

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

CAMPUS LONDRINA

CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

JAQUELINE DOS SANTOS SILVA

**ADUBAÇÃO ORGÂNICA DE ALFACE: Contaminação
microbiológica e desenvolvimento da cultura, aspectos químicos e
biológicos do solo**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

LONDRINA

2015

JAQUELINE DOS SANTOS SILVA

**ADUBAÇÃO ORGÂNICA DE ALFACE: Contaminação
microbiológica e desenvolvimento da cultura, aspectos químicos e
biológicos do solo**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Tatiane Cristina Dal Bosco

Co-orientador: Prof. Dr. Marcelo Hidemassa Anami

LONDRINA

2015



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Londrina
Coordenação de Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

Adubação orgânica de alface: Contaminação microbiológica e desenvolvimento da cultura, aspectos químicos e biológicos do solo

por

Jaqueline dos Santos Silva

Trabalho de conclusão de curso apresentado no dia 20 de novembro de 2015 ao Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho _____
(aprovado, aprovado com restrições ou reprovado).

Prof. Dra. Kátia Valéria Marques Cardoso Prates
(UTFPR)

Prof. Dr. Ajadir Fazolo
(UTFPR)

Prof. Dr. Marcelo Hidemassa Anami
(UTFPR)

Profa. Dra. Tatiane Cristina Dal Bosco
(UTFPR)
Orientador

Profa. Dra. Ligia Flávia Antunes Batista
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Ambiental

O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus por todo amor, cuidado e provisão sobre a minha vida e por me direcionar nos caminhos e escolhas certas.

Aos meus pais, Dirceu e Neite, por todo amor, carinho e apoio dados a mim. Obrigada por acreditarem no meu potencial, pelas orações, por todas as palavras de incentivo e por nunca me deixarem desistir. Obrigada por serem meu suporte nos dias difíceis e por se alegrarem comigo nas conquistas. Aos meus irmãos, Elton e Jamile, por sempre torcerem por mim e me encorajarem a seguir em frente. Ao meu cunhado, Lafaiete, por dedicar um pouco do seu tempo me ajudando a carpir. Ao meu namorado, Edinho, pelo amor, companheirismo, compreensão pelas ausências e por sempre me ajudar em tudo que precisei (carpindo, levando lanchinhos, arrumando meu notebook, entre muitas outras coisas). Ao meu sobrinho, Ethan, por trazer alegria na minha vida. À minha segunda família, Edson, Lourdes, Aline e Dan, por todo carinho e apoio, em especial aos meus sogros, Edson e Lourdes, por sempre me esperarem com um almoço gostoso e por me tratarem como filha.

Aos meus amigos e companheiros, Andressa Duarte, Pedro Presumido e Vitor Marques, por tornarem esse trabalho possível. Obrigada por toda parceria, pelas risadas, por me aguentarem nos meus dias de estresse e por realmente “vestirem a camisa” comigo. Isso é fruto de um esforço e dedicação conjunta e eu sou muita grata a vocês por terem topado esse desafio comigo.

Agradeço ao Sr Ademar pelo empréstimo de equipamentos e por afofar o solo pra mim.

À minha prima, Ana Beatriz, pelo empréstimo de vários livros.

À minha orientadora, amiga e “mãe científica”, Tatiane Dal Bosco, por todos os ensinamentos passados, pelo carinho comigo, pelas portas abertas, por sempre me incentivar a ir mais além. Quero que saiba que você é um exemplo de profissional e de ser humano.

Agradeço aos meus amigos, que de alguma forma contribuíram para a execução desse trabalho emprestando materiais, ajudando a carpir, a plantar, a fazer análises, dando conselhos, proporcionando risadas e me ouvindo em dias de crise. São eles: Gabriela Gomes, Jaqueline Imbriani, Andressa Ferreira, Bruno

Paccola, Rafael Seiji, Gabriella Ornelas, Stephanie Luri, Sarah Sasaki, Guilherme Andrade e Ivan Taiatele.

Meus agradecimentos à Danielle Nakagawa, Camila Zoe, Ana Alícia e Laura Lahr por todo auxílio no Laboratório de Microbiologia.

À todos os professores que contribuíram para minha formação profissional e em especial aqueles que estiveram diretamente ligados à esse trabalho. Bruno Freitas, Roger Nabeyama Michels e Janksyn Bertossi pela ajuda na montagem do sistema de irrigação, em destaque o professor Janksyn Bertozzi pelo auxílio na análise de respiração microbiana e pelas contribuições nas análises dos resultados. Ricardo Nagamine Costanzi e Luciana Maia pelo empréstimo de meios de cultura. Aos membros da banca Kátia Prates, Ajadir Fazolo e Marcelo Anami pelas contribuições na parte escrita, em especial à professora Kátia por todo apoio na parte de microbiologia e ao professor Anami por todo conhecimento passado a mim.

Enfim, muito obrigada a todos!

RESUMO

SILVA, Jaqueline dos Santos. **Adução orgânica de alface: Contaminação microbiológica e desenvolvimento da cultura, aspectos químicos e biológicos do solo**. 2015. 67 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental). – Curso de Engenharia Ambiental – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2015.

O cultivo de alface (*Lactuca sativa L.*) no Brasil é um dos mais expressivos em importância econômica e alimentar destacando-se entre as hortaliças folhosas mais consumidas. O sistema de produção convencional usa fertilizantes químicos como fonte nutricional para as plantas, que pode ocasionar riscos à saúde humana devido à sua toxicidade, além de representar um custo expressivo ao produtor. Uma das alternativas é o uso de compostos orgânicos obtidos via compostagem e vermicompostagem. No entanto, a má condução desses processos pode ocasionar a não eliminação de patógenos presentes nos resíduos de origem. Além disso, as más condições de armazenamento dos adubos podem causar a sua contaminação por fezes de vetores. Seu uso pode ocasionar a contaminação dessa hortaliça no cultivo, tornando-a um veículo de transmissão de doenças, já que essa é consumida crua. Objetivou-se avaliar a ocorrência de contaminação microbiológica e o desenvolvimento de alface sob cultivo orgânico, bem como nos aspectos químicos e biológicos do solo. Avaliou-se: contaminação das alfaces e dos adubos por *Salmonella sp* e *Escherichia coli*; desenvolvimento da alface; macro e micronutrientes nos adubos (pré-plantio) e no solo (pós-plantio), carbono orgânico e respiração microbiana do solo. O cultivo foi realizado por 40 dias considerando o uso de compostos (C) e vermicompostos (V) provenientes de diferentes resíduos: T0-solo (testemunha); T1- dejetos equino + casca de café (C); T2- dejetos equino + sepilho + braquiária (C); T3- dejetos equino + casca de arroz (C); T4- dejetos equino + casca de arroz + braquiária (C); T5- lodo + poda de árvore (C); T6- lodo + poda de árvore + cinza de caldeira (C); T7- lodo + poda de árvore (V); T8- lodo + poda de árvore + cinza de caldeira (V); T9- NPK. Pode-se observar que o desenvolvimento da alface foi afetado diretamente pelas diferentes fontes de nutrientes, sendo que os adubos a base de dejetos de equino apresentaram melhores respostas. T4 apresentou resultados semelhantes à T9, mostrando que o uso de composto orgânico como forma de suprimento nutricional pode substituir os fertilizantes químicos. T0 apresentou baixo desenvolvimento da cultura, indicando a necessidade da adição de fontes nutricionais no solo. Apesar da contaminação por coliformes termotolerantes em T4, T5 e T8 antes do plantio, não foi verificada a ocorrência de contaminação da alface por *Salmonella sp* e *Escherichia coli*. Houve incremento nos teores de carbono orgânico e macro e micronutrientes do solo e a respiração microbiana do solo apresentou comportamento independente da composição dos adubos.

Palavras-chave: Hortaliça. Adubo orgânico. Contaminação microbiológica. Compostagem.

ABSTRACT

SILVA, Jaqueline dos Santos. **Organic fertilization of lettuce: microbiological contamination and crop development, chemical and biological aspects of soil.** 2015. 67 p. TCC (Bachelor Degree in Environmental Engineering) – Federal Technological University of Paraná. Londrina, 2015.

The lettuce (*Lactuca sativa L.*) in Brazil is one of the most significant crop in economic importance and as food stands out among the leafy vegetables most consumed. The conventional production system uses chemical fertilizers as nutrient source for plants, which may cause risks to human health because of its toxicity, and represents a significant cost to the producer. An alternative is the use of organic compounds obtained via composting and vermicomposting. However, poor process conduction of composting and vermicomposting may result in no elimination of pathogens present in the waste source. Furthermore, the bad fertilizer storage conditions may cause contamination by feces vectors. In this sense, the objective was to evaluate the effects of organic fertilization in lettuce cultivation in microbiological quality and culture development, as well as in chemical and biological aspects of the soil. It was evaluated: contamination of lettuce and fertilizers by *Salmonella sp* and *Escherichia coli*; development of lettuce; macro and micro nutrients in fertilizers (pre-plant) and in soil (after planting); organic carbon and microbial soil respiration. The cultivation was carried out for 40 days considering the use of compounds (C) and vermicompost (V) from different waste: T0- soil (witness); T1- horse manure + coffee straw (C); T2- horse manure + sawdust + brachiaria (C); T3- horse manure + rice husk (C); T4- horse manure + rice husk + brachiaria (C); T5- dairy sludge + tree pruning (C); T6- dairy sludge + pruning tree + boiler ash (C); T7- dairy sludge + tree pruning (V); T8- dairy sludge + pruning tree + boiler ash (V); T9- NPK. At the end of this experiment it can be observed that the development of lettuce plants is affected directly by the various sources of nutrients, and fertilizers based in equine manure were more effective in the development of lettuce. T4 showed similar results concerning to T9 proving that use of organic compound as a way of nutrient supply can be done instead of chemical fertilizers. T0 showed low development of culture, indicating the need of adding nutritional sources in the soil. Despite the contamination by fecal coliforms in T4, T5 and T8 before planting, there was no occurrence of lettuce contamination by *Salmonella sp* and *Escherichia coli*. There was an increase in the levels of organic carbon and macro and micronutrients in soil; microbial soil respiration presented independent behavior of the composition of fertilizers.

Keywords: Vegetable. Organic fertilizer. Microbiological contamination. Composting.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Fluxograma das etapas do projeto.....	24
Figura 2- UTFPR Londrina, local onde foi realizado o experimento	27
Figura 3- Dimensões dos canteiros de plantio	28
Figura 4- Distribuição dos tratamentos nos dois canteiros.....	29
Figura 5- Fluxograma das etapas das análises microbiológicas	33
Figura 6- Pote de vidro com solo e frasco contendo NaOH 0,5 mol L ⁻¹ para análise de C _{mic}	37
Figura 7- Sistema FIA	37
Figura 8- Massa fresca e massa seca das alfaces cultivadas.....	43
Figura 9- Parâmetros do desenvolvimento da cultura ao longo do período de plantio	45
Figura 10- Clorofila a e Clorofila b ao final do cultivo	48
Figura 11- Controle positivo e resultados encontrados para <i>Escherichia coli</i> e <i>Salmonella</i> no pré-plantio.....	49
Figura 12- Resultado do teste TSI para <i>Salmonella</i> sp	50
Figura 13- Teores inicial e final de carbono orgânico.....	52
Figura 14- Respiração microbiana do solo ao final do cultivo	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Caracterização de macro e micronutrientes dos adubos	26
Tabela 2- Características químicas do solo (0-20 cm de profundidade) da área de cultivo	27
Tabela 3- Quantidade de adubo orgânico para cada tratamento calculado de acordo com a necessidade nutricional de nitrogênio da alface (80 kg ha^{-1}).....	30
Tabela 4- Quantidade de macro e micronutrientes incorporados ao solo com a adição dos adubos orgânicos.....	39
Tabela 5- Características químicas do solo (0-20 cm de profundidade) da área de cultivo antes e após o plantio	41
Tabela 7- NMP/g para coliformes totais (CT) e termotolerantes (CTT) e intervalo de confiança ao nível de 95% de probabilidade.....	51

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS.....	12
2.1 OBJETIVO GERAL.....	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
4. REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
4.1 ADUBAÇÃO ORGÂNICA NO CULTIVO DE HORTALIÇAS.....	13
4.2 RISCO MICROBIOLÓGICO DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA EM HORTALIÇAS	17
4.3 CARBONO ORGÂNICO (C _{ORG}) E RESPIRAÇÃO MICROBIANA DO SOLO.....	22
5. MATERIAL E MÉTODOS	24
5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS COMPOSTOS E VERMICOMPOSTOS	24
5.2 CULTIVO DA ALFACE.....	26
5.2.1 Avaliação do Desenvolvimento da Cultura	31
5.2.1.1 Concentração de Clorofila	32
5.2.2 Avaliação Microbiológica da Cultura	32
5.2.2.1 Análise do solo e dos adubos orgânicos	33
5.2.2.2 Análise da alface	34
5.2.3 Determinação de C _{org} pelo Método Walkley-Black.....	36
5.2.4 Determinação da Respiração Microbiana do Solo pelo Método da Incubação	36
5.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	38
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
6.1 ANÁLISE DO SOLO E DOS ADUBOS ORGÂNICOS	39
6.2 CULTIVO DA ALFACE.....	42
6.2.1 Avaliação do Desenvolvimento da Cultura	42
6.2.2 Avaliação Microbiológica da Cultura	48
6.2.2.1 Análise do Solo e dos Adubos Orgânicos	48
6.2.2.2 Análise das Alfases	49
6.2.3 Carbono Orgânico (C _{org}) e Matéria Orgânica do Solo	52
6.2.4 Respiração Microbiana do Solo.....	54
7. CONCLUSÃO	57
8. RECOMENDAÇÕES.....	58
REFERÊNCIAS.....	59

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos líderes mundiais na produção e exportação de produtos agropecuários. Esse cenário, de intensa atividade agrícola aliado ao crescimento do consumo e demanda por alimentos, acarreta a necessidade cada vez maior do uso de fertilizantes nas culturas (BRITO; PONTES, 2009).

O sistema de produção convencional é o mais comum entre os produtores e conta com o uso de fertilizantes químicos como fonte nutricional para as plantas. Esse meio de cultivo pode trazer diversas consequências para o meio ambiente, como perda da produtividade do solo em longo prazo, eutrofização de corpos d'água devido à lixiviação de nutrientes e contaminação do solo por excesso de nutrientes. Além dos danos ao meio ambiente, a utilização desse tipo de fertilizante pode acarretar em riscos à saúde humana devido à sua toxicidade.

A crescente preocupação com questões ambientais tem levado à expansão da agricultura orgânica, processo produtivo que usa a adubação orgânica como suplementação nutricional às plantas ao invés dos fertilizantes químicos. Além disso, a oferta de matérias primas para produção de adubos orgânicos é alta e diversificada, o que pode aumentar a eficácia de sua utilização (FIGUEIREDO; TANAMATI, 2010). Dentre os métodos de obtenção de adubos orgânicos, destaca-se a compostagem e a vermicompostagem, que por meio da ação de microrganismos e minhocas, respectivamente, promovem a degradação da matéria orgânica de origem animal ou vegetal, resultando em composto humificado e rico em nutrientes (KIEHL, 1985).

A produção orgânica tem se mostrado uma boa alternativa no cultivo de hortaliças ao fornecer nutrientes para o desenvolvimento das plantas, tendo efeitos positivos no solo, como aumento da capacidade de absorção de água e disponibilização de nutrientes às plantas.

Dentre as hortaliças produzidas sob cultivo orgânico, pode-se destacar a alface, devido ao seu grande consumo. O valor nutricional que traz benefícios à saúde e o preço acessível dessa hortaliça, faz com que ela esteja presente na alimentação de grande parte da população. Por ser consumida "in natura", existe a preocupação com relação à segurança alimentar e à obtenção de um produto de qualidade, sem que essas afetem o ambiente de cultivo.

Nesse sentido, o objetivo desse trabalho é avaliar os efeitos do uso de compostos e vermicompostos orgânicos na qualidade microbiológica e desenvolvimento da alface, avaliando também aspectos químicos e biológicos do solo.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar os efeitos da adubação orgânica em cultivo de alface na qualidade microbiológica e desenvolvimento da cultura, bem como nos aspectos químicos e biológicos do solo.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o desenvolvimento da alface cultivada com compostos e vermicompostos obtidos a partir de diferentes resíduos orgânicos, comparando com o cultivo a partir de fertilizante químico;
- Verificar a ocorrência de contaminação da alface por microrganismos (*Salmonella sp*, *Escherichia coli*);
- Comparar o teor de macro e micronutrientes no solo antes e depois do cultivo;
- Verificar a quantidade de matéria orgânica adicionada ao solo por meio da análise de carbono orgânico;
- Verificar a influência da adubação orgânica realizada na respiração microbiana do solo pelo método da incubação.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 ADUBAÇÃO ORGÂNICA NO CULTIVO DE HORTALIÇAS

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma hortaliça folhosa, com e sem formação de cabeça, de folhas lisas ou crespas, com coloração variando de verde-claro a verde-escuro (MORETTI, 2007). Devido a sua importância alimentar como fonte de vitaminas e sais minerais, destaca-se entre as hortaliças folhosas mais consumidas no país (SANTOS et al., 1994; 2001; MORETTI, 2007; SANTI et al., 2010), sendo que seu cultivo é um dos mais expressivos em importância econômica.

Uns dos insumos mais caros nos sistemas de produção de hortaliças são os fertilizantes (RODRIGUES; CASALI, 2000). Tem-se observado que os produtores utilizam, geralmente, um sistema de produção com uso excessivo de fertilizantes minerais. Uma das alternativas para contornar este problema é o uso de compostos orgânicos, pois são fontes mais baratas de nutrientes, em especial onde sua obtenção é facilitada (RODRIGUES; CASALI, 2000; SANTI et al., 2010). Neste sentido, Santos et al. (1994; 2001) destacaram que a alface (*Lactuca sativa* L.) responde positivamente à adubação orgânica e a altos teores de água no solo.

