



GABRIEL AKIRA NOHARA

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL EM
Thymus vulgaris L. (LAMIACEAE) CULTIVADO COM
ADUBAÇÕES ORGÂNICA, CONVENCIONAL E FONOLITO**

**LAVRAS-MG
2023**

GABRIEL AKIRA NOHARA

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL EM
Thymus vulgaris L. (LAMIACEAE) CULTIVADO COM
ADUBAÇÕES ORGÂNICA, CONVENCIONAL E FONOLITO**

Trabalho de conclusão de curso (TCC)
apresentado à Universidade Federal de
Lavras, como parte das exigências do
curso de Agronomia, para obtenção do
título de Bacharel.

Profa. Dra. Suzan Kelly Vilela Bertolucci
Orientadora

Dr. Rafael Marlon Alves de Assis
Co-orientador

**LAVRAS-MG
2023**

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL EM *Thymus vulgaris* L.
(LAMIACEAE) CULTIVADO COM ADUBAÇÕES ORGÂNICA,
CONVENCIONAL E FONOLITO**

Gabriel Akira Nohara¹

Rafael Marlon Alves de Assis²

Tomilho (*Thymus vulgaris* L., Lamiaceae) é uma erva aromática e produtora de óleo essencial que tem ganhado espaço na medicina e culinária mundial. Na agricultura orgânica, o uso de pó de rochas aplicados diretamente no solo tem chamado atenção pelo fornecimento de nutrientes de forma natural. Objetivou-se avaliar o crescimento e a produção de óleo essencial de tomilho cultivadas com aplicação de pó de rocha silicatada (fonolito) com fertilizantes orgânico e convencional. O delineamento experimental aplicado foi o inteiramente casualizado, com seis tratamentos, quatro repetições e dez plantas por repetição. Os tratamentos consistiram em: T1- Controle (solo:areia na proporção de 2:1); T2- adubação orgânica (esterco bovino – 270 g.vaso⁻¹); T3- fonolito (450 g.vaso⁻¹); T4- adubação orgânica + fonolito; T5- fertilização convencional (50% recomendação de Malavolta, 1989) e T6- fertilização convencional + fonolito. Aos noventa dias foram avaliados as seguintes variáveis: matérias secas da folha (MSF), caule (MSC), raízes (MSR), parte aérea (MSPA= MSF+MSC), total (MST= MSF+MSC+MSR) e teor (%) e rendimento de óleo essencial (mg OE planta⁻¹). Todas as variáveis de respostas apresentaram diferenças significativas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados indicaram que para todas as variáveis observadas de matéria seca, as maiores médias ocorreram tanto no tratamento adubação orgânica, como em adubação orgânica + fonolito. Também observou-se que a adubação orgânica, combinada ou não com fonolito, teve a melhor performance na produção de óleo essencial em *T. vulgaris*. Conclui-se que a adubação orgânica foi responsável por ganhos significativos na produção de matéria seca e óleo essencial em *Thymus vulgaris* L. O fonolito aplicado isoladamente não causou efeitos significativos quando comparado com o tratamento controle. Porém, a combinação entre adubação orgânica e fonolito proporcionou maior produção de matéria seca e óleo essencial, destacando a relevância destes dois elementos como uma estratégia promissora para melhorar os atributos avaliados.

Palavras chave: Tomilho, adubação orgânica, pó de rocha, compostos voláteis.

¹ Graduando em Agronomia na Universidade Federal de Lavras (UFLA). E-mail: gabriel.nohara@estudante.ufla.br

² Doutor em Plantas Medicinais, Aromáticas e condimentares na Universidade Federal de Lavras (UFLA). E-mail: rafamarlon7@gmail.com

ABSTRACT

Thyme (*Thymus vulgaris* L., Lamiaceae) is an aromatic herb and essential oil producer that has gained prominence in global medicine and cuisine. In organic agriculture, the direct application of rock powder to the soil has garnered attention for its natural nutrient supply. Aimed to evaluate the growth and essential oil production of thyme cultivated with silicate rock powder (phonolite) or with organic and conventional fertilizers. The experimental design used was a completely randomized design, comprising six treatments, four replications, and ten plants per replication. The treatments were: T1 - Control (soil:sand, 2:1 ratio); T2 - organic fertilization (bovine manure - 270 g.pot⁻¹); T3 - (phonolite 450 g.pot⁻¹); T4 - organic fertilization + phonolite; T5 - conventional fertilization (50% of Malavolta's recommendation, 1989); and T6 - conventional fertilization + phonolite. Ninety days later, the following variables were evaluated: leaf dry matter (LDM), stem (SDM), root (RDM), shoot (SDM+LDM), total (TDM=SDM+LDM+RDM) dry matter, essential oil content (%), and yield (mg EO plant⁻¹). All response variables showed significant differences according to the Tukey test at a 5% probability level. The results indicated that the highest means for all observed dry matter variables were observed in both the fertilization + phonolite treatment and the organic fertilization treatment. Furthermore, it was observed that organic fertilization, whether used alone or in combination with phonolite, demonstrated the best performance in essential oil production in *T. vulgaris*. It can be concluded that organic fertilization significantly contributed to substantial gains in both dry matter and essential oil production in *Thymus vulgaris* L. On the other hand, when phonolite was applied in isolation, it did not show significant effects when compared to the control treatment. However, the combination of organic fertilization and phonolite resulted in higher production of dry matter and essential oil in thyme, highlighting the importance of these two elements as a promising strategy to improve the evaluated attributes.

Keywords: Thyme, organic fertilization, rock powder, volatile compounds.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. REFERENCIAL TEÓRICO	7
2.1. <i>Thymus vulgaris</i> L.	7
2.1.1. Descrição da planta e aspectos agronômicos	7
2.1.2. Aspectos medicinais e químicos	9
2.2. Adubação orgânica	10
2.2.1. Esterco animal na adubação orgânica	10
2.2.2. Efeito da adubação orgânica no cultivo de plantas medicinais	12
2.2.3. Rochagem	14
2.2.4. Fonolito	15
3. MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1. Condições experimentais e material vegetal	16
3.2. Delineamento e condução experimental	16
3.3. Crescimento vegetal	18
3.4. Extração de óleo essencial	18
3.5. Análise estatística	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4.1. Massa seca vegetal	19
4.2. Teor e rendimento de óleo essencial	21
5. CONCLUSÃO	23
REFERÊNCIAS	24

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2019), cerca de 50.000 espécies de plantas são usadas medicinalmente e estima-se que a medicina tradicional seja a principal fonte de medicamentos para 80% da população nos países em desenvolvimento. A família Lamiaceae ou Labiatae apresenta muitas plantas medicinais valiosas (KARPIŃSKI, 2020), como por exemplo *Thymus vulgaris* L., popularmente conhecido como tomilho, que devido às suas propriedades medicinais e aromáticas é amplamente utilizada na indústria farmacêutica, cosmética e de alimentos (NAOMI et al., 2016).

Em sua composição, o tomilho possui compostos químicos importantes como flavonóides e antioxidantes fenólicos como zeaxantina, luteína, apigenina, narigenina, luteolina e timonina (GRIGORE et al., 2010; DAUQAN; ABDULLAH, 2017). Além disso, as folhas são ricas em potássio, ferro, cálcio, manganês, magnésio e selênio que agrega valor nutracêutico para a espécie (SHARANGI; GUHA, 2013).

Porém, sabe-se que não somente a composição química do óleo essencial como também sua qualidade, são influenciadas por fatores ambientais como luminosidade, temperatura, disponibilidade de água e nutrientes, tipo de solo entre outros (MAIK et al., 2014). Por isso, utilizar diferentes fontes de adubo é importante para delimitar técnicas agrônômicas mais eficientes, alinhar as práticas de menor impacto ambiental, pensando na agricultura do século XXI e almejando a maior produtividade de biomassa, teor e qualidade de óleo essencial das espécies alimentícias, aromáticas, condimentares e medicinais.

A aplicação de pó de rocha (fonolito), que consiste na disposição de rochas moídas como fonte de nutrientes, é uma das práticas agrícolas que podem afetar o crescimento e a produção de plantas medicinais (FERNANDES et al., 2011; ROCHA et al., 2019). O fonolito contém minerais como cálcio, magnésio, fósforo e potássio, que são necessários para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Em sua exploração mineral e britagem, normalmente é escoado sem aproveitamento, dessa forma, pode ser empregado na agricultura, gerando potenciais vantagens ao setor de mineração e contribuindo com o desenvolvimento nacional (BRITO et al., 2019; EDWARD, 2016).

A adubação orgânica é amplamente recomendada como uma alternativa sustentável à maneira convencional porque usa resíduos orgânicos, como compostos e esterco, para fornecer nutrientes ao solo. Esse manejo aumenta a quantidade de matéria orgânica presente no solo, melhora a estrutura e a capacidade de retenção de água e estimula a atividade microbiana útil (ASSEFA; TADESSE, 2019; BEBBER; RICHARDS, 2022). Estudos evidenciam que várias

espécies de plantas medicinais, incluindo *Melissa officinalis* L. e *Thymus vulgaris* L., podem produzir mais óleo essencial com adubação orgânica (ASSIS et al., 2019; HONORATO et al., 2022).

