

UNICESUMAR – UNIVERSIDADE CESUMAR
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS TECNOLÓGICAS E AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – CAMPUS MARINGÁ

**UTILIZAÇÃO DE PELOS DE ANIMAIS DOMÉSTICOS COMO
BIOFERTILIZANTE NA CULTURA DA ALFACE**

FÁBIO ALEXANDRE MORESCHI GUASTALA

MARINGÁ – PR

2021

Fábio Alexandre Moreschi Guastala

**UTILIZAÇÃO DE PELOS DE ANIMAIS DOMÉSTICOS COMO
BIOFERTILIZANTE NA CULTURA DA ALFACE**

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da UNICESUMAR – Universidade Cesumar – como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica, sob a orientação da Prof. Dra. Francielli Gasparotto.

MARINGÁ – PR

2021

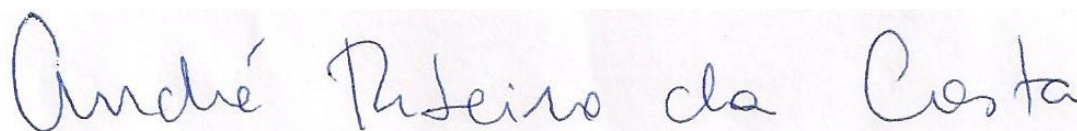
FOLHA DE APROVAÇÃO
FÁBIO ALEXANDRE MORESCHI GUASTALA

**UTILIZAÇÃO DE PELOS DE ANIMAIS DOMÉSTICOS COMO
BIOFERTILIZANTE NA CULTURA DA ALFACE**

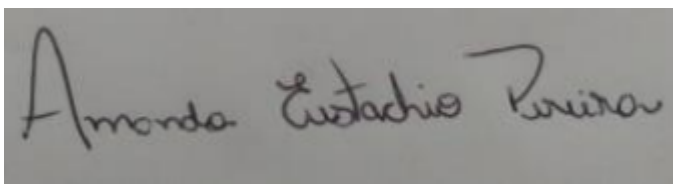
Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da UNICESUMAR –
Universidade Cesumar – como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Agrônômica, sob a orientação da Prof. Dra. Francielli Gasparotto.

Aprovado em: 10 de novembro de 2021.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. André Ribeiro da Costa – UNICESUMAR.



Eng. Agron. Amanda Eustachio Pereira – UNICESUMAR.



Prof. Dra. Francielli Gasparotto – UNICESUMAR.

UTILIZAÇÃO DE PELOS DE ANIMAIS DOMÉSTICOS COMO BIOFERTILIZANTE NA CULTURA DA ALFACE

Fabio Alexandre Moreschi Guastala, Francielli Gasparotto

RESUMO

Os pelos dos animais, bem como as penas, lã e cascos, são considerados resíduos queratinosos que vêm aumentando em volume diante do incremento da produção pecuária assim como do mercado de animais domésticos. O objetivo desta pesquisa foi avaliar o uso de pelos como biofertilizante no cultivo de alface americana. Foi empregada a cultivar de alface americana Grandes Lagos e o experimento foi implantado em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 3 (três tempos de decomposição do resíduo x 3 composições de substratos), com 5 repetições por tratamentos. Os substratos utilizados foram constituídos por 80% de solo + 20% de pelo, 90% de solo + 10% de pelo e a testemunha com 100% de solo, preparados e compostados por 365, 335 e 305 dias. Após o transplante das mudas, foi avaliada a cada 15 dias a quantidade de folhas, o diâmetro e altura de planta e ao final também foram avaliadas a massa fresca e massa seca da parte aérea. A testemunha apresentou melhor desempenho com diferença estatística para quantidade de folhas, altura, massa fresca e massa seca da parte aérea. Apenas com relação ao diâmetro, não houve diferença entre a testemunha, T4, T5 e T6. Conclui-se que as doses de resíduos queratinosos utilizadas neste experimento foram elevadas interferindo negativamente no desenvolvimento da alface americana. No entanto, verificou-se que menor concentração de pelo e menor tempo de decomposição foram mais favoráveis ao desenvolvimento vegetal.

Palavras-chave: Gestão de Resíduos. Pelos de Cachorro. Queratina.

THE USE OF PET HAIR AS A BIOFERTILIZER IN THE LETTUCE CULTURE

ABSTRACT

Animal hair, together with feathers, wool and hooves, are considered keratin residues that have been increasing in volume due to the increase in livestock production as well as domestic animal market. The objective of this research was to evaluate the use of hair as a biofertilizer in the cultivation of iceberg lettuce. The cultivar Grades Lagos American lettuce was used and the experiment was implemented in a completely randomized design, in a 3 x 3 factorial scheme (three residue decomposition times x three substrate compositions), with five replications per treatments. The substrates used were constituted by 80% soil + 20% hair, 90% soil + 10% hair and the control with 100% soil, prepared and composted for 365, 335 and 305 days. After the seedlings were transplanted, the number of leaves, plant diameter and height were evaluated. The control showed better performance with statistical difference for number of leaves, height, fresh mass and dry mass of aerial part. Only regarding the diameter there was no difference between the control, T4, T5 and T6. It is concluded that the doses of keratinous residues used in this experiment were high, interfering negatively in the

development of iceberg lettuce. However, it was found that lower concentration of hair and shorter decomposition time were more favorable to plant development.

Keywords: Waster Management. Dog's fur. Keratin.

1 INTRODUÇÃO

Os pelos dos animais tal como as penas, lã, cabelos, unhas, cascos, chifres, garras e bicos, são considerados resíduos queratinosos. A quantidade destes resíduos vem aumentando consideravelmente devido ao aumento da produção de aves, curtumes e outras indústrias de processamento de carne (SHAH *et al.*, 2019) e, como relatam Peinado e Fernandes (2012), vem ocorrendo um aumento em diversas localidades brasileiras do número de empresas ligadas ao comércio e à execução de serviços para animais domésticos (*pet shops*).