De acordo com o Decreto nº 86.955/1982 (BRASIL, 1982) composto orgânico é definido como fertilizante composto, o qual é obtido por processo bioquímico, natural ou controlado com mistura de resíduos de origem vegetal ou animal.

Em vista da necessidade do desenvolvimento de técnicas agrícolas menos agressivas ao meio ambiente e da diminuição de gastos com a importação de insumos e fertilizantes, a viabilidade do aproveitamento de resíduos vegetais e animais existentes torna-se cada vez mais evidente dentro do ciclo de produção agrícola (RODRIGUES et al., 2003). Nesse sentido, o tratamento dos resíduos orgânicos via compostagem e vermicompostagem mostra-se uma medida eficiente, pois permite a estabilização da carga orgânica e possibilita a obtenção de adubo orgânico (KIEHL, 1985).

A modernização da agricultura resultou no uso de uma grande variedade de insumos, fertilizantes, pesticidas, novas máquinas, equipamentos, o que, muitas

vezes, degrada o meio ambiente e afeta a qualidade dos alimentos produzidos (RODRIGUES et al., 2003). Nesse contexto, a prática da adubação orgânica na agricultura orgânica voltou a receber atenção dos agricultores e as suas várias formas de uso constituem-se atualmente objeto de pesquisas (RODRIGUES et al., 2003).

De acordo com a Lei nº 10.831/2003 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2003) a agricultura orgânica é definida como:

Sistema orgânico de produção em que se adotam técnicas específicas, mediante a otimização do uso de recursos naturais e socioeconômicos disponíveis e o respeito à integridade cultural das comunidades rurais, tendo por objetivo a sustentabilidade econômica e ecológica, a maximização dos benefícios sociais, a minimização da dependência de energia não renovável, empregando sempre que possível, métodos culturais, biológicos e mecânicos, em contraposição ao uso de organismos geneticamente modificados e radiações ionizantes, em qualquer fase da cadeia de produção, processamento, armazenamento, distribuição e comercialização, e a proteção ao meio ambiente.

A adubação orgânica em atividades agrícolas mostra-se como alternativa ao uso de fertilizantes minerais, pois aumenta a produtividade, reduz custos com fertilizantes e proporciona a deposição segura destes materiais no ambiente (FIGUEIREDO; TANAMATI, 2010). A utilização desses adubos ao invés dos fertilizantes minerais enquadra essa prática dentro de uma das características do sistema de produção agroecológico (FONSECA; SOUZA; SILVA, 2009). Os adubos orgânicos são compostos por resíduos animais e/ou vegetais, que após processo de compostagem estão propícios para consumo agrícola, potencializando a produção. Pode ser aplicado como corretivo agrícola e fonte de macro e micronutrientes para as plantas e seu uso exerce profundo efeito nas propriedades do solo, resultando no aumento da produtividade vegetal (PEREIRA NETO, 2011).

Os adubos orgânicos são uma boa opção para o cultivo de hortaliças por serem fonte de nutrientes, melhorando características físicas, químicas e biológicas do solo, podendo, inclusive, reduzir o custo de produção da cultura (KIEHL, 1985; VIDIGAL et al., 1997; OLIVEIRA et al., 2014). Dentre os benefícios proporcionados ao solo, pode-se destacar a melhor agregação, infiltração e retenção de água, maior CTC (capacidade de troca catiônica), a complexação de elementos tóxicos e micronutrientes, a aeração, disponibilidade de nutrientes e os aspectos biológicos que estão relacionados com microrganismos benéficos encontrados na matéria orgânica (SANTOS et al., 2008; ZANDONADI et al., 2014). Além disso, o efeito

residual do seu uso aumenta o tempo de fertilidade do solo em relação ao uso de fertilizante químico, devido à lenta mineralização da matéria orgânica (KIEHL, 1985; VIDIGAL et al., 1997). Rodrigues et al. (2003) destacam que alguns dos benefícios promovidos pela presença da matéria orgânica nos solos são a preservação da umidade, o aumento da permeabilidade, a liberação lenta e a solubilização de nutrientes para as plantas, a melhoria da estrutura, do poder tampão e da atividade biológica do solo e o controle natural de pragas e doenças de plantas.

Abreu (2008) verificou que o composto orgânico proporcionou aumento do pH do solo e incremento superior nos teores de cálcio, magnésio, fósforo e outros micronutrientes quando comparado a outros tratamentos, dentre eles, a adição de fertilizante químico.

A adubação orgânica tem grande importância no cultivo de hortaliças, principalmente em solos de clima tropical, onde a decomposição da matéria orgânica ocorre mais intensamente (CARDOSO et al., 2011; ZANDONADI et al., 2014). Além de ser fonte de nutrientes, a matéria orgânica, devido a sua alta reatividade, regula a disponibilidade de vários nutrientes, em especial os micronutrientes, bem como a atividade de elementos potencialmente fitotóxicos, como Al^{3+} e Mn^{2+} , em solos ácidos e metais pesados. No cultivo de hortaliças em geral, a matéria orgânica e suas frações possuem papel fundamental (ZANDONADI et al., 2014).

No solo, compostos químicos orgânicos, são afetados pela influência simultânea da sorção e dessorção, lixiviação, volatilização e pelo fenômeno de degradação biótica e abiótica, fenômenos esses que são dinâmicos e não lineares. Para a compreensão dos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem no solo é necessário conhecer as suas características, pois conforme a localização, o solo possuirá características diferentes, não podendo generalizar-se o comportamento (BENEDÍ; CARPENA, 2005).

A mobilidade dos nutrientes no solo tem implicações diretas nos mecanismos de absorção pelas plantas. No caso dos nutrientes de baixa mobilidade, como P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe e Mn, apenas uma parte dos nutrientes existentes em forma disponível é absorvida pela planta. Já no caso dos nutrientes móveis, com destaque para N, incluindo ainda com uma mobilidade relativa menor o B, praticamente todo o teor disponível é absorvido pelas plantas, devido à maior liberdade de movimentação pelo solo (RAIJ, 1981).

Os macronutrientes N, P, K, Ca e Mg são absorvidos pela planta em maior proporção que os micronutrientes B, Zn, Cu e Mn. Ambos são constituintes dos minerais e da matéria orgânica do substrato onde a planta cresce e encontram-se também na solução do solo (RONQUIM, 2010).

A avaliação da resposta do cultivo em relação à adubação é feita por meio dos seguintes parâmetros: massa fresca, massa seca, circunferência da planta, comprimento e diâmetro do caule, contagem do número de folhas e comprimento da raiz (SANTI et al., 2010). Ao estudar a ação da adubação orgânica sobre a produção e características comerciais de cultivares de alface, Santi et al. (2010) observaram que o tratamento com adubo orgânico expressou efeitos significativos para os parâmetros anteriormente citados, exceto para o diâmetro do caule.

Rodrigues e Casali (2000), ao estudarem a resposta da alface à adubação orgânica e mineral, observaram que a relação caule/folha em alguns cultivares foi menor para os adubados com composto orgânico, indicando que houve boa formação da parte folhosa, o que é mais desejável quando se cultiva alface.

Yuri et al. (2004) obtiveram resultados positivos ao cultivar alface americana com diferentes proporções de adubo orgânico oriundo de processo de compostagem, atingindo características comerciais significativas nos parâmetros peso, circunferência da cabeça, comprimento do caule e matéria fresca.

Santos, Casali e Conde (2001) observaram que, ao utilizar composto orgânico como fonte de nutrientes no cultivo de alface, a produção de massa fresca e a massa seca cresceram linearmente com o incremento das doses do composto, apontando para o bom desenvolvimento do cultivo. Além disso, os autores também atribuíram à aplicação do composto orgânico o suprimento de micro e macronutrientes, surtindo em uma maior produtividade. Os mesmos resultados foram observados por Abreu (2008), que destacou a maior produção de massa fresca ao utilizar adubação orgânica em relação ao uso de fertilizante químico.

Marchesini et al. (1988) ao comparar os efeitos da adubação mineral e orgânica, constataram que a adubação mineral apresenta respostas imediatas das culturas. Por outro lado, análises realizadas cinco anos após o tratamento com o composto, sugerem aumento da produção agrícola, que pode ser atribuída a uma melhoria global em todos os componentes envolvidos na fertilidade do solo utilizado, devido à liberação gradual dos nutrientes e pelo estímulo do crescimento radicular, proporcionada pelos compostos orgânicos.

Outro parâmetro a ser analisado como um fator do bom desenvolvimento da alface é o teor de clorofila, reflexo da taxa fotossintética, que resulta na boa aparência do produto e atratividade ao consumidor (PALUDO; REINEHR, 2006). As clorofilas *a* e *b* estão envolvidas no processo de fotossíntese. A clorofila *a* está presente em todos os organismos que realizam fotossíntese oxigênica e é o pigmento utilizado para realizar a fotoquímica (primeiro estágio da fotossíntese). A clorofila *b* é um pigmento acessório que auxilia na absorção de luz e na transferência de energia radiante para os centros de reação (STREIT et al., 2005).

Costa (1994)¹ apud Moraes et al. (2011) ao estudar a ação de composto orgânico, oriundo da compostagem de resíduos urbanos, na alface, concluíram que a fertilização dos solos com esse composto promoveu significativo aumento no teor de clorofila. Esses mesmos autores destacam que os adubos orgânicos disponibilizam minerais ao solo, que fazem parte da estrutura química da clorofila, os quais são absorvidos pelas raízes das plantas, como cálcio, magnésio, ferro e fósforo.

Santos, Casali e Conde (2001) observaram que a presença de adubo mineral em doses de composto orgânico aceleraram o envelhecimento de alfaces, ou seja, contribuiu para o decréscimo do teor de clorofila, o que representa uma desvantagem.

4.2 RISCO MICROBIOLÓGICO DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA EM HORTALIÇAS

A valorização da qualidade da dieta alimentar e a demanda por alimentos saudáveis por parte dos consumidores têm sido mais acentuadas nos últimos tempos, levando o consumidor a considerar na hora de sua compra, os riscos alimentares que os produtos podem oferecer, como práticas higiênicas, riscos microbiológicos e métodos de produção (MORETTI, 2007). Nessa valorização, a produção orgânica de alimentos tem merecido destaque (ARBOS et al., 2010).

¹ COSTA, C. A. Crescimento e Teores de Sódio e de Metais Pesados da Alface e da Cenoura Adubadas com Composto Orgânico de Lixo Urbano. 1994. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.

Embora esses alimentos sejam claramente menos expostos aos perigos químicos, diversos estudos têm demonstrado contaminação microbiológica significativa em produtos como as alfaces orgânicas, que são amplamente comercializadas (ABREU, 2008; LOTTO, 2008; ARBOS et al., 2010; RODRIGUES, 2013).

Segundo o Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional, por meio do Artigo 4º, Inciso IV da Lei nº 11.346/2006, a segurança alimentar e nutricional abrange a “garantia da qualidade biológica, sanitária, nutricional e tecnológica dos alimentos”, sendo direito do cidadão a aquisição de alimentos básicos de qualidade (BRASIL, 2006).

De acordo com o Anexo I (Padrões Microbiológicos Sanitários para Alimentos) da Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2001), que dispõe o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos, as hortaliças cruas preparadas para consumo direto devem ter ausência de *Salmonella sp.* em 25g de produto e um limite máximo de 10^2 NMP/g de Coliformes termotolerantes.

Ao analisar a qualidade microbiológica de vegetais folhosos provenientes da agricultura familiar, Nakagawa et al. (2014) observaram que 32% das amostras analisadas estavam com valores de coliformes termotolerantes acima do máximo estabelecido pela ANVISA (2001) e em 29% foi detectado a presença de *Salmonella sp.*

Já Abreu (2008) observou que não houve contaminação da alface por *Salmonella sp.* em nenhum dos tratamentos, tanto os que usaram adubação química quanto os que usaram adubação orgânica, com composições a base de esterco de galinha, esterco bovino e cama de aviário. Em relação à contaminação por coliformes termotolerantes, o autor não observou diferença estatística significativa entre os tratamentos.

Lotto (2008) encontrou índices maiores de contaminação por *E.coli* no cultivo convencional de alface quando comparado ao cultivo orgânico. No entanto, a contaminação por coliformes termotolerantes foi mais alta que a por *E.coli* e ocorreu nos dois sistemas de cultivo.

Arbos et al. (2010) verificaram que amostras de alface sob cultivo orgânico apresentaram contagem de coliformes termotolerantes e *Salmonella sp* superiores ao permitido pela legislação brasileira, bem como a presença de estruturas

parasitárias, atentando para a importância de procedimentos de cultivo que assegurem a qualidade sanitária das hortaliças. Nesse sentido, a má qualidade dos insumos ou sua má procedência pode acarretar na contaminação do solo e, por fim, da própria cultura cultivada (NAKAGAWA et al., 2014).

O cultivo orgânico, definido por Santana et al. (2006) como um sistema de produção que evita ou exclui o uso de pesticidas ou agrotóxicos, fertilizantes de composição sintética, reguladoras de crescimento ou outros agentes contaminantes, pode trazer a ideia de que os produtos provenientes desse sistema de cultivo são saudáveis e não apresentam riscos à saúde (ABREU et al., 2010), porém, o consumo de alimentos oriundos dessa prática pode possibilitar a ocorrência de doenças intestinais, em especial os consumidos crus, como as hortaliças, uma vez que helmintos, protozoários e outros patógenos podem estar presentes nesses alimentos, em virtude principalmente do tipo de adubação (SANTANA et al., 2006; ARBOS et al., 2010). Portanto, deve-se atentar que o consumo de hortaliças cruas é um meio de transmissão de várias doenças infecciosas (TAKAYANAGUI et al., 2000).

Microrganismos patogênicos, juntamente com os deterioradores, podem contaminar os produtos de origem vegetal por diversas fontes (MORETTI, 2007). Arbos et al. (2010) constataram que a contaminação por agentes patogênicos pode ter ocorrido em hortaliças, principalmente, por meio da água utilizada na irrigação de hortas, que pode conter material de origem fecal, ou ainda a contaminação do solo por uso de adubo orgânico proveniente de dejetos. Além desses fatores, os autores destacam também como contaminantes de hortaliças a presença de animais silvestres ou domésticos, solo contaminado ou emprego de adubos orgânicos sem tempo de compostagem adequado. O uso de adubos inadequados também foi citado por Abreu et al. (2010) como uma fonte de contaminação no cultivo de hortaliças.

Rodrigues (2013) afirma que a contaminação na alface pode ocorrer em diversas etapas do cultivo ou ter origens diferentes, como por exemplo: sementes, solo, adubos, água de irrigação e lavagem, colheita, armazenamento e distribuição.

O grau de contaminação pode sofrer influência da estrutura da hortaliça, sendo que, as que contêm folhas múltiplas e, por consequência, grande área de contato, são mais susceptíveis à contaminação, pois permitem maior fixação de parasitas. A permanência de estruturas parasitárias em hortaliças cultivadas pode

ser ocasionada pelo contato com o solo e pela chuva que, ao cair no solo, faz com que suas partículas se depositem entre as folhas da hortaliça cultivada, fato esse que ocorre principalmente em alface, repolho e outras folhosas (GELLI et al., 1979² apud ARBOS et al., 2010).

A contaminação da hortaliça é um fator limitante para sua comercialização. Condições sanitárias nas áreas rurais e urbanas favorecem essa contaminação, transformando os vegetais em veículos de transmissão de patógenos. Desse modo, pode-se afirmar que a contaminação pode ocorrer desde o plantio até o processamento, e também na comercialização e consumo (RODRIGUES, 2007³ apud ABREU et al., 2010).

O uso de composto orgânico obtido por meio do processo de compostagem reduz a ocorrência de contaminação do cultivo, pois a elevação da temperatura no processo de mineralização da matéria orgânica promove a eliminação de patógenos (KIEHL, 1985; ABREU et al., 2010; RODRIGUES, 2013). Para que ocorra essa sanitização do composto, é necessário que a leira de compostagem atinja temperaturas entre 50 e 60°C por certo período de tempo, tornando o composto adequado ao uso (KIEHL, 1985). O processo de compostagem seguido de vermicompostagem, técnica que utiliza minhocas para digerir a matéria orgânica, garante ao composto final uma maior concentração de nutrientes disponíveis às plantas e uma produção acelerada de ácidos húmicos (RODRIGUES et al., 2003).

Alguns microrganismos patogênicos são relevantes para a saúde pública, por se relacionarem com surtos de infecção alimentar devido ao consumo de frutas e hortaliças cruas contaminadas. Dentre eles estão bactérias patogênicas como *Salmonella sp*, *Listeria monocytogenes*, vírus como os da hepatite A e parasitas como *Giardia lamblia*, *Cyclospora cayetanensis* e *Cryptosporidium parvum* (BEUCHAT, 2002). No Quadro 1, adaptado de NACMCF (1998)⁴ e citado por Moretti (2007), são mostrados exemplos de microrganismos que causam surtos de infecção alimentar relacionado ao alimento consumido.

² GELLI, D. S. et al. Condições Higiênico-Sanitárias de Hortaliças Comercializadas na Cidade de São Paulo, SP, Brasil. Revista do Instituto Adolfo Lutz, v. 39, n. 1, p. 37-43, 1979.

³ RODRIGUES, C. S. Contaminação Microbiológica em Alface e Couve Comercializadas no Varejo de Brasília-DF. Brasília, 2007. 29 p. Monografia (Graduação) – Universidade de Brasília – UnB.

⁴ NACMCF – NATIONAL COMMITTEE ON THE MICROBIOLOGICAL CRITERIA FOR FOODS. Microbiological Safety Evaluations and Recommendations on Fresh Produce. **Food Control**, v. 9, p. 247-321, 1998.