Desta forma, o presente estudo objetivou avaliar os efeitos do pó de rocha (fonolito), combinado à adubação orgânica e convencional na produção de matéria seca e de óleo essencial em *Thymus vulgaris* L.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. *Thymus vulgaris* L.

2.1.1. Descrição da planta e aspectos agronômicos

O tomilho é uma planta herbácea amplamente distribuída e utilizada como condimento e contém propriedades medicinais (STHAL-BISKUP; SAEZ, 2002). Pertencente ao gênero *Thymus* da família *Lamiaceae*, possui cerca de 215 espécies conhecidas pela produção de óleos essenciais e aromas característicos. As espécies mais cultivadas e estudadas incluem *T. serpyllum*, *T. algeriensis* e *T. vulgaris* (NIKOLIC et al., 2014). Sua utilização remonta à época da Grécia Antiga, sendo valorizada por suas propriedades revigorantes.

O cultivo comercial do tomilho é predominante em países europeus, especialmente na região mediterrânea, devido às vantagens climáticas que propiciam o seu cultivo. A região sul da Europa é a responsável por beneficiar a maior quantidade de subprodutos derivados de *T. vulgaris* (DAFF, 2012). Inicialmente explorado por meio do extrativismo vegetal, o tomilho tornou-se uma cultura cultivada devido à sua demanda crescente (KOSAKOWSKA et al., 2020). Diversas variedades e cultivares estão disponíveis, incluindo plantas melhoradas geneticamente. O tomilho é cultivado para a produção de folhas secas, óleo essencial, extratos e oleorresinas. No entanto, há a necessidade de melhorar seu cultivo, investindo em melhoramento genético e estratégias de cultivo para aprimorar a produção (KOSAKOWSKA et al., 2020).

Thymus vulgaris L. é uma planta perene em forma de arbusto, com altura média de 30 cm e largura de 40 cm, além de comumente cultivada em canteiros ou vasos (SALEH et al., 2015). Suas características incluem caules tortuosos e lenhosos, ramos eretos e compactos, folhas pequenas e esbranquiçadas na parte inferior. As flores são rosadas ou brancas, de dois lábios, acompanhadas por brácteas semelhantes a folhas (PRASANTH et al., 2014; KUETE, 2017; KOSAKOWSKA et al. 2020). Além disso, Prasanth et al. (2014), destacam que o tomilho possui hastes leves à medida que envelhecem.

O tomilho é uma planta versátil que pode ser cultivada em diferentes tipos de solo e condições climáticas, incluindo regiões temperadas, áridas e semiáridas, preferencialmente em áreas ensolaradas (DAFF, 2012). Já existem cultivares resistentes à geada na Europa (REY; SÁEZ, 2002; KOSAKOWSKA et al., 2020). O cultivo do tomilho requer uma precipitação anual de 500 a 1000 mm, mas é importante evitar umidade excessiva para inibir doenças de podridão. Quanto ao solo, o tomilho prefere solos arenosos com pH entre 5,0 e 8,0, e não é muito exigente em termos de fertilidade (PRASANTH et al., 2014; KUETE, 2017).

A propagação de *T. vulgaris* ocorre por sementes, estacas de caule, rebentos ou divisão das plantas com raízes (KUETE, 2017). A semeadura é recomendada na primavera, com germinação das sementes em duas semanas (DAFF, 2012; KUETE, 2017). O método de estaquia é preferido para plantas homogêneas. O espaçamento recomendado é de 15 a 30 cm entre plantas na fileira e 60 cm entre fileiras. O uso excessivo de fertilizantes pode enfraquecer os ramos. A aplicação de nitrogênio após a colheita promove o crescimento de brotos, mas em excesso afeta a qualidade do óleo essencial (BARANAUSKIENĖ et al., 2003). A adubação orgânica melhora a qualidade da erva seca e do óleo essencial do tomilho (DAFF, 2012; SHARAF, EL-DIN et al., 2019). O tomilho é geralmente resistente a pragas e doenças devido às propriedades repelentes do seu óleo essencial (CAMPOS et al., 2019). No entanto, mosca branca, cochonilhas, ácaros e algumas doenças fúngicas podem afetar as plantas, principalmente em ambientes úmidos com pouca drenagem, sendo ferrugem (*Puccinia spp.*), *Alternaria spp.* e *Botrytis spp.* (DAFF, 2012).

A colheita do tomilho é crucial para garantir a qualidade e o cultivo da planta. Também deve ser periódica, com altura de corte adequada para preservar algumas hastes e folhas vivas nas plantas. O tomilho é colhido uma vez por ano, no final do verão, durante a floração. Em algumas condições, é possível realizar duas colheitas por ano. Na produção de matéria seca, a colheita de caules e folhas é realizada no início da floração, cortando a planta a cerca de 10 a 15 cm acima do solo. Para produtos frescos, colhem-se apenas as pontas dos ramos (DAFF, 2012). O tomilho é amplamente utilizado como erva condimentar e como medicina popular, especialmente na forma seca. O produto seco passa por processamento para separar as folhas e hastes. É importante secar o tomilho em temperaturas abaixo de 40 °C para evitar a perda de sabor e manter a cor característica (PRASANTH et al., 2014).

2.1.2. Aspectos medicinais e químicos

O tomilho é uma planta que possui propriedades farmacológicas bem caracterizadas, trazendo contribuições significativas para as indústrias alimentícia e medicinal (JAKIEMIU, 2008; NABAVI et al., 2015). É rico em flavonoides, antioxidantes fenólicos e nutrientes como potássio, ferro, cálcio, manganês, magnésio e selênio (SHARANGI; GUHA, 2013). Essas substâncias conferem ao tomilho propriedades medicinais, sendo utilizado há milhares de anos no tratamento de alopecia, placa dentária, infecções dermatofíticas, bronquite, tosse, distúrbios inflamatórios da pele e distúrbios gastrointestinais (DAUQAN; ABDULLAH, 2017).

Seu óleo essencial oferece um grande potencial como conservantes de alimentos, ajudando a retardar a oxidação de lipídios durante o processamento e armazenamento (COSTA et al., 2015). Além disso, o óleo de tomilho é utilizado na produção de cosméticos, como desodorantes, cremes dentais, enxaguatórios bucais (TOHIDI et al., 2019) e também responsável pelo aroma picante característico, amplamente utilizado como conservante de alimentos em todo o mundo (STHAL-BISKUP; SAEZ, 2002). Os principais constituintes químicos do óleo de tomilho incluem fenólicos, terpenóides e saponinas (EKOH et al., 2014; KUETE, 2017). Destaca-se a presença dos monoterpênos oxigenados, como o timol e o carvacrol, que conferem atividades antimicrobianas, carminativas e expectorantes ao óleo essencial (TOHIDI et al., 2019; KOSAKOWSKA et al., 2020). Variações na composição e rendimento do óleo de tomilho podem ser observadas em diferentes partes da planta (GUILLEN; MANZANOS, 1998). As folhas e flores apresentam concentrações mais elevadas de óleo, enquanto as hastes contêm uma menor quantidade. Isso ocorre devido à distribuição não uniforme das células secretoras de óleo nas partes aéreas da planta e também variações sazonais (KHOSHOKHAN et al., 2014; MAJDI et al., 2017).

Em resumo, o tomilho é uma planta com propriedades medicinais e aplicação em diversos segmentos industriais. Seus óleos essenciais são valorizados pelo potencial antioxidante, antimicrobiano e conservante. Os monoterpênos, como o timol e o carvacrol, são responsáveis pelas atividades terapêuticas atribuídas ao tomilho. Essas características fazem do tomilho uma planta versátil e de grande interesse tanto para a saúde quanto para a indústria.

2.2. Adubação orgânica

Os estudos sobre adubação orgânica têm suas origens nas práticas agrícolas antigas, que já utilizavam o conhecimento sobre o uso de materiais orgânicos como fonte de nutrientes para as plantas. No entanto, a sistematização desses estudos e o desenvolvimento de metodologias

específicas começaram a ganhar destaque no início do século XX, no período entre guerras, pelo pesquisador inglês Albert Howard, que estudou a agricultura na Índia durante quase quatro décadas (PENTEADO, 2001).

A geração de resíduos orgânicos e seu baixo aproveitamento dentro dos diversos setores da economia são elementos-chave potenciais para uma possível solução de uma questão de interesse nacional: reduzir a demanda de importação por fertilizantes minerais. Porque a agricultura brasileira enfrenta um desafio significativo devido à dependência de fontes de fertilizantes importados, o que representa cerca de 70% do total, podendo atingir até 90% em alguns casos, como no caso do elemento potássio (K). Essa alta dependência coloca o país em uma posição de vulnerabilidade econômica, especialmente diante do aumento contínuo no consumo de insumos agrícolas e das flutuações cambiais (MARIN et al., 2016; PINTO, 2018). Neste sentido, a adubação orgânica surge como potencial solução, alterando paradigmas do manejo agrícola, uma vez que, o adubo orgânico pode ser elaborado na própria fazenda ou unidade produtiva. A prática pode ser compreendida como a incorporação de resíduos orgânicos provenientes de fontes naturais, animais, vegetais, agroindustriais e outros, com objetivo de enriquecer o sistema agrícola com nutrientes essenciais e outros recursos associados, visando o aumento da produtividade das culturas com ênfase na sustentabilidade (GOVAHI et al., 2015; MÖLLER, 2018).