Este fato está ligado à alteração do comportamento das pessoas em relação aos animais de estimação, pois antes os mesmos viviam soltos nos quintais, sem grandes cuidados, no entanto, com a contemporaneidade, estes passaram a ser considerados membros da família, vivendo no interior das residências. Com isto, houve mudanças que implicaram em maiores cuidados com alimentação, saúde e higiene destes animais, destacando-se os cuidados com a higiene, como a tosa, pois além de facilitar a limpeza, muitas vezes pode contribuir com a estética do animal, contudo, este procedimento gera grande quantidade de resíduos nos “*pet shops*” (ABINPET, 2015).

Levando em consideração todos os tipos de resíduos orgânicos da natureza, a queratina é o terceiro composto mais abundante, ficando atrás apenas da celulose e da quitina, denotando o potencial que há no investimento de tecnologias que reutilizem este elemento de alguma maneira, seja como fonte energética, na elaboração de um produto e até mesmo na agricultura (SHAVANDI, *et al.*, 2017). No Brasil, a Lei N° 12.305, de 2 de agosto de 2010, instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que dispõe sobre o gerenciamento de resíduos sólidos e sobre as responsabilidades dos geradores (BRASIL, 2010), contudo, o que se observa, é uma lacuna sobre esta gestão em muitos estabelecimentos comerciais, incluindo os “*pet shops*”.

De fato, os resíduos queratinosos geralmente são descartados em locais inadequados, aterrados ou compostados com outros resíduos sólidos municipais, podendo inclusive resultar em lixiviação de nitratos para águas subterrâneas (ZHELJAZKOV, 2005), caracterizando-se então como forma incorreta de destinação de resíduos e gerando impacto negativo na preservação do meio ambiente (ONIFADE, *et al.*, 1998). Tuck *et al.* (2012) mencionam que 65 milhões de toneladas de resíduos queratinosos são aterrados anualmente no mundo e se

essa biomassa fosse utilizada adequadamente e reaproveitada em algum setor industrial, haveria um incremento de 26 milhões de dólares na economia, numa perspectiva na qual o custo da tonelada de resíduos fosse U\$400,00.

Visando à redução dos impactos ambientais ligados a estes resíduos, trabalhos vêm sendo desenvolvidos buscando formas de destinação mais adequadas, como seu uso em indústrias de rações (MORITZ; LATSHAW, 2001), produção de biofertilizante para emprego em culturas agrícolas (SUZUKI *et al.*, 2006; SHAH *et al.*, 2019) e até mesmo para produção de bioplásticos e biocosméticos (DONATO; MIJA, 2020). Porém, segundo Haddar *et al.* (2009) a queratina é o componente mais importante dos pelos e caracteriza-se por ser insolúvel e de baixa degradabilidade, o que limita o uso deste resíduo na fabricação de rações, devido à sua reduzida digestibilidade (NAVONE; SPEIGHT, 2018). De acordo com Moritz e Latshaw (2001), esta característica pode ser melhorada com tratamentos físicos e químicos, porém estes elevam o custo processual e acabam destruindo aminoácidos, o que reduz nutricionalmente o valor do produto final.

Quanto ao uso como biofertilizante, uma diversidade de resíduos/subprodutos já vem sendo empregada na nutrição de culturas agrícolas, com destaque para resíduos agroindustriais como a torta de filtro, a vinhaça, esterco de animais, lodo de esgoto, entre outros. Assim, os resíduos queratinosos também se apresentam como uma opção de fonte de nutrientes para culturas agrícolas (ZHELJAZKOV, 2005).

Zheljzakov *et al.* (2008a) conduziram dois experimentos para avaliar o potencial biofertilizante de cabelos humanos para o cultivo de alface (*Lactuca sativa*) e absinto (*Artemisia annua*), que foram cultivados em substratos comerciais com adição de 0%, 2,5%, 5% ou 10% de resíduos de cabelos. Após o cultivo e colheita da alface e do absinto, os pesquisadores cultivaram, nos mesmos vasos, papoula amarela (*Glaucium flavum*). Os autores concluíram que os resíduos de cabelo não devem ser usados como fonte única de nutrientes para plantas de rápido crescimento, pois em função da estrutura queratinosa, estes resíduos necessitam de um tempo maior de degradação e liberação dos nutrientes para as plantas.

No mesmo ano, Zheljzakov *et al.* (2008b), estudando a comunidade microbiana do solo e micorrizas após aplicação de lã de ovelha e cabelo humano, observaram que a adição destes resíduos ao substrato de cultivo aumentou o rendimento de calêndula (*Calendula officinalis L.*) e valeriana (*Valeriana officinalis L.*). Em outro experimento a campo, no cultivo de dedaleira roxa (*Digitalis purpurea L.*), avaliaram a adição destes resíduos em doses de 0, 15,8 e 31,7 t/ha, e verificaram um aumento no rendimento das dedaleiras. Os autores concluíram que a adição de apenas 0,33% destes resíduos no solo pode garantir pelo menos de

duas a três colheitas destas culturas, sem a adição de outros fertilizantes, confirmando o potencial fertilizante destes resíduos. Em outro trabalho, Zheljzakov *et al.* (2009), desenvolveram uma pesquisa com acelga suíça (*Beta vulgaris L.*) e manjerição (*Ocimum basilicum L.*) utilizando substrato produzido com lã residual e verificaram um crescimento positivo das plantas, atestando que esta pode modificar as características do solo e fornecer nutrientes para as espécies vegetais.

Portanto, considerando a preocupação mundial com a gestão dos resíduos sólidos, evidenciada pelos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), que discorrem sobre redução do impacto ambiental negativo nas cidades, gestão de resíduos municipais, manejo ambientalmente saudável de todos os resíduos e redução da geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reúso (UNESCO, 2019) somados às disposições da Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) pesquisas que contribuam com a gestão e reúso destes resíduos são atuais e importantes.

Neste sentido, avaliar o emprego de pelos residuais de cães na produção de espécies vegetais pode auxiliar na busca pela sustentabilidade da Cadeia Produtiva dos Animais de Estimação, a qual é um segmento do agronegócio relacionado ao desenvolvimento das atividades de criação, indústrias e comercialização de animais de estimação e de produtos relacionados (MAPA, 2019). Desta forma, pesquisas que busquem alternativas ambientalmente corretas de disposição destes resíduos são necessárias. Alguns pesquisadores têm avaliado a utilização destes resíduos como biofertilizante em diferentes culturas, contudo estes trabalhos ainda são escassos na literatura. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência do uso de resíduos de pelos de cães, submetidos a diferentes períodos de decomposição, como adubo orgânico no cultivo de alface americana (*Lactuca sativa*).

