

EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO COM RESÍDUO DA ATIVIDADE DA CARCINICULTURA EM PLANTAS DE GIRASSOL SUBMETIDAS A CONDIÇÕES DE ESTRESSE HÍDRICO

BRENDA BEZERRA BRAGA¹; FRANCISCO HOLANDA NUNES JUNIOR²; SABRINA ISABEL DE OLIVEIRA PAIVA¹; RIFANDREO MONTEIRO BARBOSA¹; ROBERTO ALBUQUERQUE PONTES FILHO¹ E FRANKLIN ARAGÃO GONDIM^{1*}

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado do Ceará – Campus Maracanaú. Av. Contorno Norte, 10, Distrito Industrial, Maracanaú, Ceará, Brasil. Email: brenndabraga94@gmail.com; sabrinaisabel_@hotmail.com; rifandreo@gmail.com; Roberto.consultorambiental10@gmail.com; *aragaofg@yahoo.com.br (autor correspondente).

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado do Ceará – Campus Jaguaribe. Av. B - Bairro Manoel Costa Moraes, Jaguaribe, Ceará, Brasil. Email: holandajrb@gmail.com

1 RESUMO

Objetivou-se identificar os efeitos da utilização de resíduo de carcinicultura sobre o crescimento e sistema enzimático antioxidativo de girassol em condições de estresse hídrico. O trabalho foi conduzido na casa de vegetação do Instituto Federal do Ceará – campus Maracanaú, Ceará, Brasil. As sementes foram semeadas em baldes contendo: 1) areia de granulometria fina; 2) areia + adubo; 3) areia + 7g de resíduo de carcinicultura; 4) areia + 14g de resíduo de carcinicultura. Decorridos 16 dias da semeadura, metade de cada grupo de plântulas descrito foi submetido à suspensão de rega. Foram realizadas 2 coletas: 19 e 21 dias após a semeadura. Determinaram-se: as matérias frescas e secas da parte aérea, das raízes e total e as atividades das enzimas antioxidativas em folhas e raízes. De modo geral, a utilização de resíduo de carcinicultura no substrato proporcionou melhoria no crescimento das plantas. Isso pode ter ocorrido devido ao aumento nas atividades das enzimas antioxidativas. Em condições controle, a aplicação de 14g de resíduo ocasionou maiores produções de matéria seca total e atividades das enzimas antioxidativas. Concluiu-se que o resíduo de carcinicultura pode ser uma alternativa aos fertilizantes, reduzindo os custos de produção, além de ser uma destinação adequada ao resíduo de carcinicultura.

Palavras-chave: estresse oxidativo, *Helianthus annuus* L., biofertilizante

BRAGA, B. B.; NUNES JUNIOR, F. H.; PAIVA, S. I. O.; BARBOSA, R. M.; PONTES FILHO, R. A.; GONDIM, F. A
EFFECTS OF SUPPLEMENTATION WITH WASTE OF SHRIMP FARMING ON SUNFLOWER PLANTS UNDER DROUGHT STRESS CONDITIONS

2 ABSTRACT

The aim of this study was to identify the effects of the use of shrimp waste on plant growth and the antioxidative enzymatic defense system of sunflower under drought stress conditions. The experiment was carried out under greenhouse conditions at the Instituto Federal de

Educação, Ciência e Tecnologia (Federal Institute of Education, Science and Technology), Maracanaú Campus, Ceará, Brazil. The seeds were sown in plastic pots containing: 1) fine-grained sand; 2) sand + fertilizer; 3) sand + 7g of shrimp waste; 4) sand + 14g shrimp waste. At 16 days after sowing, half of each seedling group described was submitted to irrigation suspension. Two plant harvests were performed: at 19 and 21 days after sowing. The following parameters were determined: shoots, roots and total fresh and dry masses, and activities of antioxidative enzymes in shoots and roots. In general, the use of shrimp waste in the substrate provided higher plant growth. This could be attributed to the increased activity of antioxidative enzymes. Under control conditions, the application of 14g of waste led to higher total dry mass and higher activities of antioxidative enzymes. It is concluded that the shrimp waste may be an alternative to fertilizers, reducing production costs. Moreover, it seems to be an adequate disposal for shrimp farming waste.

Keywords: oxidative stress, *Helianthus annuus* L., biofertilizer

3 INTRODUÇÃO

Na região Nordeste do Brasil, o regime de chuvas é caracterizado pela escassez, irregularidade espacial e temporal acentuadas, com longos períodos de estiagem, que comprometem a qualidade da água e a fertilidade do solo, afetando negativamente a produção agrícola (GARCIA, BEZERRA; DE FRETAS, 2007). Por isso, tornam-se necessárias as buscas por tecnologias e práticas agrícolas que otimizem o uso da água e promovam a manutenção da fertilidade dos solos a fim de que a produtividade das culturas não seja comprometida.

O uso de resíduos sólidos orgânicos mostra-se como uma alternativa mitigadora. Resíduos sólidos orgânicos são todos aqueles de origem animal ou vegetal, destacando-se: restos de frutas, pescados, hortaliças, sementes, folhas, cascas de ovos, restos de carnes, dentre outros (BRASIL, 2010). Tais materiais, além de criarem potenciais problemas ambientais, representam perdas de matérias-primas e energia, exigindo investimentos significativos em tratamentos para controlar a poluição (PELIZER; PONTIERI; DE OLIVEIRA MORAES, 2007). No entanto, após a realização de tratamento adequado, como, por exemplo, a compostagem ou tratamento em estação, os resíduos orgânicos tornam-se estáveis e podem ser utilizados como biofertilizante para plantas e substrato para a produção de cogumelos (HERBETS et al., 2005). Tal uso é possível por se tratar de um produto rico em sais minerais e elementos como fósforo, nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio e ferro, sendo responsáveis pela melhoria da qualidade nutricional e estrutura do solo (KRAY et al., 2011; KROB et al., 2011; SAMPAIO et al., 2012).