O maior contraste entre a adubação orgânica e convencional, no aspecto nutricional, está baseado na fonte de nutrientes fornecida às plantas (MARGENAT et al., 2020). Enquanto que o segundo modelo utiliza como fonte a mineração de recursos naturais, que possui caráter limitado no planeta; o primeiro pode ser produzido na própria unidade agrícola, a partir dos recursos adequados e da compostagem dos resíduos orgânicos ali gerados.

2.2.1. Esterco animal na adubação orgânica

A agricultura sustentável adota a estratégia orgânica de cultivo para equilibrar o sistema e nutrir as plantas de forma adequada (MARGENAT et al., 2020). A aplicação de matéria orgânica no solo melhora suas propriedades físicas, químicas e biológicas, beneficiando especialmente os microrganismos presentes (GOVAHI et al., 2015). Os fertilizantes orgânicos são produtos derivados de processos físico-químicos e bioquímicos, utilizando matérias-primas de origem vegetal ou animal, agroindustrial, urbana ou rural, podendo ou não ser enriquecidos com nutrientes minerais (ALCÂNTARA, 2016). No Brasil, esses fertilizantes são classificados em diferentes tipos: fertilizante orgânico simples (esterco animal, torta de filtro de cana, vinhaça de cana, palhadas de milho e soja, serragem de madeira, cascas de pinus, eucalipto,

café e arroz, farinha de ossos, cascos, chifres, sangue, torta de mamona e cinzas de madeira), fertilizante orgânico composto (compostagem, biofertilizantes, lodo de esgoto, vermicomposto, composto de lixo, etc.), fertilizante orgânico misto (organominerais, bokashi, etc.) e adubação verde (TRANI et al., 2013; ALCÂNTARA, 2016).

A legislação brasileira regulamenta os fertilizantes orgânicos com base nas matérias-primas utilizadas em sua produção. Existem duas classes: classe "A", composta por matérias-primas originárias de atividades extrativas, agropecuárias, industriais, agroindustriais e comerciais, incluindo materiais de origem mineral, vegetal, animal, lodos agroindustriais provenientes de tratamento de águas residuárias, além de resíduos de frutas, legumes, verduras e alimentos pré e pós-consumo; e classe "B", que engloba matérias-primas orgânicas provenientes de atividades urbanas, industriais e agroindustriais, incluindo a fração orgânica de resíduos sólidos urbanos da coleta convencional, lodos de estações de tratamento de esgoto, lodos agroindustriais gerados em sistemas de tratamento de águas residuárias contendo despejos ou contaminantes sanitários autorizados pelo Órgão Ambiental (BRASIL, 2020).

Entre as fontes de fertilizantes orgânicos, o esterco se destaca por sua ampla disponibilidade. O esterco animal é rico em nutrientes, especialmente nitrogênio, e pode suprir parcial ou totalmente as necessidades nutricionais das plantas quando aplicado corretamente (BLUM et al., 2003; BIBIANO et al., 2019; ZHU et al., 2020; HAFIZAH et al., 2020). O uso de esterco como fertilizantes orgânicos oferece diversas vantagens, como a liberação gradual de nutrientes, melhoria da estrutura e aeração do solo, redução da compactação, melhor drenagem e armazenamento de água, controle da erosão, disponibilização de nutrientes, aumento da capacidade de troca catiônica do solo, estímulo ao crescimento radicular, controle do pH do solo e aumento da biodiversidade (DEMARTELAERE et al., 2020). Além disso, os esterco animais permitem a redistribuição dos nutrientes no espaço e no tempo, sendo uma ferramenta estratégica para o suprimento nutricional das plantas (MÖLLER, 2018). No entanto, é importante considerar fatores como o estágio de decomposição, a dosagem e a fonte do material utilizado (GOVAHI et al., 2015; BIBIANO et al., 2019). A quantidade de esterco e outros resíduos orgânicos a serem aplicados depende da composição, teor nutricional, textura e fertilidade do solo, exigências nutricionais da cultura e condições climáticas regionais (TRANI et al., 2013; DEMARTELAERE et al., 2020). Por isso, é fundamental aprofundar os estudos sobre o uso de compostos orgânicos como fertilizantes, buscando otimizar sua aplicação e obter melhores resultados (BLUM et al., 2003; ZHU et al., 2020).

2.2.2. Efeito da adubação orgânica no cultivo de plantas medicinais

Tendo uma vez decidido cultivar qualquer espécie de planta, a decisão sobre seu cultivo sob o sistema orgânico é influenciada por alguns fatores, dentre os quais podemos destacar a experiência do produtor, disponibilidade de recursos e informações sobre outros processos desse sistema, tais como os tratamentos culturais (BADALINGAPPANAVAR et al., 2019). A maioria dos produtores de plantas medicinais, aromáticas e condimentares conhece a importância do cultivo em condições orgânicas, entretanto, ainda existe uma carência no setor de pesquisas que comprovem e otimizem o cultivo dessas espécies sob adubação orgânica (MALIK, 2014; KAZIMIERCZAK et al., 2014; BADALINGAPPANAVAR et al., 2019).

Dentre os tratamentos culturais que são essenciais para maximizar a produção das culturas, a adubação é a base para qualquer sistema de cultivo. Isso se deve pela interferência direta da adubação no estado nutricional das plantas e, conseqüentemente, em todos os aspectos envolvidos no crescimento e desenvolvimento, dentre os quais pode-se destacar os metabólitos secundários (COSTA et al., 2012; BISTGANI et al., 2018; MAHDAVI et al., 2020). Dessa forma, o conhecimento sobre as propriedades nutricionais e físico-químicas de resíduos orgânicos, bem como o seu manejo de cultivo, pode ajudar a determinar as proporções destes materiais para a produção de substrato e meio adequados para a otimização do cultivo das plantas (HIGASHIKAWA; SILVA; BETTIOL, 2010).

As plantas medicinais, aromáticas e condimentares, como em qualquer outra cultura, dependem de suprimento adequado de nutrientes para boas produtividades agrícolas e de compostos de interesse (SANTOS, 2012; KAZIMIERCZAK et al., 2010; 2011; 2014; BADALINGAPPANAVAR et al., 2019). Neste sentido, a nutrição mineral das plantas advinda da adubação orgânica tem se destacado no cultivo de espécies medicinais e condimentares. Porque as exigências nutricionais das plantas variam e os fertilizantes orgânicos conseguem atender uma grande diversidade de plantas sem causar toxicidade ou deficiências (BIBIANO et al., 2019); e principalmente por ajudar a atender os critérios de controle de qualidade, não possuindo resíduos de produtos químicos nocivos para saúde humana (ZANDVAKILI et al., 2017).

A literatura tem apontado que a aplicação de fertilizantes orgânicos afeta positivamente o crescimento e desenvolvimento de plantas medicinais e condimentares, como também a produção e composição de seu óleo essencial; estendendo-se também ao estresse oxidativo (BONACINA et al., 2017; BISTGANI et al., 2018; BIBIANO, et al., 2019; MAHDAVI et al., 2020). Adubadas com esterco bovino, vermicomposto e torta de mamona, plantas de *Kalmegh* (*Andrographis paniculata*) apresentaram maior rendimento de biomassa e dos compostos bioativos, o que foi significativamente correlacionado com as propriedades de fertilidade e

biológicas do solo (BASAK et al., 2019). Nesse sentido, há pesquisas que relataram respostas positivas de *T. vulgaris* à adubação orgânica com compostagem, biofertilizantes, pó de rocha fosfática e esterco de gado, ovelha e galinha (ATEIA et al., 2009; HENDAWY et al., 2010; SKUBIJ; DZIDA, 2015).