2 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em área urbana na cidade de Maringá, estado do Paraná (23°26'36,39"S, 51°56'58,43"O e altitude de 545 metros), nos meses de dezembro de 2020 a fevereiro de 2021.

Para este estudo, foi empregada a cultivar de alface americana Grandes Lagos (*Lactuca sativa*) e o experimento foi implantado em delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 3 x 3 (três tempos de decomposição do resíduo x três composições de substratos), com 05 repetições por tratamento, onde cada repetição foi constituída por uma

garrafa pet com volume de 2 litros contendo uma planta de alface, totalizando 35 unidades experimentais.

Os substratos utilizados foram constituídos de: T1- 80% de solo + 20% de pelo com período de 365 dias de decomposição; T2- 90% de solo + 10% de pelo com período de 365 dias de decomposição; T3- 80% de solo + 20% de pelo com período de 335 dias de decomposição; T4- 90% de solo + 10% de pelo com período de 335 dias de decomposição; T5- 80% de solo + 20% de pelo com período de 305 dias de decomposição; T6- 90% de solo + 10% de pelo com período de 305 dias de decomposição; T7- 100% de solo como testemunha. O solo foi coletado na Biotec, fazenda escola da Universidade Cesumar, Maringá-PR (23°20'37"S, 51°52'28,77"O, altitude de 492m) caracterizado como Nitossolo vermelho Eutroférico de acordo com o mapa de solos do estado do Paraná (EMBRAPA, 2020) e com textura considerada argilosa A moderada (EMBRAPA, 2007).

O resíduo orgânico utilizado (pelos de cães e gatos) foi obtido a partir de lojas de comércio e prestação de serviços para animais de estimação ("*pet shops*"), localizados em Maringá/ PR, sendo estes comprimidos e recortados em porções menores e incorporados ao solo em baldes que se mantiveram em compostagem pelo período determinado em cada tratamento. Após o período de compostagem estabelecido, foi realizado o transplante de mudas de alface nos recipientes para cultivo de cada tratamento no dia 10/12/2020, sendo que a condução da cultura foi realizada de acordo com as recomendações de Maldonado, Mattos e Moretti (2014), até o dia 10/02/2021, totalizando 60 dias de cultivo.

Os recipientes das alfaces foram colocados lado a lado no solo, expostas ao sol, sem utilização de sombrite ou qualquer cobertura. A média de temperatura máxima e mínima diária ao longo do período de cultivo foi de 30,58°C e 22,39°C respectivamente (ACCUWEATHER, 2021). Realizou-se a rega das plantas diariamente no período da manhã, exceto nos dias com chuva.

Para a avaliação do desempenho agrônômico da cultura durante seu ciclo, foram realizadas as medições da quantidade de folhas (QTDF), da altura (ALT) e diâmetro da cabeça (DC) das plantas com auxílio de uma fita métrica em centímetros, ao início do experimento, a cada quinze dias e ao final do período de cultivo para o acompanhamento contínuo do desenvolvimento dos vegetais.

Ainda, ao final do experimento, todas as plantas foram colhidas, lavadas, embaladas em sacos de papel e conduzidas até o laboratório de solos da UniCesumar, onde foram avaliados os seguintes parâmetros:

- Massa fresca da parte aérea (MFPA): as plantas de cada tratamento foram seccionadas à altura do colo, separando-se a parte aérea da raiz. Em seguida, foi realizada a avaliação da massa fresca da parte aérea, em gramas, com auxílio de uma balança de precisão;
- Massa seca da parte aérea (MSPA): foi obtida por meio da pesagem das plantas após a secagem e, para tal, as mesmas foram acondicionadas em sacos de papel, em estufas de circulação de ar forçada, à temperatura de 70°C, até obtenção da massa constante;

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e às médias comparadas pelo teste de Scott - Knott a 5% de significância.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao final do período experimental, observou-se que as plantas de alface do tratamento testemunha apresentaram maior número de folhas com 11,67 folhas, seguido de T6 com 8,8 folhas e T4 com 7,7 folhas (gráfico 1). No entanto, observou-se diferença estatística nos valores obtidos dos tratamentos comparados com a testemunha. Porém, como demonstra o gráfico 1, a proliferação média de folhas nos integrantes de T6 aos 45 dias de cultivo foi de 9,4 folhas contra 8,4 folhas da testemunha, ou seja, nos últimos 15 dias de cultivo antes da avaliação final, houve queda no número de folhas do grupo tratamento 6.

Contestando estes resultados, Zheljzakov *et al.* (2008a) relatam em seu estudo utilizando cabelo humano como biofertilizante, nas doses de 5% e 10% de pelos diante de um vaso de cultivo com capacidade de 600g e 2800g de substrato de cultivo e obtiveram um rendimento maior no cultivo de alface e de absinto quando comparado à testemunha, sem utilização de biofertilizante. No entanto, os autores mencionam em sua metodologia que nenhum período de decomposição do composto nutricional foi estabelecido, sendo os vegetais transplantados imediatamente à incorporação com substrato de cultivo.

