

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**RESÍDUO SÓLIDO ORGÂNICO URBANO E NÍVEIS DE  
IRRIGAÇÃO NO CULTIVO DE CRAMBE**

**Claudenir Facincani Franco**

Engenheiro Agrônomo

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

2013

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**RESÍDUO SÓLIDO ORGÂNICO URBANO E NÍVEIS DE  
IRRIGAÇÃO NO CULTIVO DE CRAMBE**

**Claudenir Facincani Franco**

**Orientador: Prof. Dr. João Antonio Galbiatti**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Produção Vegetal).

JABOTICABAL - SÃO PAULO - BRASIL

Agosto – 2013

## FICHA CATALOGRÁFICA

F825r Franco, Claudenir Facincani  
Resíduo sólido orgânico urbano e níveis de irrigação no cultivo de  
crambe / Claudenir Facincani Franco. -- Jaboticabal, 2013  
xv, 59 f. : il. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de  
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2013  
Orientador: João Antonio Galbiatti  
Banca examinadora: Fabio Olivieri de Nobile, Vitor Corrêa de Mattos  
Barretto, Teresa Cristina Tarlé Pissarra, Adilson José Rocha Mello  
Bibliografia

1. *Crambe abyssinica* L. 2. Água. 3. Composto Orgânico. 4.  
Evapotranspiração. 5.. I. Título. II. Jaboticabal - Faculdade de Ciências  
Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.86:635.344

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da  
Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Campus de  
Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE JABOTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO:** RESÍDUO SÓLIDO ORGÂNICO URBANO E NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO NO CULTIVO DE CRAMBE

**AUTOR:** CLAUDENIR FACINCANI FRANCO

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. JOAO ANTONIO GALBIATTI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL) , pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. JOAO ANTONIO GALBIATTI

Departamento de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Prof. Dr. FABIO OLIVIERI DE NOBILE

Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos / Barretos/SP

Prof. Dr. VITOR CORREA DE MATTOS BARRETTO

Universidade Estadual de Goiás / Ipameri/GO

Profa. Dra. TERESA CRISTINA TARLE PISSARRA

Departamento de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Prof. Dr. ADILSON JOSÉ ROCHA MELLO

Centro Universitário de Araraquara / Araraquara/SP

Data da realização: 30 de agosto de 2013.

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**CLAUDENIR FACINCANI FRANCO** - filho de Silvio Franco e Santa Facincani Franco, natural de Mirassol, Estado de São Paulo, nasceu aos 16 de dezembro de 1980. Iniciou o ensino fundamental e médio em Monte Aprazível na Escola Estadual de Primeiro e Segundo Grau Capitão Porfírio de Alcântara Pimentel (E.E.P.S.G). Graduado em Agronomia em janeiro de 2004 pela Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, campus de Jaboticabal (UNESP/FCAV).

Obteve o título de Mestre em Agronomia (Ciência do Solo) em 2006, pela UNESP/FCAV, tendo como orientador o Professor Dr. Renato de Mello Prado e co-orientador o Professor Dr. William Natale. Ingressou no curso de Pós-graduação em Agronomia – Doutorado em Produção Vegetal – em agosto de 2009, pela mesma instituição, tendo como orientador o Professor Dr. João Antonio Galbiatti.

Em 2008 atuou como docente contratado na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT) Câmpus de Tangará da Serra e Alta Floresta, e em 2009 na Universidade Estadual de Goiás (UEG) Câmpus de Ipameri ministrando disciplinas nos cursos de Agronomia e Engenharia Florestal.

Atualmente é docente na função de Professor Assistente na Faculdade de Tecnologia - Centro Paula Souza (FATEC) sendo titular da disciplina “Fundamentos da Produção de Biodiesel”, em Jaboticabal – SP.

*“O mundo não está ameaçado pelas pessoas más, e  
sim por aquelas que permitem a maldade  
“Albert Einstein”*

## AGRADEÇO

Primeiramente a *Deus*, por tudo que proporciona em minha vida, desde os momentos difíceis aos mais prazerosos...

## DEDICO

Àos meus pais Silvio Franco e Santa Facincani Franco pelo ensino da vida e pelos incentivos que me auxiliaram na busca de meus sonhos.

## OFEREÇO

À minha família, em especial a minha esposa Kalinca Stesse Franco e minhas amadas filhas Julia e Beatriz pelo apoio nos momentos difíceis. Aos meus irmãos, Elenice e Ademir pelos valiosos ensinamentos de vida e apoio em importantes momentos. Aos amigos que auxiliaram em algum momento dessa jornada ...

## **AGRADECIMENTOS ESPECIAIS**

À Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal – FCAV/UNESP, pelos ensinamentos oferecidos;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo;

Ao Professor Dr. João Antonio Galbiatti, pelos importantes ensinamentos, amizade, orientação e disposição durante esta jornada. Este exemplo gigantesco de vida foi muito valioso em minha formação;

Aos membros da Comissão Examinadora da Tese, Profa. Dra. Teresa Cristina Tarlé Pissarra, Prof. Dr. Fabio Olivieri de Nóbile, Prof. Dr. Vitor Corrêa de Mattos Barretto e Prof. Dr. Adilson José Rocha Mello, pelas correções e sugestões que resultaram no aperfeiçoamento da presente tese;

Aos membros da Comissão Examinadora do Exame Geral de Qualificação, Prof. Dr. José Eduardo Pitelli Turco, Profa. Dra. Teresa Cristina Tarlé Pissarra, Prof. Dr. Fabio Olivieri de Nobile, Prof. Dr. José Carlos Barbosa, pelas sugestões que ajudaram na melhoria do artigo científico e do projeto; assim como, pelas oportunas observações e sugestões que resultaram no aperfeiçoamento da presente tese;

Aos docentes do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da FCAV/UNESP pela importante contribuição em meu crescimento científico;

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural da UNESP/FCAV, pelo apoio e amizade nesses anos de convivência e imensa contribuição nas atividades dos experimentos;



Aos funcionários da biblioteca, em especial a bibliotecária Tiêko Takamiya Sugahara, pela amizade e auxílio na revisão das referências bibliográficas;

Aos colegas de Pós-Graduação, assim como aos estagiários e graduandos, pelo admirável convívio e pelas importantes contribuições;

Aos amigos que descobri nesta jornada na UNEMAT e UEG que me acolheram e compartilharam suas experiências profissionais.

Aos docentes, funcionários e alunos das Fatec de Jaboticabal e Taquaritinga pela convivência e apoio.

Aos queridos amigos, que estão ao meu lado em todos os momentos e que não mencionarei para não cometer uma injustiça de deixar um nome importante para trás devido a uma falha em minha memória;

Enfim, agradeço a todos que contribuíram em alguma etapa desta jornada.

A todos meu **“Muito Obrigado”**

**SUMÁRIO****Página**

<b>RESUMO .....</b>	<b>ix</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>xi</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>18</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>25</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>28</b>
<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>51</b>
<b>6. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>52</b>

## RESÍDUO SÓLIDO ORGÂNICO URBANO E NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO E NO CULTIVO DE CRAMBE

**RESUMO** – Os resíduos sólidos orgânicos urbanos (RSOU) são produzidos em grandes quantidades causando problemas ambientais para a população. O uso agrícola destes resíduos pode ajudar a minimizar este problema. Além disso, a água fator principal e limitante de produção tem se tornado um bem cada vez mais valorizado. O crambe pode ser usado em rotação de culturas e possui um óleo de alto valor industrial podendo ser utilizado na fabricação de biocombustível e insumos diversos. Assim, o objetivo do trabalho foi estudar o efeito de RSOU compostado e níveis de irrigação no crescimento e na produção de grãos de crambe. O experimento foi conduzido em ambiente protegido, utilizando solo em recipientes de PVC com dimensões de 0,45 m de altura e 0,30 m de diâmetro. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado num esquema fatorial (5x4), com três repetições. Os fatores consistiram de: cinco doses de RSOU compostado correspondentes a 0; 15; 30; 60 e 120 Mg ha<sup>-1</sup> e quatro níveis de irrigação 40; 70; 100 e 130% da lâmina calculada com base no método de estimativa da evapotranspiração (ET) estimada pelo atmômetro. Cada repetição continha 7 plantas. As plantas foram avaliadas em altura da parte aérea e diâmetro do colo, e divididas em grãos, raízes, caule e folhas e o material vegetal foi seco em estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 65 a 70°C, até atingir massa constante. Dos grãos foram separadas 100 unidades para determinação da massa de 100 grãos. Com base nos resultados para as diversas características estudadas foram realizadas análises de variância (teste F), para comparação entre as doses de resíduo e os níveis de irrigação aplicados, e à análise de regressão. O RSOU compostado no solo promoveu aumento nos valores da Acidez Ativa (pH), Matéria Orgânica (MO), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Soma de Bases (SB), Capacidade de Troca Catiônica (T), e Saturação por Bases (V%), e redução no valor de Acidez Potencial (H+Al) do solo, e as plantas de crambe responderam em crescimento e produção nestas condições de elevada fertilidade do solo. A produção máxima de grãos

3,06 g por planta pode ser atingida com 110,3 Mg ha<sup>-1</sup> de RSOU compostado e com nível de 127,3% da ET.

