



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Campus de Botucatu



**LIZANDRA OLIVEIRA JORGETTO**

**COMPOSTOS ORGÂNICOS ENRIQUECIDOS COM FONTES DE FÓSFORO EM  
CULTIVOS SUCESSIVOS DE ALFACE**

**Botucatu**

**2019**



**LIZANDRA OLIVEIRA JORGETTO**

**COMPOSTOS ORGÂNICOS ENRIQUECIDOS COM FONTES DE FÓSFORO EM  
CULTIVOS SUCESSIVOS DE ALFACE**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestra em Agronomia (Horticultura).

Orientador: Prof. Dr. Dirceu M. Fernandes

**Botucatu**

**2019**

J82c

Jorgetto, Lizandra Oliveira

Compostos orgânicos enriquecidos com fontes de fósforo em cultivos sucessivos de alface / Lizandra Oliveira Jorgetto. -- Botucatu,

2019

73 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu  
Orientador: Dirceu Maximino Fernandes

1. *Lactuca sativa* L. 2. Adubação orgânica. 3. Compostagem.  
4. Fertilidade do solo. 5. Fósforo.


**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: COMPOSTOS ORGÂNICOS ENRIQUECIDOS COM FONTES DE FÓSFORO EM CULTIVOS SUCESSIVOS DE ALFACE**

**AUTORA: LIZANDRA OLIVEIRA JORGETTO**

**ORIENTADOR: DIRCEU MAXIMINO FERNANDES**

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA (HORTICULTURA), pela Comissão Examinadora:

  
Prof. Dr. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES  
Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu

  
Prof. Dr. ANTONIO ISMAEL INÁCIO CARDOSO  
Horticultura / Faculdade de Ciências Agrônômicas - UNESP - Câmpus de Botucatu

  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> CAROLINE DE MOURA D'ANDRÉA MATEUS  
Pós-Doutoranda - Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu

Botucatu, 20 de setembro de 2019



## **AGRADECIMENTOS**

*A Deus, pela oportunidade de me aprimorar profissionalmente e por ter colocado em minha vida pessoas maravilhosas (Seu Pedrinho, Seu Jair, Selminha, Adriana Papa, Caroline Mateus, Angélica Deus, Mariana F. Bonesso, Ana Clara Nobre Sanches e Maurício Hideki Okada) que me ajudaram ao longo desse caminho.*

*Aos meus pais, Antônio e Dalziza Jorgetto, por toda a dedicação, apoio, confiança e amor.*

*Aos meus irmãos, Alexandre e Vanessa Jorgetto, pela colaboração e companheirismo.*

*A minha querida Lifecoach, Mariana Fávero Bonesso, por me direcionar em busca do meu desenvolvimento profissional e pessoal.*

*Aos meus amigos, Ana Clara Nobre Sanches, Maurício Hideki Okada e Ramon A. Rizzieri, pela amizade, companheirismo e total colaboração. Vocês foram indispensáveis!*

*Ao meu estagiário, Vinicius Pereira de Moraes, pela colaboração e troca de experiências.*

*Ao Prof. Dr. Dirceu Maximino Fernandes, pela oportunidade, paciência e orientações.*

*A Prof<sup>a</sup> Angélica Cristina Fernandes Deus, pelo apoio e orientações.*

*Ao Prof. Dr. Roberto Lyra Villas Bôas e a Dra. Caroline Moura D'Andrea Mateus, pela proatividade, paciência e ensinamentos compartilhados.*

*Aos demais professores e funcionários do Departamento de Solos e Recursos Ambientais, em especial a Adriana Papa, Selma, Pedro e Jair Vieira pela assistência, paciência e amizade.*

*Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Horticultura, em especial ao Prof. Lin Chau Ming e ao Prof. Antonio Ismael Inácio Cardoso, pela transmissão de conhecimentos e, principalmente, por serem grandes inspirações.*

*Aos membros da Banca de Qualificação e de Defesa, por colaborarem com este projeto.*

*Ao Conselho do Programa de Pós-Graduação em Horticultura pela confiança.*

*A CAPES, por investir no meu aprimoramento profissional. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.*

*Enfim, a todos os familiares, amigos, funcionários e professores da UNESP de Botucatu que de algum modo contribuíram para a conclusão desse trabalho. Agradeço imensamente!*



## RESUMO

Os compostos orgânicos consistem em uma alternativa ao descarte inadequado de resíduos agrícolas, assim como, a sua aplicação no solo, apresenta importantes efeitos nos aspectos físico-químicos e biológicos dos mesmos e, conseqüentemente, na nutrição das plantas. Diante disso, o objetivo desse estudo foi verificar o efeito do modo de aplicação do adubo fosfatado em associação ao adubo orgânico quanto a produção de plantas de alface, nutrição vegetal e características químicas do solo. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados com fatorial  $2 \times 4 + 1$ , sendo dois momentos distintos da adição do adubo fosfatado ao orgânico (antes e após o processo de compostagem) e quatro concentrações de  $P_2O_5$  adicionadas aos compostos orgânicos (1,5; 3,0; 4,5 e 6,0%), além da testemunha. Foram utilizadas 5 repetições por tratamento e três cultivos sucessivos de alface. No primeiro cultivo de alface, houve efeito dos tratamentos quanto ao número de folhas, massa fresca e seca da parte aérea e acúmulo de enxofre. Para o segundo cultivo de alface, os tratamentos influenciaram as circunferências, de planta e de cabeça comercial. No terceiro cultivo todos os parâmetros avaliados demonstraram efeito dos tratamentos (altura, número de folhas, massa fresca e seca da parte aérea, circunferências e acúmulo de nutrientes). Diante dos resultados, concluiu-se que o modo de aplicação do adubo fosfatado, antes ou após o processo de compostagem, corresponde a efeitos semelhantes nas características das plantas e do solo.

**Palavras-chave:** *Lactuca sativa* L., adubação orgânica, compostagem, fósforo.



## ABSTRACT

Organic compounds consist of an alternative to the inappropriate disposal of agricultural residues, as well as their application to the soil, under the physical and chemical nutritional requirements of the plants and, consequently, in the nutrition of the plants. Therefore, the objective of this study was to verify the effect of the application method of the phosphate fertilizer in association with the organic fertilizer in relation to the production of lettuce and plant nutrition. The experimental design was a randomized block with factorial  $2 \times 4 + 1$ , two modes of application of the phosphate fertilizer (before and after the composting process) and four concentrations of  $P_2O_5$  added to the organic compounds (1.5, 3.0, 4.5 and 6.0%), besides the control. Five replications per treatment and three successive lettuce crops were used. In the first lettuce cultivation, there was an effect of treatments on leaf number, fresh and dry mass of shoots and sulfur accumulation. For the second lettuce crop, the treatments influenced the circumferences, plants and commercial head. In the third cultivation all evaluated parameters showed effect of the treatments (plant height, number of leaves, fresh and dry weight of the shoot, circumferences and nutrient accumulation). It was concluded that the application of phosphate fertilizer before or after the composting process corresponds to similar effects on plant and soil characteristics.

**Keywords:** *Lactuca sativa* L., organic fertilization, composting, phosphorus.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Médias da altura das plantas de alface no terceiro cultivo em função dos tratamentos aplicados no solo.....	34
Figura 2. Médias do número de folhas/planta no primeiro cultivo de alface em função dos tratamentos aplicados no solo.....	35
Figura 3. Médias da massa fresca da parte aérea (MFPA) das plantas do terceiro cultivo de alface em função dos tratamentos aplicados no solo.....	39
Figura 4. Médias da massa seca da parte aérea (MSPA) das plantas do primeiro cultivo de alface em função dos tratamentos aplicados no solo .....	41
Figura 5. Médias da circunferência das plantas no segundo cultivo de alface em função dos tratamentos aplicados no solo.....	44
Figura 6. Médias do acúmulo de nitrogênio (N) na parte aérea das plantas no terceiro cultivo de alface em função dos tratamentos aplicados no solo.....	45
Figura 7. Médias do acúmulo de potássio (K) na parte aérea das plantas no terceiro cultivo em função dos tratamentos aplicados no solo.....	57
Figura 8. Médias do acúmulo de enxofre (S) na parte aérea das plantas de alface no terceiro cultivo em função dos tratamentos aplicados no solo.....	52
Figura 9. Médias do acúmulo de potássio (K) na parte aérea das plantas no terceiro cultivo em função do modo de aplicação do adubo fosfatado e de doses de $P_2O_5$ nos compostos orgânicos.....	54
Figura 10. Médias do acúmulo de enxofre (S) na parte aérea as plantas de alface no terceiro cultivo.....	59



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização dos resíduos utilizados na compostagem.....	27
Tabela 2. Análise química dos compostos orgânicos ao final do processo de compostagem.....	28
Tabela 3. Composição química inicial do solo utilizado para cultivo de alface.....	29
Tabela 4. Médias da altura das plantas no primeiro e segundo cultivos de alface em função dos tratamentos aplicados no solo.....	33
Tabela 5. Médias do número de folhas no segundo e terceiro cultivos de alface em função dos tratamentos aplicados no solo.....	36
Tabela 6. Comparação dos tratamentos em relação a testemunha em relação ao número de folhas/planta no terceiro cultivo de alface em função dos tratamentos aplicados no solo.....	37
Tabela 7. Média da massa fresca da parte aérea (MFPA) das plantas de alface nos cultivos em função dos tratamentos aplicados no solo.....	39
Tabela 8. Comparação dos tratamentos em relação a testemunha quanto as médias da massa fresca da parte aérea (MFPA) das plantas nos cultivos de alface em função dos tratamentos aplicados no solo.....	40
Tabela 9. Médias da massa seca da parte aérea (MSPA) de plantas de alface no segundo e terceiro cultivos em função dos tratamentos aplicados no solo.....	42
Tabela 10. Comparação dos tratamentos em relação a testemunha em relação as médias de massa seca da parte aérea (MSPA) de plantas do terceiro cultivo de alface em função dos tratamentos aplicados no solo.....	42
Tabela 11. Médias da circunferência das plantas no terceiro cultivo de alface em função dos tratamentos aplicados no solo.....	45
Tabela 12. Comparação dos tratamentos com a testemunha em relação as médias da circunferência das plantas no terceiro cultivo de alface em função dos tratamentos aplicados no solo.....	46
Tabela 13. Médias da circunferência de cabeça comercial das plantas de alface no segundo cultivo em função dos tratamentos aplicados no solo.....	47
Tabela 14. Teor de nutrientes na parte aérea das plantas após os cultivos de alface em função dos tratamentos aplicados no solo.....	50
Tabela 15. Médias do acúmulo de nitrogênio (N) na parte aérea das plantas de alface no primeiro e segundo cultivos de alface em função dos tratamentos aplicados no solo.....	51

Tabela 16. Comparação dos tratamentos com a testemunha em relação as médias do acúmulo de nitrogênio (N) na parte aérea das plantas no segundo cultivo de alface em função dos tratamentos aplicados no solo.....	52
Tabela 17. Médias do acúmulo de potássio (K) na parte aérea das plantas no primeiro e segundo cultivos de alface em função dos tratamentos aplicados no solo.....	53
Tabela 18. Comparação do tratamento com a testemunha em relação as médias do acúmulo de potássio (K) na parte aérea das plantas de alface em função dos tratamentos aplicados no solo.....	54
Tabela 19. Médias do acúmulo de fósforo (P) na parte aérea das plantas nos cultivos de alface em função dos tratamentos aplicados no solo .....	56
Tabela 20. Médias do acúmulo de cálcio (Ca) na parte aérea das plantas nos cultivos de alface em função dos tratamentos aplicados no solo.....	57
Tabela 21. Médias do acúmulo de magnésio (Mg) na parte aérea das plantas nos cultivos de alface em função dos tratamentos aplicados no solo .....	57
Tabela 22. Médias do acúmulo de enxofre (S) na parte aérea das plantas no primeiro e segundo cultivos de alface em função dos tratamentos aplicados no solo .....	58
Tabela 23. Comparação dos tratamentos com a testemunha em relação as médias do acúmulo de enxofre (S) na parte aérea das plantas de alface no primeiro e segundo cultivos em função dos tratamentos aplicados no solo .....	58
Tabela 24. Médias do acúmulo total de nutrientes na parte aérea das plantas ao longo dos cultivos de alface.....	59
Tabela 25. Médias do acúmulo total de nutrientes na parte aérea das plantas ao longo dos cultivos de alface.....	61
Tabela 26. Análise química de solo após o terceiro cultivo de alface em função dos tratamentos.....	63

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	17
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	19
2.1 A cultura da alface .....	19
2.2 Compostagem e fertilizantes orgânicos.....	21
2.3 Fósforo no solo e nas plantas.....	23
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	26
3.1 Localização da área experimental .....	26
3.2 Delineamento experimental .....	26
3.3 Produção de compostos orgânicos .....	26
3.4 Cultivos sucessivos de alface .....	28
3.5 Avaliações .....	29
3.5.1 Altura das plantas.....	29
3.5.2 Número de folhas.....	30
3.5.4 Circunferência das plantas .....	30
3.5.5 Circunferência de cabeça comercial.....	30
3.5.6 Teor de nutrientes na parte aérea das plantas .....	31
3.5.7 Acúmulo de nutrientes na parte aérea das plantas .....	31
3.5.8 Acúmulo total de nutrientes na parte aérea das plantas .....	31
3.5.9 Análise química do solo após o último cultivo de alface .....	31
3.5.10 Análise estatística .....	32
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	33
4.1 Altura das plantas.....	33
4.2 Número de folhas.....	34
4.3 Massa fresca da parte aérea das plantas.....	37
4.4 Massa seca da parte aérea das plantas.....	40
4.5 Circunferência das plantas .....	43
4.6 Circunferência de cabeça comercial.....	46
4.7 Teor de macronutrientes na parte aérea das plantas .....	48
4.8 Acúmulo de nutrientes na parte aérea das plantas .....	51
4.8.1 Nitrogênio e potássio .....	51
4.8.2 Fósforo.....	55
4.8.3 Cálcio e magnésio .....	56
4.8.4 Enxofre.....	57

4.8.5 Acúmulo total de nutrientes na parte aérea das plantas .....	60
4.8.6 Análise química do solo após o último cultivo de alface .....	61
5 CONCLUSÕES .....	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	65
APÊNDICE .....	72
APÊNDICE .....	73





## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é reconhecido mundialmente por sua aptidão para atividades agropecuárias. Tal fato é anualmente comprovado por liderar rankings de produção de alimentos e matérias-primas, como por exemplo, o de maior produtor mundial de cana-de-açúcar (AGRIANUAL, 2019) e por estar posicionado entre os primeiros países na produção mundial de carne de frango e ovos (ANUALPEC, 2018).

O setor sucroalcooleiro e o avícola têm em comum a geração de grande volume de resíduos ao longo de suas cadeias produtivas. O setor canavieiro, por sua vez, possui como principais descartes o bagaço de cana-de-açúcar, a vinhaça e a torta de filtro (ANA, 2009; NASCIMENTO, 2011). A produção de carne de frango resulta em subprodutos como cama de frango e carcaça de aves (OCORRICO JÚNIOR et al., 2010).

Os subprodutos gerados durante os processos produtivos, independentemente da esfera na qual estejam inseridos, devem ter uma destinação apropriada. De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), por meio da Lei 12.305 de 2 de agosto de 2010, o descarte inadequado de resíduos é caracterizado como crime ambiental. Além disso, a PNRS estimula, dentre outras atividades, a reutilização, reciclagem e tratamento de resíduos visando a disposição ambientalmente adequada de rejeitos (BRASIL, 2010).

A compostagem é considerada a forma mais eficiente de degradação controlada dos resíduos orgânicos (PEREIRA NETO, 2014). Esse processo resulta em compostos orgânicos denominados de fertilizantes orgânicos compostos. Por definição, eles são o resultado da matéria prima (industrial, urbana, rural, animal, vegetal, isolada ou misturada) submetida a processos (físico, químico, bioquímico, físico-químico, natural ou controlado) podendo ter sido enriquecido com nutrientes minerais e outros materiais que possam melhorar as suas características (MAPA, 2017).

Os fertilizantes orgânicos gerados através da compostagem são reconhecidos por terem uma ampla atuação nas propriedades do solo, sendo importantes tanto no aspecto químico, quanto no físico e biológico (OLIVEIRA et al., 2004). De acordo com

Kiehl (2010), esses fertilizantes promovem a nutrição vegetal, a correção da acidez e, ainda, são condicionadores das propriedades físico-químicas dos solos.

Outra questão bastante preocupante no âmbito agrícola é a dependência do mercado nacional em relação ao abastecimento por fertilizantes minerais importados. Estima-se que no ano de 2015, 65% do total de fertilizantes sintéticos consumidos no Brasil tenha sido importado (CRUZ et al., 2017).