Patógeno	Produto
<i>Shigella</i> spp.	Alface, cebolinha
<i>Salmonella</i> spp.	Tomates fatiados, melancia fatiada, melão fatiado
<i>E.coli</i> O157:H7	Alface, broto de alface
<i>E.coli</i> enterotoxigênica (ETEC)	Cenoura
<i>L.monocytogenes</i>	Repolho
<i>B.cereus</i>	Brotos em geral

Quadro 1- Bactérias patogênicas causadoras de surtos de infecção alimentar associadas ao consumo de frutas e vegetais

Fonte: Moretti (2007) adaptado de NACMCF (1998).

A constatação de contaminação de origem fecal em alimentos pode ser feita por meio do uso de microrganismos indicadores. A presença de microrganismos patógenos é verificada por meio de coliformes termotolerantes devido a sua grande quantidade em fezes humanas e de animais de sangue quente (VASCONCELLOS; IGANCI; RIBEIRO, 2006; LOTTO, 2008). Dentre os coliformes termotolerantes, a *E. coli* é um indicador exclusivamente de contaminação fecal. Além desses microrganismos, deve ser considerado também a presença de *Salmonella sp.*, patógeno indicador de contaminação fecal, que causa doenças relacionadas à ingestão de alimentos contaminados e doenças gastrointestinais (TORTORA; FUNKE; CASE, 2005).

Os microrganismos indicadores podem ser agrupados em (SILVA; JUNQUEIRA; SILVEIRA, 2007):

- 1) Microrganismos que não oferecem risco direto à saúde: contagem padrão de mesófilas, contagem de psicrotróficos e termófilos, contagem de bolores e leveduras;
- 2) Microrganismos que oferecem risco baixo ou indireto à saúde: coliformes totais, coliformes termotolerantes, *Enterococcus*, *Enterobactériaceae* e *Escherichia coli*.

4.3 CARBONO ORGÂNICO (C_{org}) e RESPIRAÇÃO MICROBIANA DO SOLO

A matéria orgânica do solo apresenta-se como um sistema complexo de substâncias, cuja dinâmica é governada pela adição de resíduos orgânicos de diversas naturezas e por uma transformação contínua sob ação de fatores físicos, químicos e biológicos (SANTOS et al., 2008). Pode ser dividida em dois grupos fundamentais. O primeiro é constituído pelos produtos da decomposição dos resíduos orgânicos e do metabolismo microbiano e o segundo é representado pelas substâncias húmicas, constituindo 85 a 90% da reserva total do carbono orgânico (C_{org}) (SANTOS et al., 2008). O teor de matéria orgânica no solo está baseado no teor de C_{org} (GAMA-RODRIGUES et al., 2005). Na composição média dos compostos orgânicos do solo, o C_{org} participa com 58%, desta forma, para a conversão de C_{org} para matéria orgânica utiliza-se o fator 1,724 (LANA et al., 2010).

A matéria orgânica afeta diretamente as características biológicas do solo, pois atua como fonte de carbono, energia e nutrientes para os microrganismos nutrientes para as plantas, sendo a biomassa microbiana a menor parte da fração da matéria orgânica, porém a mais ativa (PEREZ; RAMOS; McMANUS, 2004; GAMA-RODRIGUES et al., 2005; SANTOS et al., 2008). A biomassa microbiana está localizada no compartimento lábil da matéria orgânica e é constituída do material orgânico dos microrganismos vivos, contendo entre 1 e 4% do carbono total do solo (JENKISON; POWLSON, 1976).

A biomassa microbiana é considerada um indicador biológico sensível à mudança no solo devido á diferentes usos e manejos (FIALHO et al., 2006; SILVA; NETO; KUSDRA, 2014). A respiração microbiana é um parâmetro utilizado para quantificar as atividades da biomassa de microrganismos presentes no solo, sendo que esta tende ser maior na superfície do solo (FIALHO et al., 2006).

As comunidades microbianas do solo são influenciadas por muitos fatores, como o manejo do solo, tipo de fertilizante e sua maneira de aplicação, tipo de cultura e estágio de desenvolvimento da planta (CARRERA et al, 2007). A atividade microbiana aliada ao teor total de C_{org} e matéria orgânica do solo pode ser utilizada como indicadores das mudanças na qualidade do solo.

Ao avaliarem a atividade microbiana de um solo sob diferentes manejos, Vargas e Scholles (2000) observaram que esta foi maior no manejo com resíduos orgânicos na superfície do solo.

Silva, Neto e Kusdra (2014) ao estudarem a atividade biológica de solos em sistemas de cultivo orgânico, agroflorestal e pastagem na Amazônia, observaram que na profundidade de 5 a 10 cm os solos com pastagem apresentaram biomassa microbiana similar aos em cultivo orgânico consorciado com participação de puerária.

5. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado nas etapas descritas na Figura 1.

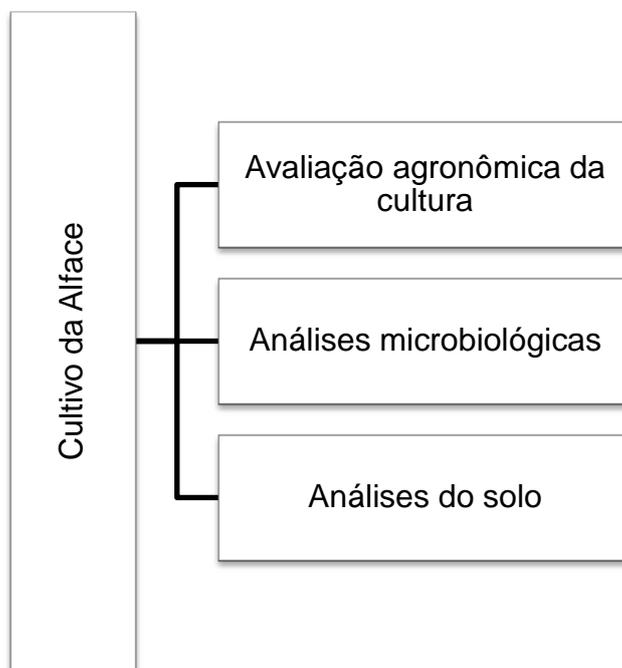


Figura 1- Fluxograma das etapas do projeto
Fonte: Autoria própria.

5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS COMPOSTOS E VERMICOMPOSTOS

Os adubos orgânicos utilizados na execução desse trabalho foram obtidos por processos de compostagem e vermicompostagem de diferentes resíduos agroindustriais, totalizando 6 (seis) compostos e 2 (dois) vermicompostos.

Os resíduos utilizados para a obtenção desses adubos foram: lodo proveniente de estação de tratamento de efluentes por sistema de lodo ativado em indústria de produção de laticínios, poda de árvore, cinza de caldeira, dejetos de equino, casca de café, sepilho, palha de arroz e braquiária, que foram compostados (C) e vermicompostados (V) nos seguintes tratamentos:

- C1- dejetos equinos + casca de café;

- C2- dejetos equinos + sepilho + braquiária;
- C3- dejetos equinos + casca de arroz;
- C4- dejetos equinos + casca de arroz + braquiária;
- C5- lodo + poda de árvore;
- C6- lodo + poda de árvore + cinza de caldeira;
- V1- lodo + poda de árvore;
- V2- lodo + poda de árvore + cinza de caldeira;

A compostagem das camas de equinos, realizada por Gonçalves (2014), saturadas por 14 dias, (C1, C2, C3 e C4) foi realizada por um período de 100 dias em leiras de formato trapezoidal, cada uma com volume inicial de 363 L. As leiras foram montadas sob uma estrutura coberta e com o chão revestido de lona, para que não houvesse o contato direto do material com o solo. Foram monitorados diariamente os parâmetros de temperatura, umidade aparente e aeração; semanalmente a redução de volume; quinzenalmente a redução de peso; e, mensalmente, parâmetros físico-químicos como pH, condutividade elétrica, série de sólidos, teores de Carbono Total (CT) e Nitrogênio Total (NT) e relação C/N. Além desses parâmetros, foram realizadas análises microbiológicas no 1º, 8º, 18º, 31º, 42º e 100º dia de compostagem, que consistiam na análise do crescimento de fungos, bactérias heterotróficas e bactérias termotolerantes no decorrer do processo (GONÇALVES, 2014).

O processo de compostagem do lodo secundário de laticínio (C5 e C6) foi conduzido ao longo de 57 dias em ambiente coberto, para que não houvesse interferência da água pluvial, e em área com chão impermeável. As leiras foram montadas em formato trapezoidal, cada uma com volume inicial de aproximadamente 200 L. Diariamente monitorou-se temperatura e umidade aparente e, conforme havia necessidade, eram realizados revolvimentos manuais da leira para promover aeração. As análises dos parâmetros pH, condutividade elétrica, NT, CT, série de sólidos, relação C/N e análises microbiológicas (crescimento de bactérias heterotróficas, fungos e actinomicetos) foram realizadas quinzenalmente. A redução de peso foi medida no início e final do processo. Após esse período iniciou-se a vermicompostagem (V1 e V2), realizada em reatores com volume de 25 L, com a inserção de 24 minhocas da espécie *Eisenia foetida* em cada reator. Nessa etapa, os tratamentos foram realizados em triplicata, totalizando seis reatores. Os

parâmetros analisados e suas frequências foram as mesmas da compostagem, com exceção do volume, que foi medido apenas no início e final da vermicompostagem, e dos revolvimentos, que não foram realizados nessa etapa, pois a aeração era promovida pela movimentação das minhocas. A vermicompostagem teve duração de 43 dias.

Os adubos orgânicos obtidos dos processos de compostagem e vermicompostagem, a partir dos diferentes resíduos citados, foram enviados ao Laboratório de Solos do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) para análise de macro e micronutrientes. Os resultados encontrados são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1- Caracterização de macro e micronutrientes dos adubos

Tratamentos ⁽¹⁾	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	B	Mn
	g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹			
C1	29,71	8,30	26,03	20,76	5,84	52,00	168,47	10,39	586,99
C2	27,37	6,20	18,08	18,35	5,08	46,29	206,66	0,00	383,99
C3	12,62	2,52	6,52	5,76	1,89	28,53	129,71	0,00	656,28
C4	17,38	4,35	9,51	9,74	2,98	32,29	157,11	0,56	502,79
C5	29,25	3,09	6,23	18,73	2,73	20,34	53,03	19,41	207,39
C6	15,94	5,99	20,77	114,82	12,40	60,95	91,08	51,31	3271,15
V1	29,56	3,16	10,10	23,50	3,18	20,38	56,00	30,86	276,52
V2	17,94	6,81	13,46	127,48	12,52	60,60	98,85	46,39	3598,10

Fonte: Autoria própria

Nota ⁽¹⁾: C1 – dejetos equinos + casca de café; C2 – dejetos equinos + sepilho; C3 – dejetos equinos + casca de arroz; C4 – dejetos equinos + casca de arroz + braquiária; C5 – lodo de laticínio + poda de árvore; C6 – lodo de laticínio + poda de árvore + cinza; V1 – lodo de laticínio + poda de árvore; V2 – lodo de laticínio + poda de árvore + cinza. C – compostagem e V – vermicompostagem.

5.2 CULTIVO DA ALFACE

O cultivo da alface foi realizado nas dependências da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina, localizada na Avenida dos Pioneiros, 3131, Jardim Morumbi, município de Londrina-PR (Figura 2). O local escolhido encontra-se próximo às Casas de vegetação da Universidade, a 23°18'32,1" S de latitude, 51°07'00,1" W de longitude e altitude média de 610 metros acima do nível do mar.



Figura 2- UTFPR Londrina, local onde foi realizado o experimento
 Fonte: Google Maps (2015).

O clima na região, seguindo a classificação de Köppen, é subtropical úmido, caracterizado por verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração de chuvas no verão, com precipitação média anual entre 1200 e 1400 mm (IAPAR, 2000).

O solo predominante na região é o Latossolo Vermelho distroférrico, ocupando 54% da área do município (TRABAQUINI et al., 2010). Amostras de solo do local de cultivo, indicado anteriormente na Figura 2, foram coletadas em pontos diferentes do terreno e homogeneizadas. Dessa homogeneização retirou-se uma amostra que foi destorroada, seca ao ar, passada em peneira de malha de 2 mm e encaminhada ao Laboratório de Solos do IAPAR para análise química (Tabela 2).

Tabela 2- Características químicas do solo (0-20 cm de profundidade) da área de cultivo

pH	P	C	Al	H + Al	Ca	Mg	K	SB ⁽¹⁾	CTC ⁽²⁾	V ⁽³⁾	SAI ⁽⁴⁾
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³ de solo							%	
5,6	11	8,18	0	3,97	6,5	1,48	0,27	8,25	12,22	67,51	0

Fonte: Autoria própria

Nota: ⁽¹⁾ SB= Soma de bases; ⁽²⁾ CTC= Capacidade de troca de cátions; ⁽³⁾ Saturação por bases; ⁽⁴⁾ Saturação por alumínio.

Realizou-se a calagem do solo para correção de acidez, baseada na equação de necessidade de calagem descrita por Trani (2014), que considera a capacidade de troca catiônica do solo, a saturação por bases do solo, a saturação por bases que se pretende atingir (80%) e o poder real de neutralização total do calcário (80%). Dessa forma, a necessidade de calagem encontrada para o solo da área de cultivo foi de $1,91 \text{ ton ha}^{-1}$.

O cultivo da alface seguiu metodologia indicada por EMBRAPA (2006) com algumas adaptações. O plantio das alfaces foi realizado em canteiros no solo, conforme indicado para hortaliças folhosas. O preparo do solo para formar os canteiros foi realizado com auxílio de enxadas. Foram preparados dois canteiros, cada um com 0,11 m de altura, 1,40 m de largura na base, 1,20 m de largura na crista e 10,1 m de comprimento de base e 9,9 m de comprimento de crista, conforme esquematizado na Figura 3. O espaçamento entre cada hortaliça foi de 0,30 m, recomendado por Lúcio et al. (2011) e a área útil de plantio em cada canteiro foi de $8,64 \text{ m}^2$ (Figura 3).

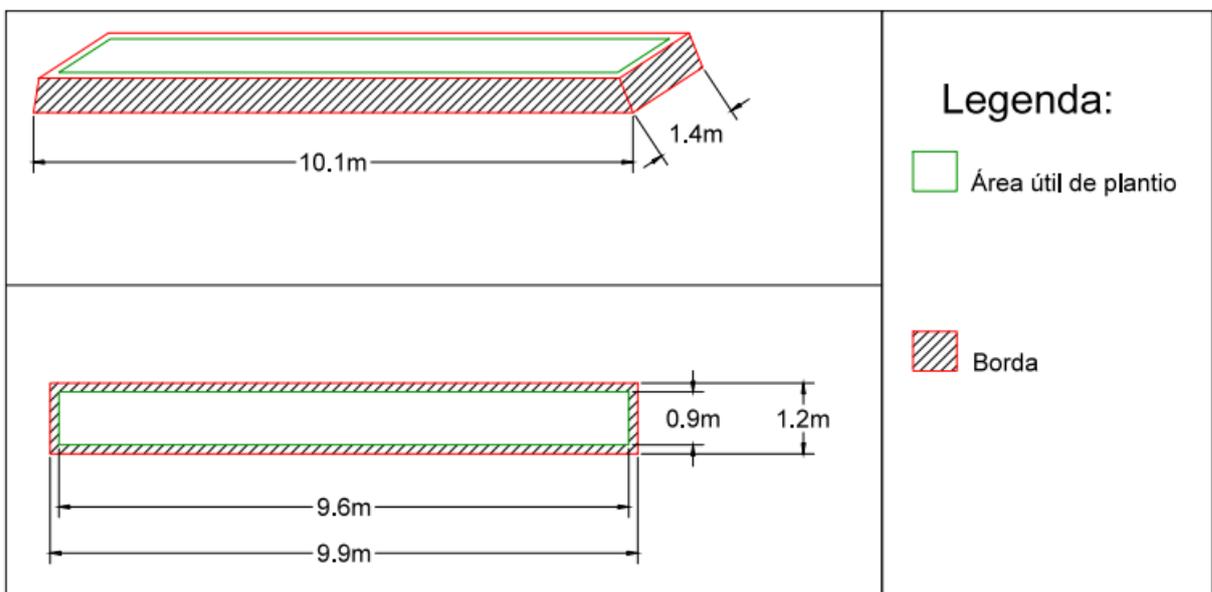


Figura 3- Dimensões dos canteiros de plantio

Fonte: Autoria própria

A alface (*Lactuca sativa* L.) escolhida foi o cultivar Vanda, por apresentar segurança de plantio durante o verão e adaptação às condições tropicais de cultivo,

conforme especificações do distribuidor. As mudas foram adquiridas na Chácara Carneiro, localizada no município de Londrina, PR.

Testaram-se dez tratamentos utilizando como adubo orgânico os compostos e vermicompostos já citados, além de um tratamento com fertilizante químico (NPK) e uma testemunha, contendo apenas solo. Os tratamentos foram assim nomeados:

- T0 - testemunha;
- T1 - C1 (dejeito equino + casca de café);
- T2 - C2 (dejeito equino + sepilho + braquiária);
- T3 - C3 (dejeito equino + casca de arroz);
- T4 - C4 (dejeito equino + casca de arroz + braquiária);
- T5 - C5 (lodo + poda de árvore);
- T6 - C6 (lodo + poda de árvore + cinza de caldeira);
- T7 - V1 (lodo + poda de árvore);
- T8 - V2 (lodo + poda de árvore + cinza de caldeira);
- T9 - NPK.

Cada tratamento contava com uma parcela útil central com 9 (nove) repetições, número esse considerado como ótimo no cultivo de alface em campo, conforme verificado por Lúcio et al. (2011). Além dessas nove repetições, foram plantadas alfaces na bordadura em todo o contorno de cada canteiro e entre cada tratamento, a fim de evitar o favorecimento de luz solar e vento sobre a parcela útil.