**Palavras-chave:** *Crambe abyssinica*, água, composto orgânico, evapotranspiração.

## ORGANIC URBAN SOLID WASTE AND IRRIGATION LEVELS IN GROWING OF CRAMBE

**SUMMARY** – The organic urban solid waste (OUSW) are produced in large amounts causing environmental problems for the population. The agricultural use of this waste can help minimize this impact. Moreover, the water main and limiting factor of production has become an increasingly valued. The crambe can be used in crop rotation and has high value industrial oil and can be used in the manufacture of biofuel and a variety of inputs. Thus, the main of this work was to study the effect of composted OUSW and irrigation levels on growth and grain yield of crambe plants. The experiment was conducted in a greenhouse using soil in PVC containers with dimensions of 0.45 m in height and 0.30 m in diameter. The experimental design was completely randomized in a factorial design (5x4) with three replications. The factors consisted of five doses of composted OUSW corresponding to 0, 15, 30, 60 and 120 Mg ha<sup>-1</sup> and four irrigation levels 40, 70, 100 and 130% of the blade calculated based on the method of estimating evapotranspiration (TE) estimated by atmometer. Each replicate contained seven plants. The plants were evaluated for shoot height and diameter and divided into grains, roots, stems and leaves and the plant material was dried in an oven with forced air circulation, temperature 65-70°C until constant weight. Grains were separated 100 units to determine the mass of 100 grains. Based on the results for the various characteristics studied were carried out analyses of variance (F test), for comparison between the doses of residue and levels of irrigation applied, and regression analysis. The composted of OUSW promoted in soil an increase in the values of Active Acidity (pH), Organic Matter (OM), Phosphorus (P), Potassium (K), Calcium (Ca), Magnesium (Mg), Sum of Bases (SB), Capacity Cation Exchange (T), and Bases for Saturation (V%), and reducing the amount of potential acidity (H + Al) soil, and plants of crambe responded in growth and production in these conditions of high soil fertility. The maximum grain yield 3.06 g per plant can be achieved with 110.3 Mg ha<sup>-1</sup> composted OUSW and level of 127.3% of ET.

**Keywords:** *Crambe abyssinica*, water, organic compound, evapotranspiration

**LISTA DE TABELAS**

	<b>Página</b>
<b>Tabela 1.</b> Propriedades químicas do solo, na camada 0 a 0,2m, em função das doses de RSOU compostado e dos níveis de irrigação após o cultivo com crambe. .....	29
<b>Tabela 2.</b> Variáveis de crescimento e produção de grãos das plantas de crambe em função das doses de RSOU compostado e dos níveis de irrigação após 115 dias de cultivo.....	39

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>Figura 1.</b> Acidez ativa do solo (pH) em função das doses de RSOU compostado aplicada na camada 0 a 0,2m após o cultivo com crambe. ....	30
<b>Figura 2.</b> Matéria orgânica do solo ( $\text{g dm}^{-3}$ ) em função das doses de RSOU compostado aplicada na camada 0 a 0,2m após o cultivo com crambe. ....	31
<b>Figura 3.</b> Teor de Fósforo do solo ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) em função das doses de RSOU compostado aplicada na camada 0 a 0,2m após o cultivo com crambe. ....	32
<b>Figura 4.</b> Teor de Potássio do solo ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) em função das doses de RSOU compostado aplicada na camada 0 a 0,2m após o cultivo com crambe. ....	33
<b>Figura 5.</b> Teor de Cálcio do solo ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) em função das doses de RSOU compostado aplicada na camada 0 a 0,2m após o cultivo com crambe. ....	34
<b>Figura 6.</b> Teor de Magnésio do solo ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) em função das doses de RSOU compostado aplicada na camada 0 a 0,2m após o cultivo com crambe. ....	35
<b>Figura 7.</b> Acidez potencial do solo ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) em função das doses de RSOU compostado aplicada na camada 0 a 0,2m após o cultivo com crambe. ....	35
<b>Figura 8.</b> Soma de bases do solo ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) em função das doses de RSOU compostado aplicada na camada 0 a 0,2m após o cultivo com crambe. ....	36
<b>Figura 9.</b> Capacidade de troca catiônica do solo ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) em função das doses de RSOU compostado aplicada na camada 0 a 0,2m após o cultivo com crambe. ....	37
<b>Figura 10.</b> Saturação por bases do solo ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) em função das doses de RSOU compostado aplicada na camada 0 a 0,2m após o cultivo com crambe. ....	38
<b>Figura 11.</b> Altura média das plantas de crambe em função das doses de RSOU compostado aplicada aos 115 dias após a semeadura. ....	40
<b>Figura 12.</b> Altura média das plantas de crambe em função do nível de irrigação aplicada aos 115 dias após a semeadura. ....	40
<b>Figura 13.</b> Diâmetro médio do caule das plantas de crambe em função das doses de RSOU compostado aplicada aos 115 dias após a semeadura. ....	41



<b>Figura 14.</b> Massa de matéria seca das folhas de crambe em função das doses de RSOU compostado aplicada aos 115 dias após a semeadura. ....	43
<b>Figura 15.</b> Massa de matéria seca das folhas de crambe em função do nível de irrigação aplicada aos 115 dias após a semeadura. ....	43
<b>Figura 16.</b> Massa de matéria seca do caule de crambe em função das doses de RSOU compostado aplicada aos 115 dias após a semeadura. ....	44
<b>Figura 17.</b> Massa de matéria seca do caule de crambe em função do nível de irrigação aplicada aos 115 dias após a semeadura. ....	44
<b>Figura 18.</b> Massa de matéria seca das raízes de crambe em função das doses de RSOU compostado aplicada aos 115 dias após a semeadura. ....	45
<b>Figura 19.</b> Massa de matéria seca das raízes de crambe em função do nível de irrigação aplicada aos 115 dias após a semeadura. ....	45
<b>Figura 20.</b> Massa de matéria seca total das plantas de crambe em função das doses de RSOU compostado aplicada aos 115 dias após a semeadura. ....	46
<b>Figura 21.</b> Massa de matéria seca total das plantas de crambe em função do nível de irrigação aplicada aos 115 dias após a semeadura. ....	46
<b>Figura 22.</b> Massa de matéria seca dos grãos de crambe em função das doses de RSOU compostado aplicada aos 115 dias após a semeadura. ....	48
<b>Figura 23.</b> Massa de matéria seca dos grãos de crambe em função do nível de irrigação aplicada aos 115 dias após a semeadura. ....	49
<b>Figura 24.</b> Massa de matéria seca dos grãos de crambe em função dos níveis de irrigação e das doses aplicada de RSOU compostado aos 115 dias após a semeadura. ....	50

## 1. INTRODUÇÃO

O aumento populacional e os hábitos de vida modernos provocam alterações em nosso planeta gerando preocupações para as gerações futuras. Entre as preocupações destacam-se: a grande geração de resíduos aliada à destinação inadequada dos mesmos; a necessidade de produção de alimentos e energia de forma eficiente, viável economicamente e com baixo ou nenhum impacto ao meio ambiente; e o fornecimento de água para o consumo humano e animal.

Os resíduos sólidos orgânicos urbanos (RSOU) são gerados em quantidade expressiva podendo causar problemas à população, entretanto, a compostagem seguida do uso agrícola destes resíduos pode melhorar a resolver este problema, e tornam-se cada vez mais importantes maiores informações sobre o aproveitamento de forma adequada.

A grande competição no cenário agrícola globalizado gera uma necessidade de tecnologias e plantas com maior produtividade e com redução nos custos de produção. Além disso, a preocupação com questões ambientais tem crescido muito, principalmente quanto à água fator principal e limitante de produção agrícola e que tem se tornado um bem cada vez mais valorizado.

O uso racional da água, a busca de alternativas de exploração, e práticas agrícolas e ambientais que garantam a qualidade da água são fatores primordiais para o desenvolvimento sustentável. Deste modo, a conservação dos recursos hídricos deve ser fundamentada no uso disciplinado da água, contemplando a preservação e melhoria quanto à quantidade e qualidade. Assim, os níveis de irrigação em culturas são importantes para economizar água.

Dentro das normas internacionais de qualidade há uma busca por novas oleaginosas que produzam óleos não comestíveis para a produção de biocombustíveis. Entre as plantas com potencial de utilização, o crambe (*Crambe abyssinica*) destaca-se no Brasil devido aos baixos custos de cultivo, permite colheita mecanizada, e ao fato de

que a cultura pode ser cultivada em sucessão à soja por exemplo (FALASCA et al., 2010).

A cultura não compete com alimentos e apresenta um bom teor de óleo que pode ser utilizado na indústria química para geração de diversos produtos, assim como, o biodiesel.

O objetivo do trabalho foi estudar o efeito de RSOU compostado e níveis de irrigação no crescimento e na produção de grãos de crambe.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **Resíduo sólido orgânico urbano (RSOU)**

A sociedade enfrenta crescentes desafios com a coleta, tratamento e destinação final de resíduos e estima-se que cada pessoa produz em média 600 gramas de lixo por dia no Brasil dos quais 360 gramas são de origem orgânica (60%). Estes resíduos se acumulam em progressão cada vez maior podendo tornar-se vetores biológicos e de patógenos e um perigo à saúde coletiva (SILVA; EIGENHEER; RODRIGUES, 2013).

No Brasil, em 2 de agosto de 2010 foi decretada a lei nº 12.305 definindo os resíduos sólidos como material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, e que classifica os resíduos sólidos urbanos quanto a origem em: resíduos domiciliares (originados de atividades domésticas em residências urbanas) e resíduos de limpeza urbana (originados da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana) (BRASIL, 2013).

O resíduo sólido orgânico urbano (RSOU) não é apenas um problema ambiental, afinal este material pode constituir uma jazida de matérias-primas e energia, além de ser um material potencialmente utilizável como substrato para plantas (STRINGUETA; CARDOSO; FONTES, 1999).

O uso de RSOU na agricultura promove economia, melhora na qualidade de vida e redução de problemas ambientais, além de alterar propriedades físicas e químicas do solo de forma a favorecer a fertilidade e torná-los economicamente viáveis (GALBIATTI et al., 2007b).

De acordo com Brasil (2013) a compostagem é uma forma de destinação final ambientalmente adequada e de responsabilidade dos geradores e do poder público. O RSOU obtido da compostagem, de modo adequado, é rico em matéria orgânica e nutrientes, livre de microrganismos patogênicos, e promove melhorias no solo devido ao incremento no teor de matéria orgânica, elevação do pH, redução da acidez potencial e

aumento da disponibilidade de Fósforo, Potássio, Cálcio e Magnésio, favorecendo uma nutrição adequada e consequente aumento da produção dos vegetais (NOBILE; GALBIATTI; MURAISHI, 2011).

Na agricultura é cada vez mais comum o uso de RSOU compostado como condicionador do solo e fonte de nutrientes. Essa prática é uma ferramenta importante para promover a reciclagem de nutrientes contidos nos resíduos que seriam depositados em aterros, contudo é importante o desenvolvimento de padrões para evitar casos de adição excessiva de elementos tóxicos e nutrientes no solo que podem atingir águas subterrâneas (HARGREAVES; ADL; WARMAN, 2008).