Nesse contexto, os compostos orgânicos enriquecidos e os organominerais constituem uma alternativa promissora capaz de conciliar ganhos agronômicos, econômicos e ambientais. A associação entre fertilizantes minerais e orgânicos é mais eficiente, do ponto de vista da disponibilidade de nutrientes para as plantas (BISSANI et al., 2008; Luz et al., 2010). Além disso, interfere positivamente no rendimento das culturas e na qualidade das mesmas (ANDRADE et al., 2012). Diante disso, o objetivo deste trabalho foi sintetizar compostos orgânicos enriquecidos com diferentes concentrações de fósforo, sendo o fertilizante fosfatado adicionado em momentos distintos (antes e após o processo de compostagem) e avaliar os efeitos na produção e nutrição de alface em cultivos sucessivos.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A cultura da alface

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma espécie da família Asteracea cujo centro de origem corresponde a região do Mediterrâneo, no qual é referenciada como planta medicinal desde 4500 a.C. (GOTO, 1998). O uso dessa espécie data de 500 anos a.C, sendo introduzida no continente europeu pelos romanos (DAVIS et al., 1997). A sua chegada no continente americano deve-se aos colonizadores do século XV (RYDER & WHITAKER, 1976).

Para sistemas de produção de alface via solo é indicado que o mesmo apresente textura areno-argilosa, com alto teor de matéria orgânica e nutrientes (VIDIGAL et al., 1995). Quanto a calagem e a adubação, há uma série de recomendações, as quais são empregadas dependendo do local da instalação da cultura, do tipo de manejo, características prévias do solo, produtividade esperada, dentre outros parâmetros.

A extração de nutrientes da alface ocorre na seguinte ordem: K>N>Ca>P>S>Mg (GRANGEIRO et al., 2006). No entanto, ao comparar cultivares de alface americana com crespas em relação a omissão de nutrientes observou-se que a massa seca da parte aérea da cv. Verônica foi prejudicada quando houve a omissão, em ordem, dos seguintes nutrientes: N, P, K e Mg (FERNANDES et al., 1981). Em contrapartida, a massa da alface, cv. Lucy Brown, foi mais afetada quando houve a omissão de N, Mg e P, sendo o efeito destes dois últimos nutrientes semelhante nas plantas (SILVA et al., 2011).

A adubação fosfatada tem efeito distinto em cultivares de alface americana e lisa. No caso, as cultivares americanas apresentaram um maior teor de fósforo na parte aérea (1,19 g kg<sup>-1</sup>) e comprimento de parte aérea (19,94 cm) quando comparadas a cultivares lisas (FONSECA et al., 2013). O aumento de doses de adubo fosfatado, na forma de superfosfato simples, é linear crescente em relação a massa fresca total e comercial de alface cultivar Lucy Brown, sendo que a dose recomendada de 100 kg ha<sup>-1</sup>, pode ser aumentada de 50 a 100% (SILVEIRA et al., 2015).

A alface crespa (cv. Verônica) é influenciada pela adição de superfosfato triplo, sendo a dose de  $350 \text{ mg dm}^{-3}$  ( $800 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) a mais adequada para o cultivo das plantas em vasos com  $6 \text{ dm}^3$  de solo de textura argilosa. Tal dosagem correspondeu a plantas com mais de 20 cm de altura, 45 cm de diâmetro e aproximadamente 300 gramas por planta. No entanto, o maior teor de fósforo acumulado na parte aérea das plantas remete a aplicação de  $700 \text{ mg dm}^{-3}$  do adubo fosfatado (MANTOVANI et al., 2014).

A alface americana (cv. Lucy Brown), por sua vez, apresenta efeito linear crescente em relação a doses (0, 20, 40, 80 e  $160 \text{ t /ha}^{-1}$ ) de composto orgânicos aplicados, sendo a massa fresca máxima obtida de aproximadamente 150 gramas plantas. Além de interferir na biomassa fresca, a adição de compostos orgânicos interfere também nos teores de matéria orgânica, fósforo e potássio do solo (CÉZAR, 2006).

Por se tratar de uma cultura com alta taxa de extração de nutrientes em um curto intervalo de tempo, a alface é uma espécie que requer uma constante reposição de nutrientes, a qual pode ser realizada através da adição de matéria orgânica ao solo (YURI et al., 2016). Além disso, a adubação orgânica, realizada por meio da adição de esterco e compostos orgânicos, tem a capacidade de melhorar características físicas e biológicas dos solos (MARCHI, 2006).

Em cultivos sucessivos de alface, comparando fertilizantes minerais aos orgânicos, foi observado que estes últimos geraram efeito residual de um ciclo a mais quando comparados aos adubos sintéticos. Além disso, constatou-se que o esterco bovino e o ovino promovem efeito residual superior ao avícola (PEIXOTO FILHO et al., 2013).

A aplicação de compostos orgânicos em alface implica em acréscimos nos parâmetros de produção e fertilidade dos solos. A adição de compostos orgânicos aumenta a biomassa seca das plantas, teores de matéria orgânica e fósforo dos solos, assim como, de cálcio e potássio. Além disso, a constituição química dos compostos orgânicos e as doses em que são aplicados interferem diretamente nos parâmetros produtivos (OLIVEIRA et al., 2013). Além disso, o uso de compostos orgânicos no plantio de alface americana (cv. Kaiser) pode aumentar a produtividade da cultura em

até 42% quando comparado ao cultivo sem aplicação de adubo orgânico (SEDIYAMA et al., 2016).

Em alface lisa, cv. Babá de Verão, houve resposta a aplicação de composto a base de esterco bovino e palha. Apesar de não haver grande distinção na resposta dada pela cultura em relação as doses (0; 62,5; 125; 187 e 250 g/cova), a dose de 187,5 g/cova correspondeu ao maior valor de massa fresca da parte aérea, sendo 50% superior ao valor obtido para o tratamento em que não houve adição de adubo orgânico (TEODORO et al., 2016).

A proporção entre solo e compostos orgânicos interfere no desenvolvimento de plantas de alface crespa (cv. Mônica). De acordo com Bispo (2017), a proporção de 60 a 70% de composto orgânico, constituído por poda de árvores e esterco animal, corresponde a plantas com aproximadamente 140 gramas e 18 folhas por plantas. Tais valores são inferiores aos obtidos pelo cultivo em que não houve adição de adubo orgânico.

## **2.2 Compostagem e fertilizantes orgânicos**

A compostagem é definida como um processo bioquímico e heterogêneo de mineralização da matéria orgânica resultante em gás carbônico, amônia e água. A matéria orgânica estabilizada possui baixa toxidez e patogenicidade (DAS et al., 2011). É considerada uma técnica de estabilização da matéria orgânica semelhante a que ocorre na natureza, na qual os resíduos são transformados em sais minerais e húmus (KIEHL, 2004).

Essa técnica consiste em um dos melhores exemplos de reciclagem de resíduos, pois é capaz de transformar um material anteriormente descartável em um produto útil ao homem. As vantagens no emprego deste método são: minimização de impactos ambientais gerados pelo descarte inadequado de resíduos, destinação adequada de resíduos de diferentes origens (agrícolas, industriais e urbanos), incentivo a prática da reciclagem e síntese de um produto com grande utilidade ao solo (EPSTEIN, 2004).

A compostagem pode ser dividida em fases, sendo elas de bioestabilização e humificação. Na primeira fase há predomínio de microrganismos mesófilos, intensa atividade de decomposição da matéria orgânica, altas temperaturas, liberação de calor, revolvimentos frequentes e duração de aproximadamente 90 dias. A segunda fase é caracterizada por uma menor atividade microbiológica, menor número de revolvimentos e duração em torno de 30 dias (HEIDEMANN et al., 2006).

Alguns fatores são determinantes e devem ser controlados ao longo da decomposição do material orgânico, dentre eles: temperatura, umidade, aeração, pH, oxigenação, relação C/N e tamanho de partículas (BIDONE, 2001). A temperatura é um importante indicador de eficiência do processo, sendo considerada a faixa ideal em torno de 55°C, enquanto a umidade deve ser mantida próxima aos 60%, sendo que o excesso da mesma pode propiciar condições de anaerobiose. Já a relação C/N (carbono/nitrogênio) deve estar na faixa de 25-30:1, o pH de 6,5 a 8 e o tamanho das partículas de 10 a 50 mm, sendo este último um fator determinante na aeração da massa orgânica. Por fim, a oxigenação deve ser realizada através do revolvimento das pilhas, devendo ser realizado duas vezes por semana, em média (PEREIRA NETO, 2004).

Os compostos orgânicos, produzidos através do processo de compostagem, consistem em um dos modos de fornecer matéria orgânica aos solos. A matéria orgânica é reconhecida por sua atuação nos aspectos físicos, químicos e biológicos dos solos, sendo uma importante fonte de nutrientes, responsável por aumentar a capacidade de troca catiônica, complexar elementos tóxicos, disponibilizar micronutrientes, promover a agregação das partículas do solo e fornecer condições para a sobrevivência de microrganismos (BAYER & MIELNICZULC, 1999). Para compensar os baixos teores de matéria orgânica dos solos cultivados é necessário aumentar os teores de carbono orgânico e isso é feito através da adição de matéria orgânica (CHALHOUB et al., 2013).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) regulamenta a produção dos adubos orgânicos no Brasil através da Instrução Normativa nº 25 de 23 de julho de 2009 da Lei nº 6894 de 16 de dezembro de 1980, na qual os mesmos são classificados de acordo com a sua composição e modo de aplicação, conforme ilustrado no Apêndice A.

Os adubos orgânicos são considerados fertilizantes minerais de baixa dosagem com efeito na nutrição das plantas e no condicionamento dos solos e, por isso, devem ser aplicados em grandes quantidades (KIEHL, 2010). Além disso, Oliveira et al. (2008) comentam que há um aumento na capacidade de infiltração de água, um enriquecimento da microbiota e uma estabilização da temperatura e do pH do solo.

Na categoria de fertilizantes orgânicos há uma série de produtos, dentre eles àqueles que se referem aos fertilizantes orgânicos enriquecidos, os quais são conceituados como: produto resultante de processos (físicos, químicos, naturais ou controlados) atuantes na matéria-prima (industrial, urbana, animal, isolado ou em mistura), podendo estar enriquecida com minerais ou agentes capazes de melhorar suas características físicas, químicas ou biológicas (Brasil, 2004). Dentre as principais vantagens no uso dos fertilizantes orgânicos em associação com os minerais constam: redução de impactos ambientais, incrementos na fertilidade dos solos e redução do volume de fertilizante mineral aplicado ao solo (TEIXEIRA, 2013).

### **2.3 Fósforo no solo e nas plantas**

Cerca de 70% das reservas mundiais de fósforo catalogadas encontram-se no Marrocos e 72% das rochas fosfatadas produzidas são divididas entre apenas 4 países: China, Estados Unidos, Rússia e Marrocos (BENITES, 2015). A extração de fósforo não é uma prática sustentável e estima-se que as reservas de apatita se esgotarão dentro de 60 a 80 anos (ARAÚJO & MACHADO, 2006). O esgotamento dessas reservas é um dos fatores limitantes ao crescimento da população mundial, tendo em vista a grande importância desse nutriente para o metabolismo das plantas, o volume demandado nas adubações e o tamanho reduzido de jazidas (MALAVOLTA, 1980).

O fósforo é um elemento essencial às plantas, o qual atua nos principais processos metabólicos, tais como: fotossíntese, respiração, armazenamento e transferência energética, divisão e expansão celular (EPSTEIN; BLOOM, 2006). As plantas absorvem esse elemento predominantemente na forma de  $H_2PO_4$ , sendo assimilado através do processo de difusão. O transporte desse nutriente ocorre nessa mesma conformação química através do xilema, sendo também encontrado em

menores concentrações em formas orgânicas. A redistribuição ocorre exclusivamente na forma orgânica, sendo encontradas altas concentrações de P na forma orgânica no floema das plantas, o que possibilita alta capacidade de redistribuição desse elemento, assim como de mobilidade do mesmo dentro das plantas (PRADO, 2008).

Apesar das plantas não demandarem grande quantidade de fósforo em comparação a outros nutrientes, a adubação fosfatada é realizada em grandes quantidades e apresenta eficiência de 20 a 30% devido ao processo de “fixação”, no qual o nutriente fica indisponível para as plantas por interagir com hidróxidos de ferro e alumínio (VITTI et al., 2004). Estima-se que a capacidade do solo em adsorver fósforo é cerca de 1000 vezes maior que a capacidade de absorver a adubação fosfatada pela planta e, por isso, há tendência a deficiência desse nutriente em condições naturais (VILAR; VILAR, 2013). Em Latossolos, os quais apresentam naturalmente baixa disponibilidade e alta capacidade de retenção de fósforo, o teor de matéria orgânica na camada de 0 a 20 cm do solo demonstrou desfavorecer o processo de adsorção (MOURA et al., 2015). A adsorção de fósforo é condicionada pela presença de matéria orgânica. Além disso, técnicas que aumentem a atividade microbológica nos solos (adubação orgânica, plantas de cobertura e incremento da biomassa microbiana) podem favorecer a disponibilização de fósforo para as plantas devido a atuação em processos de ciclagem de nutrientes em solos intemperizados (BOIT, 2014).

Nos solos, o P encontra-se comumente na forma química de ortofosfatos e como é um nutriente bastante dinâmico, a sua disponibilidade é dependente de fatores ambientais e da atividade de microrganismos (RAIJ, 1991). Após a adição de fósforo, os mesmos são dissolvidos e passam a compor a solução do solo. No entanto, devido à baixa solubilidade e tendência a adsorção, grande parte do fósforo adicionado transforma-se em P lábil, o qual gradativamente converte-se a P não-lábil ou, se houver redissolução, pode voltar a compor o P da solução do solo. Nos solos, o fósforo apresenta formas químicas distintas, as quais são dependentes do pH do mesmo. Em condições ácidas, há predomínio de  $H_2PO_4$ , enquanto em solos com  $pH > 6$  há maior ocorrência de  $HPO_4$  (RAIJ et al., 2004).

O fósforo pode ser dividido em: P inorgânico (Pi) e P orgânico (Po), dependendo do composto ao qual está associado. O Pi é composto por fosfatos minerais insolúveis

e ânions fosfatos adsorvidos a hidróxidos de ferro, alumínio, silicatos de alumínio e carbonatos de cálcio. Para que seja liberado é dependente da ação de microrganismos. Por sua vez, o Po é proveniente de material orgânico, da decomposição realizada pelos microrganismos e até mesmo da degradação celular microbiana (RHEINHEIMER et al., 2002). Estima-se que do P total presente nos solos cerca de 10 a 50% seja orgânico (TISDALE et al., 1993; NAHAS et al., 1994; RODRIGUES E FRAGA, 1999), o qual pode estar na forma de inositois – fosfatos, fosfolipídios ou ácidos nucleicos (MENDES E REIS JÚNIOR, 2003).

Certos microrganismos do solo são responsáveis pela solubilização das rochas fosfatadas, pela mineralização e também imobilização do fósforo (TATE, 1995). De acordo com Richardson (2001), cerca de 40% dos microrganismos presentes na região rizosférica são solubilizadores de fosfato. A solubilização ocorre através da síntese de ácidos orgânicos, os quais têm ação quelante em relação a íons ou através da produção de dióxido de carbono, o qual contribui para a acidificação da solução do solo devido a formação de ácido (TATE, 1995). A imobilização, ocorre por um curto período de tempo e, de certo modo, contribui positivamente com a disponibilidade de fósforo para as plantas, pois impede a fixação desse nutriente (PAUL & CLARK, 1996). A mineralização, ocorre através da ação de fitatos e ésteres de fosfato (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

Quanto aos fertilizantes fosfatados, eles são classificados de acordo com a sua solubilidade em diferentes extratores. No caso, os adubos mais usuais são solúveis em água, tais como: superfosfato simples (SS), superfosfato triplo (ST), fosfato monoamônico (MAP) e fosfato diamônico (DAP). Por outro lado, há os termofosfatos, os quais não são solúveis em água e os fosfatos naturais, insolúveis em água e em citrato neutro de amônio (RAIJ, 1982). A adubação deve ser realizada de modo a propiciar o contato íon-raiz e a desfavorecer a fixação do fósforo, nesse sentido, a prática da calagem, através da correção da acidez do solo, consegue evitar a insolubilidade do mesmo quando ligado a elementos como ferro e alumínio. Além disso, a aplicação localizada e a incorporação do adubo, são práticas que aumentam o contato íon-raiz (MALAVOLTA, 1980).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Localização da área experimental**

O estudo foi realizado na Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA) da UNESP de Botucatu – SP. O município está situado nas seguintes coordenadas geográficas: 22°51' de latitude Sul; 48°27' de longitude Oeste e altitude de 786 metros, sendo o clima da região classificado como temperado quente (mesotérmico) com a temperatura média mais quente superior a 22°C com chuvas no verão e seca no inverno (CUNHA et al., 1999).

#### **3.2 Delineamento experimental**

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 4 + 1, com 5 repetições por tratamento e três cultivos sucessivos de alface. Foram utilizados os seguintes tratamentos: Testemunha (sem adição de fósforo), Composto orgânico enriquecido com 1,5% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Composto orgânico enriquecido com 3,0% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Composto orgânico enriquecido com 4,5% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Composto orgânico enriquecido com 6,0% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Composto orgânico aplicado ao solo com 1,5% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Composto orgânico aplicado ao solo com 3,0% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Composto orgânico aplicado ao solo com 4,5% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e Composto orgânico aplicado ao solo com 6,0% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. As concentrações de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> empregadas foram 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0%, que correspondem as seguintes quantidades de superfosfato triplo: 0,9; 1,8; 2,7 e 3,6 kg (m/m).