Hendawy et al. (2010) concluíram que plantas de tomilho incrementam o crescimento, o rendimento e os constituintes do óleo essencial quando submetida a algum tipo de fertilizante orgânico, independente da época do ano. Skubij e Dzida (2015) observaram aumento significativo no teor de N-total e proteínas em tomilho após a aplicação de doses crescentes de esterco bovino, independentemente do tipo de substrato utilizado. Embora o efeito de diferentes fertilizantes orgânicos e químicos no aumento da produtividade e propriedades fitoquímicas de plantas medicinais, aromáticas e condimentares tenha sido documentado nos últimos anos, para algumas espécies como *T. vulgaris* são poucos e insuficientes os estudos nessa área (KAZIMIERCZAK et al., 2014; BADALINGAPPANAVAR et al., 2019). De modo geral em plantas medicinais, há pouca informação sobre os efeitos desses fertilizantes na fisiologia e produção quanti-qualitativa de óleo essencial e compostos químicos, como também sobre a atividades antioxidantes (NOROOZISHARAF; KAVIANI, 2018; DZIDA et al., 2019). Embora o cultivo orgânico seja uma opção promissora, implementar um sistema orgânico em grande escala, que equilibre sustentabilidade e produtividade, ainda apresenta desafios complexos que requerem mais pesquisas (BADALINGAPPANAVAR et al., 2019). A adubação desempenha um papel fundamental nesse sistema, influenciando o crescimento e a qualidade das plantas medicinais, aromáticas e condimentares. Portanto, compreender as diferentes abordagens de adubação, incluindo o uso de fertilizantes orgânicos, é essencial para impulsionar o cultivo eficiente e sustentável dessas espécies.

2.2.3. Rochagem

A prática agrícola de incorporação de rochas ou minerais ao solo, conhecida como rochagem, tem sido amplamente estudada e aplicada para melhorar a fertilidade de solos pobres ou lixiviados (THEODORO, 2000). A utilização de pós de rocha em diferentes granulometrias tem se mostrado eficaz na disponibilização de macro e micronutrientes, revitalizando os solos (THEODORO, 2000).

Desde a antiguidade, o uso de rochas trituradas na agricultura tem sido explorado e documentado, como apontado por Leonardos et al. (1976). Regiões com processos tectônicos e

geológicos ativos, como os arcos magmáticos, são conhecidas por sua boa fertilidade devido à mistura de elementos crustais e mantélicos (LEONARDOS et al., 1987). Estudos pioneiros no Brasil, realizados por Ilchenko e Guimarães (1953), destacaram as potencialidades de rochas específicas, como Cedro do Abaeté, Serra da Mata da Corda e Poços de Caldas, para a agricultura.

A presença de diversos macro e micronutrientes nas rochas oferece uma fonte ampla e complexa de nutrientes disponíveis para solos intensamente lixiviados (LEONARDOS et al., 1987). Elementos como Mg, Ca, K e P são encontrados em rochas como basaltos, dunitos, sienitos, dolomitos e fosforitos, complementados por elementos traços como Co, Zn e Cr (VAN STRAATEN, 2006).

Comparando a fertilização convencional com a rochagem, é possível destacar três aspectos relevantes. Primeiramente, Ernani (1996) e Yanai et al. (1998) apontam que a rápida disponibilização de nutrientes no solo úmido é acompanhada pela lixiviação rápida dos cátions. Também é importante ressaltar que nas rochas são encontrados 18 dos 19 elementos essenciais para o pleno crescimento das plantas (MALAVOLTA, 2008). Além disso, a atividade orgânica do solo desempenha um papel crucial no cultivo das plantas. O uso de adubação e manejo convencionais pode diminuir as taxas de colonização de fungos micorrízicos, impactando negativamente a relação simbiótica entre microrganismos e vegetais (SCHNEIDER et al., 2011). Em contrapartida, a rochagem mantém ou aumenta sutilmente o nível de pH do solo, sendo benéfica para os microrganismos e não prejudicial à microbiota (SILVEIRA, 2016). Outra vantagem da rochagem é seu menor impacto no consumo de energia e emissões de gases do efeito estufa em comparação com a produção de fertilizantes convencionais (BELLARBY et al., 2007). Enquanto a produção de fertilizantes representa uma parcela significativa da energia utilizada na agricultura e das emissões de gases do efeito estufa, a utilização de pó de rocha demanda menor quantidade de recursos industriais e pode ser vantajoso para áreas próximas de mineração (SILVEIRA, 2016).

A abundância e ocorrência bem distribuída das rochas no território nacional permitem sua utilização regional de forma similar ao calcário agrícola (MARTINS et al., 2010). Dessa forma, a rochagem se apresenta como uma alternativa para melhorar a fertilidade do solo e promover o crescimento saudável das plantas no Brasil.

2.2.4. Fonolito

Os sais de potássio desempenham funções reguladoras, promovem a síntese de açúcar e são responsáveis pelo transporte de nutrientes aos tecidos de armazenamento das plantas (NASCIMENTO et al., 2008). As rochas possuem diferentes teores de potássio, variando de acordo com sua composição mineral. Granitos apresentam em média cerca de 3,8% de K_2O , andesitos possuem 3,2% e rochas basálticas têm 0,7% (NASCIMENTO, 2013). Nas rochas ultrabásicas, os teores podem variar de 2% a 14% de K_2O . Já nas rochas alcalinas, como os nefelina-sienitos/fonolitos, ocorre um enriquecimento de potássio por metassomatismo, como é o caso do Planalto de Poços de Caldas, onde os teores podem atingir até 12% a 13% (NASCIMENTO, 2013).

O fonolito é uma rocha vulcânica composta principalmente por feldspatos potássicos, possui um teor de potássio de aproximadamente 9% de K_2O . Esse alto teor de potássio torna o fonolito uma potencial alternativa de fertilizante de liberação lenta de potássio (TEIXEIRA et al., 2012).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Condições experimentais e material vegetal

O experimento foi instalado e conduzido no Horto de Plantas Medicinais, Aromáticas e Condimentares, do Departamento de Agricultura (DAG) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), localizado nas coordenadas geográficas 21°14'43'' sul e a uma longitude 44°59'59'' oeste a 918m de altitude. Segundo a classificação de Sá Júnior et al. (2012), o clima predominante é do tipo Cwa, com características de inverno seco e verão quente.

As mudas de *T. vulgaris* utilizadas nos experimentos foram obtidas por estaquia, retiradas de plantas matrizes cultivadas em canteiro no Horto de Plantas Medicinais da Universidade Federal de Lavras (UFLA). A técnica foi realizada por meio de estacas apicais (\pm 5 cm) e colocadas em bandeja de polipropileno de 128 células, utilizando-se substrato comercial para enraizamento. Os propágulos foram mantidos aproximadamente 30 dias em casa de vegetação com irrigação automatizada até o enraizamento das estacas, e posteriormente foram transplantados para vasos de 6 L.

3.2. Delineamento e condução experimental

O delineamento experimental empregado foi o inteiramente casualizado (DIC) com seis tratamentos (incluindo o controle), quatro repetições e dez plantas por repetição; adotando duas plantas por vaso, totalizando 480 plantas. As misturas de substrato foram preparadas previamente à instalação do experimento e os tratamentos consistiram em: T1- Controle (solo:areia, na proporção de 2:1); T2- adubação orgânica (esterco bovino – 9 kg m⁻²); T3- (fonolito 15 kg m⁻²); T4- adubação orgânica + fonolito; T5- fertilização convencional (50% recomendação de Malavolta, 1989) e T6- fertilização convencional + fonolito.

A dose da adubação orgânica foi de 45 g dm⁻³, equivalentes a 9 kg m⁻², de esterco bovino curtido, aplicadas via substrato e de forma homogênea. Os tratamentos com fonolito foram submetidos à dose de 75 g dm⁻³, equivalentes a 15 kg m⁻². Nos tratamentos combinados com fonolito, foi utilizado metade da dose deste último. Já no tratamento de adubação convencional, foi utilizado metade da dose recomendada por Malavolta (2008) no preparo do substrato, sendo o restante parcelado em aplicações a cada 30 dias; ao final da adubação totalizando o fornecimento de 60, 60, 40, 40, 10, 10 miligramas por vaso de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente. O turno de rega estabelecido de até 3 vezes por semana, dependendo das

condições climáticas, com lâmina d'água equivalente a 70% da capacidade de campo, por volta de 400 mL por vaso, por rega.

O solo utilizado como substrato foi coletado da camada de 0 a 20 cm de profundidade de um Latossolo Vermelho Distroférrico (EMBRAPA, 1997) no município de Lavras, Minas Gerais, Brasil. As características químicas do substrato foram as seguintes: pH em água = 5,4; K (mg dm^{-3}) = 25,89; P-Rem (mg.L^{-1}) = 15,22; Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , H+Al (cmolc dm^{-3}) = 0,68; 0,05; 0,07; 2,93; índice de saturação de bases (V%) = 21,35; matéria orgânica (dag kg^{-1}) = 1,03; Zn, Fe, Mn, Cu, B e S (mg dm^{-3}) = 0,46; 43,3; 15,34; 1,38; 0,02; 1,6 respectivamente. O pó de fonolito foi fornecido pela empresa Yoorin, a qual comercializa este produto com o nome de Ekosil. Na composição química total desta rocha destaca-se os teores de Si, K, Na e Zn, conforme a tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização química dos elementos constituintes do fonolito

SiO₂	Al₂O₃	Fe₂O₃	CaO	MgO	K₂O	Na₂O	P₂O₅	MnO
% (dag.kg^{-1})								
54,00	9,60	3,40	1,50	0,20	8,69	6,74	0,05	0,22
Cu	Zn	Mo	Li	Se	Co	V	Ni	La
mg.kg^{-1}								
14	125	65	28	<20	<8	67	<3	108

Fonte: dados fornecidos pelo fabricante do insumo.