Lima et al. (2011) verificaram benefícios da aplicação de resíduos urbanos compostado nas características de fertilidade do solo e argumentam sobre a vantagem de reduzir sensivelmente os riscos potenciais de poluição, contaminação dos mananciais de água e investimentos na construção de aterros sanitários e/ou incineração deste resíduo.

O emprego de RSOU compostado como fonte de matéria orgânica e nutrientes, isolado ou conjuntamente com a adubação mineral promoveram acréscimos nos rendimentos de massa seca e perfilhamento de braquiárias Marandu e Tanzânia e o uso de grandes quantidades deve ser monitorado considerando principalmente possíveis efeitos sobre o meio ambiente (PAULINO et al., 2003).

Nobrega et al. (2008) concluíram que o resíduo urbano compostado estudado forneceu nutrientes às mudas de orelha-de-macaco (*Enterolobium contortisiliquum*) e que estimulou seu crescimento. Rigon et al. (2010) observaram incremento linear na produtividade de grãos de girassol com aumento da aplicação de RSOU compostado até a maior dose aplicada ( $100\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ) e que a aplicação de  $25\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$  foi equivalente ao uso de adubo mineral.

Entre os principais aspectos ambientais a serem monitorados para o sucesso de uso de RSOU compostado na agricultura, Abreu Júnior, Muraoka e Oliveira (2001) destacam: os efeitos negativos pela aplicação sucessiva e em elevadas doses no solo e nas plantas; a salinização; o acúmulo de elementos tóxicos; a lixiviação de nitratos; a dispersão dos colóides e redução da condutividade hidráulica do solo, decorrentes da

substituição do Cálcio e Magnésio da interface solução do solo-superfície coloidal pelo sódio e Potássio, presentes em altas concentrações no resíduo compostado.

Os solos das regiões tropicais são em geral muito ácidos e de baixa fertilidade com elevada capacidade de fixação de Fósforo e potencial relativamente alto de lixiviação de nutrientes (GAMA-RODRIGUES; GAMA-RODRIGUES; BARROS, 2008). Assim o uso de RSOU compostado torna-se importante em solos brasileiros.

## **A água**

A agricultura utiliza 38% da superfície do globo terrestre, com grande expansão disponível principalmente na América do Sul e África. O maior incremento na produção agrícola tem sido atingido com aplicações de fertilizantes e irrigação. A área cultivada sob irrigação praticamente dobrou nos últimos 50 anos, e o uso de fertilizantes aumentou em 500% (RUNNING, 2012).

A conscientização das relações da agricultura com os recursos naturais e melhoria da qualidade do meio ambiente tem sido de grande valia. O aumento da população e crescimento da economia tem como limites de desenvolvimento econômico em muitos países, as questões relativas a salinização dos solos devido ao uso excessivo de fertilizantes e a insuficiência de água para a agricultura (GALBIATTI, et al., 2007a).

A água é o fator mais limitante para sustentabilidade dos sistemas agrícolas, pois além de afetar as relações hídricas nas plantas, alterando-lhes o metabolismo, a limitação em sua disponibilidade é fenômeno que ocorre em grandes extensões de áreas cultiváveis, causando grandes prejuízos (NOGUEIRA et al., 2001).

Entre os fatores que exercem maior influência sobre o processo germinativo, a água é o principal, devido a reidratação dos tecidos, seguido da intensificação da respiração e as demais atividades metabólicas, culminando com o fornecimento de energia e nutrientes necessários aos processos de crescimento e desenvolvimento (GALBIATTI et al., 2005).

Segundo Taiz e Zeiger (2004), tanto no crescimento inicial das plantas quanto nos estádios mais tardios, a diminuição da disponibilidade hídrica limitam a dimensão das folhas individuais, o número de folhas, taxas de crescimento dos ramos e o crescimento do caule.

A redução no crescimento é um dos mais notáveis efeitos da restrição hídrica sobre as plantas, causada principalmente por uma inibição do alongamento da folha e do caule quando o potencial hídrico decresce, sendo esse efeito diferente entre as espécies (SILVA et al., 2003).

Os estresses hídricos ambientais afetam vários aspectos da bioquímica e fisiologia vegetal, e diminuem significativamente a produtividade das culturas, e ainda em muitas situações ocorre a interação de dois ou mais fatores de estresses ambientais sob condições naturais sobre o metabolismo das plantas (MOGHADAM; ZAHEDI; GHOOSHCHI, 2011).

Para um manejo adequado da irrigação é preciso compreender comportamento da planta em função de diferentes quantidades de água aplicada, e assim, determinar quando a falta ou o excesso de água pode causar a queda de produtividade. Por isso torna-se recomendado estudos locais sobre a relação entre a queda de rendimento relativo e déficit relativo de evapotranspiração (BILIBIO et al., 2011).

Para que as plantas cresçam e desenvolvam em menor período de tempo a principal forma de proporcionar a umidade necessária é com o uso adequado da irrigação.

## **O crambe**

O aumento populacional e os hábitos de vida modernos podem acelerar o aquecimento global e para mitigar esse problema o uso de fontes de energia renováveis se tornam cada vez mais importantes. Plantas de rápido crescimento e com baixa ou nenhuma concorrência com a produção de alimentos destacam-se podendo produzir

grandes quantidades de biocombustíveis reduzindo a emissão de gases estufa em relação aos combustíveis fósseis tradicionais (TILMAN et al., 2011).

Plantas da família *Brassicaceae* são potencialmente úteis com propriedades interessantes podendo ser utilizadas para produção de biocombustível como o biodiesel, além de outros fins como manejo de pragas de solo, fungos patogênicos do solo, recuperação de solos poluídos (STAPLETON & BAÑUELOS, 2009). Devido essas propriedades, se tornam muito importantes em um sistema de sucessão de culturas, reduzindo assim, custos com insumos.

No mundo, as plantas da família *Brassicaceae* como a canola e mostarda são as principais cultivadas, e a semente destaca-se pelo alto teor de óleo, 35% a 40%, alto teor energético por unidade de peso, sendo muito eficiente como fonte de bioenergia para produção de biodiesel (STAPLETON; BAÑUELOS, 2009).

As *Brassicaceae* produzem uma classe amplamente estudada de compostos químicos chamados Glucosinolatos (mais de 120 foram identificados) que conferem uma resistência contra insetos praga e patógenos não-adaptados a cultura (DAM; TYTGAT; KIRKEGAARD, 2009). Devido a essas propriedades se tornam muito importantes em sistema de sucessão de culturas, reduzindo assim, custo com insumos.

A cultura do Crambe (*Crambe abyssinica* Hochst. ex Fries) apresenta ciclo anual, suas sementes contém de 35 a 60% de óleo, tem sido cultivada em algumas regiões tropicais e subtropicais pelo interesse industrial no óleo extraído das sementes, e mais recentemente, para produção de óleo para biodiesel (CARNEIRO et al., 2009).

A cultura é originária da região do Mediterrâneo e com relatos de ocorrência na Etiópia. Seu cultivo é totalmente mecanizável e considerado uma cultura de inverno, altamente resistente à seca com ciclo curto variando de 90 a 100 dias (SANTOS et al., 2012a). O óleo contém alto teor de ácido erúcico, de alto valor industrial, o qual é utilizado como insumos na fabricação de sacos de plásticos, tintas, nylon, colas, cosméticos e lubrificantes (PITOL, 2008). Também pode ser usado na forma de farelo na alimentação de animais ruminantes (FREITAS, 2010).

As plantas podem atingir até 2 m de altura, dependendo da época e densidade de plantas. As flores são brancas ou amarelas e as sementes ficam em pequenas



cápsulas que contém apenas uma semente esférica marrom esverdeada de 0,8 a 2,6 mm de diâmetro. Essas cápsulas ou casca geralmente ficam em torno das sementes após a colheita e representam de 25 a 30% em volume. O peso de 1000 grãos é de aproximadamente de 6 a 10 g (FALASCA et al., 2010)

O crambe é uma cultura favorável para produção de energia, pois retorna aproximadamente 9 unidades de energia para cada unidade empregada na produção (JASPER et al., 2010). Além disso, os autores observaram que o maior consumo energético da cultura foi devido aos fertilizantes, energia de fonte industrial e fóssil, seguido pelo óleo diesel, energia de fonte fóssil.

Heins et al. (2011) estudando os resíduos deixados para a cultura subsequente concluíram que: o nabo forrageiro apresentou maior produção de massa seca em comparação ao crambe, porém, a palhada do crambe apresentou maior persistência no solo; o Potássio, o Fósforo e o Magnésio são os nutrientes liberados mais rapidamente para a cultura subsequente; e a maior taxa de liberação de macronutrientes pelas culturas ocorre ao redor de 15 dias após o manejo da fitomassa.

A cultura do crambe é pouco estudada e não existem recomendações específicas de espaçamento, população de plantas e fertilização. A recomendação é que a cultura apresenta resposta semelhante às espécies de pequenos grãos, tais como colza (*Brassica napus* L.), canola (*B. rapa* L.) e mostarda (*B. juncea* L.) (SANTOS et al., 2012a).

Falasca et al. (2010) afirmam que ocorre uma grande variação na produtividade, e destacam que foram encontrados de 1.125 a 1.622 kg ha<sup>-1</sup> na Rússia, de 450 a 2.522 kg ha<sup>-1</sup> nos EUA, até 5.000 kg ha<sup>-1</sup> em terras fertilizadas e irrigadas.

Santos et al. (2012a) encontraram aumento da produtividade de grãos e da produtividade de óleo, em função da adubação com Potássio na cultura do crambe, mas não houve aumento no teor de óleo do grão. A maior produtividade da cultura foi estimada em 1.437 kg ha<sup>-1</sup> utilizando 90 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O com resposta linear a adubação, indicando que a planta responderia a teores mais elevados no solo.