O crescimento da atividade da carcinicultura em regiões não litorâneas (condições de cativeiro) é oriundo de uma crescente demanda do mercado internacional por camarão cultivado, do adensamento das fazendas nos estuários, da especulação imobiliária no litoral e da adaptação da espécie *Litopenaeus vannamei* às águas com baixa salinidade. Esses fatores têm contribuído para o desenvolvimento da atividade em países como Estados Unidos, Equador, Panamá e Brasil (FIGUEIRÊDO et al., 2006). Entretanto, essa atividade desperta a atenção não somente pelo seu potencial em gerar alimento, mas também por ocasionar impactos ambientais negativos, como o aumento da demanda de água e descarte de efluentes (LEITÃO et al., 2011).

Os efluentes da carcinicultura podem apresentar concentrações de alguns nutrientes, plânctons, sólidos suspensos e demanda de oxigênio mais elevadas do que os corpos hídricos que os receberão (CASTELLO et al., 2008). Assim, torna-se necessário o tratamento desse efluente. Porém, um subproduto desse processo de tratamento é a geração de resíduos orgânicos nos tanques de decantação, oriundo da decantação de fezes, exoesqueletos dos animais e, principalmente, alimento não consumido. Sugere-se, portanto, o aproveitamento desse resíduo para a melhoria da qualidade de substratos que, posteriormente, seriam utilizados para o crescimento e nutrição de plantas.

O girassol possui características morfológicas e bioquímicas como: ciclo de vida curto, ampla adaptação edafoclimática e resistência a períodos de seca, que o torna propício para cultivo em regiões do semiárido brasileiro (LEITE; CASTRO, 2006). Segundo Freitas et al. (2012), o girassol é uma espécie que fornece matéria-prima para a produção de biocombustíveis, sendo considerada ainda uma das culturas de maior potencial para a produção de energia renovável no Brasil.

Diante do exposto, pretende-se identificar os efeitos da utilização de resíduo sólido orgânico de carcinicultura (RSC) sobre o crescimento e sistema enzimático antioxidativo de plantas de girassol sob condições de estresse hídrico.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na casa de vegetação do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia (IFCE) *Campus* Maracanaú, Ceará, Brasil, de agosto a dezembro de 2014. Os valores médios de temperatura e umidade relativa do ar durante o dia dentro da casa de vegetação foram, respectivamente, 33,3 °C e 54 %.

O resíduo sólido de carcinicultura (RSC) empregado na formulação dos substratos foi proveniente dos tanques de decantação de uma estação de tratamento de efluentes de uma indústria de processamento de camarões localizada em Aracati, Ceará, Brasil. Após a retirada dos tanques, o resíduo ficou exposto a pleno sol (temperatura média dia/noite 27° C), em ambiente aberto até completa secagem. Posteriormente, o resíduo foi passado em uma peneira de aço com malha de 2,0 mm, para homogeneização das partículas, macerado utilizando-se almofariz e pistilo de porcelana (para a obtenção de um pó) e acrescentado ao substrato de cultivo das plantas.

As sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.), cultivar BRS 323, após seleção e limpeza com solução de hipoclorito de sódio (0,7%), foram semeadas em vasos plásticos (5L) contendo: 1) areia de granulometria fina (ABNT, 1995); 2) areia + adubo/fertilizante orgânico misto (11,8% de N); 3) areia + 7g de resíduo sólido de carcinicultura (RSC); 4) areia + 14g de resíduo sólido de carcinicultura (RSC). As quantidades de fertilizante orgânico misto e RSC (7g) foram calculadas seguindo-se a recomendação para a cultura de 80 kg de N ha⁻¹ e a quantidade de Nitrogênio encontrada nos compostos (Tabela 1). Adicionalmente, a fim de verificar possível incremento no crescimento, esta concentração foi duplicada nas plantas que receberam 14 g de RSC.

Tabela 1. Análise química do resíduo sólido de carcinicultura utilizado na composição dos substratos para cultivo de plantas de *Helianthus annuus* L.

Macronutrientes (g.kg ⁻¹)								
N	P	P ₂ O ₅	K	K ₂ O	Ca	Mg	S	Na
38,2	8,5	19,5	2,5	3,1	8,3	4,3	5,9	3,1
Micronutrientes (mg.kg ⁻¹)							DS.m ⁻¹	
Fe	Cu	Zn	Mn	pH	*C.E			
5.713,70	1.297,90	1.893,40	134,6	5,92	3,45			

*CE – Condutividade Elétrica

Fonte: Lab. de Solo/Água da UFC/FUNCEME (2013).

Durante o experimento, as plantas foram submetidas à rega diária próximo a 70% da capacidade de campo (CASAROLI; LIER, 2008), sendo a manutenção da reposição diária de água evapotranspirada através da pesagem diária dos vasos e reposição da massa perdida com água. As avaliações de perda de água e a concomitante reposição foram realizadas ao final da tarde (17h00).

Metade de cada grupo de plântulas (descrito acima) deixaram de ser irrigadas aos 16 dias da semeadura. Realizaram-se 2 coletas: 1^a) aos 19 dias após a semeadura (ou seja, 3 dias sob estresse hídrico) e 2^a) aos 21 dias (5 dias sob estresse hídrico). Foram determinadas: a matéria fresca da parte aérea (folhas + caules), das raízes e total (parte aérea + raízes). Em seguida, o material foi colocado em estufa a 60 °C por 3 dias, para a mensuração das matérias secas da parte aérea (folhas + pecíolos + caules), das raízes e total (parte aérea + raízes).

Para as determinações das atividades das enzimas antioxidativas foram preparados extratos de folhas e raízes frescas conforme Gondim et al. (2012). A determinação da atividade da enzima CAT foi realizada segundo a metodologia de Havir e McHale (1987); a da enzima GPX de acordo com o método de Kar e Mishra (1976); a da APX através do método de Nakano e Asada (1981) e a da SOD pela metodologia proposta por Beauchamp e Fridovich (1971). As atividades de CAT, GPX e APX foram expressas em $\mu\text{mols H}_2\text{O}_2 \text{ min}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ MF}$, sendo MF a matéria fresca da raiz ou parte aérea. Já a SOD em UA $\text{g}^{-1} \text{ MF}$, onde uma UA (unidade de atividade enzimática) representa a quantidade de enzima necessária para causar uma inibição da fotorredução do NBT de 50%. Os extratos foram quantificados em duplicata.