Legenda: SiO₂ - óxido de silício; Al₂O₃ - óxido de alumínio; Fe₂O₃ - óxido de ferro; CaO - óxido de cálcio; MgO - óxido de magnésio; K₂O - óxido de potássio; Na₂O - óxido de sódio; P₂O₅ - óxido de fósforo; MnO - óxido de manganês; Cu - cobre; Z - zinco; Mo - molibdênio; Li - lítio; Se - selênio; Co - cobalto; V - vanádio; Ni - níquel; La - lantânio.

3.3. Crescimento vegetal

Após 120 dias do transplântio das mudas, cada planta foi fragmentada em raiz, caule, folha e foram acondicionadas em sacos de papel Kraft e colocadas para secar em estufa de circulação forçada de ar, a $37\pm 2^\circ\text{C}$ até atingir peso constante. Para obtenção do peso seco, cada parte da planta foi pesada em balança de precisão digital, com sensibilidade 0,01 g. Os

parâmetros avaliados foram: matéria seca da folha (MSF), caule (MSC), raiz (MSR), parte aérea (MSPA= MSF+MSC) e total (MST= MSF+MSC+MSR).

3.4. Extração de óleo essencial

O óleo essencial foi extraído pelo processo de hidrodestilação em aparelho de Clevenger modificado. A massa de 10 g de folhas secas foi depositada em balão volumétrico de 1.000 L e em seguida adicionado 600 mL de água destilada. O tempo de extração foi de 60 minutos a partir do ponto de ebulição. A extração foi realizada em triplicata para cada tratamento.

Para a purificação do óleo essencial, o hidrolato foi submetido à partição líquido-líquido em funil de separação, realizando-se três lavagens com 20 mL de diclorometano em cada. As frações orgânicas foram reunidas e tratadas com sulfato de magnésio anidro. Em seguida, a solução foi submetida à filtração simples para remoção do sal e mantidas, à temperatura ambiente, sob capela de exaustão até a evaporação do solvente residual. Em seguida, o peso do óleo essencial extraído foi determinado em balança digital, com sensibilidade 0,0001 g. O óleo essencial foi armazenado em frasco âmbar hermético, e mantido em geladeira a 4°C. O teor foi expresso em porcentagem (% g de OE 100 g de matéria seca de folha⁻¹) e o rendimento foi expresso em mg de OE planta⁻¹.

3.5. Análise estatística

Os dados obtidos foram avaliados quanto à sua normalidade e em seguida submetidos à ANAVA pelo teste F ($p \leq 0,05$) e comparados pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), utilizando-se o software Sisvar[®], versão 5.0 (FERREIRA, 2007).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

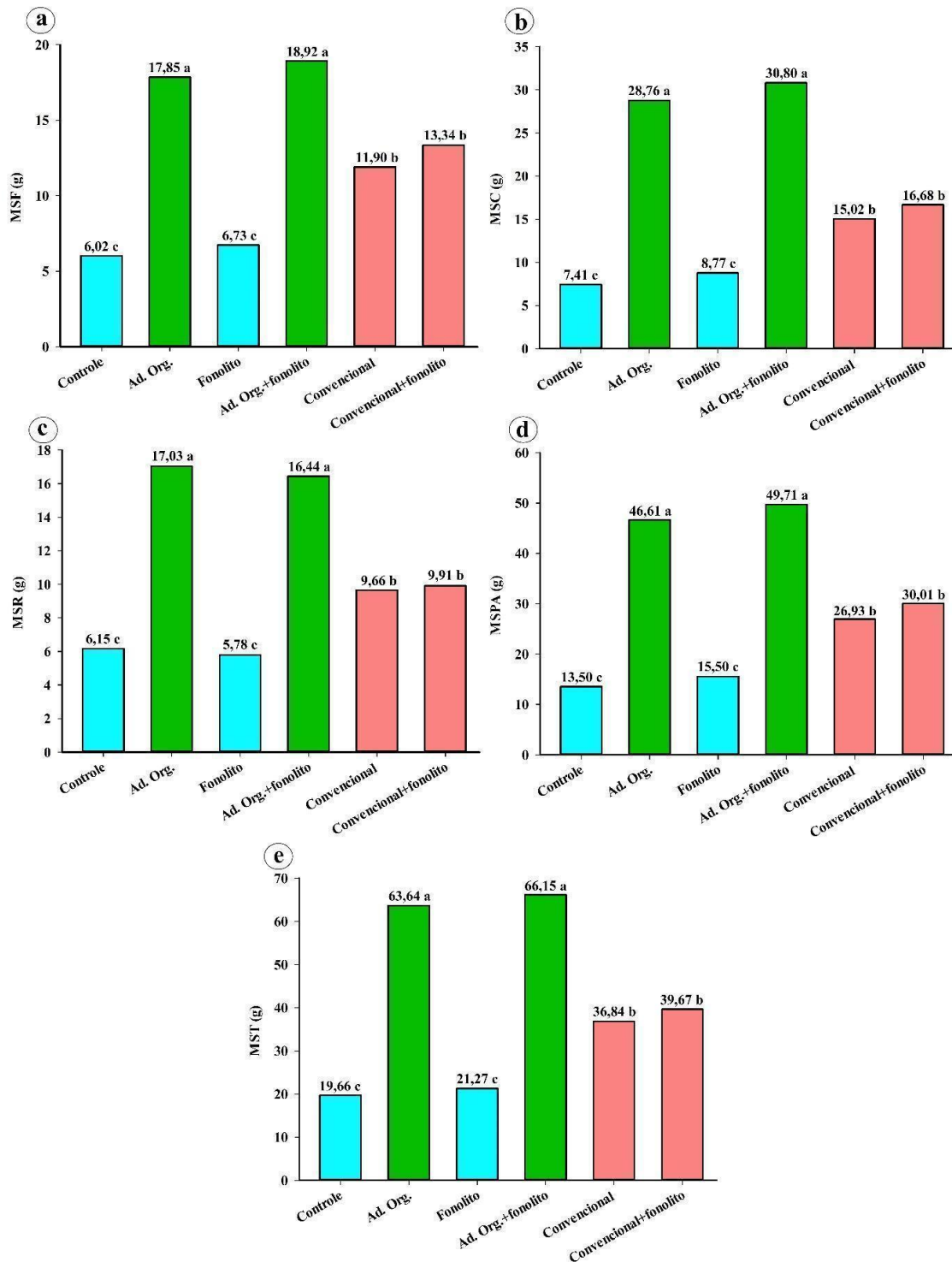
4.1. Matéria seca

A adubação orgânica e convencional afetaram significativamente os parâmetros de produção de massa seca de folha (MSF), caule (MSC), raiz (MSR), parte aérea (MSPA) e total (MST) do tomilho (FIGURA 1).

Para todas as variáveis observadas de matéria seca, as maiores médias ocorreram tanto na presença do adubação orgânica + fonolito, como no tratamento contendo apenas adubação orgânica (esterco bovino). Já as menores médias foram observadas no tratamento controle e nas plantas adubadas somente com fonolito. Os ganhos de MSF, MSC, MSPA e MST do tratamento com adubação orgânica + fonolito foram, respectivamente, de 68,2; 75,9; 72,8 e 70,3% maior em relação ao tratamento controle. Também foi observado que em relação à adubação convencional, o tratamento adubação orgânica + fonolito proporcionou ganhos elevados de matéria seca. Os ganhos de MSF, MSC, MSPA e MST foram, respectivamente, de 29,5; 45,8; 39,6 e 40%. Os efeitos das diferentes fontes de adubo no crescimento da parte aérea e radicular do tomilho estão demonstrados na Figura 2.