Rogério et al. (2013) observaram que a adubação com Fósforo beneficiou o desenvolvimento das plantas de crambe, produtividade de grãos e produtividade de

óleo sem aumentar o teor de óleo do grão. A maior produtividade da cultura foi estimada em  $1.490 \text{ kg ha}^{-1}$  utilizando  $90 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  com resposta linear a adubação, indicando que a planta responderia a teores mais elevados no solo.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido localizado no setor de Plásticultura do Departamento de Engenharia Rural, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Câmpus de Jaboticabal - SP, cujas coordenadas geográficas são 21°15'15" latitude sul, 48°18'09" longitude oeste e altitude de 595 m acima do nível do mar, com clima Aw (tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca de inverno).

O solo utilizado foi LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico típico (EMBRAPA, 2006), retirado na camada de 1 a 2 m, totalizando volume de 3 m<sup>3</sup>. O solo foi peneirado em peneira de malha com aproximadamente 20 mm, procurando manter a integridade dos torrões até a abertura da malha, para retirar os agregados maiores e resíduos grosseiros, e depositado sobre lona plástica de onde foram retiradas 24 aliquotas equidistantes, distribuídas nas partes inferior, mediana e superior para compor a amostra enviada ao laboratório.

As análises químicas foram realizadas conforme metodologia de RAIJ et al. (2001). As propriedades químicas determinadas foram: pH CaCl<sub>2</sub> = 6,0; M.O. (g dm<sup>-3</sup>) = 4; P<sub>resina</sub> (mg dm<sup>-3</sup>) = 4; K<sup>+</sup>, Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, H<sup>+</sup>+Al<sup>+3</sup>, SB, T e Al (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) = 0,6; 13; 8; 20; 21,6; 41,6 e 0, respectivamente, V(%) = 52.

O RSOU compostado foi resultante do aproveitamento racional de resíduo doméstico urbano obtido na cidade de São José do Rio Preto - SP, junto à empresa Constroeste Ambiental. O material foi peneirado em peneira de malha com aproximadamente 20 mm para retirar todos resíduos grosseiros de material orgânico, e depositado sobre lona plástica de onde foram retiradas 24 aliquotas equidistantes, distribuídas nas partes inferior, mediana e superior para compor a amostra enviada ao laboratório.

Uma amostra do RSOU compostado foi enviada para Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da Escola Superior de Agricultura —Luz de Queiroz— - USP Piracicaba e as análises foram realizadas de acordo com a metodologia de BRASIL (1988). As propriedades químicas, base seca foram: pH CaCl<sub>2</sub> 0,01M = 6,9; relação C/N

= 13/1; umidade total = 7,5%; matéria orgânica total (combustão) = 33%; matéria orgânica compostável = 31%; Nitrogênio total = 1,56%; Fósforo total ( $P_2O_5$ ) = 0,99%; Potássio total ( $K_2O$ ) = 0,30%; Cálcio total = 4,36%; Magnésio total = 0,40% e Enxofre total = 0,23%.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial ( $5 \times 4$ ), com três repetições. Os fatores consistiram de: cinco doses de RSOU compostado correspondentes a 0; 15; 30; 60 e 120 Mg ha<sup>-1</sup> e quatro níveis de irrigação 40; 70; 100 e 130% da lâmina calculada com base nos métodos de estimativa da evapotranspiração (ET) estimada pelo atmômetro, conforme Broner e Law (1991). Cada repetição foi composta por 7 plantas e foi utilizada a média encontrada entre elas para compor os valores da unidade experimental.

Para a instalação do experimento, foram utilizados recipientes de PVC com dimensões de 0,45 m de altura e 0,30 m de diâmetro, totalizando volume de 32 dm<sup>3</sup>. A quantidade de solo para o preenchimento foi calculada em função da densidade do solo seco (1,3 kg dm<sup>-3</sup>).

O solo foi dividido em duas partes, simulando as camadas do solo encontradas na utilização agrícola. A primeira apenas com solo que foi colocada para o preenchimento da camada de 0,2 a 0,45 m. A segunda parte que foi uniformizada com RSOU compostado, de acordo com os tratamentos, em sacos de plástico para o preenchimento da camada de 0 a 0,2 m. Em seguida foram incubados por um período de 30 dias para atingir a estabilização.

A semeadura foi realizada no dia 08/03/2011 utilizando a cultivar de Crambe FMS-Brilhante em uma profundidade de 0,02m. Foram depositadas 3 sementes por ponto, sendo um central e os demais a 0,10m em distribuição equidistante no vaso. Uma semana após a semeadura foram deixadas apenas 7 plântulas (folha cotiledonar) por vaso. Os vasos foram irrigados até o solo atingir a saturação de água na semeadura e, diariamente foi realizada a irrigação manualmente com uso de proveta e béquero de acordo com os tratamentos.

O atmômetro modificado empregado foi o da marca SEEI<sup>®</sup>, conforme descrito por Nobile (2009) que indica precisão adequada do equipamento estimar a

evapotranspiração de referência. Na lateral, o equipamento contém um tubo de vidro transparente e uma escala graduada, em milímetros, para a medida do nível de água e as lâminas de água a serem aplicadas na irrigação.

Durante o experimento, os tratamentos com níveis de irrigação 40; 70; 100 e 130% da ET receberam lâminas de água para a reposição das perdas pela evapotranspiração de 100; 176; 251 e 326 mm, respectivamente.

Após 115 dias (01/07/2011) as plantas foram avaliadas em altura da parte aérea (distância da superfície do solo até o ápice da planta) com trena e diâmetro do colo (medido a 3 cm da superfície do substrato) com paquímetro digital.

As plantas foram divididas em grãos, raízes, caule e folhas e o material vegetal foi seco em estufa com circulação forçada de ar, à temperatura de 65 a 70°C, até atingir massa constante. Dos grãos, foram separadas 100 unidades para determinação da massa de 100 grãos.

Com base nos resultados para as diversas características estudadas foram realizadas análises de variância (teste F), para comparação entre as doses de RSOU compostado e os níveis de irrigação aplicados, e a análise de regressão usando-se o Software AgroEstat (BARBOSA e MALDONADO JÚNIOR, 2009). Para melhor compreensão dos efeitos entre as doses de RSOU compostado e os níveis de irrigação sobre massa de matéria seca de grãos, realizou-se o estudo de superfície de resposta polinomial quadrática.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As propriedades químicas do solo não apresentaram efeito para os níveis de irrigação utilizados, e da interação entre as doses de RSOU compostado e os níveis de irrigação (Tabela 1).

As propriedades químicas do solo para desenvolvimento das plantas não são alteradas com a água utilizada na irrigação devido a baixa quantidade de nutrientes contidos na água, assim os nutrientes necessários ao desenvolvimento da planta provem do solo e dos fertilizantes (NOBILE, 2009).

As doses de RSOU compostado apresentaram efeito significativo para as propriedades químicas do solo (Tabela 1). Krob et al. (2011) também observaram que o uso de RSOU compostado promoveu alterações nas propriedades do solo, exceto para Potássio, devido ao menor teor no resíduo estudado.

O aumento do RSOU compostado no solo promoveu aumento nos valores da acidez ativa (pH) atingindo média 7,3 na maior dose (Tabela 1). Na Figura 1 pode-se observar que houve uma variação quadrática do pH e pode-se estimar que na dose de 69,5 Mg ha<sup>-1</sup> o pH atingiria o maior valor.

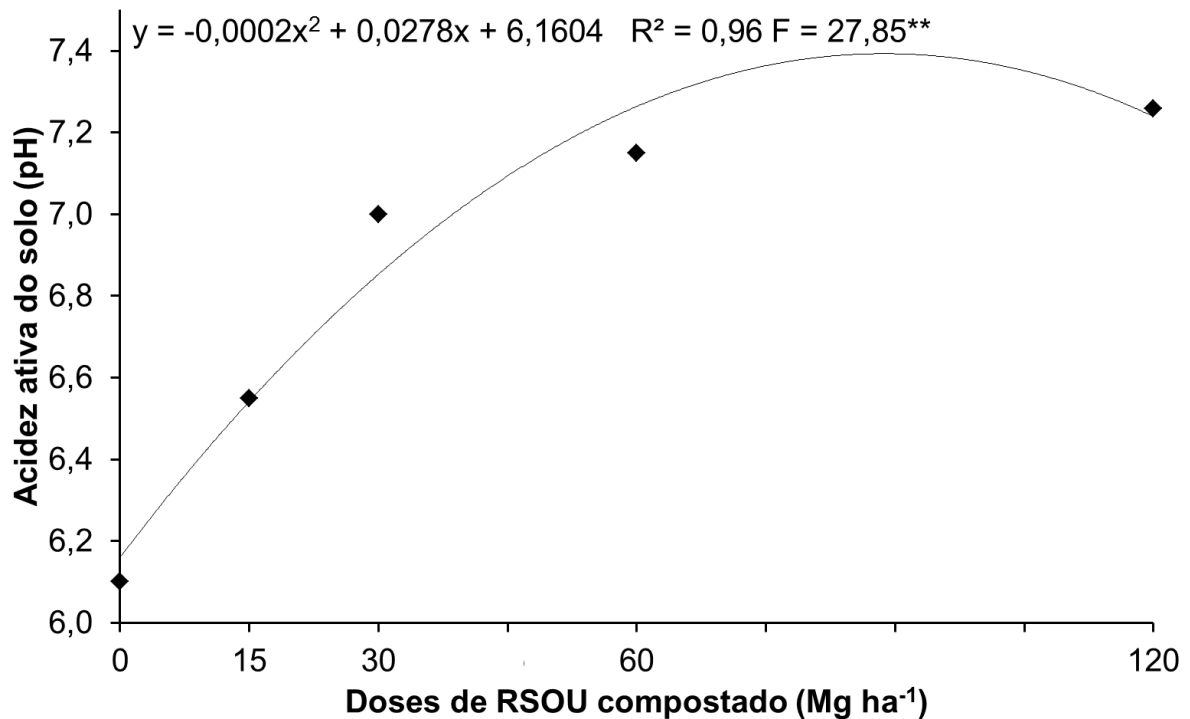
De acordo com Nobile (2009) esse efeito pode ser atribuído a adsorção de H<sup>+</sup> da solução do solo devido a presença de ânions orgânicos solúveis como (R-COO<sup>-</sup> e R-O<sup>-</sup>) que são liberados de resíduos orgânicos e por meio da reação de troca, principalmente com íons Ca<sup>2+</sup>. Além disso, o autor ainda aponta que o efeito corretivo do RSOU compostado se deve: a presença de humatos alcalinos no composto; à produção de OH<sup>-</sup>, quando o oxigênio da solução do solo atua como receptor de eletros provenientes da oxidação microbiana do carbono orgânico do resíduo; e ao consumo de H<sup>+</sup> e complexação de H<sup>+</sup> e Al<sup>3+</sup> pelo composto.