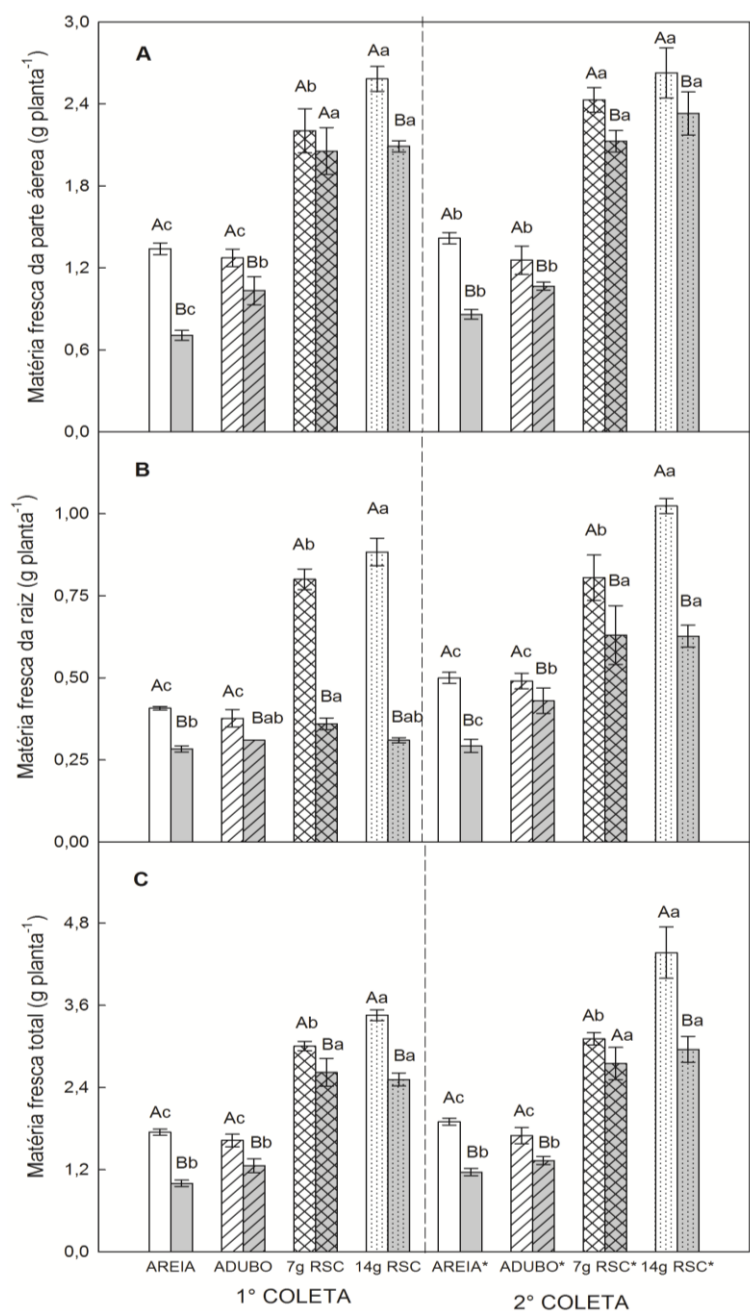
O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em um arranjo fatorial 2 (irrigadas ou não irrigadas) \times 4 (areia, areia + fertilizante, areia + 7 g RSC, areia + 14 g RSC), com cinco repetições. Cada repetição constituiu-se de um vaso com duas plantas. Os dados de cada coleta foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas através do teste de Tukey ($p \leq 0,05$) pelo programa Sigma Plot 11.0.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A suspensão da irrigação ocasionou uma redução nos parâmetros: matéria fresca da parte aérea (MFPA), das raízes (MFR) e total (MFT), nas 2 coletas realizadas (Figura 1). Para a MFPA, em média, os valores dos tratamentos submetidos a estresse hídrico mostraram-se 15 e 21% inferiores àqueles das plantas dos tratamentos controle, na 1^a e 2^a coleta, respectivamente. Contudo, nas plantas crescendo em substratos contendo 7 ou 14g de resíduo

sólido de carcinicultura (RSC), esses valores foram superiores à média dos demais tratamentos (areia ou adubo). Em condições controle, esse aumento foi, em média, de 82 e 89% aos 19 e 21 dias, respectivamente, e em condições de estresse hídrico, de 137 e 131% (Figura 1A).

Figura 1. Matéria fresca da parte aérea (A), das raízes (B) e total (C) de *Helianthus annuus* aos 19 e 21 dias após a semeadura. As barras brancas representam plantas sob condições controle e as cinzas sob estresse hídrico. De acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$), as diferentes letras maiúsculas indicam diferenças significativas devido ao tipo de irrigação (controle e estresse), enquanto diferentes letras minúsculas indicam diferenças significativas devido aos substratos empregados (areia, areia + fertilizante, areia + 7g RSC, areia + 14g RSC).