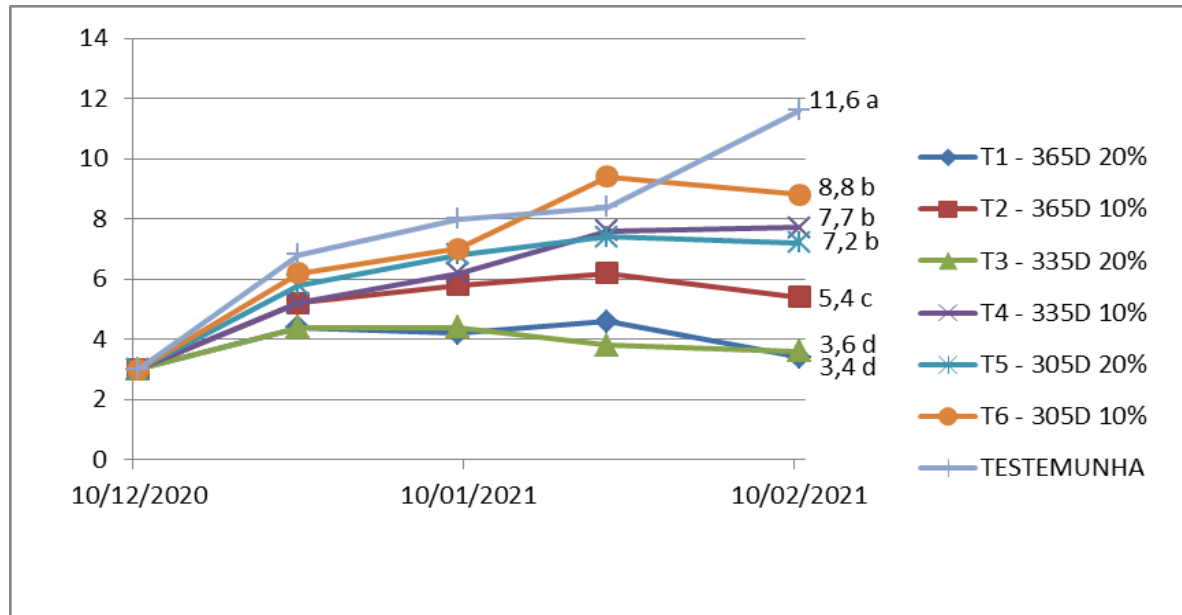


Gráfico 1. Número médio de folhas de alface submetidas à adubação com diferentes concentrações e tempo de decomposição de resíduo queratinoso.

Já com relação ao diâmetro dos vegetais, verificou-se que os melhores resultados foram obtidos pelo grupo testemunha com média de 14cm, seguido de T4 com 13,6cm, T6 com 13,2 cm e T5 com 13,1cm, não havendo diferença estatisticamente significativa no que tange ao desempenho do desenvolvimento em diâmetro das alfaces destes grupos (gráfico 2), no entanto os resultados seguem opostamente ao que relata a fabricante de sementes ISLA Sementes, a qual recomenda como diâmetro adequado para comercialização de 20 a 30cm.

Embora alguns grupos tenham apresentado valores similares no desenvolvimento em diâmetro das alfaces, observou-se neste estudo a tendência dos vegetais em pendoarem ainda muito jovens, com prolongamento afilado do colo central do vegetal, interferindo negativamente no diâmetro com déficit de desenvolvimento. Diamante *et al.* (2013) relatam que a alface exposta a altas temperaturas, grande incidência de luz e dias longos, características do verão, levam ao vegetal a reduzir o ciclo de vida e induz a proliferação de órgãos reprodutivos, como o pendão. Também mencionam um intervalo ideal de temperatura entre 4°C e 27°C para melhor desenvolvimento da espécie, diferente do ocorrido neste experimento em que a variação média de temperatura ao longo do cultivo da alface foi entre 22,39°C e 30,58°C, o que pode ter induzido os vegetais ao pendoamento precoce dificultando o desenvolvimento das folhas.

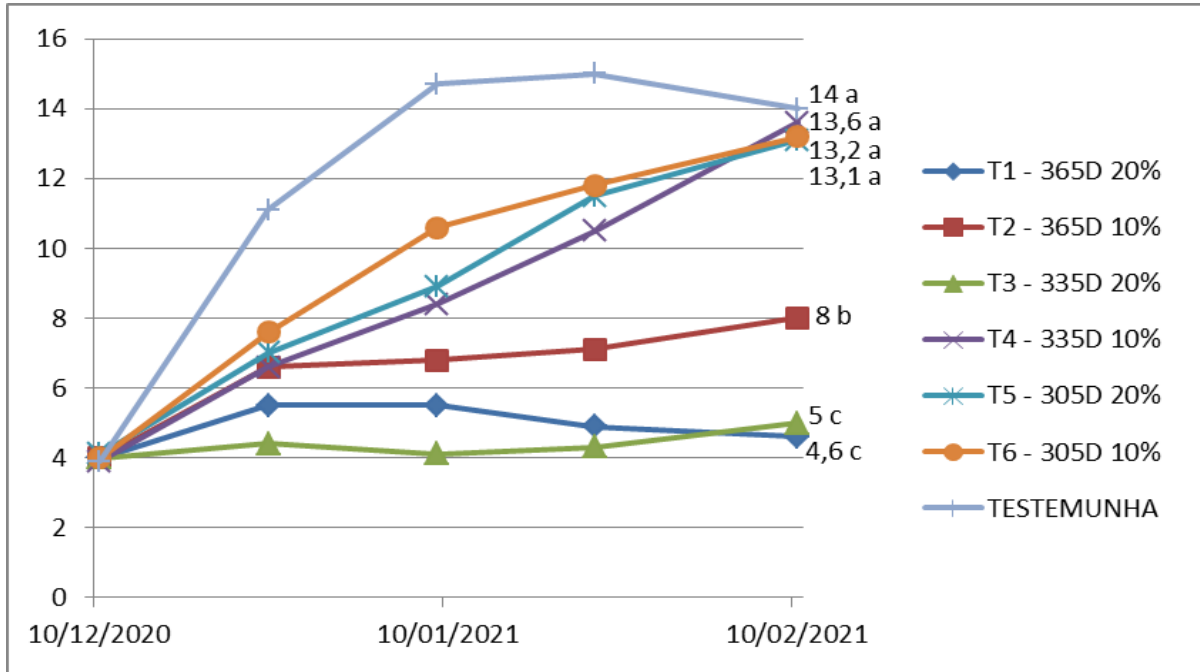


Gráfico 2. Diâmetro médio de caule de alface submetidas à adubação com diferentes concentrações e tempo de decomposição de resíduo queratinoso.

No que se refere à altura de plantas, verificou-se melhor resultado na parcela testemunha com 22,5cm, seguido de T6 com 18,8cm e T5 com 16,2cm (gráfico 3). No entanto, houve diferença estatística nos valores quando comparada à testemunha em relação a todos os tratamentos. Queiroz, Cruvinel e Figueiredo (2017), avaliando a influência de fertilizante formulado organomineral 04-14-08, em variadas doses, obtiveram resultado de altura semelhante à testemunha deste estudo com média de 22,5cm de altura diante da utilização de 1600kg/ha do formulado. Já no que tange ao diâmetro da cabeça de alface, os autores demonstram melhores resultados quando comparamos aos deste estudo com média de 23,06cm para a testemunha e 34,06cm de diâmetro para o grupo tratado com 1600kg/há do fertilizante mineral.