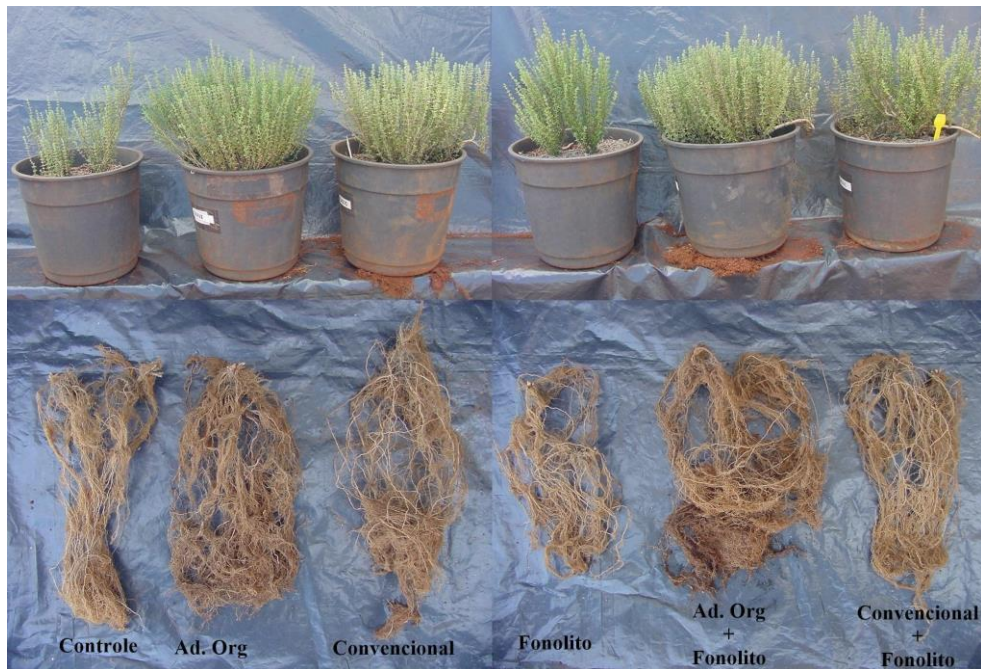
A maior produção de matéria seca proporcionada pela adubação orgânica (combinada ou não com fonolito), pode ser explicada pela maior disponibilidade de nutrientes durante o cultivo do tomilho. Estudos demonstraram que a adubação orgânica com esterco bovino, aumentou os teores de matéria orgânica, nitrogênio, cálcio, magnésio, fósforo, potássio, enxofre, zinco, e cobre no solo, em comparação ao controle (sem esterco) (ASSIS et al., 2020; HONORATO et al., 2022; YUNILASARI et al., 2020).

Figura 1 - Efeito do pó de rocha (fonolito), adubação orgânica e convencional na produção de massa seca de folha (MSF), caule (MSC), raiz (MSR), parte aérea (MSPA) e total (MST) em *Thymus vulgaris*.



Letras iguais indicam médias que não diferiam entre si (Tukey $p \leq 0,05$).

Figura 2 - Parte aérea e radicular de *T. vulgaris* produzida.



Fonte: arquivo do autor.

Os resultados do presente estudo indicaram que o tomilho obteve maior crescimento na presença da adubação orgânica (combinada ou não com fonolito). Isto corrobora com a importância do manejo orgânico no cultivo da espécie e também com dados descritos na literatura, nos quais, a adubação orgânica (esterco bovino) foi capaz de aumentar tanto o crescimento, quanto a produção de metabólitos secundários em plantas medicinais (Hendawi et al., 2018; Kazimierczak et al., 2014; Basak et al. 2019; Bibiano et al., 2019).

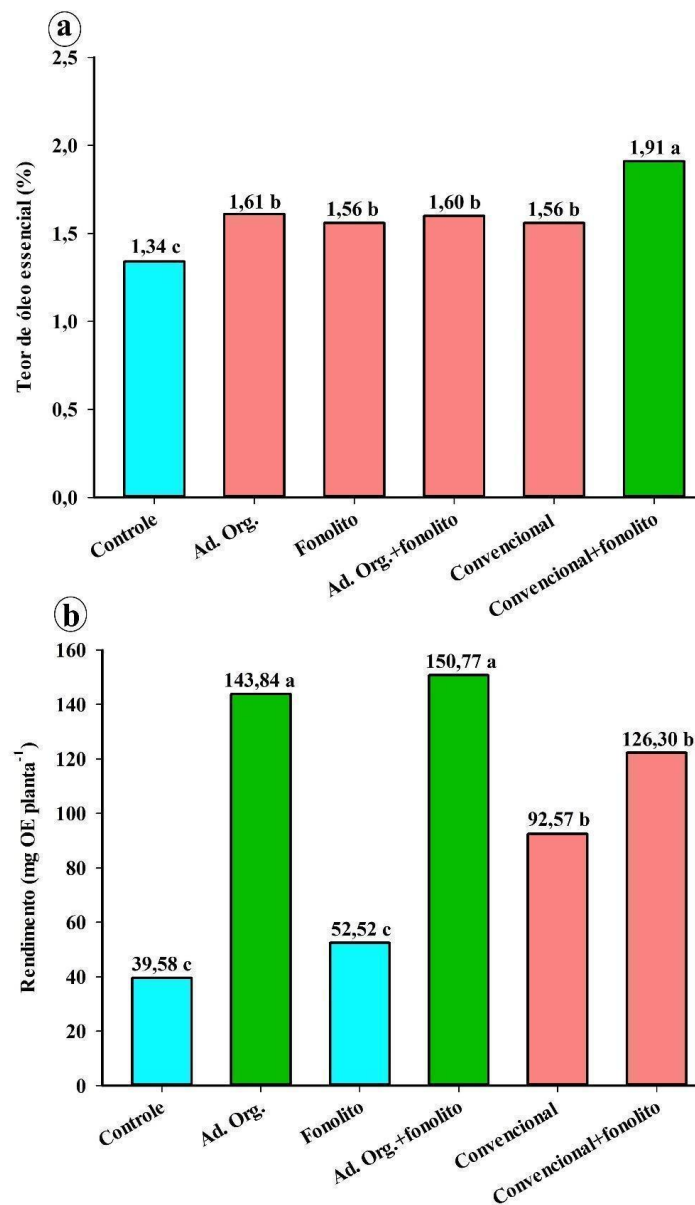
4.2. Teor e rendimento de óleo essencial

Os diferentes tipos de adubação impactaram significativamente o teor (%) e a produção (mg OE planta⁻¹) de óleo essencial das folhas de tomilho (FIGURA 3). O maior teor de óleo essencial foi observado no tratamento convencional + fonolito, com 1,91% (FIGURA 3a). Porém, esse maior teor demonstrado pelo tratamento convencional + fonolito (1,91%) não refletiram em maior produção de óleo essencial (FIGURA 3b), pois foi observado que a maiores médias ocorreram no tratamento adubação orgânica + fonolito (150,77 mg OE planta⁻¹) e adubação orgânica (143,84 mg OE planta⁻¹).

Essa maior produção de óleo essencial proporcionados pelos tratamentos adubação orgânica + fonolito e adubação orgânica (FIGURA 3b), pode ser explicada pela maior produção de MSF (FIGURA 1a), já que quanto maior a produção de MSF por planta maior tende a ser a produção de óleo essencial. Quando comparado com o tratamento controle e o tratamento

convencional, a adubação contendo adubação orgânica + fonolito, proporcionou incrementos de 73,7 e 16,2% a mais de óleo essencial, respectivamente. Apesar da adubação orgânica, combinada ou não com fonolito, não ter demonstrado diferenças significativas, verificou-se que a presença do fonolito junto com a adubação orgânica proporcionou incrementos na produção de óleo de 4,6% a mais em relação ao tratamento somente com adubação orgânica.

Figura 3 - Efeito do pó de rocha (fonolito), adubação orgânica e convencional no teor (%) e rendimento de óleo essencial em *Thymus vulgaris*.



Letras iguais indicam médias que não diferiam entre si (Tukey $p \leq 0,05$).

No presente estudo foi observado que a adubação orgânica, combinada ou não com fonolito, desempenhou um papel importante na produção de óleo essencial em tomilho. Esses resultados vão de encontro com diversas pesquisas encontradas na literatura, pois o uso da adubação orgânica (esterco bovino) no cultivo de plantas medicinais, pode contribuir em maior produção de massa seca e metabólitos secundários (óleo essencial) em relação às plantas não adubadas (ASSIS et al., 2020; HONORATO et al., 2022).

O fonolito pode atuar como condicionador do solo, ou seja, melhorar as características físico-químicas, através do aumento da fertilidade e da melhoria na estrutura do solo. Além disso, o fonolito pode atuar como uma fonte valiosa de nutrientes adicionais, promovendo condições favoráveis para o crescimento vegetal (JÚNIOR et al., 2020; SOUZA, 2019). Devido a essas características, a combinação entre a adubação orgânica e fonolito no cultivo do tomilho, pode ter contribuído com a maior produção de óleo essencial em relação aos demais tratamentos.

5. CONCLUSÃO

Conclui-se que a adubação orgânica foi responsável por ganhos significativos na produção de matéria seca e óleo essencial em *Thymus vulgaris* L. O fonolito aplicado isoladamente não surtiu efeitos significativos quando comparado com o tratamento controle. Porém, a combinação entre adubação orgânica e fonolito proporcionou maior produção de matéria seca e óleo essencial de tomilho.

Os resultados obtidos destacam a relevância do uso destes dois componentes como uma estratégia promissora para melhorar a produção de massa seca e metabólitos secundários, podendo contribuir para novas pesquisas que buscam uma agricultura mais sustentável e ambientalmente responsável na área das plantas medicinais, aromáticas e condimentares.

REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, F. A.** Aspectos básicos sobre a produção local de fertilizantes alternativos para sistemas agroecológicos. Embrapa Arroz e Feijão - Documentos (INFOTECA-E), 36 p., 2016.
- ASSEFA, S;** TADESSE, S. The principal role of organic fertilizer on soil properties and agricultural productivity-a review. **Agri Res and Tech: Open Access J**, v. 22, n. 2, p. 556192, 2019.
- ASSIS, R. M. A. et al.** Arbuscular mycorrhizal fungi and organic manure enhance growth and accumulation of citral, total phenols, and flavonoids in *Melissa officinalis* L. **Industrial Crops and Products**, v. 158, p. 112981, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112981>
- ATEIA, E. M.;** OSMAN, Y. A. H.; MEAWAD, A. E. A. H. Effect of organic fertilization on yield and active constituents of *Thymus vulgaris* L. under North Sinai conditions. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*. v. 5, n. 4 p.555-565, 2009.
- BADALINGAPPANAVAR, R. et al.** Manejo de fertilizantes orgânicos no cultivo de plantas medicinais e aromáticas: uma revisão. *Jour. of Pharmacognosy and Phytochemistry*, p. 126-129, 2018.
- BASAK, B. B. et al.** Organic nutrient management through manures, microbes and biodynamic preparation improves yield and quality of Kalmegh (*Andrographis paniculata*), and soil properties. *Journal of Plant Nutrition*, v. 43, n. 4, p. 548-562, 2019.
- BEBBER, D. P.;** RICHARDS, V. R. A meta-analysis of the effect of organic and mineral fertilizers on soil microbial diversity. **Applied Soil Ecology**, v. 175, p. 104450, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2022.104450>
- BELLARBY, J., B. FOEREID, A. HASTINGS, and SMITH P.** "Cool farming: climate impacts of agriculture and mitigation potential. Greenpeace International, Amsterdam", 2007.
- BIBIANO, C. S. et al.** Organic manure sources play fundamental roles in growth and qualitative production of essential oil from *Dysphania ambrosioides* L. *Industrial Crops and Products*, v. 139, p. 111512, 2019.
- BISTGANI, Z. E et al.** Application of combined fertilizers improves biomass, essential oil yield, aroma profile, and antioxidant properties of *Thymus daenensis* Celak. *Industrial Crops and Products*, v. 121, p. 434-440, 2018.
- BONACINA, C. et al.** Changes in growth, oxidative metabolism and essential oil composition of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) subjected to salt stress. *Australian Journal of Crop Science*, v. 11, n. 12, p. 1665, 2017.
- BLUM, L. E. B. et al.** Produção de moranga e pepino em solo com incorporação de cama aviária e casca de pinus. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 21, n. 4, p. 627-631, 2003.
- BRASIL.** Instrução Normativa nº 61, de 8 de Julho de 2020. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Diário Oficial da União, Brasília, n. 134, 15 de Julho de 2020, seção 1, p. 5.

- BRITO, R. S. et al.** Rochagem na agricultuta: importância e vantagens para adubação suplementar. *South American Journal Ebt*, v. 6, n. 1, 2019.
- CAMPOS, E. V., et al.** Use of botanical insecticides for sustainable agriculture: Future perspectives. *Ecological Indicators*, v. 105, p. 483-495, 2019.
- COSTA, A. G et al.** Crescimento vegetativo e produção de óleo essencial de hortelã pimenta cultivada sob malhas. *Pesquisa agropecuária brasileira*, v.47, n.4, p.534-540, 2012.
- COSTA, P., et al.** Cyclodextrins enhance the antioxidant activity of essential oils from three Lamiaceae species. *Industrial Crops and Products*, v. 70, p. 341-346, 2015.
- DAFF** (Department of Agriculture, Forestry & Fisheries). Production guidelines for thyme: Thyme production. Directorate Communication Services: Plant Production. Pretoria, South Africa, 25 p., 2012.
- DAUQAN, E. M. A.; ABDULLAH, A.** Medicinal and Functional Values of Thyme (*Thymus vulgaris L.*) Herb. *Journal of Applied Biology & Biotechnology*. v. 5, n.2, p. 017-022, 2017.
- DEMARTELAERE, A. C. F. et al.** Qualidade fisiológica de *Daucus carota L.* utilizando diferentes adubações orgânicas/ Physiological quality *Daucus carota L.* using differents organics fertilizers. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 11, p. 90260-90276, 2020.
- DZIDA, K. et al.** Effect of natural fertilization and calcium carbonate on yielding and biological value of thyme (*Thymus vulgaris L.*). *Acta Scientiarum Polonorum. Hortorum Cultus*, v. 18, n. 5, 2019.
- EDWARD, W.O.O.** *Influência do uso de pó de rochas fosfáticas e basálticas na ocorrência de micorrizas arbusculares em solo de cerrado*. 2016. ix, 45 f., il. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) Universidade de Brasília, Brasília, 2016.
- EKO, S. N., et al.** Anti-hyperglycemic and anti-hyperlipidemic effect of spices (*Thymus vulgaris*, *Murraya koenigii*, *Ocimum gratissimum* and *Piper guineense*) in alloxan-induced diabetic rats. *International Journal of Biosciences*, v. 4, n. 2, p. 179-87, 2014.
- ERNANI P.R.** The effect of ionic strenght on the soil P reactions is negligible. *Fertilizer Research*, 45:193-197, 1996.
- FERNANDES, F. R. C. et al.** **Agrominerais para o Brasil**. 1. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, p. 89-99, 2010.
- FERREIRA, Daniel Furtado.** SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Symposium (Lavras)*, v. 6, p. 36-41, 2008.
- GOVAHI, M. et al.** Comparing different soil fertility systems in Sage (*Salvia officinalis*) under water deficiency. *Industrial Crops and Products*, v. 74, p. 20-27, 2015.
- GRIGORE A. et al.** Chemical composition and antioxidant activity of *Thymus vulgaris L.* volatile oil obtained by two different methods. *Romanian Biotechnological Letters*, University of Bucharest. v. 15, n. 4, p. 5436- 5443, 2010.
- GUILLEN, M. D.; MANZANOS, M. J.** Study of the composition of the different parts of a Spanish *Thymus vulgaris L.* plant. *Food Chemistry*, v. 63, n. 3, p. 373-383, 1998.
- HAFIZAH, Q.; HANUM, H.; DAMANIK, M. M B.** Providing azolla and goat manure to increase nutrient N and growth of lowland rice (*Oryza sativa L.*). *Jurnal Pertanian Tropik*, v. 7, n. 1, p. 40-46, 2020.

- HENDAWY**, S. F. et al. Productivity and oil quality of *Thymus vulgaris* L. under organic fertilization conditions. *Ocean Journal of Applied Sciences* v. 3, p. 203-216, 2010
- HIGASHIKAWA**, F. S.; **SILVA**, C. A.; **BETTIOL**, W. Chemical and physical properties of organic residues. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Campinas, v. 34, n. 5, p. 1743-1752, 2010.
- HONORATO**, A. C. et al. Combining green manure and cattle manure to improve biomass, essential oil, and thymol production in *Thymus vulgaris* L. **Industrial Crops and Products**, v. 187, p. 115469, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115469>
- ILCHENKO** W., **GUIMARÃES** D. Sobre a utilização agrícola dos sienitos nefelínicos do Planalto de Poços de Caldas. *MG Inst Tecn Avulso* p. 15, 16, 1953.
- JAKIEMIŪ**, E. A. R. Uma contribuição ao estudo do óleo essencial e do extrato de tomilho (*Thymus vulgaris* L.). Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos. Defesa: Curitiba, 2008.
- JÚNIOR**, J. J. A. et al. Análise das variáveis tecnológicas do milho em função das doses crescentes de condicionador pó de rocha. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 88440-88446, 2020.
- KARPIŃSKI**, T. M. Essential oils of Lamiaceae family plants as antifungals. **Biomolecules**, v. 10, n. 1, p. 103, 2020. <https://doi.org/10.3390/biom10010103>
- KAZIMIERCZAK**, R. et al. Antioxidants content in chosen spice plants from organic and conventional cultivation *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, v. 55, p. 164-170, 2010.
- KAZIMIERCZAK**, R. et al. Bioactive substances content in selected species of medical plants from organic and conventional production. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, v. 56, n. 3, p. 200-205, 2011.
- KAZIMIERCZAK**, R.; **HALLMANN**, E.; **REMBIAŁKOWSKA**, E. Effects of organic and conventional production systems on the content of bioactive substances in four species of medicinal plants. *Biological Agriculture & Horticulture*, v. 31, n. 2, p. 118-127, 2014.
- KHOSHOKHAN**, F., et al. Analysis of the essential oils of *Thymus kotschyanus* L. (10 populations) from Iran. *Cercetari Agronomice in Moldova*, v. 47, n. 2, p. 49-59, 2014.
- KOSAKOWSKA**, O., et al. Morphological and Chemical Traits as Quality Determinants of Common Thyme (*Thymus vulgaris* L.), on the Example of 'Standard Winter' Cultivar. *Agronomy*, v. 10, n. 6, p. 909, 2020.
- KUETE**, V. *Thymus vulgaris*. In **KUETE**, V.; **KARAOSMANOĞLU**, O.; & **SIVAS**, H. (org.) *Medicinal Spices and Vegetables From Africa*. London: Academic Press-Elsevier, 2017. p. 599-610.
- LEONARDOS** O.H., **FYFE** W.S. e **KRONBERG** B.I. Rochagem: O método de aumento da fertilidade em solos lixiviados e arenosos. *Anais 29º Congresso Brasileiro de Geologia*. Belo Horizonte, MG, Brasil, p. 137145, 1976.
- LEONARDOS** O.H., **FYFE** W.S. e **KRONBERG** B.I. The Use of Ground Rocks in Laterite Systems: an Improvement to the Use of Conventional Soluble Fertilizers. *Chemical Geology* 60: 361370, 1987.