Krob et al. (2011) destacam que o efeito corretivo do RSOU compostado é devido à maior mineralização da matéria orgânica e produção subsequente de íons OH<sup>-</sup>, e da introdução de cátions básicos como o K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>.

**Tabela 1.** Propriedades químicas do solo, na camada 0 a 0,2m, em função das doses de RSOU compostado e dos níveis de irrigação após o cultivo com crambe.

	pH CaCl <sub>2</sub>	MO g dm <sup>-3</sup>	P resina mg dm <sup>-3</sup>	K	Ca	Mg	H + Al mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	SB	T	V %
<b>RSOU compostado (R)</b>										
0	6,1	6	3	0,6	15	9	19	24,6	43,6	56
15	6,6	7	5	1,1	24	10	16	35,1	51,1	69
30	7,0	8	7	1,8	30	11	12	42,8	54,8	78
60	7,2	10	17	2,6	43	13	12	58,6	70,6	83
120	7,3	15	38	4,6	70	18	10	92,6	102,6	91
<b>Níveis Irrigação (N)</b>										
40%	6,8	9	16	2,0	36	13	14	51,0	65,0	78
70%	6,8	9	13	1,8	34	12	14	47,8	61,8	77
100%	6,9	9	14	2,3	37	12	14	51,3	65,3	79
130%	6,9	9	12	2,0	39	12	14	53,0	67,0	79
<b>Teste F</b>										
<b>R</b>	53,3**	109,99**	41,20**	96,79**	192,55**	247,31**	33,37**	215,06**	190,52**	325,38**
<b>N</b>	1,70ns	0,79ns	0,74ns	1,63ns	2,11ns	1,70ns	1,80ns	1,97ns	1,40ns	2,42ns
<b>(RxN)</b>	1,99ns	1,06ns	0,44ns	1,61ns	1,22ns	1,33ns	1,15ns	1,28ns	1,27ns	1,87ns
<b>C.V.(%)</b>	1,5	12,2	56,2	18,3	13,9	6,7	5,5	11,7	9,7	2,1

ns, \*, \*\* - não significativo, significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.



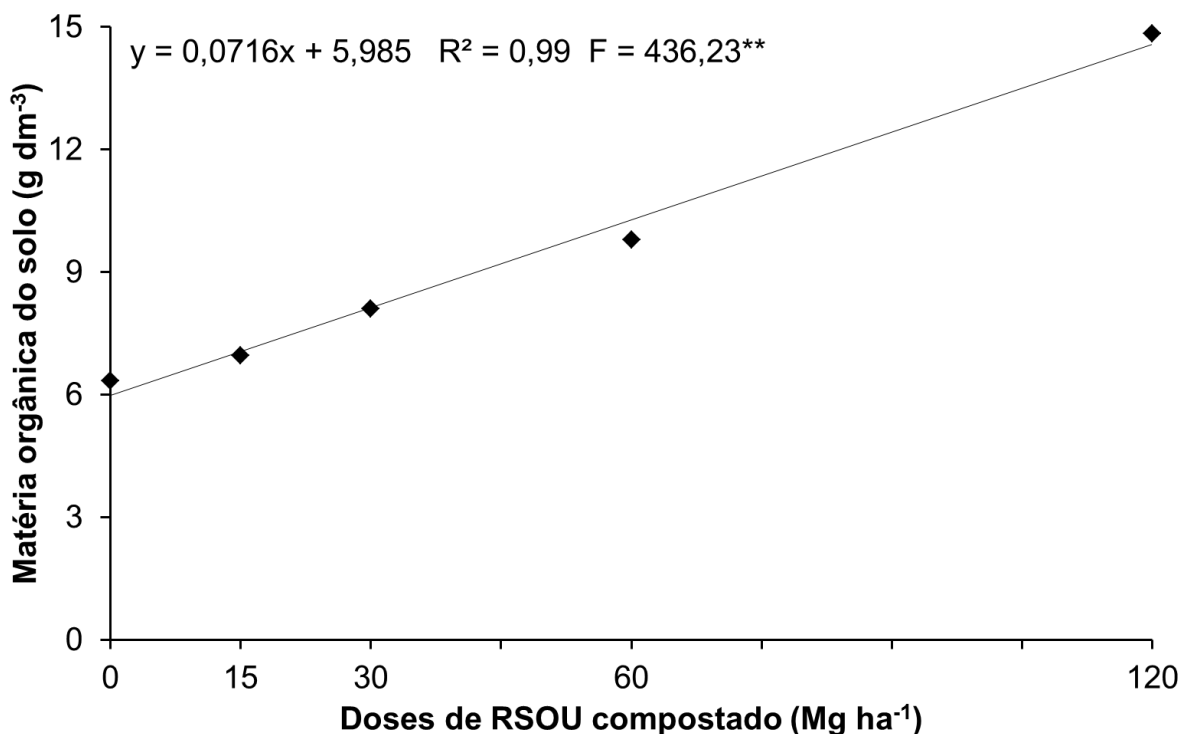
**Figura 1.** Acidez ativa do solo (pH) em função das doses de RSOU compostado aplicada na camada 0 a 0,2m após o cultivo com crambe.

Hargreaves, Adl e Warman (2008) observaram que o aumento do pH foi proporcional a dose de RSOU compostado aplicada, em seis trabalhos revisados, e acrescentam que embora o RSOU compostado adicione nutrientes e elementos tóxicos ao solo ocorre uma redução da disponibilidade de micronutrientes e metais catiônicos devido ao aumento do pH.

A matéria orgânica do solo apresentou aumento linear com o aumento das doses de RSOU compostado atingindo média  $15 \text{ g dm}^{-3}$  na maior dose (Figura 2). Cada aumento de  $1 \text{ Mg ha}^{-1}$  de RSOU compostado aplicado promoveu um aumento em 7,2% no teor de matéria orgânica do substrato.

Lima et al. (2011); Nobile (2009); Mantovani et al.(2005); Abreu Junior, Muraoka e Oliveira (2002) e Oliveira et al. (2002) também observaram incremento no teor de matéria orgânica com o aumento das doses de RSOU compostado aplicada.





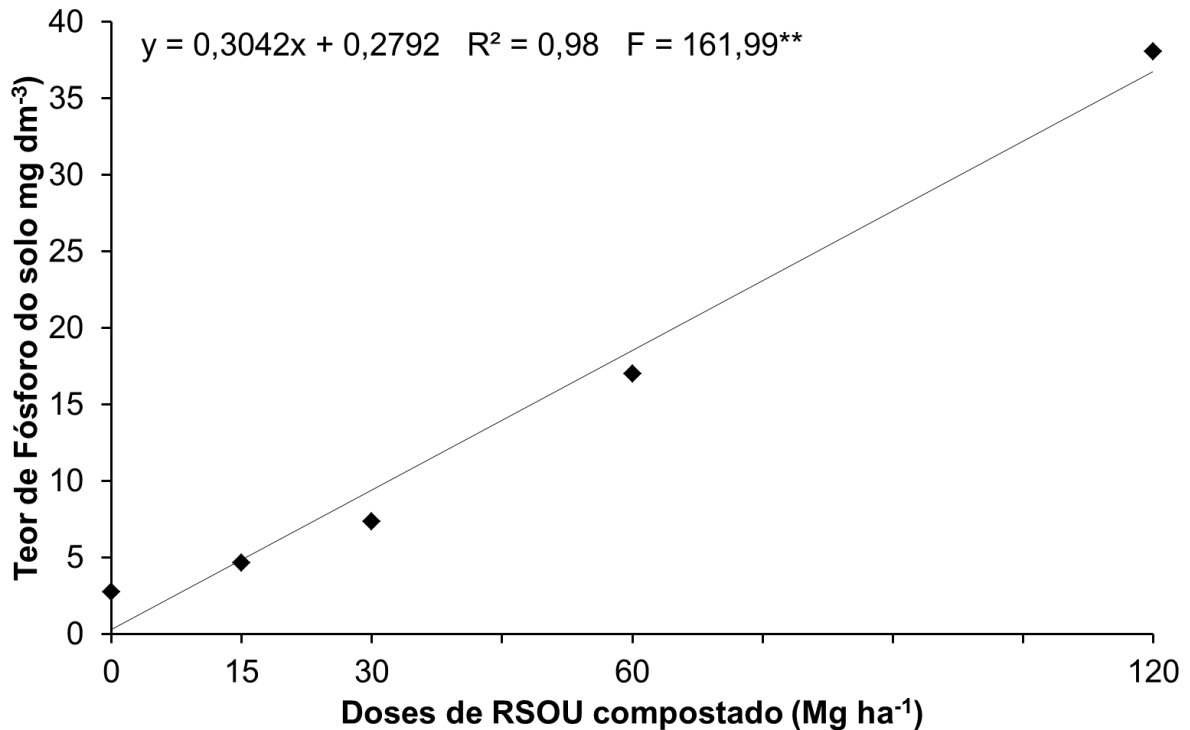
**Figura 2.** Matéria orgânica do solo (g dm<sup>-3</sup>) em função das doses de RSOU compostado aplicada na camada 0 a 0,2m após o cultivo com crambe.

Parte do carbono total aplicada pelo RSOU compostado é incorporado à matéria orgânica do solo e sofre variação de acordo com o tipo, dose, relação C/N e grau de estabilidade do composto adicionado ao solo, assim como a matéria orgânica, disponibilidade de nitrogênio e fertilidade do solo estudado (ABREU JUNIOR; MURAOKA; OLIVEIRA, 2002).