A distribuição dos tratamentos ao longo da área de cultivo (Figura 4) foi de forma aleatória, sendo definida por meio de sorteio.

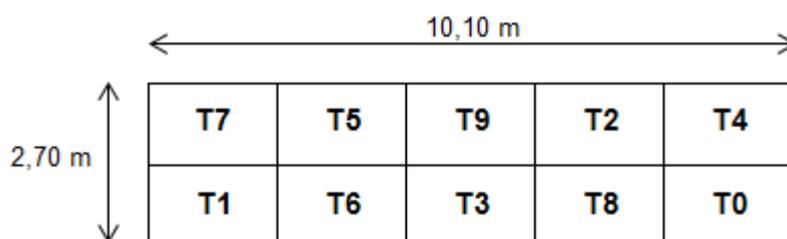


Figura 4- Distribuição dos tratamentos nos dois canteiros
 Fonte: Autoria própria

A quantidade de adubo adicionado às plantas foi determinada de acordo com a necessidade nutricional de nitrogênio da alface para um bom desenvolvimento, que segundo EMATER (2007) é de 80 kg ha⁻¹. Sabendo da necessidade de nitrogênio e conhecendo a quantidade desse nutriente presente em cada um dos compostos, foi calculada a massa de adubo que foi adicionada em cada área útil dos tratamentos. Esses resultados são mostrados na Tabela 3.

Tabela 3- Quantidade de adubo orgânico para cada tratamento calculado de acordo com a necessidade nutricional de nitrogênio da alface (80 kg ha⁻¹)

Tratamentos ⁽¹⁾	N g kg ⁻¹	Quantidade de adubo orgânico (g) ²
T1	29,71	334,36
T2	27,37	381,01
T3	12,62	688,90
T4	17,38	523,74
T5	29,25	135,36
T6	15,94	277,00
T7	29,56	110,48
T8	17,94	211,37

Fonte: Autoria própria

Nota ⁽¹⁾: T1 – dejetos equinos + casca de café; T2 – dejetos equinos + sepilho + braquiária; T3 – dejetos equinos + casca de arroz; T4 – dejetos equinos + casca de arroz + braquiária; T5 – lodo de laticínio + poda de árvore; T6 – lodo de laticínio + poda de árvore + cinza; T7 – lodo de laticínio + poda de árvore (vermicompostagem); T8 – lodo de laticínio + poda de árvore + cinza (vermicompostagem).

Nota ⁽²⁾: Quantidade em base úmida.

No tratamento T9, a quantidade de fertilizante químico adicionada seguiu recomendação de Oliveira et al. (2010), que propõem a adição de 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio, 60 kg ha⁻¹ de fósforo e 30 kg ha⁻¹ de potássio para produção de alface. Dessa maneira foram adicionadas 42,86 g de NPK 4-14-8 na parcela útil desse tratamento.

A aplicação dos adubos e do fertilizante foi realizada em sulcos abertos manualmente nos canteiros.

O cultivo foi realizado por 40 dias, entre os meses de março e abril de 2015. Devido às altas temperaturas características do verão, as alfaces foram irrigadas por sistema de aspersão duas vezes ao dia, sendo elas, às 6:00 horas e às 18:00 horas, períodos em que as temperaturas encontram-se mais amenas. A quantidade total diária de água para irrigação foi de 4,4 mm, valor esse que se baseia na

evapotranspiração de referência local, coeficiente de cultivo da alface, cobertura foliar e eficiência de rega por aspersão (BRUNINI, 2000). O sistema de irrigação era acionado automaticamente, por meio de um processo de automação, a fim de garantir a quantidade de água diária necessária para o desenvolvimento da cultura e facilitar o manejo. Para evitar a incidência direta de radiação solar e chuva sobre as plantas, foi instalado no local um telado de sombrite, malha 35% (LEAL, 2005).

5.2.1 Avaliação do Desenvolvimento da Cultura

Para avaliar o desenvolvimento da cultura da alface foram analisados os seguintes parâmetros: massa fresca (MF), massa seca (MS), número de folhas (NF), diâmetro médio das cabeças (DC), crescimento médio das folhas (CF) e concentração de clorofila.

Para determinação da massa fresca (MF) e massa seca (MS) da alface, utilizou-se apenas a parte aérea da planta, conforme recomendado por Lúcio et al. (2011). Ao final dos 40 dias de cultivo as plantas foram colhidas, na parte da manhã, e acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados. Em seguida as partes aéreas foram separadas do caule com auxílio de um estilete, e pesadas em balança analítica, obtendo-se a MF. Após a pesagem, essas amostras foram levadas para estufa de circulação de ar forçado à temperatura de 65°C por 72 horas (VIDIGAL et al., 1997; LÚCIO et al., 2011). Passado esse período, realizou-se a pesagem das amostras, determinando-se a MS de cada planta.

No 15º, 30º e 40º dia de cultivo foram avaliados em campo os parâmetros de número de folhas (NF), diâmetro médio das cabeças (DC) e crescimento médio das folhas (CF). O NF foi determinado por meio da contagem manual em cada planta (ARAÚJO et al., 2011). Com auxílio de uma régua, o valor de DC foi obtido. O CF foi determinado por meio da medição do colo da planta até o ápice da última folha desenvolvida (ALMEIDA et al., 2011), com auxílio de uma régua.

Para as avaliações de MF, MS, NF, DC e CF foram utilizadas três plantas da parcela útil, escolhidas aleatoriamente por sorteio.

5.2.1.1 Concentração de Clorofila

A determinação de clorofila *a* e *b* nas alfaces cultivadas seguiu o procedimento descrito por Arnon (1949). Para tal, foram coletadas 0,10 g de tecido vegetal de três alfaces de cada tratamento, que foram acondicionadas por 7 dias em frascos de vidro contendo 10 mL de acetona (80%). Passado esse período, realizou-se a leitura no espectrofotômetro a 663 nm para clorofila *a* e 645 nm para clorofila *b*. As três plantas por tratamento foram escolhidas de forma aleatória, por meio de sorteio.

A concentração de clorofila *a* (C_a) foi obtida por meio da equação (1) e a de clorofila *b* (C_b) por meio da equação (2), sendo D_{663} e D_{645} os valores de absorvância nos seus respectivos comprimentos de onda, obtidos no espectrofotômetro. Os resultados de C_a e C_b são expressos em gramas por litro de clorofila (g L^{-1}).

$$C_a = 0,0127 D_{663} - 0,00269 D_{645} \quad (1)$$

$$C_b = 0,0229 D_{645} - 0,00468 D_{663} \quad (2)$$

5.2.2 Avaliação Microbiológica da Cultura

A avaliação microbiológica da cultura deu-se por meio da análise da presença das bactérias *Escherichia coli* e *Salmonella* sp. Para tal, foram feitas análises em duas etapas, conforme demonstrado na Figura 5.

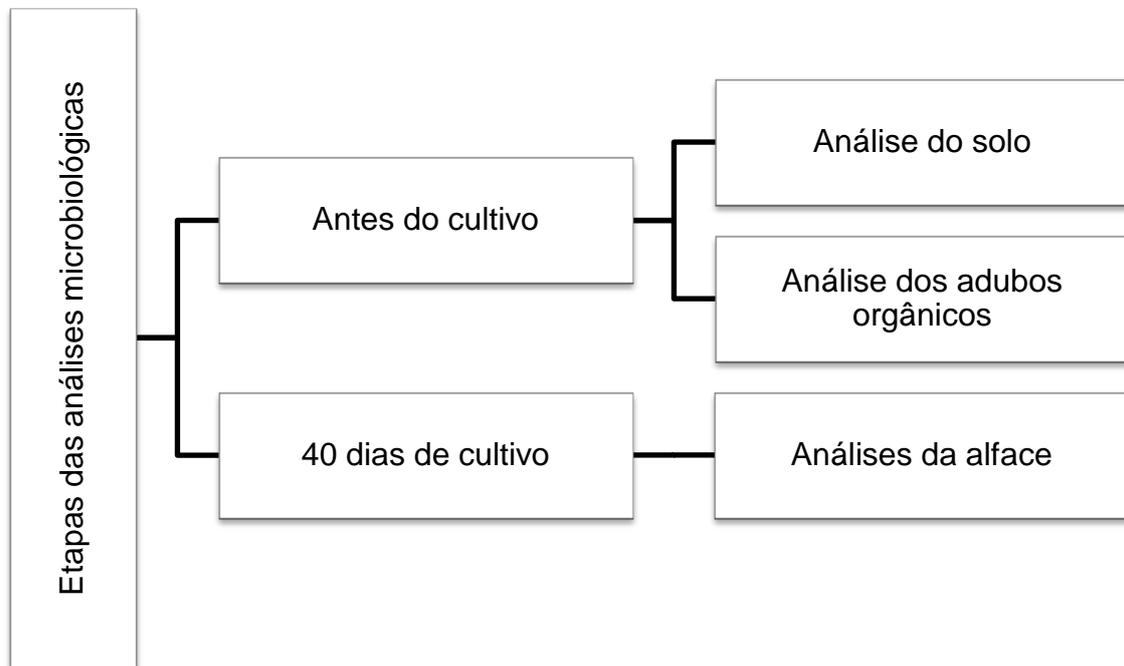


Figura 5- Fluxograma das etapas das análises microbiológicas

5.2.2.1 Análise do solo e dos adubos orgânicos

A coleta das amostras de solo foi realizada em cinco pontos da área de cultivo, as quais foram homogeneizadas. Dessa homogeneização retirou-se uma amostra para análise (MORAIS et al., 2011). As amostras de solo e de adubo foram coletadas, acondicionadas em sacos plásticos estéreis e levadas ao Laboratório de Microbiologia da UTFPR, Câmpus Londrina. Pesaram-se 10 g de cada amostra, que foram colocadas em erlenmeyers contendo 90 mL de solução salina, obtendo-se uma diluição de 10^{-1} (SANTOS et al., 2006). Dessa diluição foi transferida uma alíquota de 0,1 mL para placas contendo meio de cultura seletivo para cada tipo de microrganismo de interesse. Essa alíquota foi espalhada no meio com auxílio de swab estéril. Em seguida, as placas foram incubadas invertidas por 24 horas. Os meios utilizados, suas temperaturas de incubação e a coloração típica das colônias de interesse são mostrados no Quadro 2.

Meio de cultura	Microrganismo	Temperatura de incubação (°C)	Coloração típica da colônia
Ágar MFC	<i>Coliformes termotolerantes</i>	45(±1)	Azul escuro
Ágar MacConkey	<i>Salmonella sp</i>	36(±1)	Rosa claro a transparente

Quadro 2- Meios de cultura, microrganismos de interesse, temperatura de incubação e coloração típica das colônias

Fonte: Autoria própria

5.2.2.2 Análise da alface

A avaliação da presença das bactérias na alface foi realizada seguindo a metodologia descrita por Silva, Junqueira e Silveira (2007), com adaptações. Aos 40 dias de cultivo foram analisadas três plantas da parcela útil de cada tratamento, sendo que a partir delas formou-se uma amostra composta. As plantas foram escolhidas de forma aleatória por meio de sorteio.

As hortaliças foram colhidas, acondicionadas em sacos plásticos estéreis, colocadas em caixa térmica com temperatura inferior a 10°C e encaminhadas ao Laboratório de Microbiologia da UTFPR, Câmpus Londrina para o início das análises que foram iniciadas no mesmo dia da colheita.

Primeiramente, foram retiradas as folhas mais externas das plantas que apresentavam murchidão e machucados, as quais seriam descartadas pelo consumidor. Para o processamento inicial foram pesados 25 g de cada amostra, retiradas de diferentes partes da alface, e colocadas em 225 mL de água peptonada 0,1% estéril. Em seguida, estas foram homogeneizadas durante 30 segundos. O homogeneizado corresponde à diluição 10^{-1} da qual se procedeu com as análises de Coliformes totais (CT) e termotolerantes (CTT). Para a análise de *Salmonella sp.* as amostras homogeneizadas foram incubadas durante 24 horas 36°C(±1).

Para a averiguação da presença de *Salmonella sp.* as amostras passaram pelas seguintes etapas: pré-enriquecimento, enriquecimento seletivo, plaqueamento diferencial, seleção das colônias para confirmação e confirmação bioquímica. Para tal, transferiu-se 1 mL do homogeneizado para tubos contendo 9 mL de caldo

tetracionato, o qual foi incubado por 24 horas à 37°C(±1). Após o período de incubação o caldo foi semeado por esgotamento em placas de Petri contendo Ágar MacConkey e, posteriormente, as mesmas foram incubadas a 36°C(±1) por 24 horas. As colônias que apresentaram resultados típicos foram, posteriormente, submetidas a testes morfotintoriais (coloração de Gram) e bioquímicos de identificação (TSI - Tríplice Açúcar Ferro e Citrato de Simmons). A morfologia típica de *Salmonella* sp. em Ágar MacConkey são colônias de cor rosa clara a transparente.

Para a análise de CT e CTT utilizou-se a Técnica do Número Mais Provável (NMP), série de três tubos (SILVA; JUNQUEIRA; SILVEIRA, 2007). Para a prova presuntiva utilizou-se o homogeneizado (diluição 10⁻¹). Através desta diluição foram obtidas as diluições 10⁻² e 10⁻³, também em água peptonada 0,1%. Com uma pipeta estéril adicionaram-se porções de 1 mL das respectivas diluições 10⁻¹, 10⁻² e 10⁻³ em uma série de três tubos contendo 9 mL de caldo Lactose com tubos de Durhan invertidos. Os tubos foram incubados a 35°C(±1) por 24 horas. Em caso de turbidez do meio e produção de gás observada no tubo de Durhan (considerada como positivo), foram realizados os testes confirmativos de CT e posteriormente para CTT.

A partir de cada tubo positivo de caldo Lactose (um por diluição), foi realizada a prova confirmativa de CT, na qual foi transferida uma alçada para três tubos contendo Caldo Verde Brilhante Bile 2% (CVBB) com tubos de Durhan invertidos, os quais foram incubados a 35°C(±1) por 24 horas. A presença de gás no tubo de Durhan e a turbidez do meio indica a positividade do tubo para a presença de CT. O cálculo do NMP g⁻¹ foi determinado com o auxílio da tabela de NMP- série de três tubos.

Dos tubos positivos contendo CVBB, foi realizado teste confirmativo para Termotolerantes, transferindo-se uma alçada do caldo CVBB para tubos contendo 9 mL de caldo E.C., com tubos de Durhan invertidos. Posteriormente, os tubos foram incubados a 45°C(±1) por 24 horas e a turbidez com a produção de gás no tubo de Durhan indicava o resultado positivo para CTT. Os tubos positivos foram determinados pela tabela de NMP.

Para avaliação da presença de *E. coli* retirou-se uma alçada de amostra dos tubos positivo de E.C. e semeado por técnica de esgotamento em placas de Petri contendo Ágar MFC, que foram incubadas a 36°C(±1) por 24 horas. As colônias típicas (cor azul escuro) foram submetidas a testes morfotintoriais (coloração de

Gram) e bioquímicos de identificação (Citrato de Simmons) para confirmação. Foram considerados positivos para *E. coli* os resultados que apresentaram teste de Citrato negativos (sem mudança de cor), coloração vermelha para Gram negativo e morfologia de bacilo.

5.2.3 Determinação de C_{org} pelo Método Walkley-Black

Antes do plantio das alfaces foram coletadas amostras de solo do local de em diferentes pontos do terreno e homogeneizadas. Dessa homogeneização retirou-se uma amostra que foi, destorroada, seca ao ar e passada em peneira de malha de 2 mm (TFSA). Após o cultivo coletaram-se amostras de cada parcela dos dez tratamentos, que passaram pelo mesmo processo que o solo no pré-plantio.

A determinação de C_{org} seguiu metodologia descrita por IAPAR (1992), em que 1,0 cm³ de TFSA foi transferido para um erlenmeyer de 250 mL. Em seguida foram adicionadas 10 mL de solução de dicromato de potássio 1N e 10 mL de ácido sulfúrico concentrado. Após 30 minutos esfriando foram adicionadas 50 mL de água destilada, 3 mL de ácido fosfórico concentrado e 0,5 mL de indicador difenilamina 1%. Posteriormente, procedeu-se a titulação com solução de sulfato ferroso 1N até coloração verde.

5.2.4 Determinação da Respiração Microbiana do Solo pelo Método da Incubação

A determinação da respiração microbiana seguiu metodologia proposta por Jenkinson e Powlson (1976). Para tal, 20 gramas de solo foram acomodados dentro de um pote de vidro o qual continha em seu interior outro frasco de vidro com 10 mL de NaOH 0,5 mol L⁻¹ (Figura 6). O pote de vidro foi fechado com tampa rosqueável, vedado com plástico filme e incubado em estufa BOD à 25°C com foto-período desligado, por 10 dias.



Figura 6- Pote de vidro com solo e frasco contendo NaOH 0,5 mol L⁻¹ para análise de C_{mic}

Após o período de incubação, o frasco com NaOH 0,5 mol L⁻¹ foi retirado do pote de vidro e fechado com tampa para posterior análise de C_{mic} pelo método FIA.

Segundo Kawazaki et al. (2000), o princípio básico do método FIA é a injeção de um volume selecionado da amostra no sistema seguido do transporte por uma solução carregadora, confluência com a solução ácida concentrada e desprendimento do CO₂ da solução. O gás CO₂ desprendido é separado através da membrana teflon semipermeável e ao dissolver-se em água, forma íons H⁺ e HCO₃⁻. A concentração do CO₂ é estimada pelo sinal transiente da condutividade elétrica.

Na Figura 7 é mostrado o sistema FIA utilizado na análise.



Figura 7- Sistema FIA

5.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Ao final de todo o experimento, os resultados obtidos para os parâmetros relacionados ao desenvolvimento da alface e aos parâmetros microbiológicos foram analisados estatisticamente, a fim de verificar se houve diferença significativa entre os tratamentos. Realizou-se análise de variância ao nível de 5% de significância e utilizou-se o teste de comparação de médias de Scott-Knott.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 ANÁLISE DO SOLO E DOS ADUBOS ORGÂNICOS

Na Tabela 4 são mostradas as quantidades de macro e micronutrientes incorporados ao solo com a adição dos adubos orgânicos.