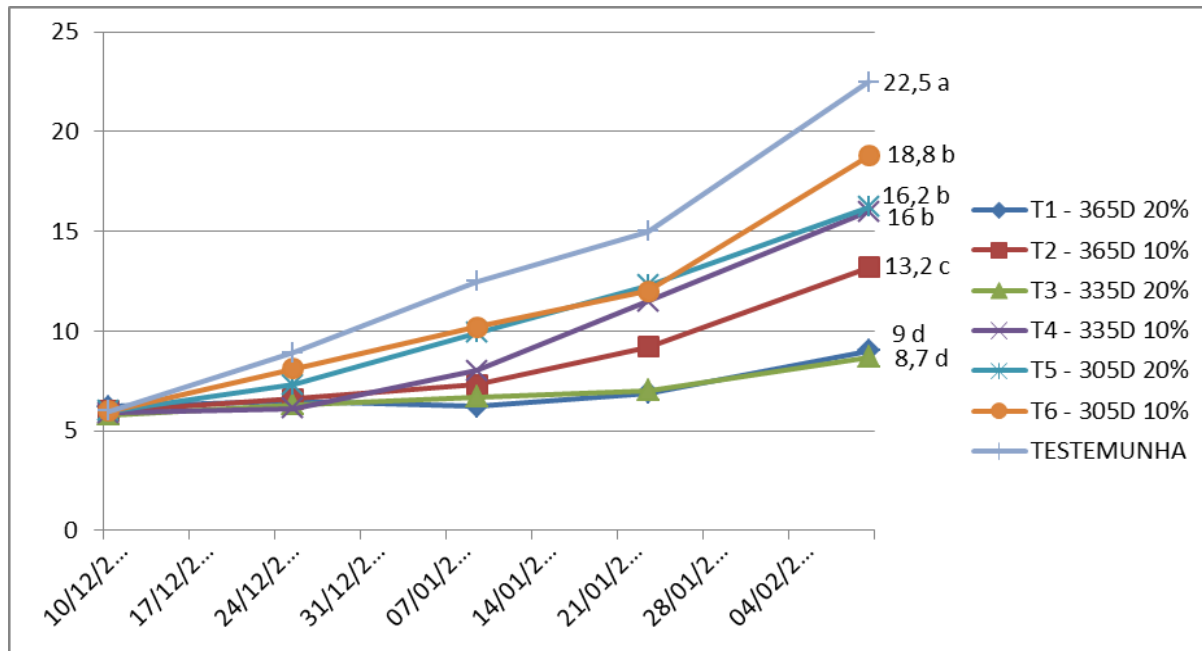


Gráfico 3. Altura média de plantas de alface submetidas à adubação com diferentes concentrações e tempo de decomposição de resíduo queratinoso.

Ao que se refere à avaliação de MFPA, foi observado melhor desempenho da testemunha com diferença estatisticamente significativa em relação a todos os grupos tratamentos. A testemunha apresentou ao final do experimento uma média de MFPA de 9,445g, seguido por T6 com 5,906g e T5 com 4,838g. Com relação à MSPA, a testemunha também apresentou o melhor desempenho com diferenças estatística em relação aos demais grupos, apresentando média de 1,214g, seguido de T5 com 0,522g e T4 com 0,39g. Diante dos dados, podemos observar que T4, mesmo não apresentando maior MFPA, denotou acúmulo de massa seca mais elevado do que T6, o qual apresentou melhor desempenho na avaliação de massa fresca (gráfico 4).

Destacam-se como os mais baixos valores de desenvolvimento dos vegetais dos tratamentos 1, 2 e 3 para todas as variáveis avaliadas, relacionando a maior concentração de pelos como em T1 e T3 e o maior tempo de compostagem submetido em T1, T2 e T3, os valores médios finais de cada variável para cada grupo estão descritos na tabela 1. Zheljzakov *et al.* (2008a), em contrapartida, obtiveram melhores resultados no cultivo de papoula amarela e camomila, em modalidade de segunda safra, em composto de substrato e cabelo humano que fora submetido à decomposição ao longo do cultivo de alface e absinto prévio no mesmo substrato, totalizando um período de 57 dias de condução dos vegetais como primeira safra e uma semana de repouso para então estabelecer o cultivo da papoula amarela e da camomila, como segunda safra. Os autores relatam que o período de decomposição do cabelo humano foi

necessário para que houvesse a disponibilização dos nutrientes necessários ao vegetal, de modo que seu desempenho fosse mais expressivo e destacam ainda uma manutenção residual de Nitrogênio, o qual favoreceu o desenvolvimento dos vegetais de segunda safra.