#### **3.3 Produção de compostos orgânicos**

Os compostos orgânicos foram produzidos em composteiras do Departamento de Bioprocessos e Biotecnologia (DBB) da Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA) da UNESP, no período de 18 de janeiro a 2 de maio de 2018, totalizando 102 dias de compostagem. Foi utilizada a mistura entre bagaço de cana-de-açúcar e cama-de-frango, coletados da Usina São Manoel e da granja de frangos de corte do Departamento de Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da UNESP, respectivamente. Anteriormente a montagem

das pilhas, foi feita a caracterização química dos resíduos (Tabela 1), de acordo com a metodologia descrita em Brasil (2014).

Tabela 1. Caracterização dos resíduos utilizados na compostagem.

Amostra	pH	C/N	Umidade	C Total	MO Total	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	S
						----- **% ao natural -----					
BC <sup>1</sup>	6,4	-	55	22	40	0,11	0,06	0,06	0,24	0,03	0,05
CF <sup>2</sup>	7,3	17	15	32	57	1,91	3,32	2,17	3,23	1	0,71

\*\* Teores totais, <sup>1</sup> Bagaço de cana-de-açúcar, <sup>2</sup> Cama de frango. Metodologia: BRASIL (2014).

As pilhas de compostagem foram montadas na proporção 1:1 de cada resíduo, sendo utilizados 30 kg de cada material. A massa adicionada nas mesmas foi calculada com base na matéria seca. Nos tratamentos em que o fósforo foi adicionado antes do processo de compostagem, o adubo fosfatado foi misturado aos resíduos no momento da montagem das pilhas. Para os tratamentos em que o adubo fosfatado foi aplicado após a compostagem, o mesmo foi misturado ao composto orgânico solo antes do transplântio.

Ao final do processo de compostagem, 102 dias após a montagem das pilhas, foi feita uma coleta de amostras de cada tratamento com a finalidade de caracterizá-los quimicamente (Tabela 2). Em seguida, o material foi peneirado, em peneira de 2 mm, e armazenado em sacos plásticos em local coberto e ventilado até ser utilizado no cultivo da alface.

Tabela 2. Análise química dos compostos orgânicos ao final do processo de compostagem.

Tratamento	pH	C/N	C.E	MO Total	C Total	
			mS/cm <sup>-1</sup>	* % teor total		
T0	7,0	16/1	4,80	25	14	
T1	6,8	14/1	5,00	19	10	
T2	6,7	15/1	4,61	18	10	
T3	6,5	15/1	5,28	20	11	
T4	6,1	17/1	5,20	17	9	
Tratamento	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	S
	*% teor total					
T0	0,88	1,78	0,92	2,17	0,53	0,30
T1	0,75	1,55	0,65	1,73	0,39	0,22
T2	0,64	1,67	0,60	1,50	0,33	0,33
T3	0,76	2,32	0,67	2,05	0,43	0,27
T4	0,57	2,31	0,53	1,62	0,33	0,34

\*Base seca. T0: testemunha; T1: Composto enriquecido com 1,5% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; T2: Composto enriquecido com 3,0% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; T3: Composto enriquecido com 4,5% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; T4: Composto enriquecido com 6,0% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Metodologias: KIEHL (1985) e BRASIL (2014).

### 3.4 Cultivos sucessivos de alface

Os cultivos de alface foram realizados no Departamento de Solos e Recursos Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP em ambiente controlado (casa de vegetação). O primeiro cultivo teve duração de 43 dias após o transplântio, sendo que as mudas foram transplantadas no dia 6 de junho e colhidas no dia 19 de julho; já o segundo cultivo, teve duração de 41 dias após o transplântio, sendo o transplântio realizado no dia 23 de julho e as plantas foram colhidas no dia 1 de setembro e, por fim, o último cultivo, teve duração de 31 dias, sendo transplântado no dia 6 de setembro e colhido no dia 7 de outubro de 2018.

As plantas foram mantidas em vasos de polietileno de 6,5 L preenchidos com 5 dm<sup>3</sup> de Latossolo Vermelho Escuro (EMBRAPA, 2013), o qual foi submetido a análise química para determinação dos parâmetros de fertilidade (Tabela 3), sendo realizada a calagem para atingir saturação por bases de 80% anteriormente ao transplântio do primeiro cultivo, conforme recomendação de Gomes, Silva e Faquin (1999).

Tabela 3. Composição química inicial do solo utilizado para cultivo de alface.

pH	MO	P	Al <sup>3+</sup>	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
CaCl <sub>2</sub>	g/dm <sup>3</sup>				mmol/dm <sup>3</sup>					%			mg/dm <sup>3</sup>			
3,6	16	5	21	76	0,6	28	6	34	110	31	7	0,42	4,5	34	4,4	0,6

Metodologia: RAIJ et al.(2001).

Anteriormente ao primeiro transplântio foi realizada a adubação orgânica e a mineral. Os compostos orgânicos foram adicionados ao solo apenas nessa fase do cultivo. Foram aplicadas 20 mg/dm<sup>3</sup> de cloreto de potássio e a mesma dosagem de ureia e em relação a adubação fosfatada, foi utilizado 200 mg /dm<sup>3</sup> de P ao solo provenientes do próprio composto orgânico, de acordo com Cézar (2006). As adubações de cobertura com nitrogênio e potássio foram realizadas a cada 15 dias após o transplântio utilizando a mesma dosagem aplicada no plantio totalizando 3 aplicações/ cultivo.

O controle fitossanitário de pragas e doenças foi necessário ao longo dos ciclos da cultura para supressão de tripses (*Frankliniella schultzei*), míldio (*Bremia lactucae*) e septoriose (*Septoria lactucae*) sendo utilizados os seguintes ingredientes ativos: dimetomorfe 500 g/Kg (Fórum<sup>®</sup>), imidacloprido 200 g/L (Provado<sup>®</sup>) e metiram 550 g/Kg e piraclostrobina 50 g/Kg (Cabrio Top<sup>®</sup>).

As colheitas foram realizadas quando as plantas apresentavam aproximadamente 60 dias após o transplântio.

### 3.5 Avaliações

#### 3.5.1 Altura das plantas

A altura das plantas foi aferida, antes da colheita, com auxílio de régua graduada, em cm, a qual foi utilizada para medir a distância entre a superfície do solo e a folha de maior comprimento presente em cada planta. Todas as plantas foram medidas para a obtenção da altura média das mesmas

### **3.5.2 Número de folhas**

O número de folhas foi determinado a partir da contagem das folhas destacadas após a colheita, sendo consideradas apenas as folhas maiores que 5 cm. Posteriormente, as médias foram calculadas com base nesses valores.

### **3.5.3 Massa fresca e seca da parte aérea das plantas**

A massa fresca da parte aérea foi mensurada através da pesagem das plantas, em balança com precisão de duas casas decimais logo após a colheita. Para determinar a massa seca, as plantas foram armazenadas em sacos de papel e mantidas em estufa de circulação de ar forçada a 65°C até atingirem massa constante e em seguida foram pesadas, em balança com precisão de duas casas decimais.

### **3.5.4 Circunferência das plantas**

A circunferência das plantas foi aferida, logo após a colheita, com auxílio de fita métrica, em cm, a qual era posicionada no terço médio de cada planta. Nesta avaliação todas as folhas eram consideradas.

### **3.5.5 Circunferência de cabeça comercial**

Após a colheita, as folhas externas foram destacadas e então, com auxílio de fita métrica graduada em cm, foi mensurada a circunferência da “cabeça” comercial das alfaces. Essa avaliação foi realizada apenas para o segundo cultivo de alface.

### **3.5.6 Teor de nutrientes na parte aérea das plantas**

Para a determinação do teor de macronutrientes nas plantas, as mesmas foram submetidas a lavagem em água com detergente neutro e, posteriormente, água deionizada, armazenadas em sacos de papel e mantidas em estufa de circulação forçada a 65°C até atingirem massa constante. Em seguida foram trituradas em moinho do tipo Willey e encaminhadas ao Laboratório do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da FCA-UNESP para determinação do teor de macronutrientes, de acordo com a metodologia de Malavolta et al. (1997).

### **3.5.7 Acúmulo de nutrientes na parte aérea das plantas**

Após o procedimento relatado no item anterior, foi determinado o acúmulo de nutrientes na parte aérea das plantas a partir de cálculo relacionando o teor de nutrientes na parte aérea das plantas e a massa seca mesmas.

### **3.5.8 Acúmulo total de nutrientes na parte aérea das plantas**

O cálculo do acúmulo total de nutrientes foi realizado a partir da somatória do acúmulo de cada nutriente ao longo dos cultivos de alface.

### **3.5.9 Análise química do solo após o último cultivo de alface**

Após o último cultivo, foram retiradas amostras compostas de cada vaso, com auxílio de trado do tipo “tubo”, homogeneizadas e separadas em amostras simples, as quais foram encaminhadas ao Laboratório de Fertilidade dos Solos do Departamento de Solos e Recursos Ambientais para determinação dos principais parâmetros de fertilidade, conforme a metodologia de Raij et al. (2001).

### **3.5.10 Análise estatística**

Os resultados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey (5% de probabilidade), posteriormente, a testemunha foi comparada em isolado com os demais tratamentos, pelo teste de Dunnett (5% de probabilidade).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Altura das plantas

As médias da altura das plantas de alface, no primeiro e segundo cultivos, não foram influenciadas significativamente pelos tratamentos (Tabela 4). No entanto, as maiores médias para este parâmetro referem-se ao primeiro cultivo, havendo reduções no segundo cultivo.

A aplicação de 200 mg dm<sup>-3</sup> de fósforo na forma de superfosfato triplo em associação com 55 g de esterco bovino em cultivo único de alface crespa cultivar Verônica correspondeu a plantas com 17,5 cm de altura (MANTOVANI et al., 2014), o qual é inferior aos valores obtidos no primeiro cultivo de alface deste experimento e semelhante ao do segundo cultivo, conforme indica a Tabela 4.

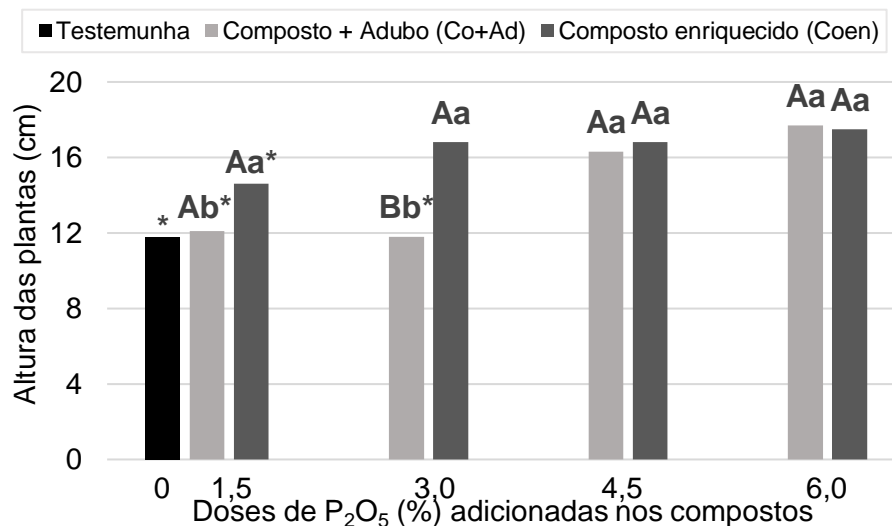
Tabela 4. Médias da altura das plantas no primeiro e segundo cultivos de alface em função dos tratamentos aplicados no solo.

Tratamento	Altura das plantas (cm)	
	1º Cultivo	2º Cultivo
Composto + adubo	22,6	17,2
Composto enriquecido	23,3	17,1
<i>p (modo de aplicação)</i>	0,4 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>
1,5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	23,7	17,4
3,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	22,1	16,4
4,5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	23,0	18,0
6,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	22,9	16,8
<i>p (dose)</i>	0,6 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>
Testemunha	22,9	16,7
<i>p (interação)</i>	0,8 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>
CV (%)	10,7	8,9

Composto + adubo (composto aplicado no solo em associação ao adubo fosfatado); composto enriquecido (composto produzido com o adubo fosfatado).

No terceiro cultivo, a análise estatística indicou interação entre os fatores modo de aplicação do adubo fosfatado e doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> nos compostos orgânicos (p<0,05) (Figura 1). Todos os tratamentos enriquecidos, composto + 4,5 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e composto + 6,0% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> demonstraram o mesmo efeito quanto ao parâmetro altura das plantas. Assim como a testemunha, o composto aplicado em associação a 1,5% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, obteve uma média de aproximadamente 12 cm.

Figura 1. Médias da altura das plantas de alface no terceiro cultivo em função dos tratamentos aplicados no solo.



Composto + adubo (composto aplicado no solo em associação ao adubo fosfatado); composto enriquecido (composto produzido com o adubo fosfatado). Letras maiúsculas distintas correspondem às comparações entre o modo de aplicação do adubo fosfatado e letras minúsculas distintas correspondem às comparações entre as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> nos compostos orgânicos pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Médias seguidas de asteriscos não diferem da testemunha pelo teste de Dunnett ( $p < 0,05$ ).

Ao comparar os tratamentos isoladamente à testemunha no terceiro cultivo, foram superiores os tratamentos com 4,5% e 6,0% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, independentemente do modo de aplicação do adubo fosfatado, e o composto enriquecido com 3,0% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no composto orgânico (Figura 1). A semelhança entre esses tratamentos remete ao fato de possuírem os maiores teores de fósforo, até mesmo por isso, tanto o composto enriquecido com 6,0% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> quando o composto aplicado em associação a 6,0% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> resultaram nos maiores valores observados para este parâmetro neste cultivo.

#### 4.2 Número de folhas

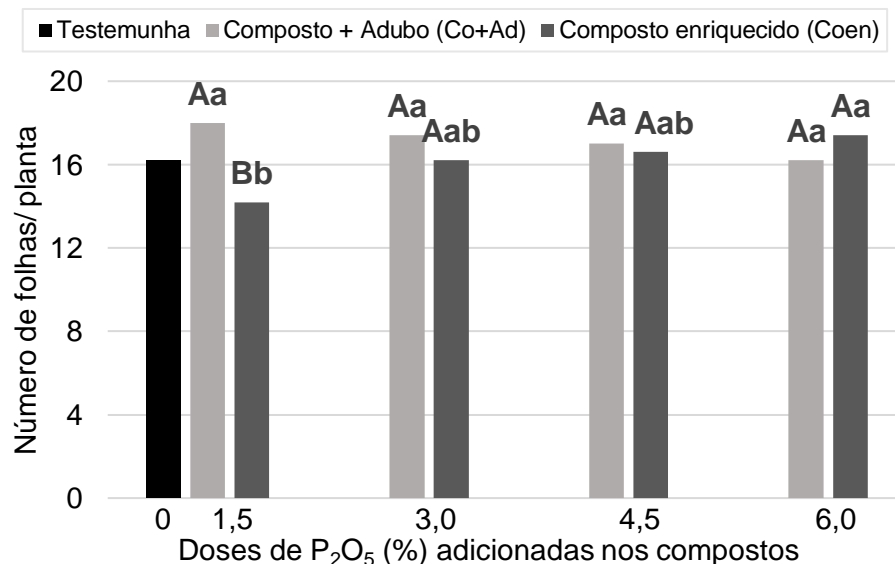
As médias do número de folhas por planta de alface foram influenciadas pelos tratamentos no primeiro cultivo com interação entre os fatores modo de aplicação do adubo fosfatado e doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> nos compostos orgânicos ( $p < 0,01$ ) (Figura 2). Em

relação ao modo de aplicação, todos os tratamentos tiveram o mesmo desempenho quanto ao número de folhas, exceto o composto enriquecido com 1,5% de  $P_2O_5$ .

Quanto as doses, não houve diferença estatística quando o adubo fosfatado foi aplicado associado ao composto. No entanto, quando o composto enriquecido com 6,0% de  $P_2O_5$  foi aplicado ao solo houve um acréscimo no número de folhas superior ao observado para o tratamento na dose de 1,5% de  $P_2O_5$ . A testemunha, por sua vez, não diferiu dos tratamentos independentemente do modo de aplicação do adubo fosfatado. O composto enriquecido com 1,5% de  $P_2O_5$  correspondeu ao menor número de folhas por planta do primeiro cultivo, com cerca de 14 folhas, diferentemente do que ocorreu com o composto aplicado em associação a 1,5% de  $P_2O_5$ , que obteve a maior média de 18 folhas/planta.

De acordo com Magalhães et al., (2015), plantas de alface crespa apresentam, em média, 11 folhas. Os valores observados neste estudo corresponderam a valores entre 14 e 18 folhas por planta evidenciando o efeito dos tratamentos.

Figura 2. Médias do número de folhas/planta no primeiro cultivo de alface em função dos tratamentos aplicados no solo.



Composto + adubo (composto aplicado no solo em associação ao adubo fosfatado); composto enriquecido (composto produzido com o adubo fosfatado). Letras maiúsculas distintas correspondem às comparações entre o modo de aplicação do adubo fosfatado e letras minúsculas distintas correspondem às comparações entre as doses de  $P_2O_5$  pelo teste de Tukey ( $p < 0,01$ ).