Tabela 4- Quantidade de macro e micronutrientes incorporados ao solo com a adição dos adubos orgânicos

Tratamentos ⁽¹⁾	N	P	K	Ca	Mg	mg			
						Cu	Zn	B	Mn
T1	12,96	2,78	8,70	6,94	1,95	17,39	56,33	3,47	196,27
T2	12,96	2,36	6,89	6,99	1,94	17,64	78,74	0,00	146,31
T3	12,96	1,74	4,49	3,97	1,30	19,65	89,36	0,00	452,11
T4	12,96	2,28	4,98	5,10	1,56	16,91	82,29	0,29	263,34
T5	12,96	0,42	0,84	2,54	0,37	2,75	7,18	2,63	28,07
T6	12,96	1,66	5,75	31,81	3,43	16,88	25,23	14,21	906,13
T7	12,96	0,35	1,12	2,60	0,35	2,25	6,19	3,41	30,55
T8	12,96	1,44	2,85	26,95	2,65	12,81	20,89	9,81	760,55

Fonte: Autoria própria

Nota ⁽¹⁾: T1 – dejetos equinos + casca de café; T2 – dejetos equinos + sepilho + braquiária; T3 – dejetos equinos + casca de arroz; T4 – dejetos equinos + casca de arroz + braquiária; T5 – lodo de laticínio + poda de árvore; T6 – lodo de laticínio + poda de árvore + cinza; T7 – lodo de laticínio + poda de árvore (vermicompostagem); T8 – lodo de laticínio + poda de árvore + cinza (vermicompostagem).

Considerando que a quantidade de adubação necessária ao desenvolvimento da alface foi calculada com base na necessidade de nitrogênio, pode-se observar que a quantidade dos demais nutrientes variou de acordo com a composição dos compostos.

A alface é muito exigente em nutrientes, principalmente potássio, nitrogênio, cálcio e fósforo, não podendo se desprezar a importância dos demais (YURI, 2004). Segundo Fanquim e Andrade (2004) as exigências nutricionais das hortaliças obedecem a seguinte ordem crescente: K>N>Ca>Mg>P=S (macronutrientes) e Fe>Mn>Zn>B>Cu>Mo (micronutrientes). Em relação aos macronutrientes, nenhum tratamento obedeceu à ordem crescente, sendo que o nitrogênio foi predominante

em todos eles, com exceção de T6 e T8, que devido à presença de cinza, teve predominância de cálcio em sua composição, e de magnésio em relação ao fósforo. O potássio apresentou-se em maior quantidade que o cálcio apenas em T1 e T3. Em relação aos micronutrientes, o manganês foi predominante em todos os tratamentos e se apresentou em maior quantidade em T6 e T8, também em virtude da presença de cinzas. Os tratamentos T5 e T7, que possuem a mesma composição que T6 e T8, porém sem cinza, foram os que apresentaram as menores quantidades de manganês em relação aos demais tratamentos. Sobre os tratamentos a base de dejetos de equino, a presença de casca de arroz em T3 e T4 influenciou na maior quantidade de manganês em comparação a T1 e T2. A predominância de boro em relação ao cobre ocorreu apenas em T7.

Pode-se observar que os compostos a base de dejetos de equino (T1, T2, T3 e T4) apresentaram maior quantidade de fósforo do que os demais, com lodo de laticínio (T5, T6, T7 e T8). Os adubos a base de lodo de laticínio sem adição de cinza (T5 e T7) apresentaram as menores quantidades de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, cobre, zinco e manganês, em relação aos demais tratamentos.

Na Tabela 5 são apresentados os parâmetros analisados no solo nos períodos de pré e pós-plantio, visando observar a dinâmica dos nutrientes.

Pode-se verificar que a calagem proporcionou aumento do pH em todos os tratamentos, que variou entre 6,40 (T0) e 7,00 (T5, T8 e T9), faixa essa que encontra-se adequada para o cultivo de alface conforme Malavolta (1979), que define uma faixa de pH entre 6,00 e 7,00 como ideal para o desenvolvimento dessa hortaliça. O aumento do pH afetou diretamente na redução da acidez trocável (H+Al), devido à diminuição de íons H⁺ no solo.

Por meio da Tabela 5 pode-se observar que houve aumento no teor de fósforo em T0. Isso pode ter ocorrido devido à calagem do solo, pois, conforme constatado por Mello et al. (1999) ao analisar os efeitos da calagem nos teores de fósforo em solos de várzeas, essa prática promove o aumento do teor desse nutriente. De acordo com Malavolta (1967; 1979) e Alcarde, Guidolin e Lopes (1998) a completa absorção do fósforo pelas plantas ocorre com pH do solo entre 6,5 e 7,0. Apenas em T0 o pH estava abaixo dessa faixa, variando entre 5,6 e 6,4 do início ao final do plantio, faixa em que a absorção de fósforo varia entre 40 e 67,5% (ALCARDE; GUIDOLIN; LOPES, 1998).

Tabela 5- Características químicas do solo (0-20 cm de profundidade) da área de cultivo antes e após o plantio

Tratamentos ⁽¹⁾	pH	N	P	C	Al	H + Al	Ca	Mg	K	SB ⁽³⁾	T ⁽⁴⁾	V ⁽⁵⁾	SAI ⁽⁶⁾
		g kg ⁻¹	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³ de solo								%
Pré-plantio													
Solo	5,60	⁽²⁾	11,00	8,18	0,00	3,97	6,50	1,48	0,27	8,25	12,22	67,51	0,00
Pós-plantio													
T0	6,40	1,26	11,40	6,74	0,00	2,18	8,42	1,68	0,61	10,71	12,89	83,06	0,00
T1	6,70	1,67	21,10	6,66	0,00	2,03	8,80	1,85	1,65	12,30	14,53	85,83	0,00
T2	6,90	1,65	16,30	7,36	0,00	1,88	10,20	1,64	0,47	12,31	14,19	86,75	0,00
T3	6,80	1,27	40,10	9,89	0,00	2,03	9,47	1,93	1,01	12,41	14,44	85,94	0,00
T4	6,90	1,24	16,70	9,70	0,00	1,88	9,55	1,60	0,41	11,56	13,44	86,01	0,00
T5	7,00	1,68	12,20	8,14	0,00	1,88	9,10	1,43	0,44	10,97	12,85	65,36	0,00
T6	6,80	1,24	15,60	4,79	0,00	1,88	9,55	1,60	1,05	12,20	14,08	86,64	0,00
T7	6,90	1,23	15,50	7,40	0,00	1,88	9,50	1,60	0,38	11,48	13,36	85,92	0,00
T8	7,00	1,26	26,00	6,07	0,00	1,75	9,55	1,80	1,01	12,16	13,91	85,41	0,00
T9	7,00	1,27	17,10	7,16	0,00	1,88	9,70	1,52	0,50	11,72	13,60	86,17	0,00

Fonte: Autoria própria

Nota ⁽¹⁾: T0- solo; T1 – dejetto equino + casca de café; T2 – dejetto equino + sepilho + braquiária; T3 – dejetto equino + casca de arroz; T4 – dejetto equino + casca de arroz + braquiária; T5 – lodo de laticínio + poda de árvore; T6 – lodo de laticínio + poda de árvore + cinza; T7 – lodo de laticínio + poda de árvore (vermicompostagem); T8 – lodo de laticínio + poda de árvore + cinza (vermicompostagem); T9- NPK.

Nota ⁽²⁾: Não foi realizada análise para esse parâmetro.

Nota: ⁽³⁾ SB= Soma de bases; ⁽⁴⁾ T= Capacidade de troca de cátions; ⁽⁵⁾ V= Saturação por bases; ⁽⁶⁾ SAI= Saturação por alumínio.

A adição de cálcio e magnésio no solo por meio da calagem e, em menor proporção, pelos adubos e fertilizante químico, contribuiu para o aumento da saturação por bases, exceto em T5. Esse aumento também foi observado por Hernandez e Silveira (1998) ao cultivar milho com adição de CaCO₃, MgO e doses de potássio. O uso de composto orgânico proveniente de resíduo sólido urbano proporcionou aumento médio de 39% na saturação de bases de solos ácidos, conforme relatado por Abreu Jr, Muraoka e Oliveira (2001). A adição desses nutrientes também contribuiu para o aumento da soma de bases em todos os tratamentos. Santos, Casali e Conde (2001) verificaram que a aplicação de diferentes doses de adubo orgânico à base de cama de aviário proporcionou aumento proporcional na soma de bases do solo.

Segundo Lopes e Guilherme (1992) a capacidade de troca de cátions (CTC) do solo entre 6 a 25 cmol_c dm⁻³ implica em alta porcentagem de argila e matéria orgânica e maior capacidade de reter nutrientes e umidade, fatores importantes para

o desenvolvimento das plantas. Por meio da Tabela 5 pode-se notar que a CTC do solo encontrava-se adequada para cultivo e que a calagem e a adição dos adubos elevaram os valores de CTC. Camargo, Castro e Vieira (1997) observaram que além do aumento da CTC, a calagem propiciou aumento do pH, da soma de bases e do teor de fósforo, além de diminuir o teor de alumínio. Ao avaliarem o efeito residual da adubação com composto orgânico em alface, Santos, Casali e Conde (2001) constataram que a aplicação de fertilizante químico (NPK 4-14-8) não apresentou efeito residual no solo, diferente do composto orgânico, que propiciaram efeito residual progressivo da CTC do solo com o aumento das doses aplicadas. Abreu Jr, Muraoka e Oliveira (2001) relataram que o uso de composto orgânico de resíduo sólido urbano aumentou em 42% a CTC de solos ácidos.

A quantidade de alumínio e a saturação por alumínio no solo não foram alteradas pela adição dos adubos e do fertilizante. Isso pode ser considerado benéfico, visto que o alumínio em solos ácidos é um dos principais responsáveis pela baixa produtividade das culturas, constituindo um fator limitante ao crescimento das plantas (MIGUEL et al., 2010).

6.2 CULTIVO DA ALFACE

6.2.1 Avaliação do Desenvolvimento da Cultura

Na Figura 8 são apresentados os resultados de massa fresca (MF) e massa seca (MS) das alfaces após o período de cultivo.

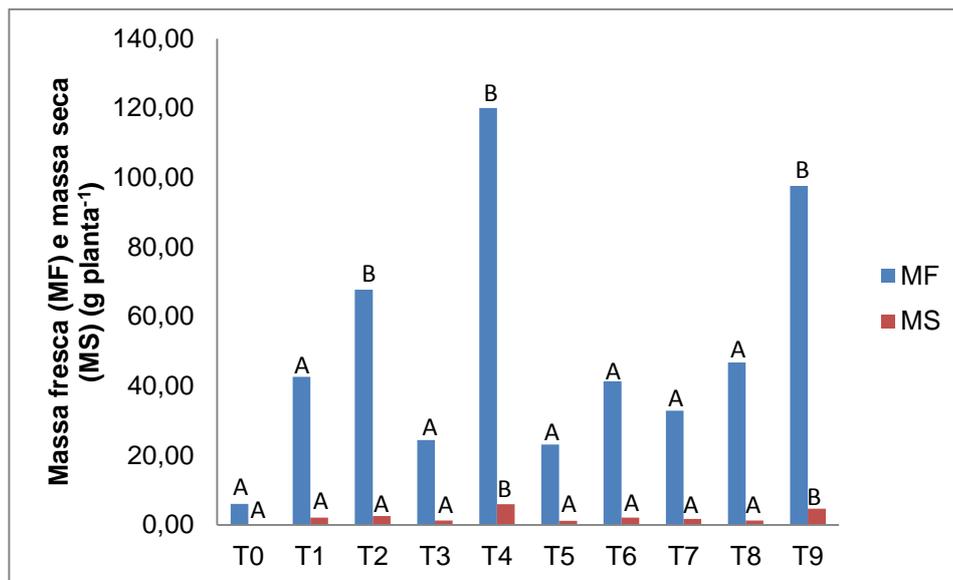


Figura 8- Massa fresca e massa seca das alfaces cultivadas.

Fonte: Autoria própria.

Nota ⁽¹⁾: Letras iguais significam semelhança estatística entre os tratamentos ao se comparar o mesmo parâmetro, ao nível de 5% de significância pelo teste Scott-knott.

Nota ⁽²⁾: T0- solo; T1 – dejetos equino + casca de café; T2 – dejetos equino + sepião + braquiária; T3 – dejetos equino + casca de arroz; T4 – dejetos equino + casca de arroz + braquiária; T5 – lodo de laticínio + poda de árvore; T6 – lodo de laticínio + poda de árvore + cinza; T7 – lodo de laticínio + poda de árvore (vermicompostagem); T8 – lodo de laticínio + poda de árvore + cinza (vermicompostagem).

A partir da Figura 8 é possível perceber que houve efeitos distintos na produção de massa fresca e massa seca em relação aos tipos de adubos orgânicos utilizados. Os tratamentos T2 e T4, ambos com dejetos de equino e braquiária em sua composição, apresentaram resultado superior aos compostos de lodo de laticínio em relação ao parâmetro MF. Além disso, esses tratamentos mostraram resultado semelhante à T9 (NPK). Segundo Silva, Bôas e Silva (2010) o parâmetro massa fresca é o que melhor define a produção vegetal da alface, que é comercializada in natura.

Santi et al. (2010), ao cultivarem alface com esterco bovino e serragem, obtiveram massa fresca de 116,61 g planta⁻¹, que se aproxima do valor encontrado para T4 (120,0 g planta⁻¹).

Villas Bôas et al. (2004) ao utilizarem composto à base de esterco de galinha e casca de eucalipto no cultivo de alface obtiveram massa fresca de 88,5 g planta⁻¹, resultado esse que é maior que os tratamentos à base de lodo de laticínio e T2 (67,75 g planta⁻¹), e menor que T4 (120,02 g planta⁻¹) e T9 (97,64 g planta⁻¹). Os

mesmos autores obtiveram massa seca de $7,5 \text{ g planta}^{-1}$, resultado superior a todos os tratamentos desse estudo.

Com exceção de T0, pode-se observar que os tratamentos com menor produção de massa fresca, T5 ($23,19 \text{ g planta}^{-1}$), T3 ($24,48 \text{ g planta}^{-1}$) e T7 ($32,89 \text{ g planta}^{-1}$), foram aqueles que apresentaram os compostos com as menores quantidades de fósforo no pré-plantio (Tabela 1). O mesmo comportamento foi encontrado por Figueiredo et al. (2012) ao cultivar alface com esterco de ovino.

Segundo Peixoto e Peixoto (2009) a massa seca é um parâmetro muito utilizado quando se está interessado em produtividade, pois demonstra o valor real da massa da planta. Para a massa seca, apenas T4 mostrou-se superior aos demais tratamentos compostos por adubos orgânicos e semelhante ao fertilizante químico. Todos os tratamentos mostraram incremento de MS superior em relação à testemunha, como observado também por Oliveira et al. (2014) e Santos et al. (1994).

A presença de cinza, bem como o processo de produção do adubo orgânico (compostagem e vermicompostagem) nos tratamentos T5, T6, T7 e T8, não resultou em diferença estatística significativa nos parâmetros massa fresca e massa seca. Porém, por meio da Tabela 4 pode-se constatar que o processo de vermicompostagem aumentou os teores de macronutrientes em T7 e T8, contribuindo para maior produção de MF ($32,89$ e $46,81 \text{ g planta}^{-1}$) e MS ($1,74$ e $1,26 \text{ g planta}^{-1}$) nesses tratamentos, quando comparados à T5 (MF= $23,19 \text{ g planta}^{-1}$ e MS= $1,21 \text{ g planta}^{-1}$) e T6 (MF= $41,36 \text{ g planta}^{-1}$ e MS= $2,12 \text{ g planta}^{-1}$), com exceção do parâmetro MS em T6.

Em relação à presença de cinza, percebe-se que sua incorporação em T6 e T8 aumentou os teores de manganês, que foram os maiores em relação aos demais tratamentos (Tabela 4). Já T5 e T7 apresentaram os menores teores desse nutriente, mostrando que os compostos à base de lodo de laticínio são pobres em manganês. Esse fato fez com que a produção de MF e MS em T6 e T8 fosse maior que em T5 e T7. Além disso, a elevação do pH para faixa neutra não permitiu que alto teor de manganês apresentasse efeito tóxico às alfaces, pois, segundo Malavolta (1967), solos ácidos favorecem o acúmulo do manganês no solo até atingir nível tóxico.

Peixoto e Peixoto (2009) afirmam que as folhas são o centro de produção de matéria seca através da fotossíntese, sendo o restante da planta dependente da

exportação dessa fitomassa. Isso pode ser visto em todos os tratamentos, visto que o número de folhas foi proporcional ao de matéria seca, como mostrado nas Figuras 8 e 9.