- MAIK**, K. et al. Moderate drought and signal transducer induced biosynthesis of relevant primary metabolites in thyme (*Thymus vulgaris*), greater celandin (*Chelidonium majus*) and parsley (*Petroselinum crispum*). *Industrial Crops and Products*, v. 64, p. 158-166, 2015.
- MAHDAVI**, A.; **MORADI**, P.; **MASTINU**, A. Variation in Terpene Profiles of *Thymus vulgaris* in Water Deficit Stress Response. *Molecules*, v. 25, n. 5, p. 1091, 2020.
- MAJDI**, M. et al. Tissue-specific gene-expression patterns of genes associated with thymol/carvacrol biosynthesis in thyme (*Thymus vulgaris* L.) and their differential changes upon treatment with abiotic elicitors. *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 115, p. 152-162, 2017.
- MALAVOLTA** E. O futuro da nutrição de plantas tendo em vista aspectos agrônômicos, econômicos e ambientais. *Informações Agrônômicas*. International Plant Nutrition Institute. São Paulo, n. 121:1-10, 2008.
- MALIK**, R. Cultivation of medicinal and aromatic crops as a means of diversification of agriculture in India. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, v. 27, n. 1, p. 20-25, 2014.
- MARGENAT**, A. et al. Occurrence and human health risk assessment of antibiotics and trace elements in *Lactuca sativa* amended with different organic fertilizers. *Environmental Research*, v. 190, p. 109946, 2020.
- MARIN**, F. R. et al. Intensificação sustentável da agricultura brasileira: cenários para 2050. *Revista de Política Agrícola* v. 25, p. 108-124, 2016.
- MARTINS**, E. Rochas silicáticas como fontes minerais alternativas de potássio para a agricultura/rochas e minerais industriais. *Rochas e minerais industriais: usos e especificações*. CETEM, p. 205-223, Rio de Janeiro, 2008.
- MÖLLER**, K. Status de fertilidade do solo e fluxos de entrada e saída de nutrientes de sistemas especializados de cultivo orgânico: uma revisão. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* , v. 112, n. 2, p. 147-164, 2018.
- NABAVI**, S. M. et al. Plants belonging to the genus *Thymus* as antibacterial agents: from farm to pharmacy. *Food Chemistry Journal*, v. 173, p. 339–347, 2015.
- NASCIMENTO**, B. D. S. (2013). Rochas e minerais alternativos de potássio no Brasil. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11422/4761>. Acesso em: 26/05/2023.
- NAOMI** S. F. et al. Caracterização das propriedades funcionais das ervas aromáticas utilizadas em um hospital especializado em cardiopneumologia. **Demetra: Food, Nutrition & Health/Alimentação, Nutrição & Saúde**, v. 11, n. 4, 2016.
- NASCIMENTO**, M.; **MONTE**, M. B. M. & **LAPIDO-LOUREIRO**, F. E. Agrominerais - Potássio. *Rochas e Minerais Industriais: Usos e Especificações*. 2ª edição. Rio de Janeiro. CETEM, p. 174-203, 2008.
- NIKOLIĆ**, M. et al. Chemical composition, antimicrobial, antioxidant and antitumor activity of *Thymus serpyllum* L., *Thymus algeriensis* Boiss. and *Reut* and *Thymus vulgaris* L. essential oils. *Industrial Crops and Products*. v. 52, p. 183-190, 2014.
- NOROOZISHARAF**, A.; **KAVIANI**, M. Effect of soil application of humic acid on nutrients uptake, essential oil and chemical compositions of garden thyme (*Thymus vulgaris* L.) under greenhouse conditions. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, v. 24, n. 3, p. 423-431, 2018.

OMS. OMS global report on traditional and complementary medicine 2019. World Health Organization; 2019.

PENTEADO, S. R. Agricultura orgânica. Piracicaba: ESALQ-Divisão de Biblioteca e Documentação, 2001.

PINTO, D. F. P. Composto bokashi com inóculo nativo e comercial, farinha de penas e a disponibilidade de nitrogênio e fósforo. Master's Dissertation. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2018.

PRASANTH, R. et al. Review on *Thymus vulgaris* traditional uses and pharmacological properties. *Medicinal & Aromatic Plants*. v. 3, n. 4, p. 1-3, 2014.

REY, C.; SÁEZ, F. Field culture, in vitro culture and selection of *Thymus*. Thyme, the Genus *Thymus*. London: Taylor & Francis, p. 177-196, 2002.

ROCHA, C. C. et al. (2019). Organic fertilization on peppermint essential oil production and composition. **Journal of Essential Oil Research**, 31(1), 29-38.

SÁ JÚNIOR, et al. Application of the Koppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, Wien, v. 108, n. 1-2, p. 1-7, 2012.

SALEH, H. et al. The Application of *Thymus vulgaris* in traditional and modern medicine: A Review. *Global Journal of Pharmacology*. v. 9, n. 3, p. 260-266, 2015.

SANTOS, F. M. dos. Adubação orgânica, agro-homeopatia e cultivo in vitro no crescimento e a produção de constituintes voláteis de *Aloysia gratissima*. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 132 p., 2012.

SCHNEIDER, J. et al. Influência de diferentes sistemas de manejo e calagem em experimento de longa duração sobre fungos micorrízicos arbusculares. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 35, n.4, p. 701-709, 2011.

SHARAF, EL-DIN et al. The Effect of Organic and Bio-Fertilization on Vegetative Growth and Yield of Thyme (*Thymus vulgaris*, L.). *Journal of Plant Production*, v. 10, n. 12, p. 1175-1185, 2019.

SHARANGI A. B.; GUHA S. Wonders of leafy spices: Medicinal properties ensuring Human Health. *Science International*. v. 10, p. 312-317, 2013.

SILVA, R. F., et al. (2018). Rock powder, organic and mineral fertilization on basil (*Ocimum basilicum* L.) essential oil. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, 20 (3), 1-6.

SILVEIRA, R. T. Uso da rochagem pela mistura de pó de basalto e rocha fosfatada como fertilizante natural de solos tropicais lixiviados. Dissertação (Mestrado em Geociências Aplicadas) - Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

SKUBIJJ, N.; DZIDA, K. Effect of natural fertilization and the type of substrate on the biological value of the thyme herb (*Thymus vulgaris* L.). *Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus*, v. 15, n. 6, p. 291-304, 2016.

SOUZA, W. S. **Uso da rochagem para remineralização de solos de baixa fertilidade.** 2019. 54 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, p. 16-20, 2019.

STAHL-BISKUP, E.; SAEZ, F. Thyme: the genus *Thymus* (Medicinal and Aromatic Plants Industrial Profiles). *Journal of Essential Oil Research*. v. 330, p. 415-848, 2002.

TEIXEIRA, A. M. S.; SAMPAIO, J. A.; GARRIDO, F. M. S. & MEDEIROS, M. E. *Avaliação da Rocha Fonolito como Fertilizante Alternativo de Potássio*. CETEM, IQ - UFRJ, Rio de Janeiro, 2012.

THEODORO, S. C. H. Fertilização da terra pela terra: uma alternativa de sustentabilidade para o pequeno produtor rural, 2000.

TOHIDI, B.; RAHIMMALEK, M.; TRINDADE, H. Review on essential oil, extracts composition, molecular and phytochemical properties of *Thymus* species in Iran. *Industrial Crops and Products*, v. 134, p. 89-99, 2019.

TRANI, P. E. et al. Adubação orgânica de hortaliças e frutíferas. Campinas: IAC, 2013.

TRANI, P. E. et al. Superfosfato simples com esterco animal: um bom fertilizante organomineral. 2008. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2008_2/organomineral/index.htm>. Acesso em: 20/04/2023.

VAN STRAATEN, P. 2006. Farming with rock and minerals: challenges and opportunities. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 78, 731-747.

YANAI, J. et al. Effects of the chemical form of inorganic nitrogen fertilizers on the dynamics of the soil solution composition and on nutrient uptake by wheat. *Plant and soil*, 2:263-270, 1998.

YUNILASARI, M. et al. Effects of biochar and cow manure on soil chemical properties and peanut (*Arachis hypogaea* L.) yields in entisol. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, 2020. p. 012014.

ZANDVAKILI, O. R. et al. The potential of green manure mixtures to provide nutrients to a subsequent lettuce crop. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 48, n. 19, p. 2246-2255, 2017.

ZHU, Y. et al. The effects of climate on decomposition of cattle, sheep and goat manure in Kenyan tropical pastures. *Plant and Soil*, v. 451, p.325 – 343, 2020.