No segundo cultivo, a análise de variância não indicou diferença estatística entre os tratamentos, enquanto no terceiro cultivo, houve efeito apenas do modo de aplicação do adubo fosfatado, sendo a média do composto enriquecido superior a do composto + adubo (Tabela 5). As médias observadas para o número de folhas do terceiro cultivo quando comparadas as do segundo são bastante reduzidas, esse comportamento também foi observado para a massa fresca da parte aérea. Tal fato pode estar associado a absorção de nutrientes das plantas do terceiro cultivo ter sido afetada pela incidência de septoriose (*Septoria lactucae*), a qual atingiu a maioria dos tratamentos e ocasionou o desenvolvimento anormal das plantas.

Tabela 5. Médias do número de folhas no segundo e terceiro cultivos de alface em função dos tratamentos aplicados no solo.

Tratamento	Número de folhas/ planta	
	2º Cultivo	3º Cultivo
Composto + adubo	19	12B
Composto enriquecido	20	14A
<i>p</i> (modo de aplicação)	0,1 <sup>ns</sup>	0,0 <sup>**</sup>
1,5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	19	12
3,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	20	13
4,5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	19	13
6,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	19	14
<i>p</i> (dose)	0,5 <sup>ns</sup>	0,2 <sup>ns</sup>
Testemunha	19	9
<i>p</i> (interação)	0,8 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>
CV (%)	9,4	17,4

Composto + adubo (composto aplicado no solo em associação ao adubo fosfatado); composto enriquecido (composto produzido com o adubo fosfatado). Médias seguidas de letras diferentes diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,01$ )

Ao comparar os tratamentos em isolado com a testemunha no terceiro cultivo, constatou-se que todos os tratamentos enriquecidos e o composto + 6,0% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> foram superiores a testemunha (Tabela 6). Esses tratamentos apresentaram em comum os maiores teores de fósforo e uma relação C/N variando de 15/1 a 17/1.

Peixoto Filho et al. (2013), ao estudarem o efeito de doses de esterco de galinha em cultivos sucessivos de alface constataram que o número médio de folhas foi, respectivamente de: 15 folhas por planta no primeiro cultivo, 16 folhas por planta no segundo cultivo e 12 folhas por planta no terceiro cultivo. Os valores obtidos neste experimento foram superiores quanto ao primeiro e segundo cultivo e, no terceiro,

foram inferiores. No entanto, os resultados deste experimento foram inferiores aos obtidos em estudo desenvolvido por Villas Bôas et al. (2014) com adubação a base de esterco de aviário em combinação com outros resíduos (casca de eucalipto, serragem de madeira ou casca de feijão), no qual o número mínimo de folhas foi de 30.

Tabela 6. Comparação dos tratamentos com a testemunha em relação ao número de folhas/planta no terceiro cultivo de alface em função dos tratamentos aplicados no solo.

3º Cultivo	
Tratamento	Nº de folhas/planta
Testemunha	9*
Composto + 1,5% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	10*
Composto + 3,0% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	11*
Composto + 4,5% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	12*
Composto + 6,0% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	14
Composto enriquecido com 1,5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	13
Composto enriquecido com 3,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	16
Composto enriquecido com 4,5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	14
Composto enriquecido com 6,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	14

Composto + doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (composto aplicado no solo em associação ao adubo fosfatado); composto enriquecido (composto produzido com o adubo fosfatado). Médias seguidas de asteriscos não diferem da testemunha pelo teste de Dunnett (p<0,05).

### 4.3 Massa fresca da parte aérea das plantas

As médias da massa fresca da parte aérea (MFPA) das plantas do primeiro e segundo cultivos não foram influenciadas pelos tratamentos. No terceiro cultivo, houve efeito do modo de aplicação do adubo fosfatado associado ao adubo orgânico e de doses de fósforo no composto orgânico em isolado (Tabela 7).

No último cultivo de alface constatou-se que a média da massa fresca para os tratamentos com compostos enriquecidos foi superior (86 g/planta) àqueles no qual houve a associação entre adubo orgânico e mineral no momento da aplicação (59 g/planta). Quanto as doses, houve incremento na massa fresca da parte aérea das plantas de acordo com o aumento das doses a partir de 3,0% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Tabela 7). Ao

aplicar o composto orgânico em associação com 6,0% de  $P_2O_5$  a massa fresca da parte aérea correspondeu ao seu maior valor, de 81,61 g/planta. O composto enriquecido com 4,2% de  $P_2O_5$ , de acordo com a regressão, correspondeu ao máximo valor de MFPA de 98,02 g/planta (Figura 3).

Nos dois primeiros cultivos, a média dos valores de massa fresca da parte aérea foi de no mínimo 200 g/planta, exceto para a testemunha no segundo cultivo (Tabela 7). Tal valor difere do relatado por Viana et al. (2008), ao estudarem a combinação entre cama de frango e doses de termofosfato em alface. Nesse estudo, os autores constataram o valor máximo de 127 g/planta na dose de 150 g de cama de frango/planta. Esse comportamento pode ser explicado pela natureza dos resíduos empregados na produção do adubo orgânico e também pela fonte mineral utilizada, sendo o termofosfato insolúvel em água. Rodrigues et al. (1999) também constataram valores inferiores (154 g/planta) aos obtidos neste experimento para plantas de alface submetidas a adubação com 13 t/ha de composto orgânico em associação com adubação mineral (N, P, K, S e micronutrientes). Além disso, os resultados gerados no primeiro e segundo cultivos indicam o efeito mencionado por Santos et al. (2001), o qual, ao trabalharem com doses de compostos a base de cama de aviário, bagaço de cana-de-açúcar e outros, observaram efeito residual pelo período de 80 a 110 dias após a aplicação.

Ao comparar os tratamentos com a testemunha no primeiro cultivo de alface, foi observado que apenas o composto aplicado em associação a 3,0% de  $P_2O_5$  foi superior a testemunha (Tabela 8). O teor de fósforo aplicado associado ao composto deste tratamento foi superior ao da testemunha e essa foi a única distinção observada entre esses tratamentos (Tabela 2). No segundo cultivo de alface, os tratamentos enriquecidos com 1,5 e 3,0% de  $P_2O_5$ , assim como, os compostos aplicados em associação a 1,5; 3,0 e 4,5% de  $P_2O_5$  foram superiores a testemunha (Tabela 8). Neste caso, o que pode justificar tal comportamento é a relação C/N. Os compostos enriquecidos apresentaram uma relação C/N inferior a observada para a testemunha e dos compostos aplicados em associação a doses de fósforo. Até mesmo por isso que a massa fresca da parte aérea das plantas foi superior numericamente, valores maiores que 236 g/planta, aos demais tratamentos que diferiram da testemunha. Por fim, no terceiro cultivo de alface, os tratamentos enriquecidos com 3,0; 4,5 e 6,0% de  $P_2O_5$  e o composto aplicado em associação a 6,0% de  $P_2O_5$  diferiram da testemunha

(Tabela 8). Neste caso, fica evidente o efeito do teor de fósforo na composição dos tratamentos, tanto o fósforo que já havia sido incorporado nos compostos enriquecidos quanto aquele que foi aplicado em associação ao composto (Tabela 2). Os resultados indicam que esses tratamentos corresponderam a três vezes o valor da testemunha na produção de MFPA, apesar das plantas estarem doentes e não terem formado cabeça.

Tabela 7. Médias da massa fresca da parte aérea (MFPA) das plantas de alface nos cultivos em função dos tratamentos aplicados no solo.

Tratamento	MFPA (g)		
	1ºCultivo	2ºCultivo	3ºCultivo
Composto + adubo	253,6*	231,7*	59,1B*
Composto enriquecido	249,5*	220,5*	86,0A*
<i>p</i> (modo de aplicação)	0,7 <sup>ns</sup>	0,2 <sup>ns</sup>	0,0**
1,5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	251,6*	235,9	52,8b*
3,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	260,0*	235,5	68,0ab*
4,5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	239,4*	220,6*	84,5a*
6,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	255,1*	212,6*	84,8a
<i>p</i> (dose)	0,5 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	0,0*
Testemunha	206,8*	189,8*	28,8*
<i>p</i> (interação)	0,7	0,4	0,2

Médias iguais seguidas de letras maiúsculas não diferem ( $p < 0,01$ ) e minúsculas ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Figura 3. Médias da massa fresca da parte aérea (MFPA) das plantas no terceiro cultivo de alface em função dos tratamentos aplicados no solo.

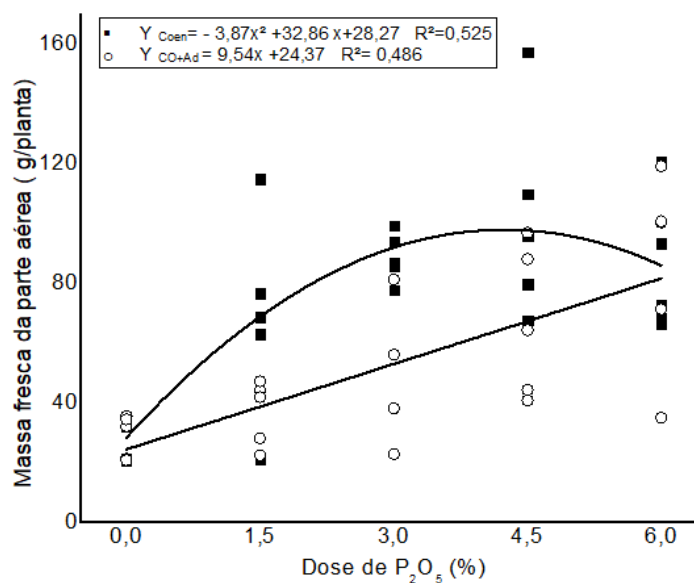


Tabela 8. Comparação dos tratamentos em relação a testemunha quanto as médias da massa fresca da parte aérea (MFPA) das plantas nos cultivos de alface em função dos tratamentos aplicados no solo.

Tratamento	MFPA (g)		
	1ºCultivo	2ºCultivo	3ºCultivo
Testemunha	206,80*	189,82*	28,83*
Composto + 1,5% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	249,20*	235,65	36,72*
Composto + 3,0% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	265,20	234,78	47,27*
Composto + 4,5% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	249,20*	234,66	66,88*
Composto + 6,0% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	250,80*	221,71*	85,32
Composto enriquecido com 1,5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	254,00*	236,05	68,85*
Composto enriquecido com 3,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	254,80*	236,12	88,72
Composto enriquecido com 4,5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	229,60*	206,52*	102,08
Composto enriquecido com 6,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	259,40*	203,40*	84,34

Médias seguidas de asterisco não diferem da testemunha pelo teste de Dunnett ( $p < 0,01$ ).

#### 4.4 Massa seca da parte aérea das plantas

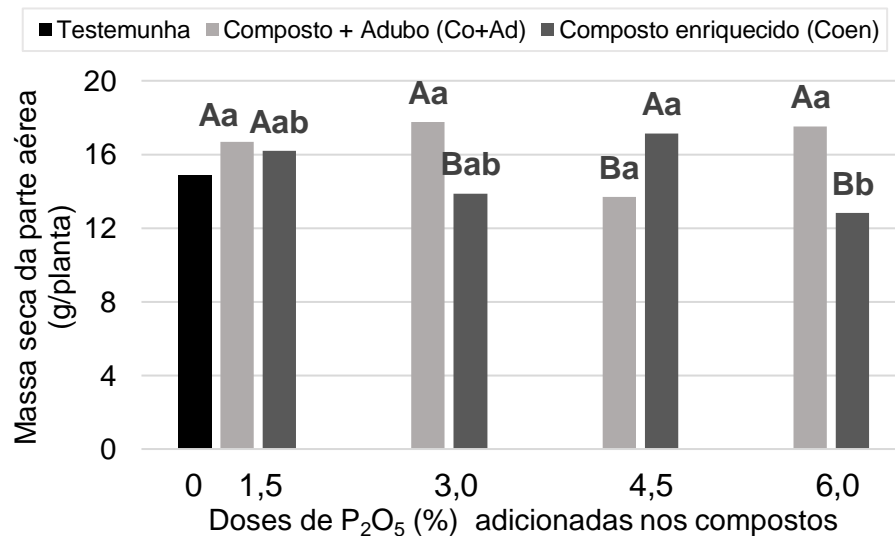
As médias da massa seca da parte aérea das plantas no primeiro cultivo de alface foram influenciadas pelos tratamentos, a análise de variância indicou interação entre os fatores modo de aplicação do adubo fosfatado associado ao adubo orgânico e doses de fósforo nos compostos orgânicos ( $p < 0,01$ ) (Figura 3). Os tratamentos que proporcionaram maior produção de massa seca da parte aérea foram: composto + 1,5% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, composto + 3,0% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, composto + 6,0% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e o composto enriquecido com 4,5% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. O tratamento enriquecido com 6,0% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> correspondeu a menor média observada, aproximadamente 13 g, sendo inferior até mesmo a testemunha, com cerca de 15 g.

No segundo cultivo, não foi observada diferença significativa entre os tratamentos e, no terceiro cultivo, houve apenas efeito do modo de aplicação do adubo fosfatado ( $p < 0,05$ ) sendo o composto enriquecido superior ao composto aplicado em associação ao adubo fosfatado (Tabela 9). Além disso, foram observados valores de média bastante inferiores, os quais podem ser justificados pela incidência de patógenos na parte aérea das plantas (*Septoria lactucae*).

Ao comparar os tratamentos com a testemunha no terceiro cultivo de alface, verificou-se que diferiram os seguintes tratamentos: composto enriquecido com 3,0; 4,5 e 6,0% de fósforo e composto + 4,5% de  $P_2O_5$  (Tabela 10). Os tratamentos enriquecidos apresentaram os maiores teores de fósforo incorporado (Tabela 2) e, por isso, diferenciaram-se da testemunha, assim como ocorreu para a massa fresca da parte aérea no terceiro cultivo (Tabela 8). Além disso, o composto enriquecido com 6,0% de  $P_2O_5$  correspondeu a maior massa seca da parte aérea para o terceiro cultivo quando comparada somente a testemunha, sendo, aproximadamente, três vezes maior que o valor do controle.

De acordo com Oliveira et al. (2014), a massa seca da parte aérea de plantas de alface submetidas a adubação com composto comercial e com composto a base de grama e esterco atingiu 5,1 g/planta e 4,2 g/planta, respectivamente. Tais valores diferem substancialmente dos obtidos nos dois primeiros cultivos e aproximaram-se dos obtidos no último deles.

Figura 4. Médias da massa seca da parte aérea (MSPA) de plantas do primeiro cultivo de alface em função dos tratamentos aplicados no solo.



Letras maiúsculas distintas correspondem às comparações entre o modo de aplicação do adubo fosfatado e letras minúsculas distintas correspondem as comparações entre as doses de  $P_2O_5$  pelo teste de Tukey ( $p < 0,01$ ).

Tabela 9. Médias da massa seca da parte aérea (MSPA) de plantas de alface no segundo e terceiro cultivos em função dos tratamentos aplicados no solo.

Tratamento	MSPA(g)	
	2º Cultivo	3º Cultivo
Composto + adubo	24,2	3,3B
Composto enriquecido	23,8	4,5A
<i>p (modo de aplicação)</i>	0,7 <sup>ns</sup>	0,0*
1,5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	23,4	3,4
3,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	24,0	3,4
4,5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	24,5	4,5
6,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	24,0	4,3
<i>p (dose)</i>	0,9 <sup>ns</sup>	0,2 <sup>ns</sup>
Testemunha	21,9	1,6
<i>p (interação)</i>	0,27 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>
CV (%)	13,9	40,9

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Tabela 10. Comparação dos tratamentos com a testemunha em relação as médias de massa seca da parte aérea (MSPA) de plantas do terceiro cultivo de alface em função dos tratamentos aplicados no solo.

3º Cultivo	
Tratamento	MSPA (g)
Testemunha	1,60*
Composto + 1,5% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2,54*
Composto + 3,0% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2,37*
Composto + 4,5% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4,60
Composto + 6,0% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3,68*
Composto enriquecido com 1,5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4,23*
Composto enriquecido com 3,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4,40
Composto enriquecido com 4,5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4,44
Composto enriquecido com 6,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4,94

Médias seguidas de asteriscos não diferem da testemunha pelo teste de Dunnett ( $p < 0,01$ ).

#### 4.5 Circunferência das plantas

A circunferência das plantas foi aferida apenas no segundo e terceiro cultivos, os quais referem-se a plantas de alface americana. As médias para circunferência das plantas no segundo cultivo de alface foram influenciadas pelos tratamentos (Figura 4). A análise estatística indicou interação entre os fatores modo de aplicação do adubo fosfatado e doses de  $P_2O_5$  nos compostos ( $p < 0,01$ ). Os compostos enriquecidos com 3,0; 4,5 e 6,0% de  $P_2O_5$  tiveram um desempenho estatisticamente igual ao composto aplicado em associação a 1,5% de  $P_2O_5$  e composto + 3,0% de  $P_2O_5$ . Foi constatado que os tratamentos enriquecidos (3,0%, 4,5% e 6,0% de fósforo) tiveram um melhor desempenho quanto a circunferência das plantas, que àquele enriquecido com 1,5% de  $P_2O_5$ , possivelmente, pelos maiores teores de fósforo (Tabela 2).