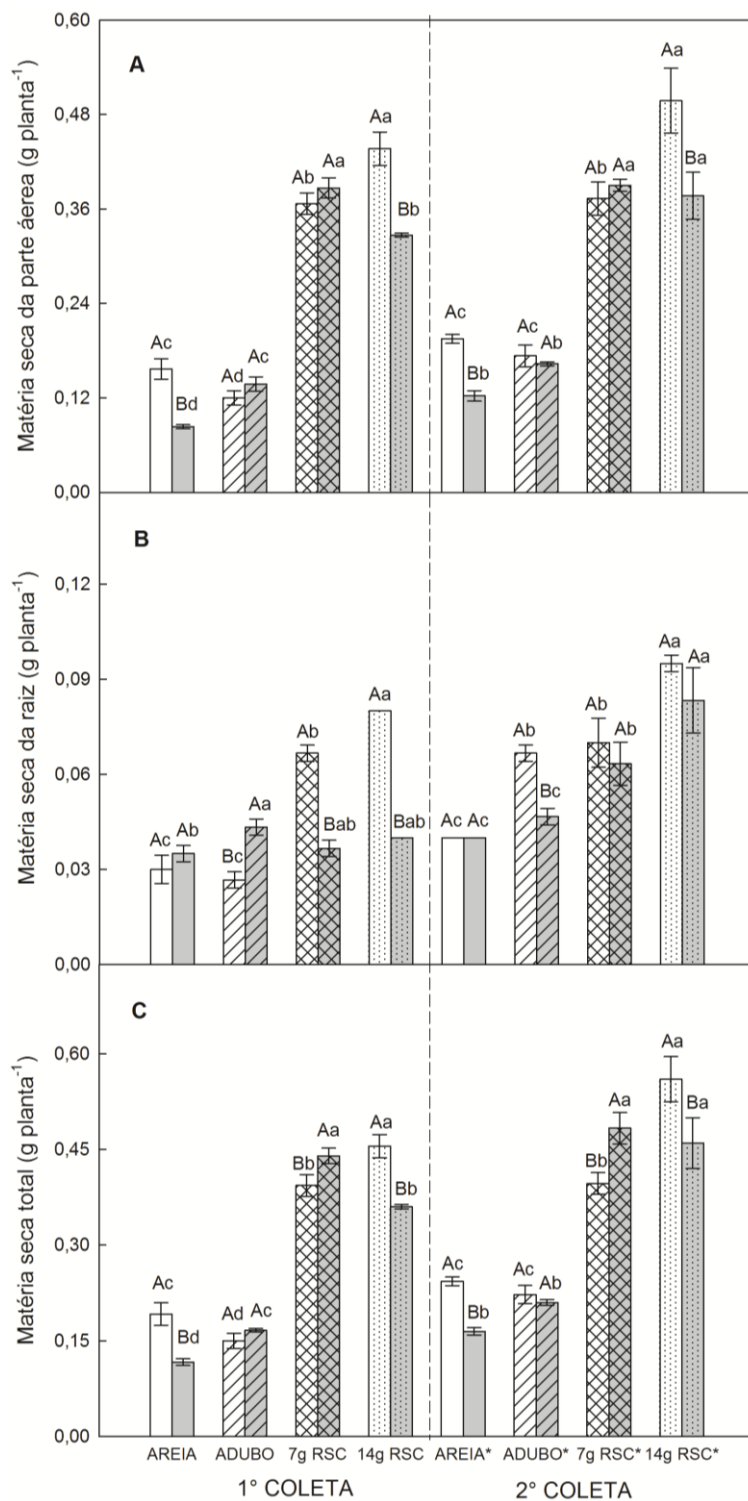


A MFR apresentou na segunda coleta, comportamento semelhante àquele verificado para MFPA, as plantas com RSC (7 e 14g) em seu substrato apresentaram maiores valores em comparação aos demais tratamentos (Figura 1B).

Como observado para a MFPA e a MFR, para a MFT, dentro de uma mesma condição de irrigação, as plantas dos tratamentos com RSC no substrato apresentaram valores superiores aos demais tratamentos. Nas plantas irrigadas diariamente, observaram-se maiores valores no tratamento com 14g de RSC, sendo superior em 98 e 126% em comparação ao tratamento areia, aos 19 e 21 dias, respectivamente. Nas plantas submetidas ao estresse hídrico, não houve diferenças entre os tratamentos com RSC, para as duas coletas (Figura 1C).

Em relação à matéria seca da parte aérea (MSPA) (Figura 2A), verificou-se que o estresse hídrico promoveu a redução dessa variável nos tratamentos areia e 14 RSC em relação ao seu controle. Nas plantas irrigadas diariamente, verificaram-se maiores valores no tratamento 14 g de RSC, o qual foi 178% superior ao areia, na 1^a e 155% na 2^a coleta. Em condições de estresse hídrico, o tratamento 7 g de RSC se sobressaiu aos demais para a 1^a coleta, e não houve diferenças significativas entres os dois tratamentos com RSC na 2^a coleta. Ressalte-se que os tratamentos com RSC (7 e 14g) foram maiores que os demais (Figura 2A).

Figura 2. Matéria seca da parte aérea (A), das raízes (B) e total (C) das raízes de *Helianthus annuus* aos 19 e 21 dias após a semeadura. As barras brancas representam plantas sob condições controle e as cinzas sob estresse hídrico. De acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$), as diferentes letras maiúsculas indicam diferenças significativas devido ao tipo de irrigação (controle e estresse), enquanto diferentes letras minúsculas diferenças significativas devido aos substratos empregados (areia, areia + fertilizante, areia + 7g RSC, areia + 14g RSC).



Em condições controle, a matéria seca das raízes (MSR) foi mais elevada nos tratamentos contendo RSC no substrato (principalmente para o tratamento 14 g de RSC). Em condições de estresse, esse comportamento só foi observado na 2ª coleta (Figura 2B).

Assim como ao encontrado na MSPA, para a MST, as plantas do tratamento com 14 g de RSC, sob condições controle, foram superiores às demais. Em condições de estresse, verificaram-se maiores valores de MST nos tratamentos com 7 e 14 g de RSC, sendo estes 276 e 208% maiores que o tratamento areia na 1ª coleta, e, em média, 186% maiores na 2ª coleta (Figura 2C). Apenas as plantas crescendo em substrato contendo areia ou 14 g de RSC tiveram redução na MST em relação aos seus respectivos controles devido à suspensão de irrigação.

Segundo Nascimento et al. (2011), a produção de matéria seca está diretamente relacionada à disponibilidade de água para a planta. Sob condições de estresse hídrico verificam-se reduções no crescimento e na expansão celular, o que pode ocasionar diminuição do crescimento da planta. Além disso, ocorrem mudanças fisiológicas e bioquímicas na fotossíntese, na respiração, na absorção de nutrientes e no metabolismo dos carboidratos (FAROOQ et al., 2008). Deste modo, no presente experimento, houve redução de MSPA, MSR e MST nas plantas em que se aplicou o regime de suspensão de irrigação, demonstrando que o estresse influenciou negativamente o crescimento.