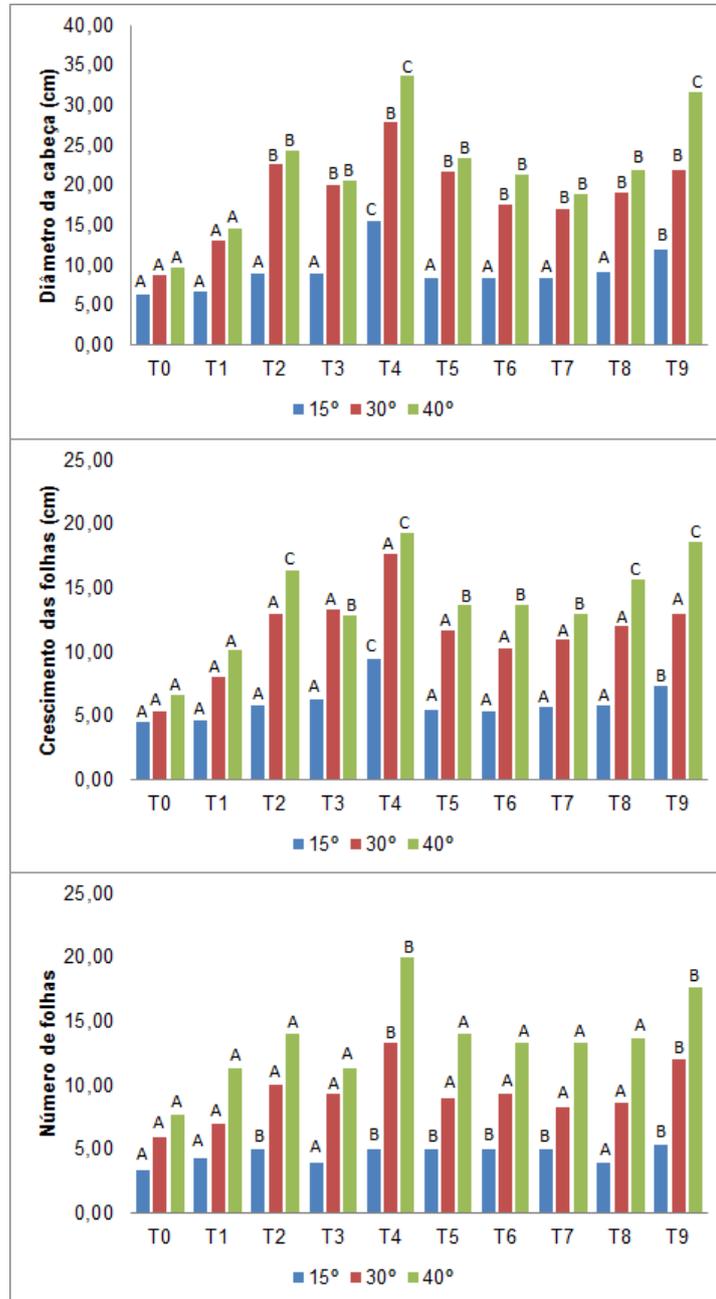


Figura 9- Parâmetros do desenvolvimento da cultura ao longo do período de plantio

Fonte: Autoria própria.

Nota ⁽¹⁾: Letras iguais significam semelhança estatística entre os tratamentos ao se comparar a mesma data, ao nível de 5% de significância pelo teste Scott-knott.

Nota ⁽²⁾: T0- solo; T1 – dejetos equinos + casca de café; T2 – dejetos equinos + sepilho + braquiária; T3 – dejetos equinos + casca de arroz; T4 – dejetos equinos + casca de arroz + braquiária; T5 – lodo de laticínio + poda de árvore; T6 – lodo de laticínio + poda de árvore + cinza; T7 – lodo de laticínio + poda de árvore (vermicompostagem); T8 – lodo de laticínio + poda de árvore + cinza (vermicompostagem).

A partir do Figura 9 é possível perceber que a superioridade nos resultados de crescimento, diâmetro da cabeça e número de folhas foram para os tratamentos T4 e T9 (em relação aos demais). Ricci et al. (1994) ao cultivarem alface com composto e vermicomposto com a mesma composição, e uma testemunha com fertilização química, obtiveram respostas semelhantes entre os tratamentos nos parâmetros avaliados. Já Oliveira et al. (2010) observaram maior rendimento de número de folhas no cultivo orgânico em relação ao convencional.

Os maiores valores de diâmetro da cabeça, crescimento e número de folhas ocorreram nos tratamentos T4 e T9, fato esse que refletiu em maior massa fresca, mostrando-se mais atrativos para o comércio. Segundo Araújo et al. (2011) o maior número de folhas na alface com maior área foliar, maior massa fresca estão relacionados à maior produtividade, fato esse que foi observado nesses tratamentos.

Morales et al. (2013) ao utilizarem vermicomposto com casca de arroz em sua composição no cultivo de alface obtiveram maior número de folhas quando comparados com os tratamentos sem a presença desse material. Em T4, que possui casca de arroz, o número de folhas ao final do cultivo foi igual a 20, próximo aos valores médios encontrados por esse autor (20,7 e 18,4).

Santi et al. (2010) ao cultivarem alface com aplicação de adubo à base de esterco e serragem obtiveram massa fresca (177,69 g), diâmetro (25,45 cm) e número de folhas (23,58) próximos aos resultados encontrados em T4 (MF=120,02 g planta⁻¹, DC=19,3 cm e NF=20) e T9 (MF=97,64 g planta⁻¹, DC=31,7 cm e NF=17,7).

Em relação ao crescimento das folhas as melhores respostas foram em T4 (20,0 cm), T9 (18,7 cm) e T2 (16,3 cm). Oliveira et al. (2010) encontraram crescimento de 22,3 cm para o cultivo orgânico e 16,8 cm para o mineral.

Pode-se observar que os tratamentos contendo lodo de laticínio e poda de árvore apresentaram resultados inferiores em relação aos demais em todos os parâmetros. Kiehl (1985) afirma que a decomposição da madeira libera compostos que podem causar danos às plantas, fato esse que pode ter contribuído para esse resultado. Além disso, a menor resposta desses adubos pode ter ocorrido devido à mineralização insuficiente, diminuindo a nutrição para as plantas, como relatado também por Vidigal et al. (1997) ao utilizarem diferentes adubos no cultivo de alface.

A resposta da alface em relação aos diferentes compostos utilizados mostra que a sua composição interfere diretamente na produção e desenvolvimento da hortaliça, fato esse observado também por Silva, Bôas e Silva (2010) ao cultivarem alface com compostos orgânicos com diferentes composições.

Os tratamentos com presença de cinza, T6 e T8, apresentaram os maiores teores de manganês no pré-plantio (Tabela 5). Apesar de ser tóxico às plantas, esse elemento não contribuiu para o baixo desenvolvimento das plantas (Figura 9). A calagem realizada no solo antes do plantio pode ter influenciado nesse resultado ao eliminar o efeito tóxico do manganês (Ferreira et al, 2010).

A testemunha, sem adubação, apresentou os menores resultados em todos os parâmetros de desenvolvimento avaliados. De acordo com a Lei dos Mínimos de Liebig, citada por Alcarde, Guidolin e Lopes (1998), o máximo de produção depende do fator de crescimento que se encontra à disposição da planta em menor quantidade. Portanto, pode-se inferir que a pequena quantidade de potássio no solo ($0,27 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) influenciou nesse resultado, em vista que o potássio é um dos nutrientes essenciais para o desenvolvimento de plantas, incluindo a alface.

Na Figura 10 são apresentados os resultados encontrados para as clorofilas *a* e *b* ao final do cultivo.

Os resultados obtidos para clorofila *a* e clorofila *b* não se distinguiram estatisticamente pelo teste de Scott-knott ao nível de 5% de significância, mostrando que esses parâmetros não apresentaram relação com os demais e que a composição do adubo orgânico e o tipo do fertilizante (orgânico ou químico) não interferiram nos seus resultados. O mesmo foi observado por Morais et al. (2011) ao cultivarem alface com diferentes dosagens de ácidos húmicos e fúlvicos.

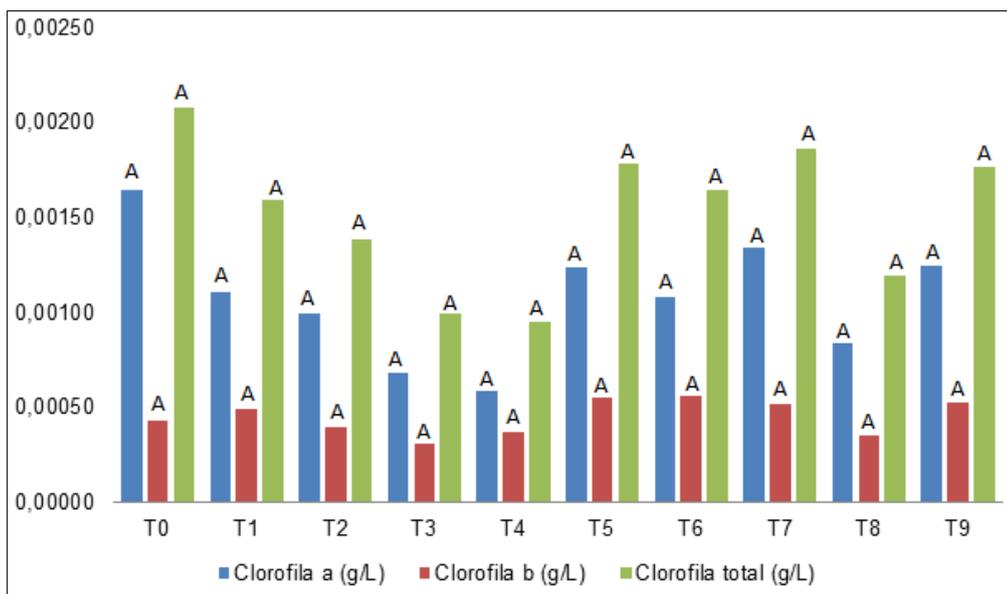


Figura 10- Clorofila a e Clorofila b ao final do cultivo

Fonte: Autoria própria

Nota ⁽¹⁾: Letras iguais significam semelhança estatística entre os tratamentos ao se comparar o mesmo parâmetro, ao nível de 5% de significância pelo teste Scott-knott.

Nota ⁽²⁾: T0- solo; T1 – dejetos equinos + casca de café; T2 – dejetos equinos + sepilho + braquiária; T3 – dejetos equinos + casca de arroz; T4 – dejetos equinos + casca de arroz + braquiária; T5 – lodo de laticínio + poda de árvore; T6 – lodo de laticínio + poda de árvore + cinza; T7 – lodo de laticínio + poda de árvore (vermicompostagem); T8 – lodo de laticínio + poda de árvore + cinza (vermicompostagem).

6.2.2 Avaliação Microbiológica da Cultura

6.2.2.1 Análise do Solo e dos Adubos Orgânicos

Na Figura 11 são mostrados os resultados encontrados nas análises microbiológicas do solo e dos compostos antes do plantio.

Apenas os tratamentos T4 (dejetos equinos + casca de arroz + braquiária), T5 (lodo de laticínio + poda de árvore) e T8 (lodo de laticínio + poda de árvore + cinza) apresentaram contaminação por coliformes termotolerantes (CTT). Considerando que T4 atingiu temperatura adequada à sanitização de microrganismos patogênicos durante o processo de compostagem e T5 e T8 não possuíam em suas composições resíduos com patógenos, já que *E.coli* é um CTT presente no intestino de animais de sangue quente, essa contaminação pode ter ocorrido devido ao local de armazenamento dos compostos, onde havia circulação de cães e ratos.

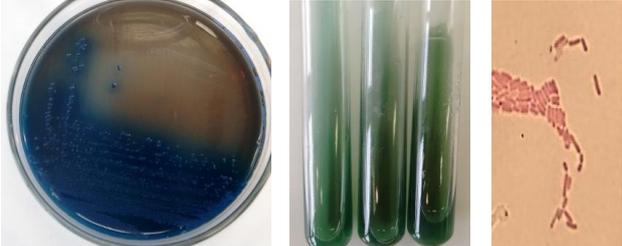
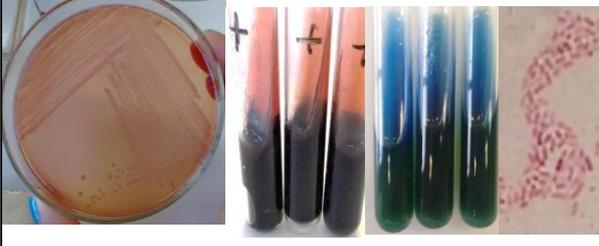
CTT e <i>Escherichia coli</i>		<i>Salmonella</i>	
Controle Positivo		Controle Positivo	
			
Tratamento	Resultado	Tratamento	Resultado
T0	Negativo	T0	Negativo
T1	Negativo	T1	Negativo
T2	Negativo	T2	Negativo
T3	Negativo	T3	Negativo
T4	Positivo	T4	Negativo
T5	Positivo	T5	Negativo
T7	Negativo	T7	Negativo
T8	Positivo	T8	Negativo

Figura 11- Controle positivo e resultados encontrados para *Escherichia coli* e *Salmonella* no pré-plantio

Nota ⁽¹⁾: T0- solo; T1 – dejetos equinos + casca de café; T2 – dejetos equinos + sepião + braquiária; T3 – dejetos equinos + casca de arroz; T4 – dejetos equinos + casca de arroz + braquiária; T5 – lodo de laticínio + poda de árvore; T6 – lodo de laticínio + poda de árvore + cinza; T7 – lodo de laticínio + poda de árvore (vermicompostagem); T8 – lodo de laticínio + poda de árvore + cinza (vermicompostagem).

Em relação à *Salmonella sp* nenhum dos tratamentos apresentou contaminação. Abreu et al. (2010) não detectaram contaminação por *Salmonella sp* e coliformes termotolerantes do adubo orgânico utilizado na produção de alface.

6.2.2.2 Análise das Alfaces

Após a semeadura das amostras em Ágar MacConkey, todos os tratamentos apresentaram coloração típica para *Salmonella sp*. Porém, por meio do teste bioquímico TSI pode-se constatar que não havia contaminação por esse microrganismo em nenhum dos tratamentos (Figura 12), atendendo ao estabelecido pela RDC nº12 da ANVISA (ANVISA, 2001).

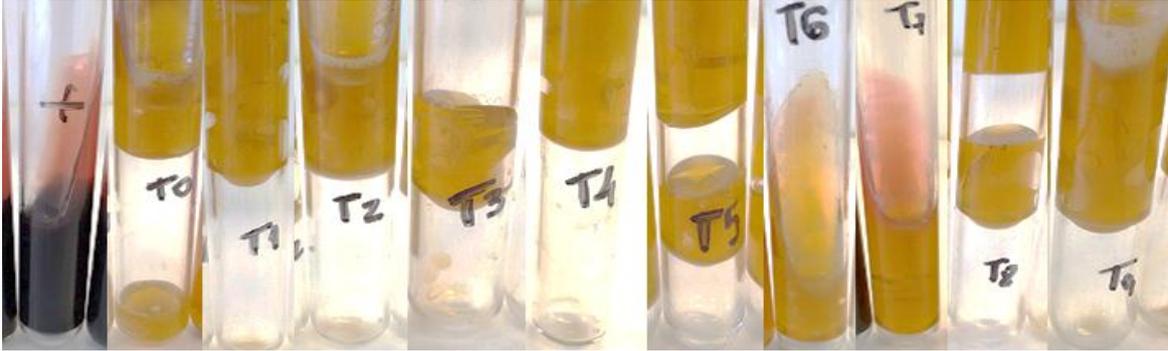


Figura 12- Resultado do teste TSI para *Salmonella sp*

Nota ⁽¹⁾: (+) - Controle positivo; T0- solo; T1 – dejetos equinos + casca de café; T2 – dejetos equinos + sepalho + braquiária; T3 – dejetos equinos + casca de arroz; T4 – dejetos equinos + casca de arroz + braquiária; T5 – lodo de laticínio + poda de árvore; T6 – lodo de laticínio + poda de árvore + cinza; T7 – lodo de laticínio + poda de árvore (vermicompostagem); T8 – lodo de laticínio + poda de árvore + cinza (vermicompostagem); T9- NPK.

Abreu et al. (2010) não encontraram contaminação por *Salmonella sp* ao cultivarem alface adubada com diferentes resíduos orgânicos e com fertilizante químico. O mesmo resultado foi obtido por Abreu (2008) ao cultivar alface em tratamentos com fertilizante químico, composto orgânico, dejetos de galinha, dejetos bovinos e húmus de minhoca. Já Nakagawa et al. (2014) ao estudarem a contaminação microbiana em vegetais folhosos provenientes de agricultura familiar, detectaram a presença de *Salmonella sp* em 29% das amostras analisadas.

Na Tabela 6 são mostrados os resultados para análise de coliformes totais (CT) e coliformes termotolerantes (CTT).

Com exceção de T0, todos os tratamentos apresentaram presença de coliformes totais. Porém, ao avaliar a presença de termotolerantes observa-se que isso ocorreu apenas em T8 e com um valor acima do limite permitido pela RDC nº12 da ANVISA (ANVISA, 2001) para hortaliças consumidas *in natura* (10^2 NMP g^{-1}).

Tabela 6- NMP/g para coliformes totais (CT) e termotolerantes (CTT) e intervalo de confiança ao nível de 95% de probabilidade

Tratamentos ¹	Coliformes totais			Coliformes termotolerantes		
	NMP/g	Intervalo de confiança (95%)		NMP/g	Intervalo de confiança (95%)	
		Mínimo	Máximo		Mínimo	Máximo
T0	0	0	9,5	0	0	9,5
T1	21	4,5	42	0	0	9,5
T2	23	4,6	94	0	0	9,5
T3	>1100	420	-	0	0	9,5
T4	240	42	1000	0	0	9,5
T5	240	42	1000	0	0	9,5
T6	>1100	420	-	0	0	9,5
T7	1100	180	4100	0	0	9,5
T8	460	90	2000	460	90	2000
T9	240	42	1000	0	0	9,5

Nota ⁽¹⁾: T0- solo; T1 – dejetos equinos + casca de café; T2 – dejetos equinos + sepilho + braquiária; T3 – dejetos equinos + casca de arroz; T4 – dejetos equinos + casca de arroz + braquiária; T5 – lodo de laticínio + poda de árvore; T6 – lodo de laticínio + poda de árvore + cinza; T7 – lodo de laticínio + poda de árvore (vermicompostagem); T8 – lodo de laticínio + poda de árvore + cinza (vermicompostagem); T9- NPK.