A matéria orgânica exerce uma importante função na fertilidade do solo, como fonte de nutrientes, na retenção de cátions, melhorando a atividade microbiana e as propriedades físicas do solo que influenciam na disponibilidade de ar e água às raízes das plantas. Ainda, interage com a fase mineral, interferindo na dinâmica de nutrientes, e devido à forte interação das substâncias húmicas com o material mineral serve como indicadora de qualidade dos solos (GALBIATTI et al., 2011).

O teor de Fósforo do solo apresentou aumento linear com o aumento das doses de RSOU compostado atingindo média 38 mg dm<sup>-3</sup> na maior dose (Figura 3). Cada

aumento de 1 Mg ha<sup>-1</sup> de RSOU compostado aplicado promoveu um aumento em 30% no teor de Fósforo do solo.

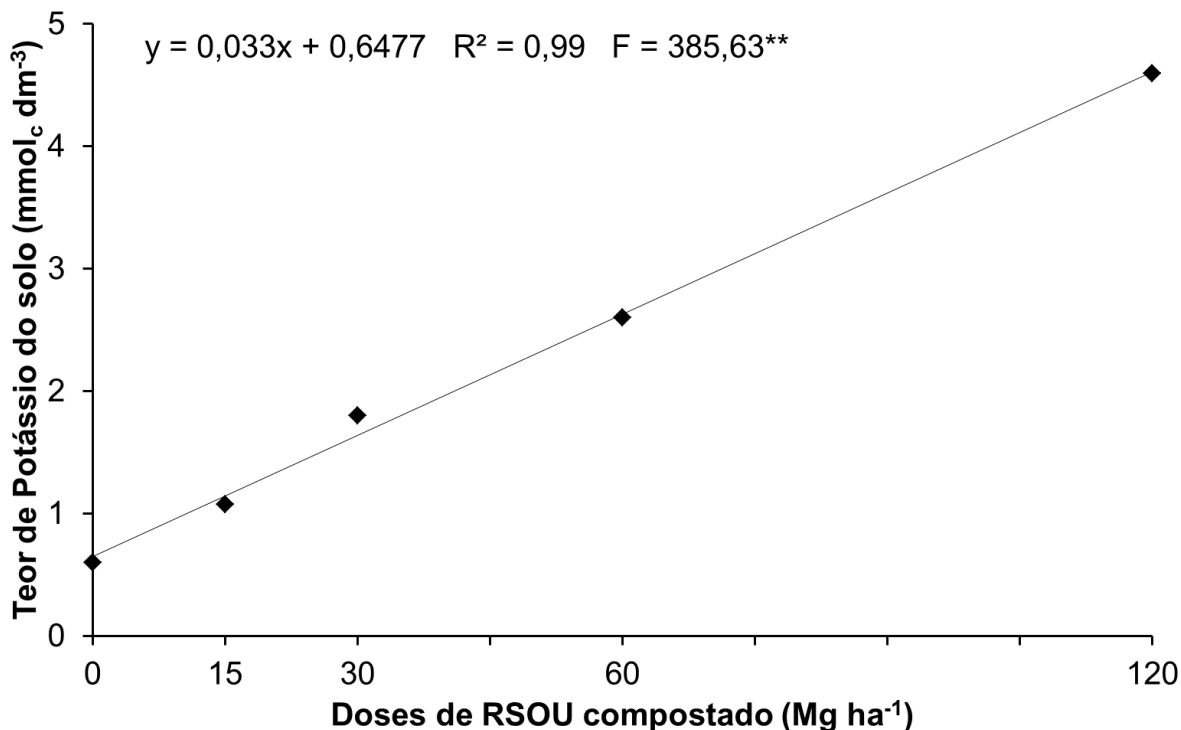


**Figura 3.** Teor de Fósforo do solo (mg dm<sup>-3</sup>) em função das doses de RSOU compostado aplicada na camada 0 a 0,2m após o cultivo com crambe.

O aumento na disponibilidade de Fósforo deve-se à presença do nutriente no RSOU compostado e aos aumentos do valor de pH e do teor de matéria orgânica. Com o pH do solo próximo a neutralidade ocorre maior disponibilidade de Fósforo, devido a menor adsorção do ânion por óxidos de Ferro e Alumínio presentes na fase sólida, e uma redução de condição ácida, que favorece a reação do H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> com as formas iônicas de Ferro e Alumínio, formando compostos de baixa solubilidade. A matéria orgânica, por sua vez, bloqueia os sítios de adsorção em óxidos de Ferro e de Alumínio do solo, diminuindo a capacidade de adsorção do H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> (MANTOVANI et al., 2005).

O teor de Potássio do solo apresentou aumento linear com o aumento das doses de RSOU compostado atingindo média 4,6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> na maior dose (Figura 4). Cada

aumento de 1 Mg ha<sup>-1</sup> de RSOU compostado aplicado promoveu um aumento em 3,3% no teor de Potássio do solo.

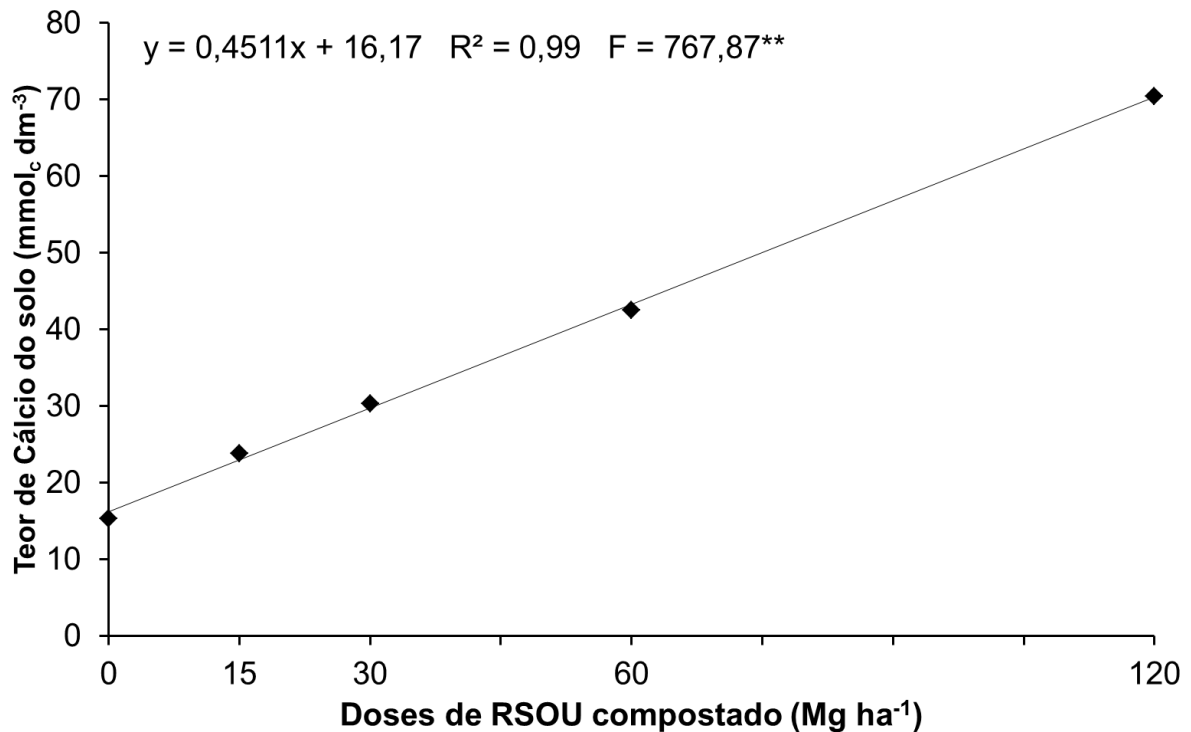


**Figura 4.** Teor de Potássio do solo (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) em função das doses de RSOU compostado aplicada na camada 0 a 0,2m após o cultivo com crambe.

De acordo com Hargreaves, Adl e Warman (2008) o Potássio encontra-se disponível no RSOU compostado, como em fertilizantes minerais. Lima et al. (2011) comentam que o RSOU compostado tem alto potencial em fornecer este nutriente para as plantas, e de mantê-lo em teores adequados.

Para os teores de Cálcio do solo houve um aumento linear com o aumento das doses de RSOU compostado atingindo média de 70 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> na maior dose (Figura 5). Cada aumento de 1 Mg ha<sup>-1</sup> de RSOU compostado aplicado promoveu um aumento em 45,1% no teor de Cálcio do solo.

Nobile (2009) ressalta que os compostos orgânicos são bons fornecedores de Cálcio ao solo, e que 30 Mg ha<sup>-1</sup> de RSOU compostado equivale a aproximadamente 1 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário.



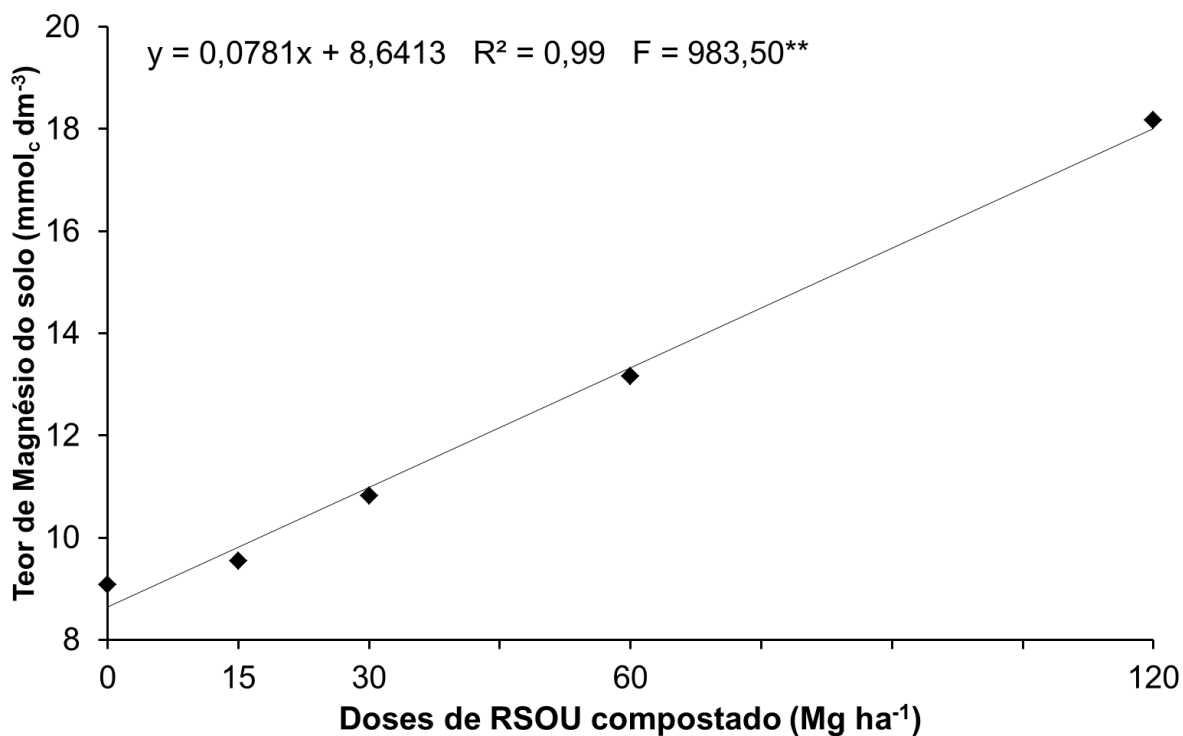
**Figura 5.** Teor de Cálcio do solo (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) em função das doses de RSOU compostado aplicada na camada 0 a 0,2m após o cultivo com crambe.