No terceiro cultivo, a análise de variância indicou que houve efeito em isolado dos fatores modo de aplicação do adubo fosfatado ( $p < 0,01$ ) e doses de fósforo nos compostos orgânicos ( $p < 0,05$ ) (Tabela 11). O modo de aplicação em que houve o processo de enriquecimento do composto foi superior ao composto aplicado com associação ao adubo, assim como, as doses de 4,5 e 6,0% tiveram um melhor desempenho que as demais.

Os tratamentos envolvendo compostos enriquecidos apresentaram comportamento quadrático, sendo a maior circunferência de 39,38 cm correspondente a dose de 3,29% de  $P_2O_5$ . Para os tratamentos em que o adubo fosfatado foi aplicado associado ao adubo orgânico, a dose de 6,0% de  $P_2O_5$  refere-se a máxima circunferência das plantas, de 40,10 cm. Além disso, foi observado que na dosagem de 0,15% de  $P_2O_5$ , ambos os modos de aplicação do adubo fosfatado são equivalentes a mesma circunferência das plantas, de 25,30 cm (Figura 6).

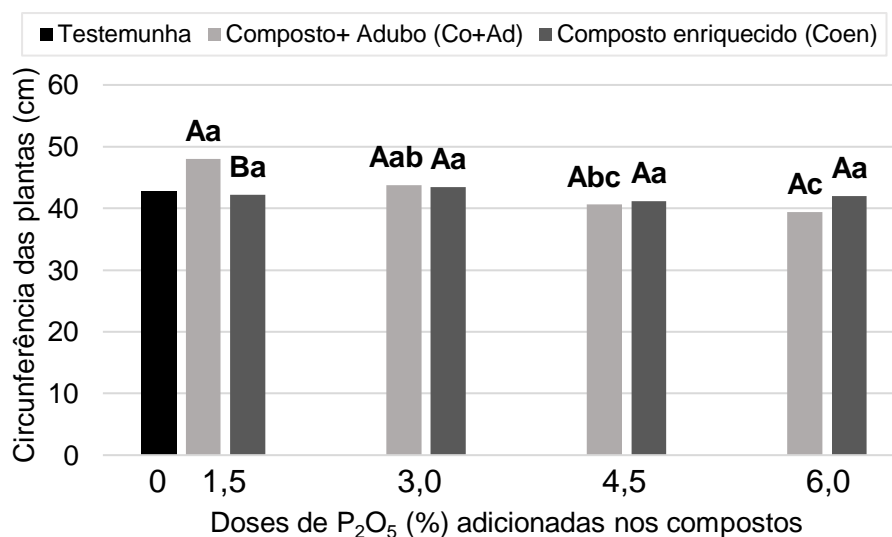
Ao comparar as médias dos tratamentos com a testemunha no terceiro cultivo (Tabela 12) observou-se que diferiram os seguintes tratamentos: composto + 4,5% de  $P_2O_5$ , composto + 6,0% de  $P_2O_5$  e todos os compostos enriquecidos, exceto aquele em que houve adição de 1,5% de fósforo.

De modo geral, os valores obtidos para circunferência das plantas foram superiores a 27 cm, valor relatado por Silva et al. (2016) ao estudarem o desempenho de adubos orgânicos e minerais em alface. Assim como, a grande maioria das médias

foi superior a 31 cm, o qual foi constatado por Vidigal et al. (1995), ao aplicar a mesma dosagem de composto a cultivos de alface

Os tratamentos envolvendo compostos enriquecidos apresentaram comportamento quadrático, sendo a maior circunferência de 39,38 cm correspondente a dose de 3,29% de  $P_2O_5$ . Para os tratamentos em que o adubo fosfatado foi aplicado associado ao adubo orgânico, a dose de 6,0% de  $P_2O_5$  refere-se a máxima circunferência das plantas, de 40,10 cm. Além disso, foi observado que na dosagem de 0,15% de  $P_2O_5$ , ambos os modos de aplicação do adubo fosfatado são equivalentes a mesma circunferência das plantas, de 25, 30 cm (Figura 6).

Figura 5. Médias da circunferência das plantas no segundo cultivo de alface em função dos tratamentos aplicados no solo.



Letras maiúsculas distintas correspondem às comparações entre o modo de aplicação do adubo fosfatado e letras minúsculas distintas correspondem as comparações entre as doses de  $P_2O_5$  pelo teste de Tukey ( $p < 0,01$ ).

Tabela 11. Médias da circunferência das plantas no terceiro cultivo de alface em função dos tratamentos aplicados no solo.

3º Cultivo	
Tratamento	Circunferência das plantas (cm)
Composto + adubo	34,8B
Composto enriquecido	42,3A
<i>p (modo de aplicação)</i>	0,0**
1,5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	32,0b
3,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	39,0ab
4,5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	42,0a
6,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	41,0a
<i>p (dose)</i>	0,0*
Testemunha	23,4
<i>p (interação)</i>	0,8 <sup>ns</sup>
CV (%)	18,7

Médias distintas seguidas de letras maiúsculas diferem ( $p < 0,01$ ) e minúsculas ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey

Figura 6. Médias da circunferência das plantas no terceiro cultivo de alface em função dos tratamentos aplicados no solo.

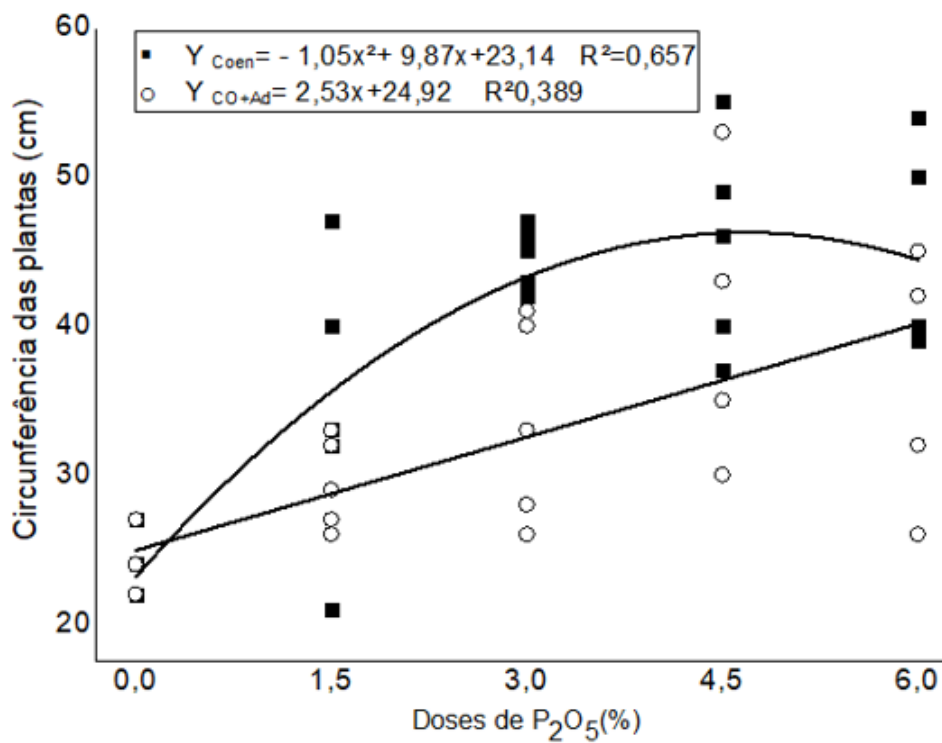


Tabela 12. Comparação dos tratamentos com a testemunha em relação as médias da circunferência das plantas no terceiro cultivo de alface em função dos tratamentos aplicados no solo.

3º Cultivo	
Tratamento	Circunferência das plantas (cm)
Testemunha	23,4*
Composto + 1,5% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	29,4*
Composto + 3,0% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	33,6*
Composto + 4,5% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	38,2
Composto + 6,0% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	38,0
Composto enriquecido com 1,5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	34,6*
Composto enriquecido com 3,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	44,6
Composto enriquecido com 4,5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	45,4
Composto enriquecido com 6,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	44,6

Médias iguais seguidas de asterisco não diferem da testemunha pelo teste de Dunnett ( $p < 0,05$ ).

#### 4.6 Circunferência de cabeça comercial

As médias da circunferência de cabeça comercial das plantas de alface americana do segundo cultivo foram influenciadas pelos fatores isoladamente (Tabela 13). Apenas no segundo cultivo houve a formação de cabeça comercial. A análise estatística indicou que houve efeito do modo de aplicação do adubo fosfatado ( $p < 0,01$ ) e de doses ( $p < 0,05$ ). O modo de aplicação em que o composto foi aplicado associado ao adubo fosfatado foi superior ao composto enriquecido, assim como, a dose de 1,5% de fósforo obteve o melhor desempenho para esse parâmetro de produção. Tais resultados podem ser justificados pela diferença no teor de nitrogênio dos tratamentos constituídos por composto + adubo em comparação aos constituídos por composto enriquecido (Tabela 2).

Em relação as doses, o composto enriquecido apresentou comportamento linear, sendo a maior circunferência de cabeça de 29,08 cm correspondente a testemunha. O composto orgânico aplicado em associação com o adubo fosfatado, por sua vez, apresentou comportamento quadrático, sendo o ponto de máxima, 33,45 cm, referente a dose de 2,93% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Figura 7).

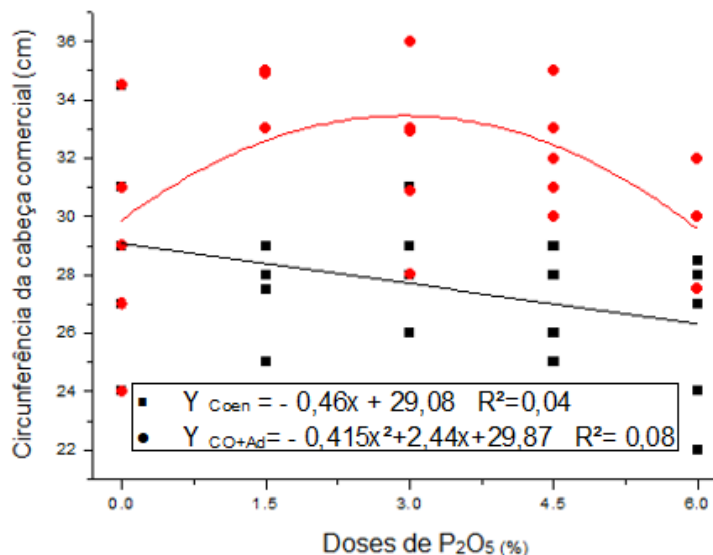
Yuri et al. (2004), ao testarem doses de composto orgânico em alface, constataram a correspondência entre 17,5 t/ha, dosagem referência para este experimento, de composto com 38,2 cm de circunferência de cabeça comercial, valor superior ao obtido neste experimento. No entanto, deve-se considerar que foi utilizado um composto com relação C/N inferior (11:1) à deste experimento, assim como, com um teor de nitrogênio, fósforo e potássio superior na adubação de plantio. Além de ter sido utilizado apenas uma colheita para determinação da produção.

Tabela 13. Médias da circunferência de cabeça comercial das plantas de alface no segundo cultivo em função dos tratamentos aplicados no solo.

2º Cultivo	
Tratamento	Circunferência de cabeça comercial (cm)
Composto + adubo	32,2A
Composto enriquecido	27,4B
<i>p</i> (modo de aplicação)	0,0**
1,5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	31,1a
3,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	30,4ab
4,5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	29,7ab
6,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	27,9b
<i>p</i> (dose)	0,0*
Testemunha	29,1
<i>p</i> (interação)	0,4ns
CV (%)	7,8

Médias iguais seguidas de letras maiúsculas não diferem ( $p < 0,01$ ) e minúsculas ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Figura 7. Médias da circunferência da cabeça comercial em plantas no segundo cultivo de alface em função dos tratamentos aplicados no solo.



#### 4.7 Teor de macronutrientes na parte aérea das plantas

Os teores de macronutrientes ao longo dos cultivos de alface são apresentados na Tabela 15. No primeiro cultivo, o composto enriquecido com 6,0 % de  $P_2O_5$  foi o responsável pelos maiores teores de P ( $4 \text{ g kg}^{-1}$ ), K ( $57 \text{ g kg}^{-1}$ ) e Ca ( $8 \text{ g kg}^{-1}$ ). Tais resultados podem estar relacionados com a condutividade elétrica desse tratamento, o qual além de ter o maior teor de fósforo também apresentou a maior liberação de nutrientes (Tabela 2). Em relação aos teores de fósforo e de potássio, os mesmos foram superiores a 3 e  $16 \text{ g kg}^{-1}$ , valores obtidos por (VIANA; VASCONCELOS, 2008) na aplicação, respectivamente, de  $150 \text{ g planta}^{-1}$  de cama de frango e cama de frango em associação com termofosfato e micronutrientes em plantas de alface crespa implantadas em vasos preenchidos com 5 kg de solo.

No segundo cultivo, o tratamento em que o composto foi aplicado em associação a 3,0% de  $P_2O_5$  correspondeu aos maiores teores de nutrientes nas plantas. Os teores de fósforo apresentaram valores próximos e sem um comportamento definido diferentemente do obtido no estudo desenvolvido por Fonseca et al., (2013), os quais constaram que doses crescentes de fósforo (0, 100, 200, 300 e  $500 \text{ mg dm}^{-3}$ ) implicam linearmente em aumento nos teores de fósforo na parte aérea das plantas. No entanto, a dose de  $200 \text{ mg dm}^{-3}$  de P correspondeu a um teor desse nutriente na parte aérea das plantas de  $1,11 \text{ g kg}^{-1}$ , valor inferior ao encontrado neste cultivo, de no mínimo  $2 \text{ g kg}^{-1}$ . Tal fato pode estar relacionado ao efeito residual dos tratamentos e conseqüentemente a liberação de fósforo proveniente do material orgânico para as plantas.

O teor de nutrientes na parte aérea de plantas de alface é dependente do tipo de folha e da presença ou ausência de cabeça. Para alfaces do tipo americana, os teores devem ser, em média de:  $40,24 \text{ g kg}^{-1}$  de N,  $4,3 \text{ g kg}^{-1}$  de P,  $61,3 \text{ g kg}^{-1}$  de K,  $14,1 \text{ g kg}^{-1}$  de Ca,  $3,2 \text{ g kg}^{-1}$  de Mg e  $2,8 \text{ g kg}^{-1}$  de S (MARTINEZ e MAIA, 2010). Tal fato justifica o comportamento distinto entre as plantas do primeiro e segundo cultivo, principalmente.

No último cultivo, não houve grande variação entre os teores de P, Ca, Mg e S. No entanto, os tratamentos que proporcionaram maior teor de nitrogênio foram aqueles que envolviam 1,5% de  $P_2O_5$  e composto enriquecido com 4,5% de  $P_2O_5$ . Os maiores teores de fósforo na parte aérea das plantas correspondem aos tratamentos que, mesmo após a colheita, ainda apresentavam teores de P maiores

que  $170 \text{ mg dm}^{-3}$  no solo (Tabela 14). Tal comportamento também foi observado para potássio, no qual a testemunha apresentou o maior teor,  $34 \text{ g kg}^{-1}$ , e de acordo com a análise de solo após a terceira colheita, continua sendo o tratamento com maior concentração desse nutriente no solo. Como pode ser observado, os teores de nutrientes para este cultivo diferiram dos demais, tal comportamento pode estar associado aos danos causados na parte aérea das plantas devido a incidência de septoriose (*Septoria lactucae*).

Tabela 14. Teor de macronutrientes na parte aérea das plantas após os cultivos de alface em função dos tratamentos aplicados no solo.

Teor de nutrientes na parte aérea das plantas							
	Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S
Primeiro cultivo	Testemunha	26	3	53	7	2	2
	Co+1,5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	26	3	53	7	2	2
	Co+3,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	26	3	53	7	2	2
	Co+4,5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	23	3	53	7	3	2
	Co+6,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	25	3	53	7	2	2
	Coen 1,5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	26	3	53	7	2	2
	Coen 3,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	22	3	46	6	2	2
	Coen 4,5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	25	3	52	7	2	2
	Coen 6,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	25	4	57	8	3	2
	Média geral	25	3	53	7	2	2
Segundo cultivo	Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S
		g kg <sup>-1</sup>					
	Testemunha	24	3	38	9	4	2
	Co+1,5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	26	2	38	9	4	2
	Co+3,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	27	3	44	11	5	2
	Co+4,5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	27	3	27	9	5	2
	Co+6,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	20	2	34	8	4	1
	Coen 1,5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	23	3	45	9	5	1
	Coen 3,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	20	3	45	8	4	1
Coen 4,5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	21	3	34	8	5	1	
Coen 6,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	22	3	36	9	4	1	
	Média geral	23	3	38	9	4	2
Terceiro cultivo	Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S
		g kg <sup>-1</sup>					
	Testemunha	30	2	34	10	5	2
	Co+1,5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	35	2	26	12	8	2
	Co+3,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	34	2	22	12	7	2
	Co+4,5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	33	2	28	12	6	2
	Co+6,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	31	2	27	10	6	2
	Coen 1,5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	35	2	30	12	7	2
	Coen 3,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	34	3	31	12	6	2
Coen 4,5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	35	3	31	12	7	2	
Coen 6,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	34	3	31	13	7	2	
	Média geral	33	2	29	12	7	2

Composto + adubo (Co+ % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>); Composto enriquecido (Coen com % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)  
 Metodologia: MALAVOLTA et al., (199

## 4.8 Acúmulo de nutrientes na parte aérea das plantas

### 4.8.1 Nitrogênio e potássio

As médias do acúmulo de nitrogênio na parte aérea das plantas nos dois primeiros cultivos de alface não foram influenciadas pelos tratamentos (Tabela 16). A análise de variância indicou que não houve diferença significativa entre os tratamentos.