Abreu (2008) verificou que 13,3% da alface cultivada com composto orgânico apresentava contaminação por coliformes termotolerantes. Porém, o autor afirma que essa contaminação ocorreu devido à contaminação da água de irrigação, pois na análise feita no composto antes do plantio não foi constatada a contaminação por esses microrganismos. Além da contaminação pela água, Arbos et al. (2010) relacionaram a contaminação por *Salmonella sp* e coliformes termotolerantes de alface sob cultivo orgânico ao emprego de adubos sem tempo de compostagem adequado. Santana et al. (2006) detectaram contaminação por *Salmonella sp* e coliformes termotolerantes em todas as amostras de alface sob cultivo orgânico.

Em relação à *Escherichia coli*, apesar dos testes realizados confirmaram a presença de coliformes termotolerantes, por meio dos testes bioquímicos e coloração de Gram não foi confirmada a presença desse microrganismo nas alfaces. Isso mostra que a contaminação que havia nos compostos dos tratamentos T4, T5 e T8 não foi transferida para as alfaces produzidas. Como os adubos foram incorporados ao solo antes do plantio, apenas as raízes da planta tiveram contato com esses adubos contaminados, o que justifica a não contaminação da parte aérea da planta.

Lotto (2008) detectou índices médios de contaminação por *E.coli* em alface sob cultivo orgânico, com variação de 8 a 102 NMP g⁻¹. Já no cultivo convencional essa variação foi de 11 a 51 NMP g⁻¹.

Santana et al. (2006) identificaram contaminação por *E.coli* em alface em diferentes sistemas de cultivo em duas de 60 amostras analisadas.

6.2.3 Carbono Orgânico (C_{org}) e Matéria Orgânica do Solo

Na Figura 13 são mostrados os teores de carbono orgânico no solo antes e depois do período de cultivo.

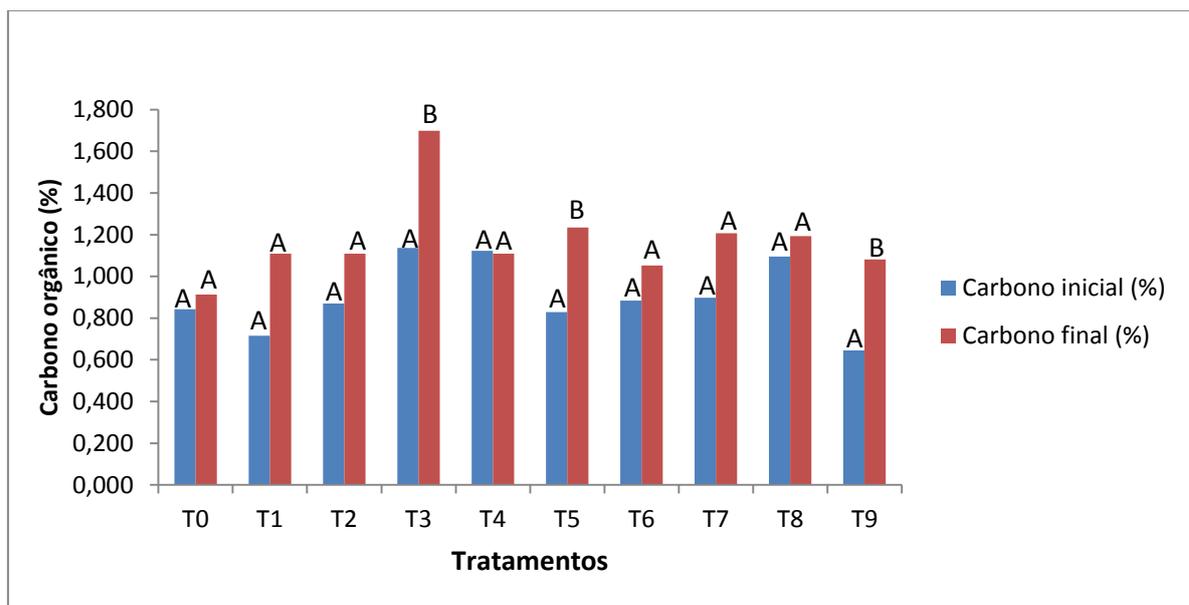


Figura 13- Teores inicial e final de carbono orgânico

Nota ⁽¹⁾: Letras iguais significam semelhança estatística entre os tratamentos ao se comparar o mesmo parâmetro, ao nível de 5% de significância pelo teste Scott-knott.

Nota ⁽²⁾: T0- solo; T1 – dejetos equinos + casca de café; T2 – dejetos equinos + sepias + braquiária; T3 – dejetos equinos + casca de arroz; T4 – dejetos equinos + casca de arroz + braquiária; T5 – lodo de laticínio + podas de árvores; T6 – lodo de laticínio + podas de árvores + cinza; T7 – lodo de laticínio + podas de árvores (vermicompostagem); T8 – lodo de laticínio + podas de árvores + cinza (vermicompostagem); T9- NPK.

Ao comparar carbono orgânico inicial e final pode-se observar que houve incremento desse nutriente no solo com a adição de adubos orgânicos e do fertilizante químico, exceto em T4.

Antes do plantio todas as parcelas apresentaram quantidade de C_{org} estatisticamente semelhantes. No entanto, após o plantio os tratamentos T3, T5 e T9 mostraram-se com teores superiores aos demais e semelhantes entre si, sendo que T3 e T5 eram adubos de composições diferentes e T9, fertilizante químico.

No Quadro 3 são mostrados os teores inicial e final de matéria orgânica (MO), calculados a partir dos teores de carbono orgânico, bem como seus níveis de interpretação para solos do Paraná, baseados em Lana et al. (2010).

Nível de MO (%) ⁽¹⁾	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
	≤ 1,4	1,5 a 2,5	2,6 a 3,5	3,6 a 6,0	≥ 6,1
Tratamentos ⁽²⁾	MO inicial		MO final		
	(%)	Nível	(%)	Nível	
T0	1,452	Muito baixo	1,573	Baixo	
T1	1,234	Muito baixo	1,912	Baixo	
T2	1,501	Baixo	1,912	Baixo	
T3	1,961	Baixo	2,929	Baixo	
T4	1,936	Baixo	1,912	Baixo	
T5	1,428	Muito baixo	2,130	Baixo	
T6	1,525	Baixo	1,815	Baixo	
T7	1,549	Baixo	2,082	Baixo	
T8	1,888	Baixo	2,057	Baixo	
T9	1,113	Muito baixo	1,864	Baixo	

Quadro 3- Nível de interpretação de matéria orgânica inicial e final

Nota ⁽¹⁾: Nível de interpretação de matéria orgânica baseado em Lana et al. (2010).

Nota ⁽²⁾: T0- solo; T1 – dejetos equino + casca de café; T2 – dejetos equino + sepilho + braquiária; T3 – dejetos equino + casca de arroz; T4 – dejetos equino + casca de arroz + braquiária; T5 – lodo de laticínio + poda de árvore; T6 – lodo de laticínio + poda de árvore + cinza; T7 – lodo de laticínio + poda de árvore (vermicompostagem); T8 – lodo de laticínio + poda de árvore + cinza (vermicompostagem); T9- NPK.

Pode-se observar por meio do Quadro 3 que a incorporação dos adubos e do fertilizante melhoraram o nível de matéria orgânica do solo apenas em T1, T3, T5 e T9. Com exceção de T4, os demais tratamentos, apresentaram aumento no teor de MO, porém o nível de interpretação continuou como baixo.

Ao relacionar o Quadro 3 com as Figuras 8 e 9, nota-se que o incremento de matéria orgânica não teve relação com o ótimo desenvolvimento da cultura em T4, que apresentou redução de matéria orgânica. Já em T9, que também apresentou desenvolvimento da cultura satisfatório, houve aumento no nível de interpretação de MO apesar de este conter fertilizante químico em sua composição. Isso pode estar relacionado ao sistema radicular das plantas que ao se desenvolverem no solo, agrega matéria orgânica ao mesmo.

6.2.4 Respiração Microbiana do Solo

Na Figura 14 são mostrados os dados de respiração microbiana do solo ao final do plantio.

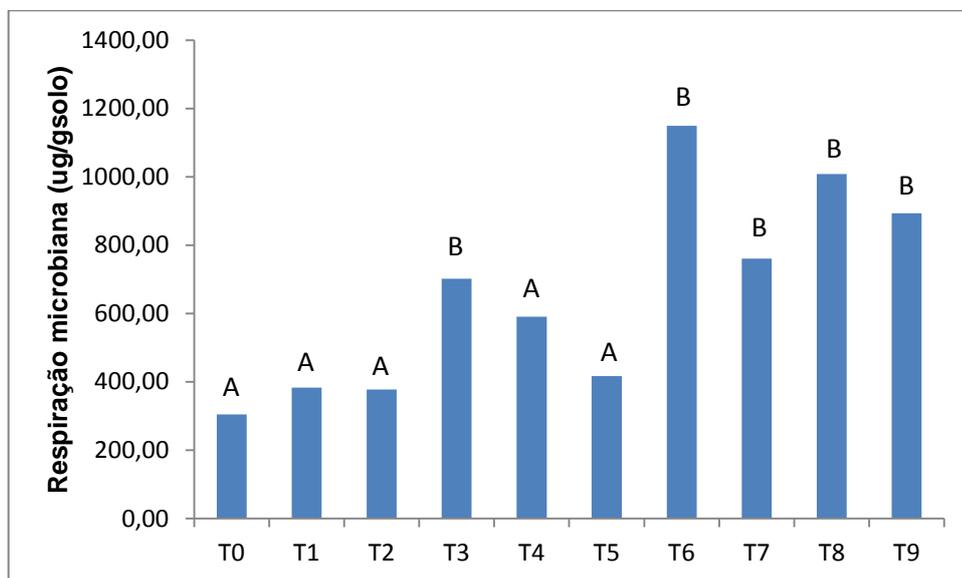


Figura 14- Respiração microbiana do solo ao final do cultivo

Nota ⁽¹⁾: Letras iguais significam semelhança estatística entre os tratamentos, ao nível de 5% de significância pelo teste Scott-knott.

Nota ⁽²⁾: T0- solo; T1 – dejetos equinos + casca de café; T2 – dejetos equinos + sepião; T3 – dejetos equinos + casca de arroz; T4 – dejetos equinos + casca de arroz + braquiária; T5 – lodo de laticínio + poda de árvore; T6 – lodo de laticínio + poda de árvore + cinza; T7 – lodo de laticínio + poda de árvore (vermicompostagem); T8 – lodo de laticínio + poda de árvore + cinza (vermicompostagem); T9- NPK.

De acordo com Lopes et al. (2012) os maiores teores de matéria orgânica no solo refletem em quantidades maiores de carbono microbiano e, conseqüentemente, de respiração microbiana. Porém, isso não corrobora com os resultados obtidos nesse experimento. Ao comparar o Quadro 3 com a Figura 14 pode-se observar que a respiração microbiana mais acentuada ocorreu em T6 (1448,83 $\mu\text{g g solo}^{-1}$), que apresentou o segundo menor teor de matéria orgânica ao final do cultivo (1,815%). T3 apresentou o maior teor de MO (2,93%), mas em relação à respiração microbiana, esse tratamento não foi o que mais se destacou, apresentando respiração de 701,69 ($\mu\text{g g solo}^{-1}$).

A respiração microbiana foi maior nos tratamentos T6 e T8, compostos por lodo de laticínio, poda de árvore e cinza, e obtidos por compostagem e vermicompostagem, respectivamente. Esse resultado pode estar relacionado aos maiores teores de boro, cobre e manganês nesses tratamentos (Tabela 4) devido à presença de cinza. Os teores desses micronutrientes podem ter influenciado positivamente as atividades microbianas no solo, levando à maior atividade e, por conseqüência, maior respiração.

Os tratamentos a base de lodo de laticínio apresentaram maior respiração microbiana que os com dejetos de equino. Isso pode ter ocorrido devido à composição desse lodo, oriundo de tratamento secundário de efluente de laticínio, o qual é composto basicamente por microrganismos.

Com exceção de T3, todos os demais tratamentos à base de dejetos de equino apresentaram resultados semelhantes estatisticamente, variando de 377,24 $\mu\text{g g solo}^{-1}$ (T2) a 590,52 $\mu\text{g g solo}^{-1}$ (T4), assemelhando-se à testemunha sem adubação (304,58 $\mu\text{g g solo}^{-1}$).

O tratamento com NPK (T9) apresentou resultado de respiração microbiana semelhante aos maiores encontrados nos tratamentos com adubo orgânico (T3, T6, T7 e T8). Ao avaliarem a respiração microbiana em solo cultivado com videira em manejo convencional e orgânico (adubação verde), Amaral et al. (2012) encontraram maior respiração microbiana do solo no manejo convencional, no qual foi adicionado NPK 5-20-20.

Ao observar a Tabela 5, é notório o alto teor de fósforo em T3 após o cultivo da alface. Pode-se inferir que a atividade microbiana nesse tratamento aumentou a disponibilidade desse nutriente no solo, pois essa atividade mineraliza a matéria

orgânica, aumentando a disponibilidade de nutrientes no solo (LUCHESE; FAVERO; LENZI, 2001).

7. CONCLUSÃO

Em relação aos objetivos traçados e aos resultados obtidos pode-se concluir que:

- O desenvolvimento da alface foi afetado diretamente pelas diferentes fontes de nutrientes. Os adubos à base de dejetos de equino mostraram-se melhores aos de lodo de laticínio, pois propiciaram maior massa fresca, massa seca, diâmetro da cabeça, crescimento e número de folhas. O tratamento T4 (dejetos de equino + casca de arroz + braquiária) apresentou resultados semelhantes à T9 (NPK) mostrando que o uso de composto orgânico como forma de suprimento nutricional pode ser usado no lugar dos fertilizantes químicos.

- O tratamento sem adição de nutrientes (T0) apresentou baixo desenvolvimento da cultura, indicando a necessidade da adição de fontes nutricionais no solo.

- Não foi verificada a ocorrência de contaminação da alface por *Salmonella sp* e *Escherichia coli*, evidenciando a segurança alimentar em se consumir hortaliça produzida com adubo orgânico.

- A adição dos adubos e a calagem propiciaram incremento de macro e micronutrientes no solo.

- O teor de matéria orgânica do solo aumentou em todos os tratamentos.

- A respiração microbiana do solo apresentou comportamento independente da composição dos adubos.

Por fim, pode-se concluir que o adubo orgânico composto por dejetos de equino, casca de arroz e braquiária é o mais indicado para uso no cultivo de alface, pois proporciona boas características comerciais, melhora as características do solo, além de não apresentar risco microbiológico à saúde do consumidor.

8. RECOMENDAÇÕES

Tendo em vista os resultados apresentados nesse estudo, são apresentadas as seguintes recomendações para futuros projetos:

- Adicionar um tratamento com dejetos in natura a fim de verificar se o uso desse resíduo sem tratamento prévio contamina a cultura;
- Realizar a análise de respiração microbiana antes do plantio, para avaliar se o incremento de matéria orgânica no solo aumenta ou diminui a atividade dos microrganismos;
- Para entender melhor o aproveitamento de cada nutriente pela cultura, sugere-se avaliar a absorção dos nutrientes por meio da análise foliar e realizar ensaio de lixiviação em colunas de solo a fim de verificar a mobilidade dos nutrientes no perfil do solo.

REFERÊNCIAS

ABREU, I. M. de O.; JUNQUEIRA, A. M. R.; PEIXOTO, J. R.; OLIVEIRA, S. A. de. Qualidade Microbiológica e Produtividade de Alface sob Adubação Química e Orgânica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 1, p.108-118, maio 2010.

ABREU, I. M. de O. **Produtividade e Qualidade Microbiológica de Alface sob Diferentes Fontes de Adubos Orgânicos**. 2008. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ciências Agrárias, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

ABREU Jr, C. H.; MURAOKA, T.; OLIVEIRA, F. C.. Cátions trocáveis, capacidade de troca de cátions e saturação por bases em solos brasileiros adubados com composto de lixo urbano. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 4, p.813-824, out. 2001.

ALCARDE, J. C.; GUIDOLIN, J. A.; LOPES, A. S.. **Os adubos e as eficiências das adubações**. 3. ed. São Paulo: Associação Nacional Para Difusão de Adubos, 1998. Disponível em: <http://www.anda.org.br/multimidia/boletim_03.pdf>. Acesso em: 28 out. 2015.

ALMEIDA, T. B. F.; PRADO, R. de M.; CORREIA, M. A. R.; PUGA, A. P.; BARBOSA, J. C. Avaliação nutricional da alface cultivada em soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes. **Revista Biotemas**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p.27-36, jun. 2011.

AMARAL, H. F.; SENA, J. O. A.; ANDRADE, D. S.; JÁCOME, A. G.; CALDAS, R. G. Carbon and soil microbial respiration in soil from conventional, organic vineyards and comparison with an adjacent forest. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.33, n.2, p.437-448, abr. 2012.

APHA – American Public Health Association; AWWA – American Water Works Association; WEF – Water Environment Federation. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22 ed. Washington: American Public Health Association, 2012.

ARAÚJO, W. F.; SOUSA, K. T. S. de; VIANA, T. V. de A.; AZEVEDO, B. M. de; BARROS, M. M.; MARCOLINO, E. Resposta da alface a adubação nitrogenada. **Revista Agro@ambiente**, Boa Vista, v. 5, n. 1, p.12-17, jan/abril. 2011.

ARBOS, K. A.; FREITAS, R. J. S.; STERTZ, S. C.; CARVALHO, L. A. Segurança alimentar de hortaliças orgânicas: aspectos sanitários e nutricionais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, vol.30, supl. 1, Maio 2010.

ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, Rockville, v. 24, n. 1, p.1-15, jan. 1949.

BENEDÍ, J. A.; CARPENA, R. M. **Soil-Water-Solute Process Characterization**. Washington: Crc Press, 2005. 778 p.

BEUCHAT, Larry R.. Ecological Factors Influencing Survival and Growth of Human Pathogens on Raw Fruits and Vegetables. **Microbes And Infection**, Georgia, v. 4, n. 4, p.413-423, abr. 2002.