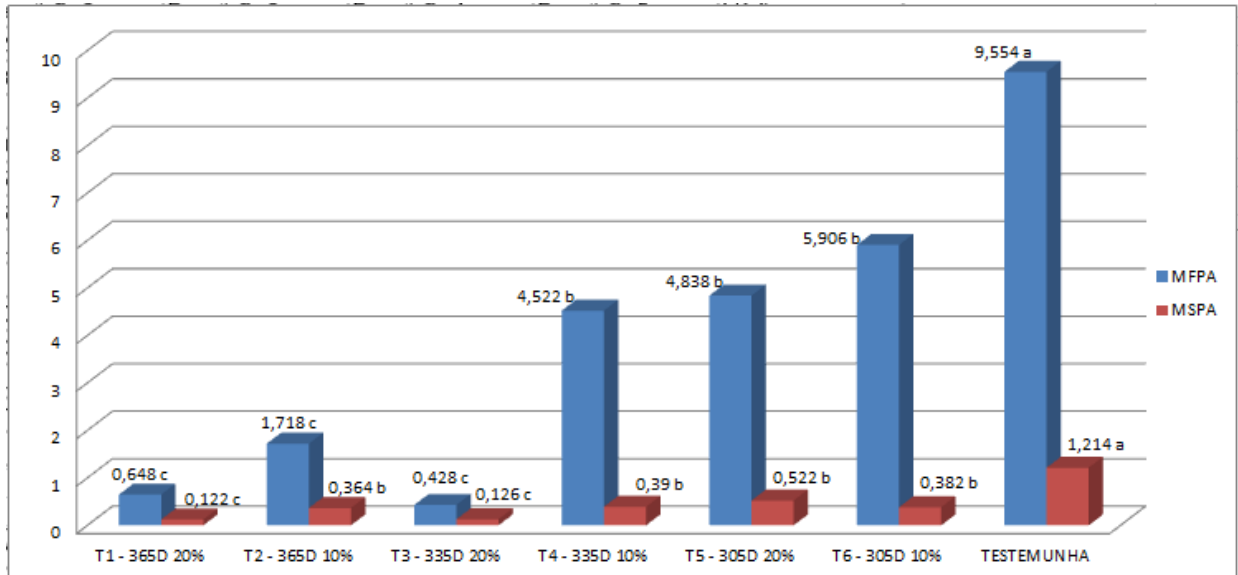


Gráfico 4. Valores médios de Massa fresca de parte aérea (MFPA) em gramas e Massa seca de parte aérea (MSPA) em gramas de plantas de alface submetidas à adubação com diferentes concentrações e tempo de decomposição de resíduo queratinoso ao final do cultivo.

Zheljazkov *et al.* (2008a) mencionam que a utilização de componentes queratinosos como única fonte de nutriente seja desfavorável no sentido de não se obter assertividade de tempo de decomposição e disponibilização do nutriente ao vegetal. Sugere-se então uma prévia compostagem do material como pelos junto a outros materiais orgânicos como esterco animal e restos vegetais, estimulando assim a atividade biológica de decomposição do material, coordenando-se os tempos de decomposição de cada elemento e enriquecendo o substrato nutricional pela maior variedade de nutrientes.

Kanwar e Paliyal (2012), em estudo com vermicompostagem de cabelo humano proveniente de salões de beleza e esterco bovino, relatam a necessidade de 15 semanas para a adequada degradação dos materiais pelas minhocas resultando em um composto rico em diversos nutrientes como Nitrogênio (0,5%), Fósforo (0,52%), Potássio (0,6%), Magnésio (0,37%), com destaque para a quantidade de Cálcio, a qual se mostrou mais elevada (0,42%) do que na compostagem sem cabelos (0,22%), assim como componentes de crescimento vegetal assimiláveis às plantas. Ainda mencionam a necessidade de incrementar o esterco bovino ao composto na proporção 2:1 entre esterco e cabelo, para maior palatabilidade das

minhocas e para redução na relação entre Carbono e Nitrogênio (C/N) do composto que favorece a decomposição do material, o qual, como já mencionado, possui cadeias de queratina as quais promovem resistência à degradação.

Tabela 1. Valores médios do número de folhas, diâmetro (cm), altura (cm), massa fresca de parte aérea (g) e massa seca de parte aérea (g) de plantas de alface submetidas à adubação com diferentes concentrações e tempo de decomposição de resíduo queratinoso ao final do período experimental.

Tratamento	Quantidade de folhas (u)	Diâmetro vegetal (cm)	Altura vegetal (cm)	Massa fresca de parte aérea (g)	Massa seca de parte aérea (g)
T1	3,4 d	4,6 c	9 d	0,648 c	0,122 c
T2	5,4 c	8 b	13,2 c	1,718 c	0,364 b
T3	3,6 d	5 c	8,7 d	0,428 c	0,126 c
T4	7,7 b	13,6 a	16 b	4,522 b	0,39 b
T5	7,2 b	13,1 a	16,2 b	4,838 b	0,522 b
T6	8,8 b	13,2 a	18,8 b	5,906 b	0,382 b
TESTEMUNHA	11,6 a	14 a	22,5 a	9,554 a	1,214 a

Nota: Médias acompanhadas de letras diferentes na coluna diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Scott-Knott.

Com o intuito de caracterizar a produção de biofertilizante a partir de resíduos animais, de Oliveira (2020) obteve resultado positivo na proporção de 1:3 de cama de frango e esterco bovino quando comparada às proporções de 1:1 e 3:1 respectivamente. O autor relata maior quantidade de nutrientes biodisponíveis aos vegetais assim como maiores taxas de fitormônio do tipo Ácido 3-Indolacético (AIA) que possui ação de crescimento e proliferação celular ao vegetal, sendo mais favorável à utilização na agricultura. Ainda mencionam o caráter de toxicidade ao vegetal, do biofertilizante com proporção de 1:1 e 3:1 de cama de frango e esterco bovino respectivamente, utilizados em concentrações acima de 50% para fertirrigação, que interferiram negativamente no teste de germinação de sementes de alface. O fato denota que mesmo biofertilizantes a partir de compostos orgânicos utilizados na agricultura devem ser utilizados de maneira criteriosa para que de fato seja possível alcançar resultados positivos no incremento de produtividade.

A dose utilizada neste estudo, estabelecendo uma relação de proporcionalidade em porcentagem entre os materiais do composto (solo e pelos), semelhante ao estudo de Zheljzakov *et al.* (2008a), nos mostra que quando extrapolada para uma dose a campo, em

kg/ha se apresenta exacerbada, visto que para elaboração dos substratos experimentais de cultivo foi utilizada a proporção de 90% (9kg) ou 80% (8kg) de solo e 10% (1kg) ou 20% (2kg) de pelo. Assim, sugere-se uma adequação de dose para utilização de compostos queratinosos como biofertilizante, evitando-se dessa forma uma possível toxicidade por dose elevada e o uso de outros componentes, além dos pelos, como fonte de nutriente aos vegetais.

Mariano *et al.* (2020), avaliando a utilização de compostos queratinosos como biofertilizante no cultivo de alface americana, com semeadura após 90, 120 e 150 dias de incorporação dos compostos do substrato de cultivo, relatam que os períodos descritos não são suficientes para a degradação da molécula de queratina nestas doses e disponibilização de nutrientes aos vegetais interferindo negativamente no desenvolvimento da planta.