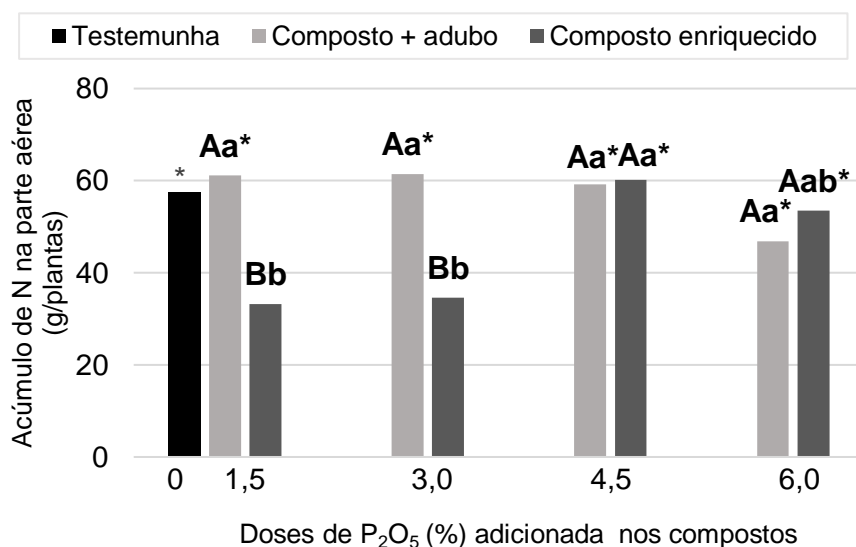
Tabela 15. Médias do acúmulo de nitrogênio na parte aérea das plantas de alface no primeiro e segundo cultivos de alface em função dos tratamentos aplicados no solo.

Tratamento	Ac. de nitrogênio na parte aérea das plantas de alface (g/planta)	
	1º Cultivo	2º Cultivo
Composto+ adubo	129,78	186,44
Composto enriquecido	131,22	180,72
p ( modo de aplicação)	0,83 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>
1,5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	135,44	178,17
3,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	123,17	173,50
4,5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	140,83	191,67
6,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	122,55	191,00
p (dose)	0,19 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>
Testemunha	151,11	220,33
CV (%)	12,66	14,42

Médias seguidas de asteriscos não diferem da testemunha pelo teste de Dunnett ( $p < 0,05$ )

No terceiro cultivo de alface, a análise estatística indicou que houve interação entre os fatores modo de aplicação do adubo fosfatado e doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> nos compostos orgânicos ( $p < 0,05$ ), sendo que todos os tratamentos em que o adubo fosfatado foi aplicado em associação ao adubo orgânico igualaram-se estatisticamente ao composto enriquecido com 4,5% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e ao de 6,0% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. A maior média observada foi de 61,44 g de nitrogênio/ plantas, no tratamento composto + 3,0% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e a menor, por sua vez, correspondeu ao composto enriquecido com 1,5% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, que atingiu apenas 33,22 g de nitrogênio/ plantas.

Figura 8. Médias do acúmulo de nitrogênio (N) na parte aérea das plantas no terceiro cultivo de alface em função dos tratamentos aplicados no solo.



Letras maiúsculas distintas correspondem às comparações entre o modo de aplicação do adubo fosfatado e letras minúsculas distintas correspondem às comparações entre as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Médias seguidas de asteriscos não diferem da testemunha pelo teste de Dunnett ( $p < 0,05$ )

Na comparação em isolado da testemunha com os demais tratamentos foi observado que para o segundo cultivo também não houve diferença estatística (Tabela 17). No entanto, para o terceiro cultivo, os tratamentos enriquecidos com 1,5% e 3,0% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> foram inferiores ao controle (Figura 5).

Tabela 16. Comparação dos tratamentos com a testemunha em relação as médias do acúmulo de nitrogênio na parte aérea das plantas no segundo cultivo de alface em função dos tratamentos aplicados no solo.

Ac. de nitrogênio na parte aérea das plantas (g/plantas)	
Tratamento	2º Cultivo
Testemunha	220,2*
Composto+ 1,5% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	162,5*
Composto+ 3,0% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	184,4*
Composto+ 4,5% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	201,3*
Composto+ 6,0% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	197,6*
Composto enriquecido com 1,5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	193,7*
Composto enriquecido com 3,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	162,5*
Composto enriquecido com 4,5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	182,2*
Composto enriquecido com 6,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	184,4*

Médias seguidas de asteriscos não diferem pelo teste de Dunnett ( $p < 0,05$ )

As médias do acúmulo de potássio não foram influenciadas pelos tratamentos no primeiro e segundo cultivos de alface (Tabela 18). No entanto, para o terceiro cultivo de alface foi observada interação entre os fatores modo de aplicação do adubo fosfatado e doses de  $P_2O_5$  ( $p < 0,05$ ). Os mesmos tratamentos que influenciaram o acúmulo de nitrogênio também tiveram efeito quanto ao acúmulo de potássio (Figura 5). As maiores médias correspondem ao composto aplicado em associação a 3,0% de  $P_2O_5$ , 168 g de potássio/3 plantas, e ao composto enriquecido com 4,5% de  $P_2O_5$ , com média de 154g de potássio/ 3 plantas (Figura 6).

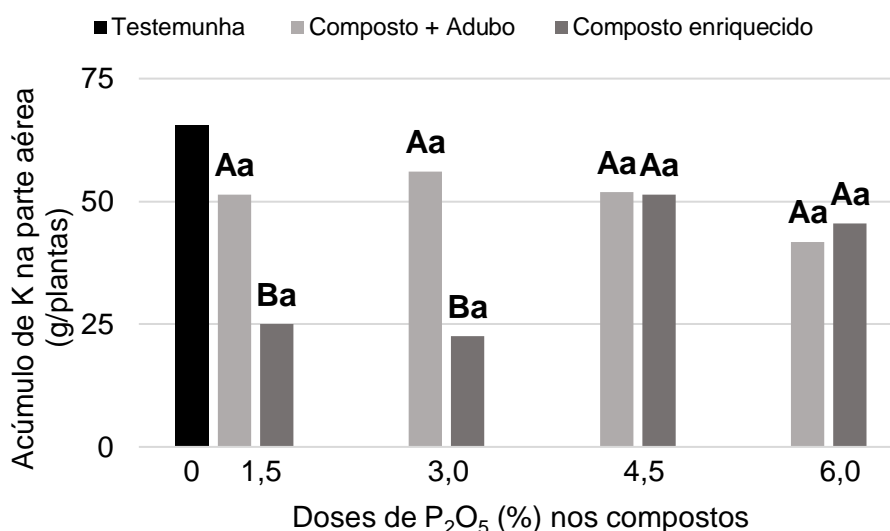
Ao comparar os tratamentos com a testemunha quanto ao acúmulo de potássio, foi observado que não houve diferença estatística no segundo cultivo (Tabela 19). Apesar disso, é notável a diferença entre os tratamentos e a testemunha.

Tabela 17. Médias do acúmulo de potássio (K) na parte aérea das plantas no primeiro e segundo cultivos de alface em função dos tratamentos aplicados no solo.

Tratamento	Ac. de potássio na parte aérea das plantas de alface (g/plantas)	
	1º Cultivo	2º Cultivo
Composto + adubo	270,55	338,86
Composto enriquecido	271,17	336,19
p ( modo de aplicação)	0,96 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>
1,5% $P_2O_5$	282,89	377,00
3,0% $P_2O_5$	246,67	341,89
4,5% $P_2O_5$	293,50	317,39
6,0% $P_2O_5$	260,39	313,83
p (dose)	0,08 <sup>ns</sup>	0,56 <sup>ns</sup>
Testemunha	291,67	219,78
CV (%)	11,87	26,19

Médias seguidas de asteriscos não diferem da testemunha pelo teste de Dunnett ( $p < 0,05$ )

Figura 9. Médias do acúmulo de potássio (K) na parte aérea das plantas no terceiro cultivo em função do modo de aplicação do adubo fosfatado e de doses de  $P_2O_5$  nos compostos orgânicos.



Letras maiúsculas distintas correspondem às comparações entre o modo de aplicação do adubo fosfatado e letras minúsculas distintas correspondem as comparações entre as doses de  $P_2O_5$  pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

Tabela 18. Comparação do tratamento com a testemunha em relação as médias do acúmulo de potássio na parte aérea das plantas de alface em função do modo de aplicação do adubo fosfatado e de doses de  $P_2O_5$ .

Ac. de potássio na parte aérea das plantas de alface (g/plantas)	
Tratamento	2º Cultivo
Testemunha	219,8*
Composto+ 1,5% de $P_2O_5$	372,13*
Composto+ 3,0% de $P_2O_5$	311,70*
Composto+ 4,5% de $P_2O_5$	345,03*
Composto+ 6,0% de $P_2O_5$	316,00*
Composto enriquecido com 1,5% $P_2O_5$	381,87*
Composto enriquecido com 3,0% $P_2O_5$	372,13*
Composto enriquecido com 4,5% $P_2O_5$	289,83*
Composto enriquecido com 6,0% $P_2O_5$	311,70*

Médias seguidas de asteriscos não diferem pelo teste de Dunnett ( $p < 0,05$ )

O acúmulo de nitrogênio e o de potássio foi influenciado por todos os tratamentos envolvendo compostos orgânicos aplicados em associação as doses de  $P_2O_5$  adicionadas nos compostos orgânicos e composto enriquecido com 4,5 e 6,0% de  $P_2O_5$ . Esses tratamentos apresentaram em comum maiores teores de fósforo, cálcio e carbono. Além disso, uma condutividade elétrica mais alta, assim como uma

relação carbono/nitrogênio mais avançada que as demais indicando um maior grau de maturação do composto e conseqüentemente uma taxa de mineralização diferenciada (Tabela 2).

Ao avaliar o acúmulo de nutrientes em alface crespa adubadas com fertilizante orgânico (500 g/planta Biomix®) e mineral (3,9 g de P/planta, 1,6 g K<sub>2</sub>O/planta e 0,26 g de N/planta), Kano, Cardoso e Boas (2011) constataram que após 30 dias do transplântio, as plantas de alface acumulam aproximadamente 37 g de N/ planta e 71 g de K/ planta, tais valores são inferiores aos obtidos neste estudo.

#### 4.8.2 Fósforo

As médias do acúmulo de fósforo na parte aérea das plantas nos cultivos de alface não foram influenciadas pelos tratamentos (Tabela 20). De acordo com a análise de variância não houve diferença significativa no acúmulo desse nutriente nos dois primeiros cultivos de alface. No entanto, no último cultivo foi observado efeito em isolado do modo de aplicação do adubo fosfato associado ao adubo orgânico ( $p < 0,01$ ) e das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ( $p < 0,05$ ).

No terceiro cultivo constatou-se que a aplicação do composto associado ao adubo fosfatado foi superior ao composto enriquecido (Tabela 20). Supõe-se que ao aplicar o superfosfato triplo em associação com o adubo orgânico, o fósforo e demais nutrientes presentes nesse adubo mineral tenham sido solubilizados mais rapidamente do que os nutrientes presentes nos compostos enriquecidos. Além disso, os resultados obtidos também podem ter relação com o grau de maturação dos tratamentos, os quais estavam iniciando o processo de mineralização do nitrogênio (valores para relação C/N iguais ou menores que 17:1), ou seja, ainda não tinham atingido a humificação (Tabela 2).

Os valores encontrados para o acúmulo de fósforo no terceiro cultivo podem ser justificados pelos baixos teores de fósforo, em média 2 g/ Kg (Tabela 15), referente a plantas com a área foliar afetada pelos sintomas de septoriose (*Septoria Lactucae*), com porte reduzido e que não conseguiram nem mesmo iniciar a formação da cabeça comercial. No entanto, Silva (2013), ao aplicar a mesma dosagem de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, na forma de superfosfato triplo, deste estudo no cultivo de alface cv. Vera, obteve um acúmulo de P de 0,1 g/ planta. Tal valor é inferior ao observado para este cultivo, embora o solo utilizado naquele estudo possuía um teor de fósforo superior, 14 mg dm<sup>-3</sup>, uma

adubação de plantio diferenciada, a colheita tenha sido mais tardia e também por se tratar de um único cultivo.

Tabela 19. Médias do acúmulo de fósforo (P) na parte aérea das plantas nos cultivos de alface em função do modo de aplicação do adubo fosfatado e de doses de  $P_2O_5$  nos compostos orgânicos.

Tratamento	Ac. de fósforo na parte aérea das plantas de alface (g/plantas)		
	1º Cultivo	2º Cultivo	3º Cultivo
Composto + adubo	19,58	24,94	4,30A
Composto enriquecido	18,96	24,00	3,03B
$p$ (modo de aplicação)	0,49 <sup>ns</sup>	0,53 <sup>ns</sup>	0,00**
1,5% $P_2O_5$	21,13	24,68	2,59b
3,0% $P_2O_5$	17,95	25,61	3,46ab
4,5% $P_2O_5$	20,33	24,19	4,47a
6,0% $P_2O_5$	17,67	23,40	4,12ab
$p$ (dose)	0,02 <sup>ns</sup>	0,76 <sup>ns</sup>	0,02*
Testemunha	19,09	23,19	3,48
CV (%)	11,05	14,86	27,2

Médias diferentes seguidas de letras maiúsculas diferem ( $p < 0,01$ ) e minúsculas ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey

#### 4.8.3 Cálcio e magnésio

As médias do acúmulo de cálcio não foram influenciadas pelos tratamentos no primeiro e segundo cultivos de alface diferentemente do que ocorreu no terceiro cultivo (Tabela 21). Para o terceiro cultivo, houve efeito, em isolado, do modo de aplicação do adubo fosfatado ( $p < 0,01$ ), sendo que o composto + adubo correspondeu a maior média observada, aproximadamente 61g de cálcio/3 plantas.

Na Tabela 22 são apresentadas as médias do acúmulo de magnésio na parte aérea das plantas de alface durante os cultivos de alface. A análise estatística indicou que não houve diferença significativa entre os tratamentos nos dois primeiros cultivos, mas que no terceiro cultivo, houve efeito do modo de aplicação do adubo fosfatado em associação ao orgânico ( $p < 0,05$ ).

O acúmulo de cálcio foi influenciado pelo modo de aplicação em que o adubo fosfatado foi aplicado associado ao adubo orgânico. Supõe-se que ao aplicar o superfosfato triplo associado ao composto orgânico, o mesmo tenha liberado além do fósforo, o cálcio presente em sua composição e que isso tenha proporcionado essa diferença entre os tratamentos. De qualquer modo, os valores observados são

resultado direto do teor de nutrientes na parte aérea das plantas, o quais podem ser considerados no limiar inferior para cálcio, de acordo com Martinez e Maia (2010).

Tabela 20. Médias do acúmulo de cálcio (Ca) na parte aérea das plantas nos cultivos de alface em função do modo de aplicação do adubo fosfatado e de doses de  $P_2O_5$  nos compostos orgânicos.

Tratamento	Acúmulo de cálcio na parte aérea das plantas (g/planta)		
	1º Cultivo	2º Cultivo	3º Cultivo
Composto + adubo	36,33	72,53	20,17A
Composto enriquecido	36,50	74,17	15,77B
p ( modo de aplicação)	0,93 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>**</sup>
1,5% $P_2O_5$	37,00	72,28	16,17
3,0% $P_2O_5$	31,50	71,89	25,00
4,5% $P_2O_5$	39,72	73,56	21,39
6,0% $P_2O_5$	37,44	75,67	17,67
p (dose)	0,06 <sup>ns</sup>	0,98 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>
Testemunha	37,77	76,22	19,89
CV (%)	13,52	21,82	20,27

Médias diferentes seguidas de letras maiúsculas diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,01$ )

Tabela 21. Médias do acúmulo de magnésio (Mg) na parte aérea das plantas nos cultivos de alface em função do modo de aplicação do adubo fosfatado e de doses de  $P_2O_5$  nos compostos orgânicos.