BRASIL. Decreto nº86.955, de 18 de fevereiro de 1982. **Dispõe sobre a Inspeção e a Fiscalização da Produção e do Comércio de Fertilizantes, Corretivos, Inoculantes, Estimulantes ou Biofertilizantes Destinados à Agricultura**.

Disponível em:

<[http://www.agrolink.com.br/fertilizantes/arquivos/decretos/decr_86955_82\[1\].pdf](http://www.agrolink.com.br/fertilizantes/arquivos/decretos/decr_86955_82[1].pdf)>.

Acesso em: 25 out. 2015.

_____. Lei nº 6938, de 31 de agosto de 1981. **Política Nacional do Meio Ambiente**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm>.
Acesso em: 10 nov. 2014.

_____. Ministério da Saúde. Resolução RDC n. 12, de 02 de janeiro de 2001. Estabelece padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 10 jan. 2001. n.7, p.45-53, 2001. Seção I.

_____. Lei nº 11.346 de 15 de setembro de 2006. **Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional**. Disponível em:
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11346.htm. Acesso em: 13 de outubro de 2014.

BRITO, A. C. F.; PONTES, D. de L. **A agricultura e os fertilizantes**. Disponível em: <<http://docente.ifrn.edu.br/albinonunes/disciplinas/quimica-experimental/industria-quimica/cap-4>>. Acesso em: 10 nov 2014.

BRUNINI, O. **Quantificação das Necessidades Hídricas de Culturas para Manejo de Irrigação**. Brasil: Fundag - Fehidro, 2000. 16 p

CAMARGO, O. A. de; CASTRO, O. M. de; VIEIRA, S. R. Alteração de atributos químicos do horizonte superficial de um latossolo e um podzólico com a calagem. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 54, n. 1, jan/ago. 1997. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-90161997000100001&script=sci_arttext>. Acesso em: 01 nov. 2015.

CARDOSO, A. I. I.; FERREIRA, K. P.; JÚNIOR, R. M. V.; ALCARDE, C. Alterações em Propriedades do Solo Adubado com Composto Orgânico e Efeito na Qualidade das Sementes de Alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 4, out-dez. 2011.

CARRERA, L. M.; BUYER, J. S.; VINYARD, B.; ABDUL-BAKI, A. A.; SIKORA, L. J.; TEASDALE, J. R. Effects of cover crops, compost, and manure amendments on soil microbial community structure in tomato production systems. **Applied Soil Ecology**, v. 37, n. 03, p. 247-255, 2007.

EMATER - INSTITUTO PARANAENSE DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. **Manual de Olericultura Orgânica**. Curitiba: Emater, 2007. 128 p.

EMBRAPA. **Como Plantar Hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 33 p.

FANQUIM, V.; ANDRADE, A. T.. **Produção de hortaliças: Nutrição mineral e diagnose do estado nutricional das hortaliças**. Lavras: Faepe, 2004.

FIALHO, J. S.; GOMES, V. F. F.; OLIVEIRA, T. S. de.; JÚNIOR, J. M. T. da S. Indicadores da qualidade do solo em áreas sob vegetação natural e cultivo de bananeiras na Chapada do Apodi-CE. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 37, n. 3, p.250-257, maio. 2006.

FIGUEIREDO, C. C.; RAMOS, M. L. G.; McMANUS, C. M.; MENEZES, A. M. Mineralização de esterco de ovinos e sua influência na produção de alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.30, n.1, p.175-179, jan-mar. 2012.

FIGUEIREDO, P. G.; TANAMATI, F. Y. Adubação Orgânica e Contaminação Ambiental. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 5, n. 3, p.1-4, jul. 2010.

FONSECA, M. F. de A. C.; SOUZA, C. de; SILVA, G. R. R. da. **Agricultura Orgânica: Regulamentos Técnicos e Acesso aos Mercados dos Produtos Orgânicos no Brasil**. Niterói: Pesagro-rio, 2009. 121 p.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; BARROS, N. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; SANTOS, G. de A. Nitrogênio, Carbono e Atividade da Biomassa Microbiana do Solo em

Plantações de Eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v.29, p.893-901, 2005.

GONÇALVES, F. **Tratamento de Camas de Equinos por Compostagem e Vermicompostagem**. 2014. 131 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Departamento de Curso Superior de Engenharia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2014.

HERNANDEZ, R. J. M.; SILVEIRA, R. I. Efeitos da Saturação por Bases, Relações Ca:Mg no Solo e Níveis de Fósforo Sobre a Produção de Material Seco e Nutrição Mineral de Milho (*Zea mays L.*). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 55, n. 1, jan/abril 1998.

IAPAR. Instituto Agrônomo do Paraná. **Manual de análise química do solo e controle de qualidade**. Londrina: Iapar, 1992. 40 p

_____. Instituto Agrônomo do Paraná. **Cartas Climáticas do Estado do Paraná**. Londrina, 2000. Disponível em:
<<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863>>. Acesso em: 27 out. 2014.

JENKINSON, D. S.; POWLSON, D. S. The Effects of Biocidal Treatments on Metabolism in Soil V. A Method for Measuring Soil Biomass. **Soil Biol. Biochem.** Great Britain, v.8, p.209-213, 1976.

KAWASAKI, L. I.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; FRANCHINI, J. C. Determinação Condutométrica de Carbonato Residual do Calcário Aplicado no Solo por Análise de Fluxo. **Química Nova**. São Paulo, v.23, n.4, p.560-562, 2000.

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

LANA, M. do C.; FEY, R.; FRANDOLOSO, J. F.; RICHART, A.; FONTANIVA, S. **Análise química de solo e tecido vegetal: Práticas de Laboratório**. Marechal Cândido Rondon:Edunioeste, 2010.

LEAL, M. A. de A. **Telado para Produção de Folhosas: Modelo PESAGRO-RIO**. Niterói: PESAGRO-RIO, 2005. 11 p.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.. **Interpretação de análise do solo: Conceitos e aplicações**. São Paulo: Associação Nacional Para Difusão de Adubos, 1992. Disponível em: <http://www.anda.org.br/multimedia/boletim_02.pdf>. Acesso em: 28 out. 2015.

LOPES, H. S. S.; MEDEIROS, M. G.; SILVA, J. R.; JÚNIOR, F. A. M.; SANTOS, M. N.; BATISTA, R. O. Biomassa Microbiana e Matéria Orgânica em solo de Caatinga, Cultivado com Melão na Chapada do Apodi, Ceará. **Revista Ceres**, Viçosa, v.59, n.4, p.565-570, jul/ago 2012.

LOTTO, M. de C. **Avaliação da Contaminação de Alface (*Lactuca sativa*) por Coliformes Termotolerantes e *Escherichia coli* em Sistemas de Cultivo Orgânico e Convencional**. 2008. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2009.

LUCHESE, E. B.; FAVERO, L. O. B.; LENZI, E.. **Fundamentos da química do solo: Teoria e prática**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2001. 182 p.

LÚCIO, A. D. C.; HAESBAERT, F. M.; SANTOS, D.; BENZ, V. Estimativa do tamanho de parcela para experimentos com alface. **Horticultura Brasileira**, Santa Maria, v. 29, n. 4, p.510-515, out/dez 2011.

MALAVOLTA, E. **Manual de Química Agrícola**. 2. ed. São Paulo: Ceres, 1967. 606p.

_____. **ABC da adubação**. 4. ed. São Paulo: Ceres, 1979. 256 p.

MARCHESINI, A.; ALLIEVI, L.; COMOTTI, E.; FERRARI, A. Long-term effects of quality-compost treatment on soil. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 106, p. 253-261, 1988.

MELLO, J. W. V.; RIBEIRO, A. C.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H. Calagem e adubação fosfatada para o arroz em solos inundados: I. Teores de ferro e fósforo nos solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.23, p.847-854, 1999.

MIGUEL, P. S. B.; GOMES, F. T.; ROCHA, W. S. D. da. MARTINS, C. E.; CARVALHO, C. A. de.; OLIVEIRA, A. V. de. Efeitos do alumínio no crescimento das plantas: Mecanismos de tolerância, sintomas, efeitos fisiológicos, bioquímicos e controles genéticos. **CES Revista**, Juiz de Fora, v. 24, p.13-29, 2010.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Lei nº 10.831 de 23 de dezembro de 2003**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/l10.831.htm. Acesso em: 13 de outubro de 2014.

MORAIS, J.; NASCIMENTO, I. de O.; NEVES, V. L. D.; RODRIGUES, A. A. C.; AZEVEDO, S. A. de; BEZERRA, G. de A. Efeitos dos Ácidos Húmicos e Fúlvicos na Microflora do Solo e na Concentração de Clorofila em Alfaca. In: VII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 2011, Fortaleza. **Resumos...** Fortaleza: Cadernos de Agroecologia, 2011. p. 1-6.

MORALES, D. A.; SANTANA, N. A.; ANTONIOLLI, Z. I.; JACQUES, R. J.; KIRST, G.P.; STEFFEN, R. B. Utilização dos Diferentes Vermicompostos Produzidos a Partir de Resíduos da Estação de Tratamento de Efluentes como Substrato para Produção de Mudanças de Alfaca. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 35, n. 1, p.55-63, jul. 2013.

MORETTI, C. L. **Manual de Processamento Mínimo de Hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2007. 531 p.

NAKAGAWA, D. H.; PRATES, K. V. M. C.; DEMETRIO, L. F. F.; CAETANO, M. I.; MAIA, L. F. Análise da Qualidade Microbiológica de Vegetais Folhosos Provenientes de Agricultura Familiar. In: XI CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS, 2014, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas, 2014. p.1-9.

OLIVEIRA, A. P.; SILVA, O. P. R. SILVA, J. A.; SILVA, D. F.; FERREIRA, D. T. de A.; PINHEIRO, S. M. G. Produtividade do Quiabeiro Adubado com Esterco Bovino e NPK. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 1, p.989-983, maio 2014.

OLIVEIRA, E. Q.; SOUZA, R. J. de; CRUZ, M. do C. M. da; FRANÇA, A. C. Produtividade de Alfaca e Rúcula, em Sistema Consorciado, sob Adubação Orgânica e Mineral. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 1, p.36-40, jan. 2010.

OLIVEIRA, L. B.; ACCIOLY, A. M. A.; SANTOS, C. L. R.; FLORES, R. A.; BARBOSA, F. S. Características Químicas do Solo e Produção de Biomassa de Alfaca Adubada com Compostos Orgânicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 18, n. 2, p.157-164, 2014.

PALUDO, G.; REINEHR, C. O. Temperatura e luminosidade como fatores influentes no teor de clorofila da alfaca. In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 18., 2006, Porto Alegre. **Resumo**. Porto Alegre: UFRGS, 2006. p. 178 - 178.

PEIXOTO, C. P.; PEIXOTO, M. F. S. P. Dinâmica do crescimento vegetal: princípios básicos. In: CARVALHO, C. A. L. et al. (Org.). **Tópicos em ciências agrárias**. Cruz das Almas: Nova Civilização, 2009. p.37-53. v.1.

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de Compostagem**: Processo de Baixo Custo. ed.rev. e aum. Viçosa: UFV, 2011.

PEREZ, K. S. S.; RAMOS, M. L. G.; MCMANUS, C. Carbono da Biomassa Microbiana em Solo Cultivado com Soja Sob Diferentes Sistemas de Manejo nos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.39, n.6, p.567-573, jun. 2004.

RAIJ, B. V. **Avaliação da Fertilidade do Solo**. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato: Instituto Internacional da Potassa, 1981.

RICCI, M. dos S. F.; CASALI, V. W. D.; CARDOSO, A. A.; RUIZ, H. A. Produção de Alface Adubadas com Composto Orgânico. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v. 12, n. 1, p.56-58, maio 1994.

RODRIGUES, E. T.; CASALI, V. W. D. Resposta da Alface à Adubação Orgânica I: Seleção de Cultivares. **Revista Ceres**, Viçosa, v. XLVII, n. 273, p.461-467, set-out. 2000.

RODRIGUES, R. de Q. **Avaliação Microbiológica e dos Sistemas de Gestão da Inocuidade da Cadeia Produtiva de Alface Orgânica no Sul do Brasil**. 2013. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

RODRIGUES, V. C.; THEODORO, V. C. A.; ANDRADE, I. F.; NETO, A. I.; RODRIGUES, V. N.; ALVES, F. V. Produção de Minhocas e Composição Mineral do Vermicomposto e das Fezes Procedentes de Bubalinos e Bovinos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 6, p.1409-1418, nov-dez. 2003.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de Fertilidade do Solo e Manejo Adequado para as Regiões Tropicais**. Campinas, Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010, 26p, 1 ed. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento).

SANTANA, L. R. R.; CARVALHO, R. D. S.; LEITE, C. C.; ALCÂNTARA, L. M.; OLIVEIRA, T. W. S.; RODRIGUES, B. da M. Qualidade Física, Microbiológica e Parasitológica de Alface (*Lactuca sativa*) de Diferentes Sistemas de Cultivo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p.264-269, abr-jun. 2006.

SANTI, A.; CARVALHO, M. A. C.; CAMPOS, O. R.; SILVA, A. F. da; ALMEIDA, J. L. de; MONTEIRO, S. Ação de Material Orgânico Sobre a Produção e Características Comerciais de Cultivares de Alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 1, p.87-90, jan-mar. 2010.

SANTOS, G. de A.; SILVA, L. S. da; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo: Ecossistemas Tropicais e Subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. 654 p.

SANTOS, R. H. S.; CASALI, V. W. D.; CONDE, A. R.; MIRANDA, L. C. G. Qualidade de Alface Cultivada com Composto Orgânico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 12, n. 1, p.29-32, maio 1994.

SANTOS, R. H. S.; CASALI, V. W. D.; CONDE, A. R. Efeito Residual da Adubação com Composto Orgânico sobre o Crescimento e Produção de Alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 11, p.1395-1398, nov. 2001.

SANTOS, S. de S.; SOARES, A. A.; MATOS, A. T. de; MANTOVANI, E. C.; BATISTA, R. O.; MELO, J. C. de. Contaminação Microbiológica do Solo e dos Frutos de Cafeeiros Fertirrigados com Esgoto Sanitário. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 14, n. 1, p.16-22, jan/mar 2006.

SILVA, F. A. de M.; BÔAS, R. L. V.; SILVA, R. B. Resposta da Alface à Adubação Nitrogenada com Diferentes Compostos Orgânicos em Dois Ciclos Sucessivos. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v. 32, n. 1, p.131-137, 2010.

SILVA, I. F.; A. NETO, S. E. de; KUSDRA, J. F.. Biological activity of soils under systems of organic farming, agroforestry and pasture in the Amazon. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 3, p.427-432, jul/set. 2014.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A. **Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos**. 3 ed. São Paulo: Varela, 2007.

STREIT, N. M.; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W. do; HECKTHEUER, L. H. H. As clorofilas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.3, p.748-155, maio/jun 2005.

TAKAYANAGUI, O. M.; FEBRÔNIO, L, H. P.; BERGAMINI; A. M.; OKINO, M. H. T.; SILVA, A. A. M. C.; SANTIAGO, R.; CAPUANO, D. M.; OLIVEIRA, M. A.; TAKAYANAGUI, A. M. M. Fiscalização de hortas produtoras de verduras do município de Ribeirão Preto, SP. **Revista de Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 33, n. 2, p. 169-174, 2000.

TORTORA, G.J.; FUNKE, B.R.; CASE, C.L. **Microbiologia**. 8ª ed., Porto Alegre: Artmed, 2005.

TRABAQUINI, K.; MIGLIORANZA, É.; FRANÇA, V. de; NETO, O. C. Pereira. Uso da Geotecnologia para Caracterizar os Cafezais no Município de Londrina-PR, em Relação à Altimetria, Declividade e Tipo de Solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 6, p.1136-1147, nov/dez 2010.

TRANI, P. E. **Calagem e Adubação para Hortaliças sob Cultivo Protegido**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2014. 25 p.

VASCONCELLOS, F. C. da S.; IGANCI, J. R. V.; RIBEIRO, G. A.. Qualidade Microbiológica da Água do Rio São Lourenço, São Lourenço do Sul, Rio Grande do Sul. **Arquivo Instituto Biológico**, São Paulo, v. 73, n. 2, p.177-181, abr-jun. 2006.

VARGAS, L. K.; SCHOLLES, D. Biomassa Microbiana e Produção de C-CO₂ e N Mineral de um Podzólico Vermelho-Escuro Submetido a Diferentes Sistemas de Manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p.35-42, 2000.

VIDIGAL, S. M.; SEDIYAMA, M. A. N.; GARCIA, N. C. P.; MATOS, A. T. Produção de Alface Cultivada com Diferentes Compostos Orgânicos e Dejetos Suínos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 15, n. 1, p.35-39, maio 1997.

VILLAS BÔAS, R.L.; PASSOS, J. C.; FERNANDES, M.; BULL, L. T.; CEZAR, V. R. S.; GOTO, R. Efeitos de Doses e Tipos de Compostos Orgânicos na Produção de Alface em Dois Solos sob Ambiente Protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p.28-34, jan-mar 2004.

YURI, J. E. **Produção, nutrição e conservação pós-colheita da alface tipo americana, cv. Raider, no verão e no inverno, em função da aplicação de nitrogênio e potássio em cobertura**. 2004. 139 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

YURI, J. E.; RESENDE, G. M.; R. JÚNIOR, J. C.; MOTA, J. H.; SOUZA, R. J. Efeito de Composto Orgânico Sobre a Produção e Características Comerciais de Alface Americana. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p.127-130, jan. 2004.

ZANDONADI, D. B.; SANTOS, M. P.; MEDICI, L. O.; SILVA, J. Ação da Matéria Orgânica e suas Frações Sobre a Fisiologia de Hortaliças. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 1, p.14-20, jan. 2014.