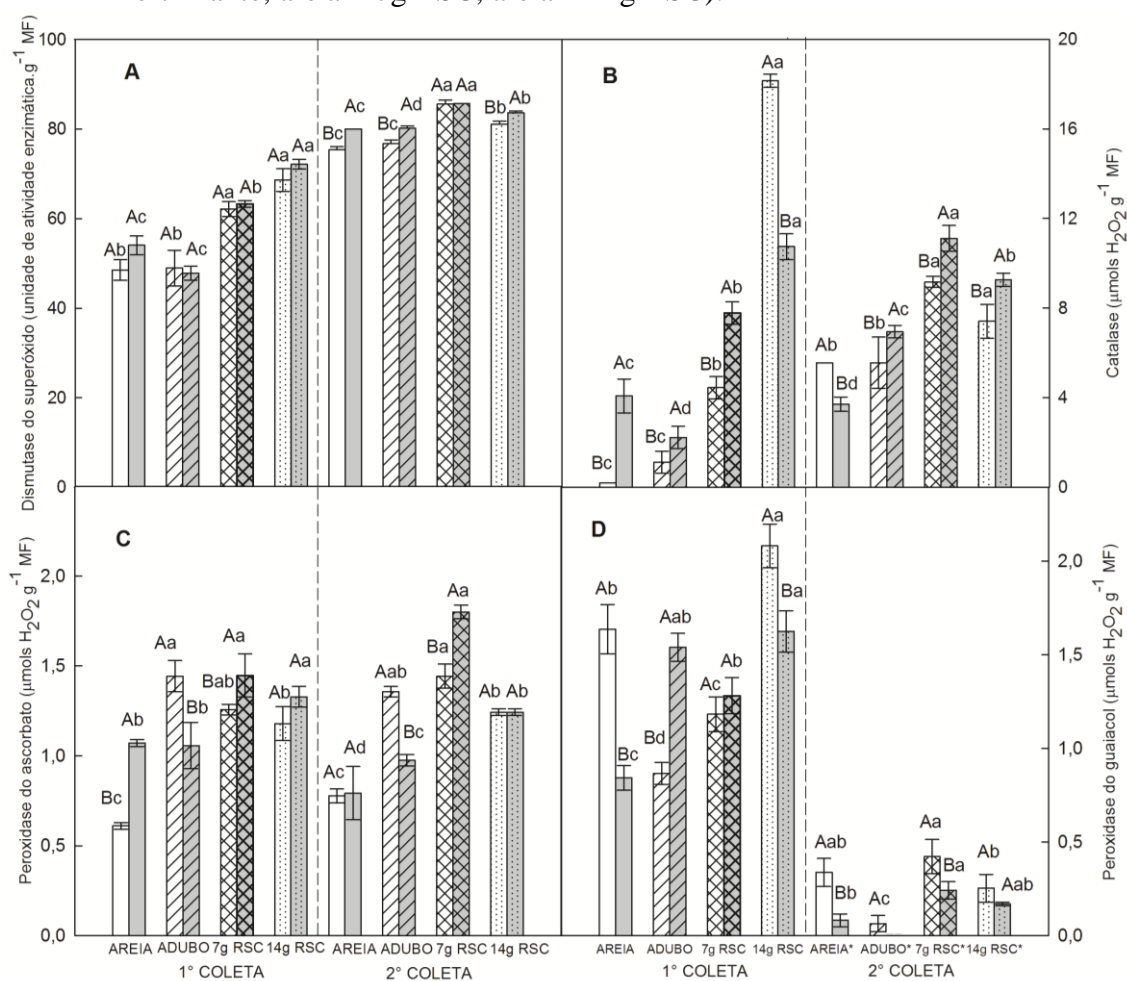
Outros trabalhos já demonstraram resultados benéficos da adição de resíduos orgânicos ao solo. Nobre et al. (2010), observaram incremento na matéria fresca da parte aérea de plantas de girassol sob irrigação com efluente doméstico e diferentes doses de adubo orgânico. Silva et al. (2014), demonstraram que a mistura de substrato comercial e composto orgânico de lixo urbano possibilitou elevação na produção de matéria seca e fresca de mudas de *Eucalyptus grandis*. Miranda et al. (2010), utilizaram efluentes líquidos da carcinicultura na irrigação de *Panicum maximum* e não observaram diferenças significativas na produção de matéria seca nos dois cultivares estudados em comparação com a irrigação com a água do rio.

Contudo, na literatura não há relatos sobre o uso de resíduos sólidos orgânicos de carcinicultura (RSC) sobre o crescimento de plantas de girassol. Sugere-se que a aplicação de resíduo sólido de carcinicultura ao substrato tenha ocasionado aumento no crescimento das plantas devido a melhoria de propriedades físicas e químicas do solo. Além disso, por se tratar de um resíduo com aspecto sólido, acredita-se que os efeitos de uma possível lixiviação também sejam reduzidos no substrato, possibilitando um estoque de nutrientes por um período maior para a planta. Ressalte-se ainda que os solos da região semiárida brasileira são, de um modo geral, pouco férteis e com baixas quantidades de nitrogênio e matéria orgânica. O resíduo sólido de carcinicultura, por conter elevados teores de compostos orgânicos e nutrientes, atuaria no aumento da capacidade de troca de cátions e na neutralização da acidez do solo. Assim, o uso do resíduo orgânico poderia aumentar a produtividade, a qualidade agrícola e diminuir os custos de produção (ABREU JUNIOR et al., 2005).

Em relação às respostas fisiológicas e bioquímicas ao estresse hídrico, as plantas realizam diversas alterações para minimizar a perda de água por evapotranspiração, como o fechamento estomático precoce (GILL; TUTEJA, 2008). Contudo, este fato pode ocasionar a produção de espécies reativas de oxigênio (EROs), e, em elevadas concentrações, as EROs podem resultar na morte da planta (MILLER et al., 2010). Em excesso, as EROs podem causar danos oxidativos às células e induzir a modificação da expressão gênica (GILL; TUTEJA, 2010). Como resposta à produção de EROs, o sistema antioxidativo produz antioxidantes de baixo peso molecular e enzimas antioxidativas capazes de remover esses compostos das células.