A molécula de queratina possui característica de difícil degradação, parte por sua composição estrutural, o qual apresenta um empacotamento das cadeias de alfa-queratina que dificulta a quebra das moléculas e parte devido a sua alta insolubilidade em meio aquoso (QIU *et al.*, 2020). Sendo assim, sugere-se que, para a utilização de compostos queratinosos na agricultura, seja realizado previamente uma degradação parcial das moléculas por hidrólise física, química, ou biológica de modo que o composto já chegue ao solo parcialmente degradado, facilitando a liberação e disponibilização de nutrientes aos vegetais.

Guo *et al.*, (2020), avaliando diferentes métodos de hidrólise da queratina de penas de frango, destacam a utilização de proteases como alcalase, neutrase, pepsina e papaína para parcial degradação da queratina em peptídeos bioativos os quais podem ser utilizados na indústria de alimentos, no trato animal e no desenvolvimento de medicamentos. Ainda pontuam a necessidade de investimentos na adoção de tecnologias sustentáveis e economicamente favoráveis para a degradação parcial da queratina, uma vez que o resíduo se apresenta em abundância e possui grande potencial para ser destaque na produção de alimentos orgânicos, preservação do meio ambiente e na indústria relacionada à saúde humana. Outra metodologia para a degradação parcial das moléculas de queratina ocorre a partir da ação de microrganismos presentes no solo, com destaque para bactérias e fungos que por meio de ação enzimática promovem a liberação de aminoácidos disponíveis aos vegetais (BHARI, KAUR e SINGH, 2021).

Unnikrishnan e Ramasamy (2020) obtiveram resultados satisfatórios no cultivo do quiabo (*Albelmoschus esculentus* L.) utilizando via fertirrigação de solução residual proveniente da extração de queratina de cabelos humanos na dose de 20g do soluto diluídos em 100ml de água, no que tange à germinação, ao vigor de planta, ao número de folhas ao longo do cultivo, na altura de plantas e na circunferência das sementes. Destacam a expressiva

quantidade de Cálcio (4,15%) e Magnésio (2,74%), nutrientes favoráveis ao cultivo vegetal, a ótima relação entre Carbono e Nitrogênio (20,85) para o crescimento de plantas, adequado substrato energético para os microrganismos de solo. No entanto, relatam a presença de componentes poluentes como Cobre (0,09%) sugerindo cautela na utilização desta categoria de resíduo como biofertilizante.

Por fim, pudemos verificar que a testemunha obteve resultados mais satisfatórios para as variáveis quantidade de folhas, altura, MFPA e MSPA quando comparamos com os valores dos grupos tratamento. No entanto, observou-se que dentre os tratamentos se destacou T6, que apresentou o menor tempo de decomposição (305 dias) e a menor concentração de resíduos queratinosos (10%) e não denotando diferença estatística da testemunha para a variável do diâmetro. Ainda T1, com o maior tempo de decomposição (365 dias) e maior concentração de pelos (20%), foi o que apresentou as piores taxas de desempenho agrônomo pelos valores da quantidade de folhas, diâmetro e MSPA. Assim, relaciona-se o menor período de decomposição de 305 dias e a menor concentração de pelos de animais domésticos (10%) ao melhor desempenho dos vegetais diante da utilização de compostos queratinosos como biofertilizante.

Diante da abundância de resíduos queratinosos produzidos, o potencial para a utilização na indústria, na agricultura e ainda caracterizada como uma tecnologia limpa a qual possui incentivo à preservação do meio ambiente, faz-se necessária a realização de mais estudos os que auxiliem na investigação de medidas e facilitem a introdução dos subprodutos provenientes da queratina no mercado de insumos. Sugere-se a investigação de doses inferiores de pelos para cultivo de vegetais, assim como outros tempos de decomposição; a utilização de medidas que a degradem parcialmente como a hidrólise e favoreça a decomposição no solo; a realização de cultivo em ambiente protegido reduzindo o estresse abiótico e a condução da cultura em período com clima mais ameno.

3 CONCLUSÃO

Conclui-se que as doses de resíduos queratinosos utilizadas neste experimento foram muito elevadas interferindo negativamente no desenvolvimento da alface americana. No entanto, verificou-se que T6, com dose de 10% de pelos de animais domésticos em compostagem pelo período de 305 dias, foi o tratamento o qual obteve melhor desempenho agrônomo, com destaque para o diâmetro que não diferenciou da testemunha. Ainda o tempo de decomposição mais elevado de 365 dias e a maior

concentração de resíduo queratinoso estão relacionados ao pior desempenho da alface americana.

Sugere-se a realização de novos estudos com metodologias diferentes para avaliação da utilização de compostos queratinosos como biofertilizante, visto o potencial em que se apresenta esta classe de resíduos, no que tange à utilização na agricultura, assim como nas mais diversas áreas industriais.

REFERÊNCIAS

ACCUWEATHER, 2021. Disponível em:

<<http://www.accuweather.com/pt/br/maring%C3%A1/34734february-weather/34734?year=2021>>

Associação Brasileira da Indústria de Produtos para Animais de Estimação [ABINPET].

Indicadores de crescimento. 2015. Disponível em: <http://abinpet.org.br/site/faturamento-do-setor-crescera-74-e-fechara-em-r-179-bilhoes-em-2015/>

BHARI, R.; KAUR, M.; SINGH, R. S.; Chicken feather waste hydrolysate as a superior biofertilizer in agroindustry. **Current Microbiology**, 2021.

Brasil. Lei No 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos.**

Disponível em <www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/.../lei/12305.htm>, ACESSO em: 20 mar. 2019.

de OLIVEIRA, E. R.; **Desenvolvimento de biofertilizante líquido produzido a partir de esterco bovino e cama de frango.** Dissertação para obtenção de título de Mestre em Biotecnologia do Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da Universidade Federal de São Carlos – SP, 2020.

DIAMANTE, M. S.; SEABRA JUNIOR, S.; INAGAKI, A. M.; da SILVA, M. B.;

SALLACORT, R.; Produção e resistência ao pendoamento de alfaces tipo lisa cultivadas sob diferentes ambientes. **Revista Ciência Agronômica.** v. 44, n. 1, p. 133-140, Jan/Mar, 2013.

DONATO, R. K.; MIJA, A.; Keratin associations with synthetic, bio-synthetic and natural polymers: an extensive review. **Polymers**, v. 12, n. 32, p. 01-64, 2020.