Tratamento	Acúmulo de magnésio na parte aérea das plantas (g/planta)		
	1º Cultivo	2º Cultivo	3º Cultivo
Composto + adubo	11,32	35,39	11,23A
Composto enriquecido	11,49	32,93	8,93B
p ( modo de aplicação)	0,81 <sup>ns</sup>	0,55 <sup>ns</sup>	0,014 <sup>*</sup>
1,5% $P_2O_5$	11,18	35,24	9,53
3,0% $P_2O_5$	10,10	30,80	9,48
4,5% $P_2O_5$	12,58	36,08	11,73
6,0% $P_2O_5$	11,75	34,51	9,59
p (dose)	0,14 <sup>ns</sup>	0,8 <sup>ns</sup>	0,2 <sup>ns</sup>
Testemunha	13,01	41,64	8,84
CV (%)	15,30	28,38	20,85

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

#### 4.8.4 Enxofre

As médias do acúmulo de enxofre na parte aérea das plantas de alface não foram influenciadas pelos tratamentos apenas no segundo cultivo (Tabela 23). A análise de variância indicou que no primeiro cultivo houve efeito isolado das doses de

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> nos compostos ( $p < 0,05$ ), sendo os maiores acúmulos correspondentes as seguintes doses: 1,5; 3,0 e 4,5% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Para o segundo cultivo não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Nos dois primeiros cultivos de alface, os valores para acúmulo de enxofre na parte aérea das plantas foram superiores aos obtidos por Kano, Cardoso e Boas (2011), de cerca de 6 g/ planta. No entanto, as médias do terceiro cultivo foram inferiores, sendo de aproximadamente 3 g/ planta.

Ao comparar os tratamentos com a testemunha constatou-se que não houve diferença significativa nos dois primeiros cultivos (Tabela 24). No entanto, é possível observar que os valores referentes a testemunha foram superiores aos obtidos nos demais tratamentos.

Tabela 22. Médias do acúmulo de enxofre na parte aérea das plantas de alface no primeiro e segundo cultivos em função dos tratamentos aplicados no solo.

Tratamento	Ac. de enxofre na parte aérea das plantas de alface (g/planta)	
	1º Cultivo	2º Cultivo
Composto + adubo	8,63	11,70
Composto enriquecido	8,63	12,10
p (modo de aplicação)	0,98 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>
1,5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	9,49a	11,73
3,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	8,57ab	11,44
4,5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	8,75ab	12,61
6,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	7,7b	11,82
p (dose)	0,04*	0,79 <sup>ns</sup>
Testemunha	10,27	14,96
CV (%)	11,22	16,87

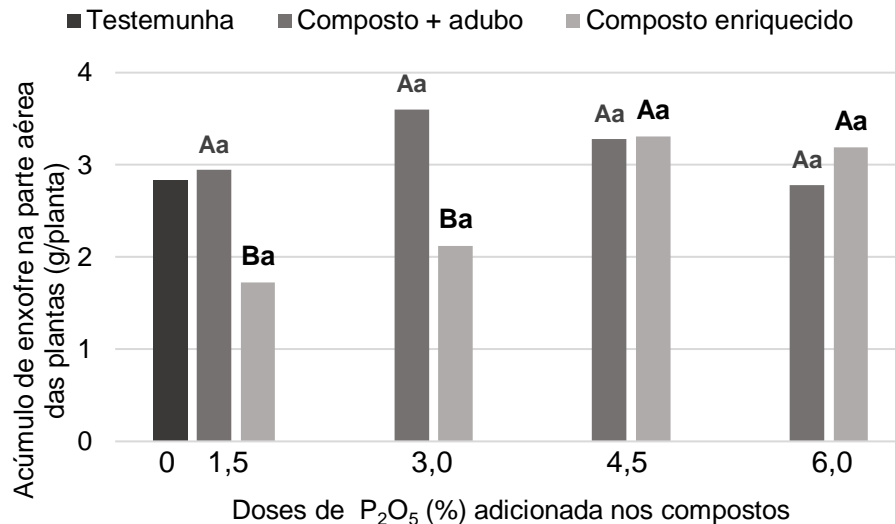
Médias diferentes seguidas de letras minúsculas diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

No terceiro cultivo de alface, foi observada interação entre os fatores modo de aplicação do adubo fosfatado em associação ao orgânico e doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> nos compostos orgânicos ( $p < 0,05$ ). O maior acúmulo de enxofre na parte aérea das plantas corresponde ao tratamento constituído por composto + 3,0% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, de aproximadamente 3,6 g/ planta, e o menor, ao tratamento compostos enriquecidos com 1,5% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, o qual atingiu apenas 1,72 g/ planta.

Assim como ocorreu para o acúmulo de nitrogênio e potássio, todas as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicadas em associação ao composto orgânico apresentaram desempenho semelhante aos compostos enriquecidos com 4,5 e 6,0% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. As características

químicas comuns entre esses compostos (Tabela 2) podem justificar tais comportamentos.

Figura 10. Médias do acúmulo de enxofre (S) na parte aérea as plantas de alface no terceiro cultivo.



Letras maiúsculas distintas correspondem às comparações entre o modo de aplicação do adubo fosfatado e letras minúsculas distintas correspondem as comparações entre as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Ao comparar os tratamentos com a testemunha no primeiro cultivo foi observado que diferiu apenas o tratamento enriquecido com 6,0% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, enquanto no segundo cultivo não houve distinção em relação a testemunha (Tabela 24).

Tabela 23. Comparação dos tratamentos com a testemunha em relação as médias do acúmulo de enxofre na parte aérea das plantas de alface no primeiro e segundo cultivos em função dos tratamentos aplicados no solo.

Ác. de enxofre na parte aérea das plantas de alface (g/ planta)		
Tratamento	1ºCultivo	2ºCultivo
Testemunha	10,27*	14,93*
Composto+ 1,5% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	9,10*	11,03*
Composto+ 3,0% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	8,80*	11,83*
Composto+ 4,5% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	8,37*	13,73*
Composto+ 6,0% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	8,27*	11,80*
Composto enriquecido com 1,5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	9,90*	12,43*
Composto enriquecido com 3,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	8,37*	11,03*
Composto enriquecido com 4,5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	9,13*	11,50*
Composto enriquecido com 6,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	7,13	11,83*

Médias diferentes seguidas de letras minúsculas diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ )

#### 4.8.5 Acúmulo total de nutrientes na parte aérea das plantas

O acúmulo total de nutrientes na parte aérea das plantas não foi influenciado pelos tratamentos (Tabela 25).

No primeiro cultivo a ordem quanto ao acúmulo de nutrientes seguiu a sequência: K>N>Ca>P>Mg> S. Tal resultado é consequência do comportamento da alface crespa quanto a absorção de nutrientes, mas também é reflexo da matéria seca acumulada, a qual atingiu valores mais que 22 g (Tabela 9). Além disso, o teor de potássio foi o mais alto observado ao longo dos cultivos.

O segundo cultivo, por sua vez, apresentou o seguinte acúmulo de nutrientes na parte aérea das plantas: K>N>Ca>Mg>P>S. Neste cultivo foram utilizadas mudas de alface americana, as quais conseguiram formar cabeça comercial e após o processo de secagem atingiram valores para matéria seca menores que 18 g e o menor teor de enxofre observado refere-se a esse cultivo.

Por fim, para o terceiro cultivo o acúmulo de nutrientes seguiu a sequência: N>K>Ca>Mg>P>S. Tal comportamento é resultado da menor matéria seca acumulada no estudo, valores menores que 5 g, assim como, dos maiores teores de nitrogênio, cálcio e magnésio. Além disso, é válido ressaltar que todas as plantas apresentaram sintomas de septoriose e que não houve formação de cabeça comercial.

Diante disso, constatou-se que o acúmulo de nutrientes em isolado foi bastante distinto devido a certas particularidades. No entanto, o acúmulo total de nutrientes, considerando os três cultivos, seguiu a sequência: K>N>Ca>Mg>P>S. Os estudos com acúmulo ou exportação de nutrientes em alface são, de certo modo, inconclusivos. De acordo com Aquino et al. (2007), que estudou o efeito de sombreamentos na produção e nutrição de alface lisa e crespa, a exportação de nutrientes ocorre de acordo com o obtido neste estudo. No entanto, Furlani et al., (1987), ao estudarem o teor de nutrientes essenciais as hortaliças, observaram que o acúmulo ocorreu na seguinte ordem: K>N>Ca>P>S>Mg, assim como Grangueiro et al., (2006), que ao estudarem o acúmulo de nutrientes em três cultivares de alface observaram que a extração segue a ordem: K>N>P>Mg>Ca.

De qualquer modo, o potássio pode ser considerado o principal nutriente a ser acumulado na parte aérea das plantas. As hortaliças folhosas são reconhecidas por demandarem grandes quantidade de nitrogênio e potássio, sendo, este último o

primeiro em concentração na parte aérea das mesmas (FURLANI et al., 1987). O potássio tem efeito na qualidade final das hortaliças (FILGUEIRA, 1981) e é reconhecido por sua função enquanto importante ativador enzimático (PRADO, 2008). De acordo com Marschner (1995), a alta exigência das plantas quanto a esse nutriente é justificada pela necessidade de ter altos teores no citoplasma afim de garantir a atividade enzimática, para manter a neutralização de ânions e para manutenção do pH a níveis adequados.

Tabela 24. Médias do acúmulo total de nutrientes na parte aérea das plantas ao longo dos cultivos de alface.

Tratamento	Acúmulo total de nutrientes (g/plantas)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Composto + adubo	40,88	5,43	64,10	14,38	6,42	2,62
Composto enriquecido	40,34	5,12	7,22	14,05	5,92	2,60
p ( modo de aplicação)	0,91 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>	0,87 <sup>ns</sup>	0,87 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>ns</sup>	0,96 <sup>ns</sup>
1,5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	40,09	5,39	77,56	13,94	6,22	2,63
3,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	38,30	5,24	73,58	13,34	5,60	2,55
4,5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	43,64	5,43	69,76	15,04	6,67	2,75
6,0% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	40,42	5,03	68,65	14,53	6,20	2,51
p (dose)	0,89 <sup>ns</sup>	0,98 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>ns</sup>	0,96 <sup>ns</sup>
Testemunha	47,67	5,09	64,10	14,88	7,05	3,12
CV (%)	49,95	61,40	65,02	60,64	71,04	54,24

#### 4.8.6 Análise química do solo após o último cultivo de alface

A caracterização química do solo para fins de fertilidade, após o último cultivo de alface, está apresentada na Tabela 14. O pH médio observado para as amostras de solo foi de 5,8, sendo que os solos tratados com composto + adubo mineral e aqueles com compostos enriquecidos, atingiram valores bastante próximos, de 5,9 e 5,7, respectivamente. Tais valores são classificados, de acordo com Raij et al. (1997), como de baixa acidez e aproximam-se do mínimo recomendado por Filgueira (2008) para o cultivo de alface, de 6,0 a 6,8. Para a acidez potencial (H+Al) praticamente não houve diferença entre os tratamentos, sendo o valor médio obtido para as amostras residuais de aproximadamente 20 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>.

O teor médio de matéria orgânica (MO) para o residual do experimento foi de 28 g/dm<sup>3</sup>, sendo que o valor médio para composto + adubo correspondeu a 29 g/dm<sup>3</sup>

e para o composto enriquecido a 28 g/dm<sup>3</sup>. Apesar de ter sido submetido a três ciclos de produção de alface, independentemente do tratamento ao qual foi submetido, o teor de MO do solo ainda é considerado alto, conforme indica Tomé Júnior (1997).

Quanto ao fósforo, observou-se que a média do experimento foi de 117 mg/dm<sup>3</sup>, sendo que os tratamentos com composto enriquecido obtiveram valor médio de 140 mg/dm<sup>3</sup> de fósforo e os composto + adubo, de 88 mg/dm<sup>3</sup>. O maior valor observado foi de 178 mg/dm<sup>3</sup> que corresponde ao tratamento enriquecido com 6,0% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Cézar (2005), ao testar compostos orgânicos (esterco bovino e serragem) enriquecidos com doses de superfosfato triplo em cultivos sucessivos de alface, constatou teores médios de fósforo de 76 mg/dm<sup>3</sup> para compostos enriquecidos e 85 mg/dm<sup>3</sup> para composto + adubo. Neste estudo, os tratamentos envolvendo compostos enriquecidos resultaram em teores de fósforo no solo superiores a testemunha e aos tratamentos envolvendo a aplicação do adubo fosfatado em associação ao composto orgânico. Além disso, constatou-se que todos os tratamentos resultaram, após três cultivos consecutivos, em amostras de solo com teor de fósforo classificado como alto para o cultivo de hortaliças, de acordo com Raij et al., (2001).

Os valores médios obtidos para cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K) foram de 47, 23 e 0,9 mmol./dm<sup>3</sup>, respectivamente. Ao comparar os tratamentos constituídos de composto + adubo aos de composto enriquecido notou-se que os valores foram próximos. De qualquer modo, o residual médio dos tratamentos é considerado alto para Ca e Mg e mediano para K, de acordo com Sobral et al. (2015). Além disso, constatou-se que a dose de 3,0% de fósforo correspondeu as maiores médias desses macronutrientes para os tratamentos envolvendo composto + adubo e para Ca e Mg, nos tratamentos enriquecidos.

Em relação a saturação por bases (V%), os valores médios foram de 77% para o tratamento enriquecido e 80%, para composto + adubo. Já o V% médio para o experimento correspondeu a 78%. Outro fato notável é o máximo valor para saturação por bases corresponder a dose de 3,0% de fósforo em ambos os tratamentos. Em um estudo relacionando diferentes compostos orgânicos e doses de nitrogênio (N), desenvolvido por Oliveira et al. (2014), foi observado que a dose de 113 kg/ha de N de composto a base de esterco bovino, fosfato natural, calcário dolomítico e outros materiais, obteve saturação por bases residual de 83%. Tal valor, superior ao constatado neste experimento, pode ser justificado pelas características químicas do

composto a base de esterco bovino, o qual apresenta maior teor de macronutrientes e uma relação C/N mais baixa (13:1) e pela fertilidade inicial do solo utilizado.

A capacidade de troca catiônica (CTC) do solo também foi alterada pelos tratamentos, sendo que a média para os tratamentos enriquecidos foi de 93 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> enquanto para aqueles em que havia a mistura entre composto + adubo atingiu 89 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> e a média para o experimento, de 91 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>. Além disso, o composto enriquecido com 3,0% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> correspondeu ao maior valor observado para CTC. Santos et al. (2001), estudando o efeito residual de compostos orgânicos em alface, verificaram que ao aplicar a mesma recomendação utilizada para esse experimento, 17,5 t/ha de composto, a CTC correspondeu a 83 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, valor inferior a maioria dos obtidos neste estudo.

Por fim, a soma de bases (SB) média foi de 71 mmol<sub>d</sub>/dm<sup>3</sup> e o valor máximo observado correspondeu ao tratamento enriquecido com 3,0% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, atingindo cerca de 84 mmol<sub>d</sub>/dm<sup>3</sup>. O composto aplicado em associação com 3,0% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, juntamente com a testemunha, obteve um dos valores mais altos para este parâmetro, cerca de 77 mmol<sub>d</sub>/dm<sup>3</sup>.

Tabela 25. Análise química de solo após o terceiro cultivo de alface em função dos tratamentos.

Amostra	pH	MO	P	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
	CaCl <sub>2</sub>	mg/dm <sup>3</sup>			mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>					%
Solo antes da calagem	3,6	16	5	76	0,6	28	6	34	110	31
Testemunha (Composto puro)	5,8	28	72	16	1,3	52	24	77	93	83
Co + 1,5% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	5,8	29	75	19	0,8	41	22	63	83	77
Co+ 3,0% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	6,0	28	75	16	1,3	50	24	76	92	82
Co + 4,5% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	5,9	33	109	20	1,1	47	23	71	91	78
Co + 6,0% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	6,0	28	111	19	0,5	47	22	69	89	78
Média (composto+ adubo)	5,9	29	88	18	1,0	47	23	71	89	80
Coen 1,5% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	5,5	30	88	23	0,8	43	21	65	88	74
Coen 3,0% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	6,0	28	173	18	0,6	57	26	84	102	82
Coen 4,5% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	5,7	28	174	22	0,9	44	21	66	88	75
Coen 6,0% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	5,5	26	178	25	1,2	47	20	68	93	73
Média (composto enriquecido)	5,7	28	140	21	0,9	48	22	71	93	77
Média geral	5,8	28	117	20	0,9	47	23	71	91	78

Composto + adubo (Co+ dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>); Composto enriquecido (Coen). Metodologia: RAIJ et al.,(2001)

## **5 CONCLUSÕES**

Os modos de aplicação do adubo fosfatado, antes ou após a compostagem, corresponderam a efeitos semelhantes nos parâmetros avaliados.

Os compostos enriquecidos e os compostos aplicados em associação a doses de adubo fosfatado influenciaram as características físico-químicas das plantas e geraram efeito residual no solo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. 24. ed. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, p.193-214. 2019.
- ANDRADE, Elysson Marcks Gonçalves et al. Adubação organomineral em hortaliças, folhosas, frutos e raízes. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 7, n. 3, p.07-11, set. 2012
- ANUALPEC, 2017. Anuário da pecuária brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio Ltda., 2017.
- ANUALPEC. **Anuário da pecuária brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, p.169-184. 2018.
- AQUINO, Leandro A. de et al. Produção de biomassa, acúmulo de nitrato, teores e exportação de macronutrientes da alface sob sombreamento. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 3, p.381-386, set. 2007.
- ARAÚJO, Wellington Farias et al. Resposta da alface a adubação nitrogenada. **Revista Agro@ambiente On-line**, Boa Vista, v. 5, n. 1, p.12-17, abr. 2011
- ARAÚJO, A.P. & MACHADO, C.T.T. Fósforo. In: FERNANDES, M.S., ed. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006.p.253-280.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.). **Matéria orgânica do solo: fundamentos e caracterização**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p.9-26.
- Bidone, F.R.A. 2001. Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais: Eliminação e valorização. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES. Rio de Janeiro. Brasil.
- BISSANI, C. A. et al. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação das culturas**. Porto Alegre, RS: Gênese, 2008. 344p.
- BISPO, Aniele Neres. **Produção de alface em vasos submetida a diferentes proporções de composto orgânico**. 2017. 35 f. Monografia (Especialização) - Curso de Agronomia, Universidade Federal do Recôncavo Baiano, Cruz das Almas, 2017.
- BRASIL, Lei N° 12.305 de 02 de agosto de 2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).
- BRASIL. **Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos** / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Coordenação-Geral de Apoio Laboratorial; Murilo Carlos Muniz Veras (Org.) – Brasília: MAPA/ SDA/CGAL, 2014. 220 p. Disponível em: Acesso em: 25 nov. 2018.
- CAMPOS, Aloísio de Torres. **Tratamento e manejo de dejetos de bovinos**. Juiz de Fora: Embrapa, 2001.