Perante o exposto, foram determinadas as atividade das principais enzimas antioxidativas envolvidas na resposta ao estresse, a catalase (CAT), a dismutase do superóxido (SOD), a peroxidase do ascorbato (APX) e a peroxidase do guaiacol (GPX), que estão apresentadas na figura 3. No presente estudo, foram detectadas atividades de enzimas antioxidativas em todos os tratamentos realizados, com exceção da enzima catalase (CAT) nas raízes.

Figura 3. Atividade das enzimas SOD (A), CAT (B), APX (C) e GPX (D) de *Helianthus annuus* aos 19 e 21 dias após a semeadura. As barras brancas representam plantas sob condições controle e as cinzas sob estresse hídrico. De acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$), as diferentes letras maiúsculas indicam diferenças significativas devido ao tipo de irrigação (controle e estresse), enquanto diferentes letras minúsculas diferenças significativas devido aos substratos empregados (areia, areia + fertilizante, areia + 7g RSC, areia + 14g RSC).



Tanto em condições controle como de estresse hídrico na 1ª e na 2ª coleta, a atividade da enzima dismutase do superóxido (SOD) nas folhas se mostrou mais elevada nas plantas que cresceram em substrato contendo RSC (Figura 3A). Na 1ª coleta, sob condições de estresse hídrico, a atividade da SOD nas folhas foi 33% superior no tratamento 14 g de RSC em relação ao tratamento areia. Já na 2ª coleta, a atividade da SOD nas folhas não diferiu entre os tratamentos 7 e 14 g de RSC sendo, em média, 7% superiores ao tratamento areia.

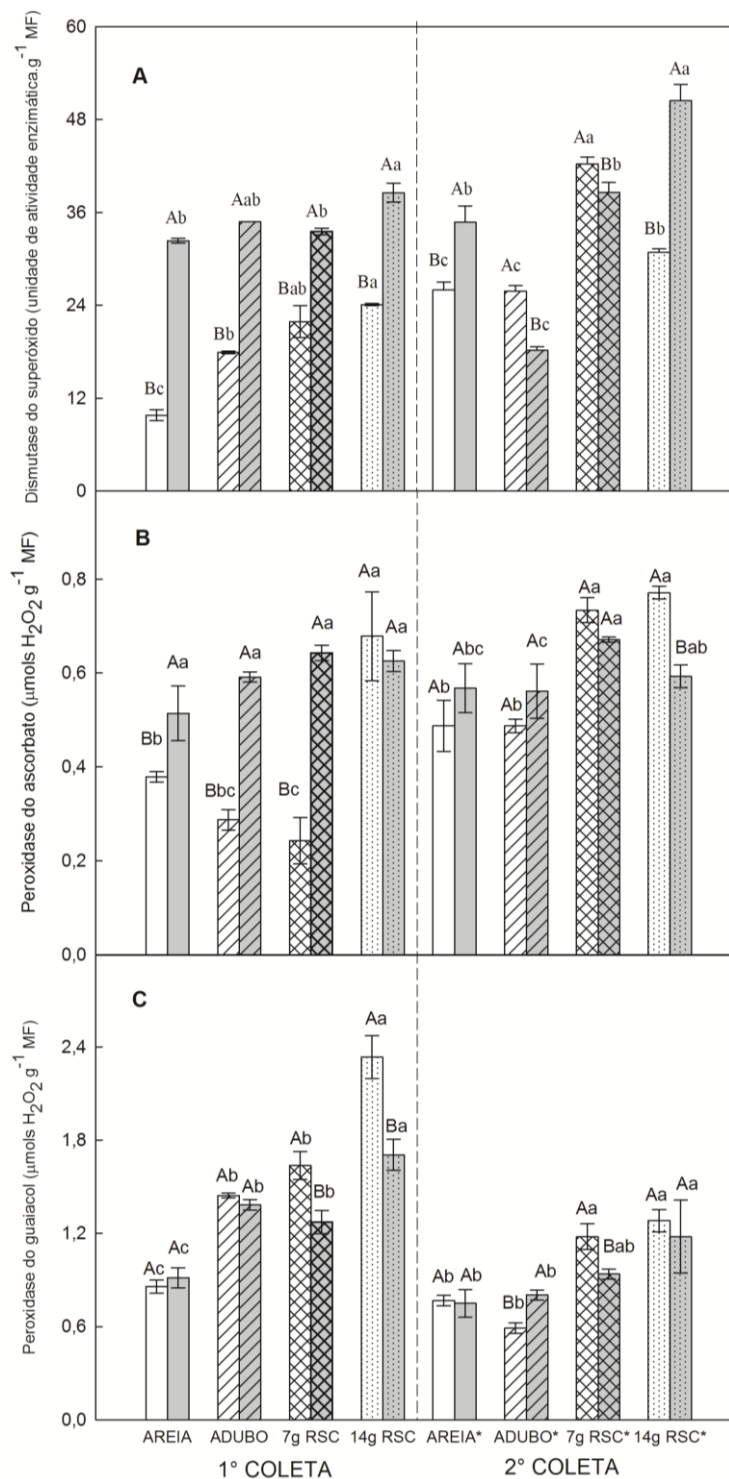
A atividade da CAT nas folhas mostrou-se mais elevada nas plantas que cresceram em substrato contendo RSC (Figura 3B). Sob condições de estresse hídrico, a atividade da CAT nas folhas do tratamento 14g de RSC foi 163% superior aos do tratamento areia na 1^o coleta. Na 2^o coleta, o tratamento 7g de RSC foi 200% superior ao tratamento areia.

A maior atividade da peroxidase do ascorbato (APX) foi verificada em condições de estresse hídrico no tratamento 7g de RSC, sendo 35 e 127% superiores ao tratamento areia, na 1^a e 2^a coletas, respectivamente (Figura 3C).