Para os teores de Magnésio do solo houve um aumento linear com o aumento das doses de RSOU compostado atingindo média de 18 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> na maior dose (Figura 6). Cada aumento de 1 Mg ha<sup>-1</sup> de RSOU compostado aplicado promoveu um aumento em 7,8% no teor de Magnésio do solo.

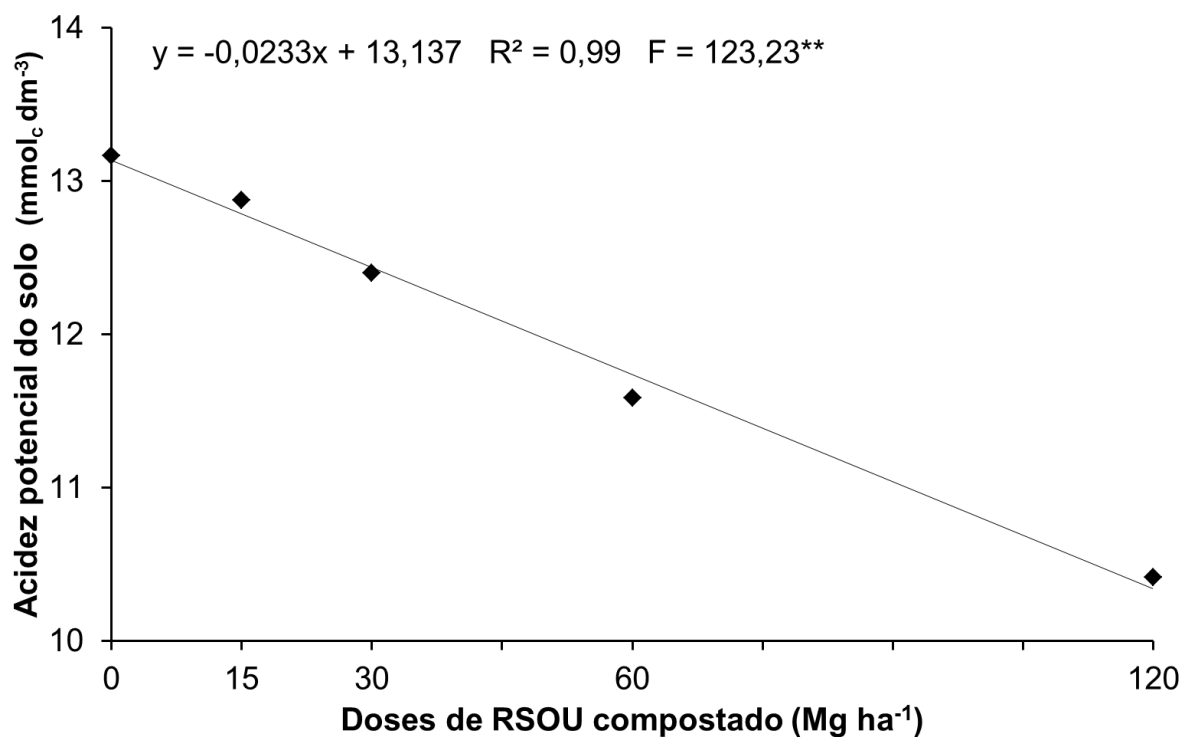
Nobile (2009) também observou aumento nos teores de Magnésio do solo e explica esse aumento devido a sua presença no RSOU compostado que libera o nutriente durante a decomposição do material orgânico.

A acidez potencial (H+Al) do solo teve um diminuição linear com o aumento das doses de RSOU compostado atingindo média de 10 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> na maior dose (Figura 7). Cada aumento de 1 Mg ha<sup>-1</sup> de RSOU compostado aplicado promoveu uma diminuição em 6,3% na acidez potencial do solo.

O RSOU compostado provoca a redução da acidez potencial por meio da neutralização do H<sup>+</sup> e Al<sup>3+</sup> promovido pela elevação do pH e da formação de Al(OH)<sub>3</sub><sup>0</sup> e complexos estáveis com a matéria orgânica (ABREU JUNIOR et al., 2000).

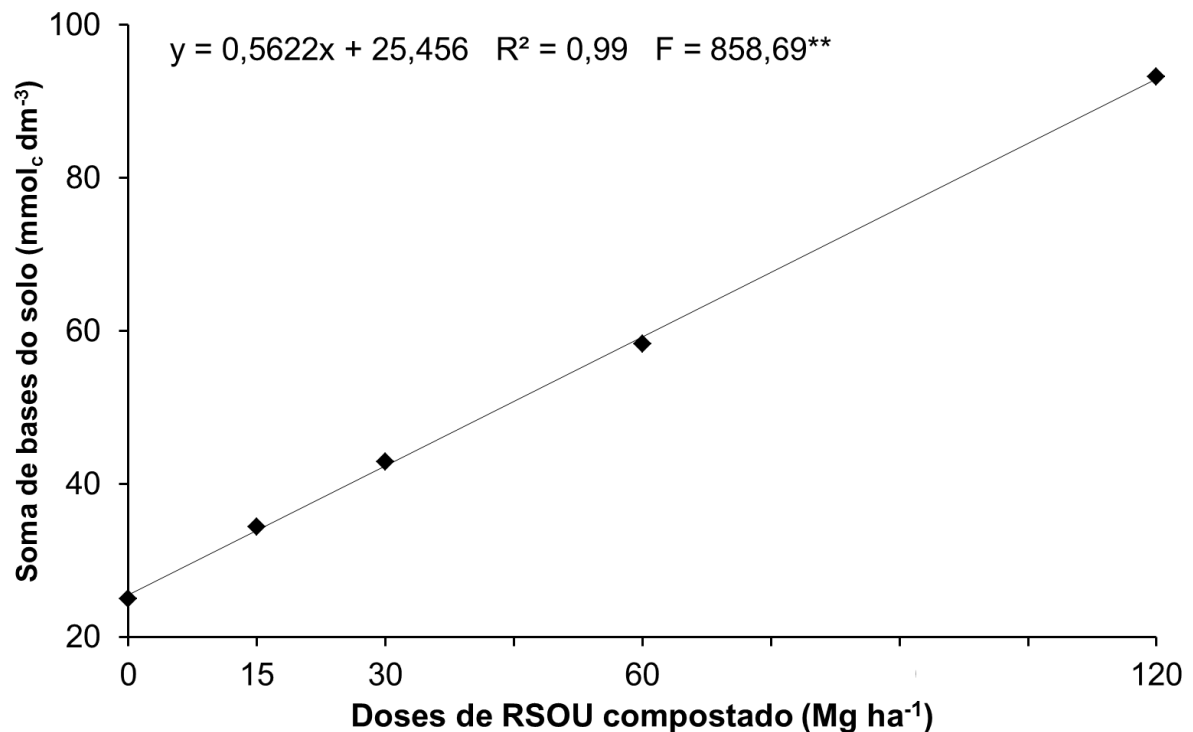


**Figura 6.** Teor de Magnésio do solo ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) em função das doses de RSOU compostado aplicada na camada 0 a 0,2m após o cultivo com crambe.



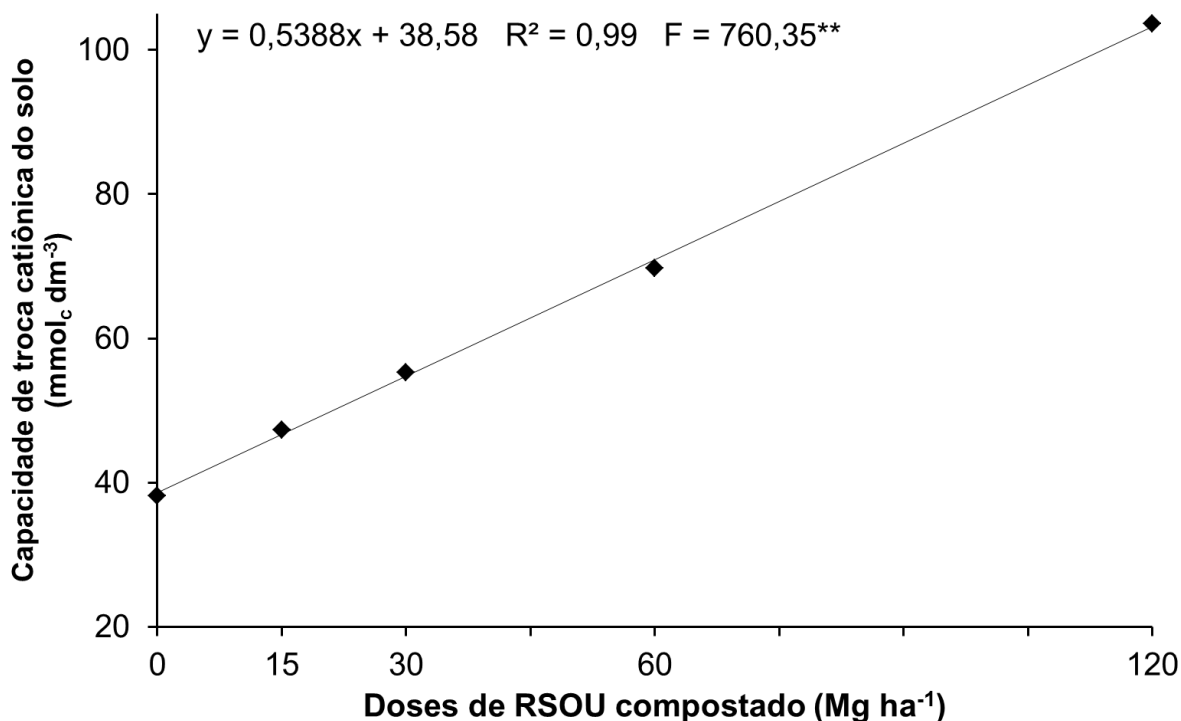
**Figura 7.** Acidez potencial do solo ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) em função das doses de RSOU compostado aplicada na camada 0 a 0,2m após o cultivo com crambe.