CÉZAR, Vicente Rodolfo Santos. **Efeito da compostagem sobre a solubilização e a eficiência agrônômica de diferentes fontes de fósforo**. 2005. 92 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2006.

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, Botucatu, v. 14, p. 1-11, 2009

CHALHOUB, Maha et al. Increased nitrogen availability in soil after repeated compost applications: Use of the PASTIS model to separate short and long-term effects. **Soil Biology And Biochemistry**, [s.l.], v. 65, p.144-157, out. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.05.023>.

CRUZ, A. C.; PEREIRA, F.S.; FIGUEIREDO, V.S. Fertilizantes organominerais de resíduos do agronegócio: Avaliação do potencial econômico brasileiro. Indústria química. **BNDS Setorial**, v. 45, p. 137 – 187, 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

EPSTEIN, Emanuel; BLOOM, Arnold J.. **Nutrição Mineral de Plantas**. 2. ed. Londrina: Editora Planta, 2004.

FERNANDES PD; OLIVEIRA GD; HAAG HP.1981. Absorção de macronutrientes pela cultura do alface. In: HAAG HP; MINAMI K.(eds). **Nutrição mineral em hortaliças**. Campinas: Fundação Cargill. p. 143-151.

FERREIRA, Natália Rodrigues. **Eficiência agrônômica de fertilizantes organominerais sólidos e fluídos em relação a disponibilidade de fósforo**. 2014. 67 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Agricultura, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2014.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa, MG: UFV, 2000. 402 p.

FILGUEIRA, Fernando Antonio Reis. **Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa: Ufv, 2008. 421 p.

FONSECA, Abel Souza da et al. Análise de crescimento e absorção de fósforo em alface. **Nucleus**, Ituverava, v. 10, n. 2, p.233-238, out. 2013.

FURLANI, A. M. C. et al. Composição mineral de diversas hortaliças. **Bragantia**: Revista Científica do Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo, Campinas, v. 37, n. 5, p.34-44, abr. 1987.

GOMES, Luiz Antônio Augusto; SILVA, Ernani Clarete da; FAQUIN, Valdemar. Recomendação de adubação de cultivos em ambiente protegido. In: RIBEIRO, Antonio Carlos et al. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais - Cfsemg, 1999. p. 90-99.

GOTO, Romy. A cultura de alface. In: GOTO, Romy; TIVELLI, Sebastião Wilson. **Produção de hortaliças: Em ambiente protegido: condições subtropicais.** São Paulo: Fundação Editora da Unesp, 1998. p. 137-159.

GUPPY, C. N.; MENZIES, N. W.; MOODY, P. W.; BLAMEY, F. P. C. Competitive sorption reactions between phosphorus and organic matter in soil: A review. **Australian Journal Soil Research.** Sidney, v. 43 p. 189-202, 2005.

GRANGEIRO, Leilson C. et al. Acúmulo de nutrientes por três cultivares de alface cultivadas em condições de semiárido. **Horticultura Brasileira,** Brasília, v. 24, n. 2, p.190-194, jun. 2006. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-05362006000200013](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362006000200013)>. Acesso em: 27 jan. 2019.

HEIDEMANN, Bárbara R.. Compostagem acelerada: análise microbiológica do composto. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais,** São Paulo, v. 5, p.22-26, nov- dez 2005.

HENZ, Gilmar Paulo; SUINAGA, Fábio. **Tipos de alface cultivados no Brasil.** 2009. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/783588/1/cot75.pdf>>. Acesso em: 07 set. 2017.

KANO, Cristiani; CARDOSO, Antonio Ismael Ignácio; BOAS, Roberto Lyra Villas. Acúmulo de nutrientes pela alface destinada à produção de sementes. **Horticultura Brasileira,** Brasília, v. 29, n. 1, p.70-77, mar. 2011.

KIEHL, Edmar José. **Fertilizantes orgânicos.** Piracicaba: Editora Agronômica "ceres" Ltda., 1985.

KIEHL, Edmar José. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto.** Piracicaba: Edmar José Kiehl, 2004. 173 p.

KIEHL, Edmar José. **Novo Fertilizantes Orgânicos.** Piracicaba: Degaspari, 2010. 248 p.

Luengo, Rita de Fátima Alves Tabela de composição nutricional das hortaliças / Rita de Fátima Alves Luengo ...[et al.]. 2 Ed. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2011. 4p. il.: Tabela (Embrapa Hortaliças. Documentos, 26) ISSN 1415-231

LUZ, J. M. Q.; OLIVEIRA, G.; QUEIROZ, A. A.; CARREON, R.; Aplicação foliar de fertilizantes organominerais em cultura de alface. **Horticultura Brasileira.** Brasília, v. 28, n. 1, p. 373-377, 2010.

MAGALHÃES, Fernando Fagner et al. Produção de cultivares de alface tipo crespa sob diferentes lâminas de irrigação. **Water Resources And Irrigation Management,** Campina Grande, v. 4, p.41-50, dez. 2015.

MALAVOLTA, Eurípedes. Os elementos minerais. In: MALAVOLTA, Eurípedes. **Elementos de Nutrição Mineral de Plantas.** São Paulo: Ceres, 1980. p. 104-218.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MALDONADE, I. R. Manual de boas práticas na produção de Alface / Iriani Rodrigues Maldonade [et al...]. – Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2014. 44 p. - (Documentos / Embrapa Hortaliças, ISSN 1677-2229; 141).

MANTOVANI, José Ricardo et al. Teores de fósforo no solo e produção de alface crespa em função de adubação fosfatada. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 4, p.2369-2379, set. 2014.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2<sup>nd</sup> ed. Orlando: Academic Press, 1995. 649p.

MARTINEZ, Herminia Emilia Prieto; MAIA, Janini Tatiane. Diagnose Foliar na Cultura da Alface. In: PRADO, Renato de Mello et al. **Nutrição Mineral de Plantas: Diagnose Foliar em Hortaliças**. Jaboticabal: Jaboticabal: FCAV/Capes/Fapesp/Fundunesp, 2010. p. 253-278.

MENDES, Iêda de Carvalos; REIS JÚNIOR, Fábio Bueno dos. **Microorganismos e disponibilidade de fósforo (P) nos solos: uma análise crítica**. 2003. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/568171/1/doc85.pdf>>. Acesso em: 04 ago. 2017.

MENDES, Alessandra Monteiro Salviano. **Introdução a fertilidade do solo**. 2007. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/35800/1/OPB1291.pdf>>. Acesso em: 26 out. 2018.

NAHAS, E.; CENTURION, J. F.; ASSIS, L. C. Efeito das características químicas e dos solos sobre os microrganismos solubilizadores de fosfato e produtores de fosfatases. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, p. 49-53, 1994.

NASCIMENTO, Graziela Aparecida Zanardo. **Gestão de resíduos em propriedade rural: utilização de resíduos avícolas para a produção de energia e biofertilizante**. 2011. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos, Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, 2011.

ORRICO JUNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JUNIOR, J. Biodigestão anaeróbia dos resíduos da produção avícola: cama de frangos e carcaças. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.30, n. 03, p. 546-554, mai./jun., 2010.

OLIVEIRA, F.N.S.; LIMA, H.J.M.; CAJAZEIRA, J.P. **Uso da compostagem em sistemas agrícolas orgânicos**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria tropical, 2004. 17p. (Documentos, 89). Capturado em 05 de junho de 2019. Online. Disponível na internet: [http://cnpat.embrapa.br/publica/pub/SerDoc/doc\\_89.pdf](http://cnpat.embrapa.br/publica/pub/SerDoc/doc_89.pdf).

OLIVEIRA, Leandra B. de et al. Características químicas do solo e produção de biomassa de alface adubada com compostos orgânicos. **Revista Brasileira de**

**Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 2, p.158-164, out. 2014.

PAUL, E. A.; CLARK, F. E. Carbon cycling and soil organic matter. In: PAUL, E. A.; CLARK, F. E. (Ed.). **Soil microbiology and biochemistry**. San Diego: Academic, 1996. p. 290-298.

PEIXOTO FILHO, José U. et al. Produtividade de alface com doses de esterco de frango, bovino e ovino em cultivos sucessivos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campo Grande, v. 17, n. 4, p.419-424, jan. 2013.

PEREIRA NETO, João Tinôco. **Manual de compostagem: processo de baixo custo**. Viçosa: Ufv, 2007. 81 p.

PRADO, Renato de Mello. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Editora Unesp, 2008.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, Potafos, 1991.

343 p.

RAIJ, B.VAN; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2ª ed. Campinas: IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100)

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H. & QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, Instituto Agrônomo, 2001. 284p.

RAIJ, B.van. Fósforo no solo e interação com outros elementos. In: YAMADA, T. & ABDALLA, S.R.S., eds. Fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba, Potafos, 2004. p.106-114.

RHEINHEIMER, D. S. ANGHINONI, I.; FLORES, A. F. Organic and inorganic phosphorus as characterized by phosphorus-31 nuclear magnetic resonance in subtropical soils under management systems. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 33, n. 11/12, p.1853-1871, 2002.

RIBEIRO, A.C; GUIMARÃES, P.T.G; ALVAREZ V.A, H. Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação. Viçosa 1999. 359 p.

RODRÍGUEZ, H.; FRAGA, R. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. **Biotechnology Advances**, Oxford, v. 17, p. 319-339, 1999.

RYDER, E. J.; WHITAKER, T. N. Evolution of crop plants. New York: Longman Group, 1976.

SANTOS, Ricardo Henrique Silva et al. 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.

SALLES, Josiane Souza et al. Resposta da rúcula a adubação orgânica com diferentes compostos orgânicos. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia - Ms, v. 4, n. 2, p.36-40, jun. 2017.

SGARBIERI, V.C. **Alimentação e nutrição**: fator de saúde e desenvolvimento. Campinas: UNICAMP, 1987. 387p.

SEDIYAMA, Maria Aparecida Nogueira et al. Uso de fertilizantes orgânicos no cultivo de alface americana (*Lactuca sativa* L.) "Kaiser". **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Viçosa, v. 6, n. 2, p.66-74, jun. 2016.

SILVA, Alexsandra Souza Nascimento da. **Doses de fósforo e potássio na produção da alface**. 2013. 50 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia (Ciência do Solo), Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2013. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/104063/000738623.pdf?sequen ce=1>>. Acesso em: 05 jul. 2019.

SILVA, Eberson et al. Desempenho da alface americana sob a aplicação de adubos químico e orgânico. **Ciência Et Praxis**, Passos, v. 9, n. 18, p.21-24, out. 2016.

SILVEIRA, Amanda Letícia da et al. Doses de fósforo para a produção de alface americana com e sem aplicação foliar de zinco. **Biotemas**, Florianópolis, v. 28, n. 1, p.31-35, mar. 2015.

SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1., 2003, São Pedro - Sp. **Fósforo na Agricultura Brasileira**. Piracicaba: Potafos, 2004. 726 p

SOBRAL, Lafayette Franco et al. **Guia Prático para Interpretação de Resultados de Análises de Solo**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015.

SOUZA, Euclides Caxambu A. de; YASUDA, Minoru. **Uso agrônômico do termofosfato no Brasil**. São Paulo: Fertilizantes Mitsui, 1994. 60 p.

STEVENSON, F. J.; COLE, M. A. **Cycles of soils**: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients. 2. ed. New York: J. Wiley, 1999. 427 p.

TATE, Robert L.. **Soil microbiology**. 2. ed. New Brunswick: John Wiley And Sons, 1995. 398 p.

TEIXEIRA, Welldy Gonçalves. **Biodisponibilidade de fósforo e potássio provenientes de fertilizante mineral e organomineral**. 2013. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.

TEODORO, Mauro Sérgio. Produção de alface (*Lactuca sativa* L.) sob diferentes doses de vermicomposto. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 11, n. 1, p.18-22, mar. 2016.

TISDALE, S.; NELSON, W. E.; BEATAN, J. D.; HAVLIN, J. L. **Soil fertility and fertilizers**. 5th ed. New York: Mac Millan, 1993

TOMÉ JUNIOR, J. B.. Interpretação dos resultados. In: TOMÉ JUNIOR, J. B.. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária Ltda., 1997. p. 89-158.

TRANI, Paulo E.; TERRA, Maurilo Monteiro; TECCHIO, Marco Antonio. **Adubação orgânica de hortaliças e frutíferas**. 2013. Disponível em: <[http://www.iac.sp.gov.br/imagem\\_informacoestecnologicas/83.pdf](http://www.iac.sp.gov.br/imagem_informacoestecnologicas/83.pdf)>. Acesso em: 27 ago. 2017.

TROEH, F. R., THOMPSON, L. M. **Solos e fertilidade do solo**. DOURADO NETO, D., DOURADO, M. N. (tradução) 6.ed. São Paulo: Andrei, 2007

VANCE, E.D. *et al.* An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biol. Biochem.*, Oxford, v. 19, n. 6, p. 703-707, 1987.

VIANA, Eloise Mello; VASCONCELOS, Ana Carolina Feitosa. Produção de alface adubada com termofosfato e adubos orgânicos. **Revista Ciência Agronômica**,

## APÊNDICE

**Quadro A:** Definições dos compostos orgânicos, segundo a Instrução Normativa nº 25 de 23 de julho de 2009 da Lei nº 6894 de 16 de dezembro de 1980.

---

### Definições

---

*Fertilizante orgânico e organomineral foliar:* produto de natureza fundamentalmente orgânica que se destina à aplicação na parte aérea das plantas.

---

*Fertilizante orgânico e organomineral para fertirrigação:* produto de natureza fundamentalmente orgânica que se destina à aplicação via sistemas de irrigação.

---

*Fertilizante orgânico e organomineral para hidroponia:* produto de natureza fundamentalmente orgânica, que se destina à aplicação em sistemas de cultivo sem solo ou hidropônico.

---

*Fertilizante orgânico e organomineral para sementes:* produto de natureza fundamentalmente orgânica que se destina à aplicação via tegumento de sementes.

---

*Fertilizante orgânico e organomineral em solução para pronto uso:* produto de natureza fundamentalmente orgânica, em solução verdadeira já diluída e em condições de pronto uso por aspersão na parte aérea das plantas ou como solução nutritiva para hidroponia ou cultivo em vaso.

---

*Fertilizante orgânico e organomineral fluido:* produto de natureza fundamentalmente orgânica cuja natureza física é líquida quer seja solução ou suspensão.

---

*Fertilizante orgânico e organomineral em solução:* produto de natureza fundamentalmente orgânica fluido, sem partículas sólidas.

---

*Fertilizante orgânico e organomineral em suspensão:* produto de natureza fundamentalmente orgânica, fluido, com partículas sólidas em suspensão, podendo ser apresentado com fases distintas, no caso de suspensões heterogêneas, ou sem fases, no estado líquido, no caso de suspensões homogêneas.

---

*Fertilizante orgânico e organomineral complexado:* produto de natureza fundamentalmente orgânica que contém em sua composição cálcio, magnésio ou micronutrientes ligados quimicamente a um ou mais agentes complexantes.

---

*Fertilizante orgânico e organomineral quelatado:* produto de natureza fundamentalmente orgânica que contém em sua composição cálcio, magnésio ou micronutrientes ligados quimicamente a um ou mais agentes quelantes.

---

## APÊNDICE

**Quadro B:** Classificação de fertilizantes orgânicos, segundo a Instrução Normativa nº 25 de 23 de julho de 2009 da Lei nº 6894 de 16 de dezembro de 1980.

<b>Classificação</b>	<b>Composição</b>
<b>A</b>	Fertilizante orgânico produzido com matéria prima vegetal, animal ou processamento da agroindústria, no qual não houve adição de sódio e metais pesados durante o processo, elementos ou compostos orgânicos sintéticos e potencialmente tóxico.
<b>B</b>	Fertilizante orgânico produzido com matéria prima oriunda de processamento industrial ou da agroindústria onde houve adição de sódio, metais pesados, elementos ou compostos orgânicos sintéticos e potencialmente tóxicos.
<b>C</b>	Fertilizante orgânico produzido com qualquer quantidade de resíduo domiciliar resultando em produto de uso seguro na Agricultura.
<b>D</b>	Fertilizante orgânico produzido com qualquer quantidade de matéria prima oriunda de tratamento de despejos sanitários resultando em produto de uso seguro na Agricultura.