Sob condições controle, a atividade da peroxidase do guaicol (GPX) na 1^a coleta foi maior no tratamento 14g de RSC sendo 27% superior do que o tratamento areia (Figura 3D). Sob condições de estresse hídrico, a superioridade desse tratamento foi de 93% em relação ao tratamento areia. A enzima apresentou baixa atividade na 2^a coleta, principalmente para o tratamento adubo. Em condições controle, não houve diferenças significativas entre os tratamentos com RSC em seu substrato e o tratamento areia. Porém, em condições de estresse, o tratamento com 7g de RSC foi 197% superior em comparação ao tratamento areia.

Na 1^a coleta, verificou-se que a imposição de estresse hídrico ocasionou incremento na atividade da SOD nas raízes das plantas crescendo nos diferentes substratos (Figura 4A). Constatou-se ainda que o tratamento 14 g de RSC, em condições de estresse, apresentou valores 19 e 45% superiores aos do tratamento areia, na 1^a e 2^a coleta, respectivamente.

Figura 4. Atividade das enzimas SOD (A), APX (B) e GPX (C) de *Helianthus annuus* aos 19 e 21 dias após a sementeira. As barras brancas representam plantas sob condições controle e as cinzas sob estresse hídrico. De acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$), as diferentes letras maiúsculas indicam diferenças significativas devido ao tipo de irrigação (controle e estresse), enquanto diferentes letras minúsculas indicam diferenças significativas devido aos substratos empregados (areia, areia + fertilizante, areia + 7g RSC, areia + 14g RSC).



Observou-se na 1ª coleta que o estresse hídrico ocasionou aumento na atividade da APX nas raízes das plantas independentemente do substrato (Figura 4B). Além disso, na 2ª coleta, sob condições controle, a atividade da APX não diferiu significativamente entre os tratamentos 7 e 14g de RSC e a média destes foi 58% superior em relação ao tratamento areia. Em condições de estresse, os tratamentos não apresentaram diferenças significativas entre si, excetuando-se o tratamento 7g de RSC na 2ª coleta, que apresentou a maior atividade de APX nas raízes.

De modo geral, a atividade da GPX nas raízes também foi mais elevada para o tratamento 14g de RSC, sendo 172 e 67% superiores na 1ª e 2ª coletas, respectivamente, em relação ao tratamento areia, sob condições controle (Figura 4C). Adicionalmente, em condições de estresse, foram 86 e 57 %, respectivamente maiores do que o tratamento areia, na 1ª e 2ª coletas.

Outros trabalhos já observaram aumento na atividade de enzimas antioxidativas em plantas de girassol sob condições de estresse hídrico. Manivannan et al. (2008), demonstraram aumentos de atividade das enzimas SOD e CAT nas folhas e raízes aos 3, 6 e 9 dias de imposição do estresse hídrico. Os autores também verificaram aumento da atividade da APX nas raízes. Carneiro (2011), detectou maiores atividades de CAT e SOD nas plantas submetidas ao estresse, principalmente para o cultivar cv M735. Um dos mecanismos de proteção das plantas contra estresses ambientais é a presença de um eficiente sistema antioxidativo para manter o equilíbrio entre a formação e a remoção de EROs do ambiente intracelular (BARBOSA et al., 2014). Dentro desse contexto, no presente estudo, os aumentos nas atividades das enzimas antioxidativas (Figuras 3 e 4) verificados nas plantas submetidas ao estresse hídrico em relação aquelas irrigadas podem representar melhoria no crescimento das plantas sob condições adversas. Adicionalmente, verificou-se que os maiores incrementos em atividade foram encontrados nas plantas que cresceram em substrato contendo RSC. Isto pode ter contribuído para a melhoria do crescimento encontrado nestas plantas em relação aquelas crescendo em substrato contendo areia ou adubo e também submetidas ao estresse hídrico (Figuras 1 e 2). Esses resultados ressaltam os efeitos benéficos do uso de RSC no cultivo de plantas de girassol.

6 CONCLUSÕES

A utilização de resíduo sólido de carnicultura (RSC) no substrato proporcionou melhoria no crescimento das plantas de girassol, tanto em condições controle como de estresse hídrico, promovendo maiores incrementos nas variáveis de matéria fresca e seca.

Verificou-se aumento das atividades das enzimas antioxidativas em raízes e folhas de plantas de girassol crescendo em substrato contendo resíduo sólido de carnicultura em relação aos demais tratamentos.

Em condições controle, a aplicação de 14g de RSC ocasionou maior produção de matéria seca total do que o tratamento 7g. Contudo, para as atividades das enzimas antioxidativas, os efeitos dos dois tratamentos foram semelhantes.

Portanto, acredita-se que o RSC pode ser uma alternativa aos fertilizantes no cultivo de plantas, reduzindo os custos de produção. Além de parecer ser uma destinação adequada ao RSC.

7 AGRADECIMENTOS

À EMBRAPA Produtos e Mercados por ter gentilmente cedido as sementes utilizadas nos experimentos.

8 REFERÊNCIAS

ABREU JUNIOR, C. H.; BOARETTO, A. E.; MURAOKA, T.; KIEHL, J. C. Uso agrícola de resíduos orgânicos potencialmente poluentes: propriedades químicas do solo e produção vegetal. **Tópicos Ciência do solo**, Viçosa, v. 4, p. 391-470, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6502**: Rochas e solo. Rio de Janeiro, 1995. 18 p.

BEAUCHAMP, C.; FRIDOVICH, I. Superoxide dismutase: improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 44, n. 1, p. 276-287, 1971.

CASAROLI, D.; LIER, Q. J. V. Critérios para determinação da capacidade de vaso. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 59-66, 2008.

CASTELLO, J. P.; POERSCH, L.; VASCONCELLOS, M. C.; CAVALLI, R.; WASIELESKY, W. Rearing shrimps in pens: A predictive model for impact assessment. **Estuaries and Coasts**, v. 31, n. 1, p. 215-222, 2008.

