zootecnia, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá.

REZENDE, L. PEREIRA; PORTELA, G. DE FRANÇA; MACEDO, N. CORDEIRO; DINIZ, K. DOURADO. Identificação da macrofauna do solo em pastagem de panicum maximum, área submetida à queimada no município de Sambaíba - Maranhão. **Revista Biodiversidade**, v.16, n. 1, p. 21, 2017.

RHEINHEIMER, D. S.; TIECHER, T.; GONZATTO, R.; ZAFAR, M.; BRUNETTO, G. Residual effect of surface applied lime on soil acidity properties in long-term experiment under no-till in a Southern Brazilian sandy Ultisol. **Geoderma**, v. 313, n. 3, p. 7-16. 2018.

Rodrigues, M., Rabêlo, F. H. S., Castro, H. A., Roboredo, D., Carvalho, M. A. C., & Roque, C. G. (2018). Cultivo mínimo é o sistema recomendado para introdução da Brachiaria brizantha em Latossolo na Amazônia. **Revista Ciência Agronômica**, 61, p. 1-7. <https://doi.org/10.22491/rca.2018.2808>.

SANTANA, A. S.; CHAVES, J. S.; SANTANA, A. S.; RODRIGUEZ, C. A.; MORAES, E. R. Biomassa microbiana em diferentes sistemas de manejo do solo no sul do estado de Roraima. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, v. 6, n. 1, p. 43-50, 2017.

SANTOS, L. A. C.; SILVA, D. M. P.; OLIVEIRA, I. A.; PEREIRA, C. E.; CAMPOS, M. C. C. Crescimento de cultivares de feijão-caupi em solo de terra firme e várzea. **Ambiência Guarapuava**, v. 13, p. 261-270, 2017.

SANTOS, N. C. D. S.; SILVA, W. A. D. Desafios e possibilidades da sustentabilidade na agricultura. **Revista Geo Sertões**, v. 4, n. 7, p. 10-25, 2019.

SCHNEIDER, J.; KLAUBERG FILHO, O.; FONTOURA, S. M. V.; ALVES, M. V. Influência de diferentes sistemas de manejo e calagem em experimento de longa duração sobre fungos micorrízicos arbusculares. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 4, p. 701-709, 2011. DOI: <http://doi.org/10.1590/S1413-70542011000400008>.

SILVA, F. C. de S.; MOLIN, J. P. Mensuração direta do pH de solos tropicais por meio de eletrodos íon seletivos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 11, p. 1189-1202, 2018.

SILVA, L.G. **Uso e monitoramento de indicadores microbiológicos para avaliação da qualidade dos solos de cerrado sob diferentes agroecossistemas**. Dissertação de Mestrado. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2008.

SOUZA, L. H. N.; ARRUDA, R. O. M. Revitalização de corpos d'água com o uso da biorremediação. **Revista Engenharia e Tecnologia Aplicada**, v. 4, n. 1, p. 37-45, 2021. DOI:

10.33947/2595-6264-V4N1-4579

SILVA, N.; VAN RAIJ, B.; CARVALHO, L. H. D.; BATAGLIA, O. C.; KONDO, J. I.. Efeitos do calcário e do gesso nas características químicas do solo e na cultura do algodão. **Bragantia**, v.56, n.2, p.389-401, 1997. DOI:<http://doi.org/10.1590/S0006-87051997000200018>.

SOUZA, R. F.; BARBOSA, S. E.; CORRÊA, S. G.; BERBARA, L. L. R.; FREIRE, R. L. Acidez do solo e densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares em uma área cultivada com adubos verdes. In: **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo - XXXV**. O solo e suas múltiplas funções. Natal, Rio Grande do Norte, 2015, p. 1-5.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017. 888p.

TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMMA, G.K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W.G. **Manual de métodos de análise de solos**. 3.ed. rev. e ampl. Brasília (DF): EMBRAPA, 2017. 573p.

TÓTOLA, M. R. CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. **Tópicos em Ciências do Solo**, v. 2, n. 3, p.196-275, 2002.

WANG, FAYUAN (2017). Occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi in mining-impacted sites and their contribution to ecological restoration: Mechanisms and applications, **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, 47:20, 1901-1957, DOI: 10.1080/10643389.2017.1400853

WASTOWSKI, A. D.; ROSA, G. M.; CHERUBIN, M. R.; RIGON, J. P. G. Caraterização dos níveis de elementos químicos em solo, submetido a diferentes sistemas de uso e manejo, utilizando espectrometria de fluorescência de raios-x por energia dispersiva (edxrf). **Química Nova**, v. 33, n. 7, p. 1449-1452, 2010.

ZANDONA, R. R.; BEUTLER, A. N.; BURG, G. M.; BARRETO, C. F.; SCHMIDT, M. R. Gesso e calcário aumentam a produtividade e amenizam o efeito do déficit hídrico em milho e soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 2, p. 128-137, 2015.

YAN, F.; NING, J.; SU, F. Agricultural Evolution: process, pattern and water resource effect. **Applied sciences**, v. 10, n. 15, 5065, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/app10155065>