EMBRAPA; Mapa de solos do estado do Paraná. **Geoinfo**, 2020. Disponível em:<
http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Aparana_solos_20201105>

EMBRAPA; **Mapa dos Solos do Paraná**. 1º ed. P.60, 2007.

GUO, L.; LU, L.; YIN, M.; YANG, R.; ZHANG, Z.; ZHAO, W.; Valorization of refractory keratinous waste using and sustainable biocatalysis. **Chemical Engineering Journal**. v. 397, p. 1-11, 2020.

ISLA Sementes, 2021. Disponível em <
<https://www.plantei.com.br/sementes/avulsas/sementes-de-alface-americana-delicia-isla-superpak>>

HADDAR, H. O.; ZAGHLOUL, T. I.; SAEED, H. M. Biodegradation of native feather keratin by Bacillus subtilis recombinant strains. **Biodegradation**, v. 20, n. 5, p. 687, 2009.

KANWAR, K.; PALIYAL, S. S.; Recycling of hair (saloon waste) by vermicomposting technology. **Journal of Krish Vigyan**. v. 1, n. 1, p. 65-68, 2012.

MALDONADE, I. R.; MATTOS, L. M.; MORETTI, C. L.; **Manual de boas práticas agrícolas na produção de alface**. Embrapa Hortaliças: Brasília, DF, 2014.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Agenda Estratégica PET BRASIL**. 2012-2015. 2015-2017. Disponível em <
<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/animais-e-estimacao/2019/25-ro/agenda-estrategica-pet-brasil-v1-ok.pdf>> acesso em 30 abr. 2019.

MARIANO, C. E. P.; GUASTALA, F. A. M.; MACHADO, A. A.; GASPARTORRO, F.; ANDREAZZI, M. A.; **Avaliação do potencial do uso de pelos de cães como biofertilizante: uma tecnologia limpa**. In: X Mostra Interna de Trabalhos de Iniciação Científica, III mostra Interna de Trabalhos de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação, Maringá, Unicesumar Anais, 2020.

MORITZ, J. S.; LATSHAW, J. D. Indicators of nutritional value of hydrolyzed feather meal. **Poultry Science**, v. 80, n. 1, p. 79-86, 2001.

NAVONE L.; SPEIGHT, R.; Understanding the dynamics of keratin weakening and hydrolysis by proteases. **PLoS One**, v. 13, n. 8, p. 1 – 21, 2018.

ONIFADE, A. A.; AL-SANE, A. A.; AL-MUSALLAM, A. A.; AL-ZARBAN, S.; A review: potential for biotechnological applications of keratin-degrading microorganisms and their

enzymes for nutritional improvement of feather and other keratins as livestock feed resources. **Bioresource Technology**, v. 66, n. 1, p. 1 – 11, 1998.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO A CIÊNCIA E A CULTURA - UNESCO – **Agenda de Desenvolvimento Pós-2015 e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em <<http://www.unesco.org/new/pt/brasil/post-2015-development-agenda/>>, acesso em: 18 abr. 2019.

PEINADO, J. FERNANDES, B. H. R.; Estratégia, competência e desempenho em empresas de pet shop: evidências de um levantamento em Curitiba. **Revista de Administração**. v. 47, n. 4, p. 609-623, 2012.

QIU, J.; WILKENS, C.; BARRETT, K.; MEYER, A. S.; Microbial enzymes catalyzing keratin degradation: classification, structure and function. **Biotechnology Advances**, v. 44, p. 01 – 22, 2020.

QUEIROZ, A. A.; CRUVINEL, V. B.; FIGUEIREDO, K. M. E.; Produção de alface Americana em função da fertilização com organomineral. **Enciclopédia Biosfera**, v. 14, n. 25, p. 1053 – 1063, 2017.

SHAH, A.; TYAGI, S.; BHARAGAVA, R. N.; BELHAJ, D.; KUMAR, K.; SAXENA, G.; SARATALE, G. D.; MULLA, S. I. Keratin Production and Its Applications: Current and Future Perspective. In: **Keratin as a Protein Biopolymer**. Springer, p. 19-34, 2019.

SHAVANDI, A.; SILVA, T. H.; BEKHIT, A. A.; BEKHIT, A. E. A.; Keratin: dissolution, extraction and biomedical applications. **Biomater. Sci.**, v. 5, p. 1699 – 1735, 2017.

SUZUKI, Y.; TSUJIMOTO Y.; MATSUI, H.; WATANABE, K. Decomposition of extremely hard-to-degrade animal proteins by thermophilic bacteria. **Journal of Bioscience and bioengineering**, v. 102, n. 2, p. 73-81, 2006.

TUCK, C. O.; PEREZ, E.; HORVATH, I. T.; SHELDON, R. A.; POLIAKOFF, M.; Valorization of biomass: deriving more value from waste. **Science**, v. 337, p. 695 – 699, 2021.

UNNIKRISHNAN, G.; RAMASAMY, V.; Extraction of keratin from human hair with production of biofertilizer from waste liquid of hair extraction and its efficient application on growth yield of *Abelmoschus esculenuts* L.. **Asian Journal of Biological and Life Sciences**, v. 9, n. 2, p. 119 – 128, 2020.

ZHELJAZKOV, V. D.; Assessment of wool-waste and hair waste as soil amendment and nutrient source. **Journal of Environmental Quality**, v.34, p. 2310 – 2317, 2005.

ZHELJAZKOV V.D.; SILVA, JL.; PATEL, M.; STOJANOVIC, J.; LU, Y.; KIM, T.; HORGAN, T. Human Hair as a Nutrient Source for Horticultural Crops. **Hort. Technology**, v.18, p.549-745. 2008a.

ZHELJAZKOV, V. D.; STRATTON, G. W.; STURZ, T.; Uncomposted wool and hair wastes as soil amendements for high value crops. **Agronomy Journal**, v. 100, n. 6, 2008b.

ZHELJAZKOV, V.D.; STRATTON, G.W.; PINCOCK, J.; BUTLER, S.; JELIAZKOVA, E.A.; NEDKOV, N.K.; GERARD, P.D. Wool-waste as organic nutrient source for container-grown plants. **Waste Management**. v. 29, n.7, p.2160-2164, 2009.