BARBOSA, M. R.; SILVA, M. M. A.; WILLADINO, L.; ULISSES, C.; CAMARA, T. R. Geração e desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 3, p. 453-460, 2014.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 26 set. 2015.

CARNEIRO, M. M. L. C. **Trocas gasosas e o metabolismo antioxidativo em plantas de girassol em resposta ao estresse hídrico**. 2011. 42 p. Dissertação (Mestrado em Ciências)- Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2011.

FAROOQ, M.; BASRA, S. M. A.; WAHID, A.; CHEEMA, Z. A.; CHEEMA, M. A.; KHALIQ, A. Physiological role of exogenously applied glycine betaine to improve drought tolerance in fine grain aromatic rice (*Oryza sativa* L.). **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 194, n. 5, p. 325-333, 2008.

FIGUEIRÊDO, M. C. B.; ARAÚJO, L. F. P.; ROSA, M. F.; MORAIS, L. F. S.; PAULINO, W. D.; GOMES, R. B. Impactos ambientais da carcinicultura de águas interiores. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 3, p. 231-240, 2006.

FREITAS, C. A. S.; da SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; de ANDRADE, R. R.; MOTA, F. S. B.; de AQUINO, B. F. Crescimento da cultura do girassol irrigado com diferentes tipos de água e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 10, p. 1031-1039, 2012.

GARCIA, F. C. H.; BEZERRA, F. M. L.; de FREITAS, C. A. S. Níveis de irrigação no comportamento produtivo do mamoeiro Formosa na Chapada do Apodi, CE. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 38, n. 2, p. 136-141, 2007.

GILL, S. S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 48, n. 12, p. 909-930, 2010.

GONDIM, F. A.; GOMES-FILHO, E.; COSTA, J. H.; ALENCAR, N. L. M.; PRISCO, J. T. Catalase plays a key role in salt stress acclimation induced by hydrogen peroxide pretreatment in maize. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 56, p. 62-71, 2012.

HAVIR, E. A.; MCHALE, N. A. Biochemical and developmental characterization of multiple forms of catalase in tobacco leaves. **Plant Physiology**, California, v. 84, n. 2, p. 450-455, 1987.

HERBETS, R. A.; COELHO, C. R. A.; MILETTI, L. C.; de MENDONÇA, M. M. Compostagem de resíduos sólidos orgânicos: aspectos biotecnológicos. **Revista Saúde e Ambiente**, Florianópolis, v. 6, p. 41-50, 2005.

KAR, M.; MISHRA, D. Catalase, peroxidase, and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. **Plant Physiology**, California, v. 57, n. 2, p. 315-319, 1976.

KRAY, C. H.; TEDESCO, M.; BISSANI, C.; BORTOLON, L.; ANDREAZZA, R.; GIANELLO, C. Avaliação da aplicação de composto de lixo urbano e lodo de esgoto em dois solos diferentes. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 17, p. 119-125, 2011.

KROB, A. J. D.; MORAES, S. P.; SELBACH, P. A.; BENTO, F. M.; CAMARGO, F. A. D. O. Propriedades químicas de um Argissolo tratado sucessivamente com composto de lixo urbano. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 3, p. 433-439, 2011.

LEITÃO, R. C.; CAVALCANTE, R. R.; RIBEIRO, E. M.; CLAUDINO, R. L.; MACIEL, N. M.; ROSA, M. D. F. Reuso da água da despesca na produção de camarão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 12, p. 1314-1320, 2011.

LEITE, R. C.; CASTRO, C. Girassol: uma opção para a diversificação no sistema de rotação e produção de biocombustíveis. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, n. 93, maio/jun. 2006. Disponível em: <http://www.plantiodireto.com.br/?body=cont_int&id=716>. Acesso em: 02 jan. 2015.

MANIVANNAN, P.; JALEEL, C. A.; SOMASUNDARAM, R.; PANNEERSELVAM; R. Osmoregulation and antioxidant metabolism in drought-stressed *Helianthus annuus* under triadimefon drenching. **Comptes Rendus Biologies**, v. 331, n. 6, p. 418-425, 2008.

MILLER, G. A. D.; SUZUKI, N.; CIFTCI-YILMAZ; S. U. L. T. A. N.; MITTLER, R. O. N. Reactive oxygen species homeostasis and signalling during drought and salinity stresses. **Plant, Cell & Environment**, Oxford, v. 33, n. 4, p. 453-467, 2010.

DE MIRANDA, F. R.; CAVALCANTE, R. R. R.; RIBEIRO, E. M.; LIMA, R. N. Uso de efluentes da carcinicultura na irrigação de *Panicum maximum* cvs. Tanzânia e Mombaça. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 1, p. 46-52, 2010.

NAKANO, Y.; ASADA, K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. **Plant and Cell Physiology**, Kyoto, v. 22, n. 5, p. 867-880, 1981.

NASCIMENTO, H. H. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; SILVA, E. C.; SILVA, M. A. Análise do crescimento de mudas de jatobá (*Hymenaea Courbaril L.*) em diferentes níveis de água no solo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 617-626, 2011.

NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, F. A.; ANDRADE, L. D.; NASCIMENTO, E. C. Produção do girassol sob diferentes lâminas com efluentes domésticos e adubação orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 7, p. 747-754, 2010.

PELIZER, L. H.; PONTIERI, M. H.; DE OLIVEIRA MORAES, I. Utilização de resíduos agro-industriais em processos biotecnológicos como perspectiva de redução do impacto ambiental. **Journal of Technology Management & Innovation**, Santiago, v. 2, n. 1, p. 118-127, 2007.

SAMPAIO, T. F.; GUERRINI, I. A.; BACKES, C.; HELIODORO, J. C. A.; RONCHI, H. S.; TANGANELLI, K. M.; OLIVEIRA, F. C. Lodo de esgoto na recuperação de áreas degradadas: efeito nas características físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 1637-1645, 2012.

SILVA, R. F.; EITELWEIN, M. T.; CHERUBIN, M. R.; FABBRIS, C.; WEIRICH, S.; PINHEIRO, R. R. Produção de mudas de *Eucalyptus grandis* em substratos orgânicos alternativos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 609-619, 2014.