Para a Soma de Bases do solo houve um aumento linear com o aumento das doses de RSOU compostado atingindo média de  $92,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  na maior dose (Figura 8). Cada aumento de  $1 \text{ Mg ha}^{-1}$  de RSOU compostado aplicado promoveu um aumento em 56,2% no valor de Soma de Bases do solo. Comportamento semelhante foi encontrado nos trabalhos de Lima et al. (2011); Nobile (2009); Abreu Junior et al. (2000).



**Figura 8.** Soma de bases do solo ( $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) em função das doses de RSOU compostado aplicada na camada 0 a 0,2m após o cultivo com crambe.

Na Capacidade de Troca Catiônica do solo houve um aumento linear com o aumento das doses de RSOU compostado atingindo média de  $92,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  na maior dose, respectivamente (Figura 9). Cada aumento de  $1 \text{ Mg ha}^{-1}$  de RSOU compostado aplicado promoveu um aumento em 49,9% no teor de Capacidade de Troca Catiônica do solo. Resultados semelhantes foram encontrados por Lima et al. (2011); Nobile (2009); Abreu Junior et al. (2000).



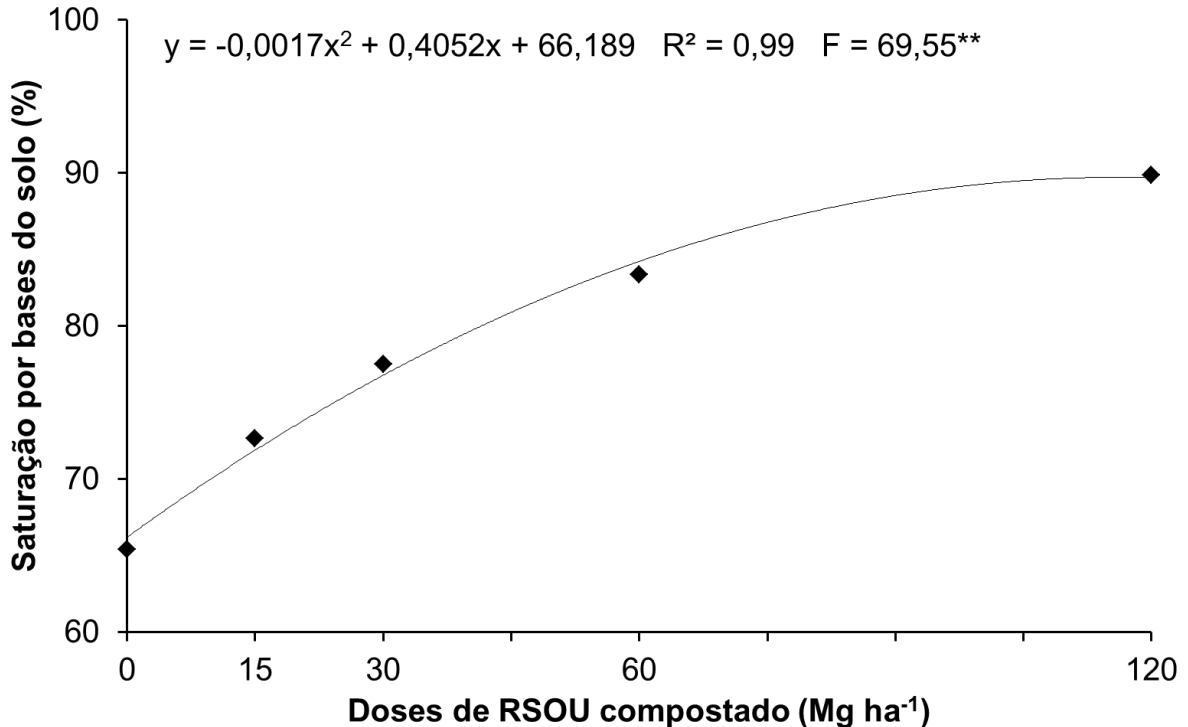
**Figura 9.** Capacidade de troca catiônica do solo (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) em função das doses de RSOU compostado aplicada na camada 0 a 0,2m após o cultivo com crambe.

O aumento da Capacidade de Troca Catiônica está relacionado ao incremento de cargas negativas provenientes da matéria orgânica contida no RSOU compostado e sofre efeitos do pH atual do solo (ABREU JUNIOR; MURAOKA; OLIVEIRA, 2001)

Para a Saturação por Bases do solo houve variação quadrática da Saturação por Bases com o aumento das doses de RSOU compostado atingindo média de 91% na maior dose, respectivamente (Figura 10). Pode-se estimar que com a dose de 99,75 Mg ha<sup>-1</sup> a Saturação por Bases atingiria o maior valor. Resultados semelhantes foram encontrados por Lima et al. (2011); Oliveira et al. (2002). Já Janegitz et al. (2010) verificaram redução no crescimento e produção, em solo de textura média, acima de 80% de saturação de bases.

A Saturação por bases está diretamente relacionada com as propriedades químicas iniciais do solo, principalmente pelo poder tampão e, sofre aumento com

aplicação do RSOU compostado com os aumentos nos teores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$  e da redução da acidez potencial (ABREU JUNIOR et al., 2000).



**Figura 10.** Saturação por bases do solo ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) em função das doses de RSOU compostado aplicada na camada 0 a 0,2m após o cultivo com crambe.

Os níveis de irrigação e as doses de RSOU compostado apresentaram efeito significativo na altura média das plantas (Tabela 2).

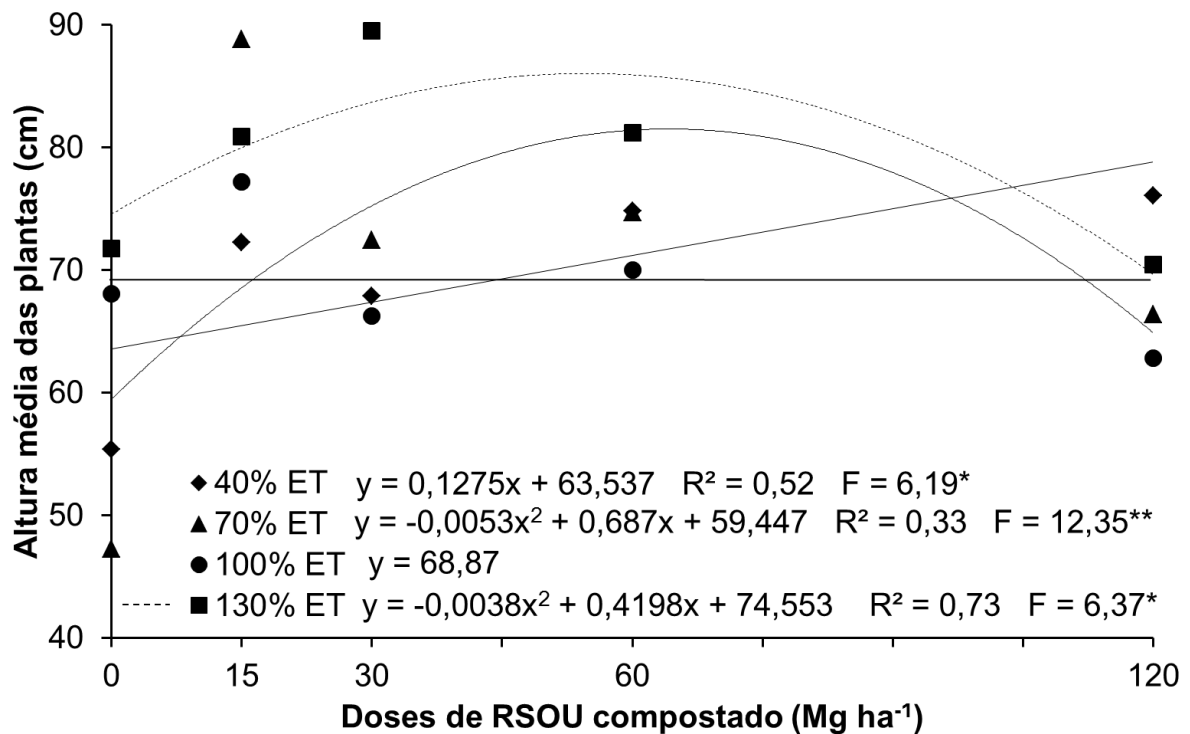
O desdobramento da interação mostrou que no nível de irrigação de 40% houve um aumento linear na altura média das plantas de crambe em função do aumento das doses de RSOU compostado, enquanto no nível de irrigação de 70% e 130% houve variação quadrática, e no nível de irrigação de 100% não houve variação na altura média das plantas (Figura 11). O desdobramento mostrou ainda que os tratamentos com as doses 15, 60 e 120  $\text{Mg ha}^{-1}$  não apresentaram efeito significativo em função do nível de irrigação aplicado para a altura média das plantas, enquanto as doses 0 e 30  $\text{Mg ha}^{-1}$  apresentaram variação cúbica e aumento linear, respectivamente (Figura 12).



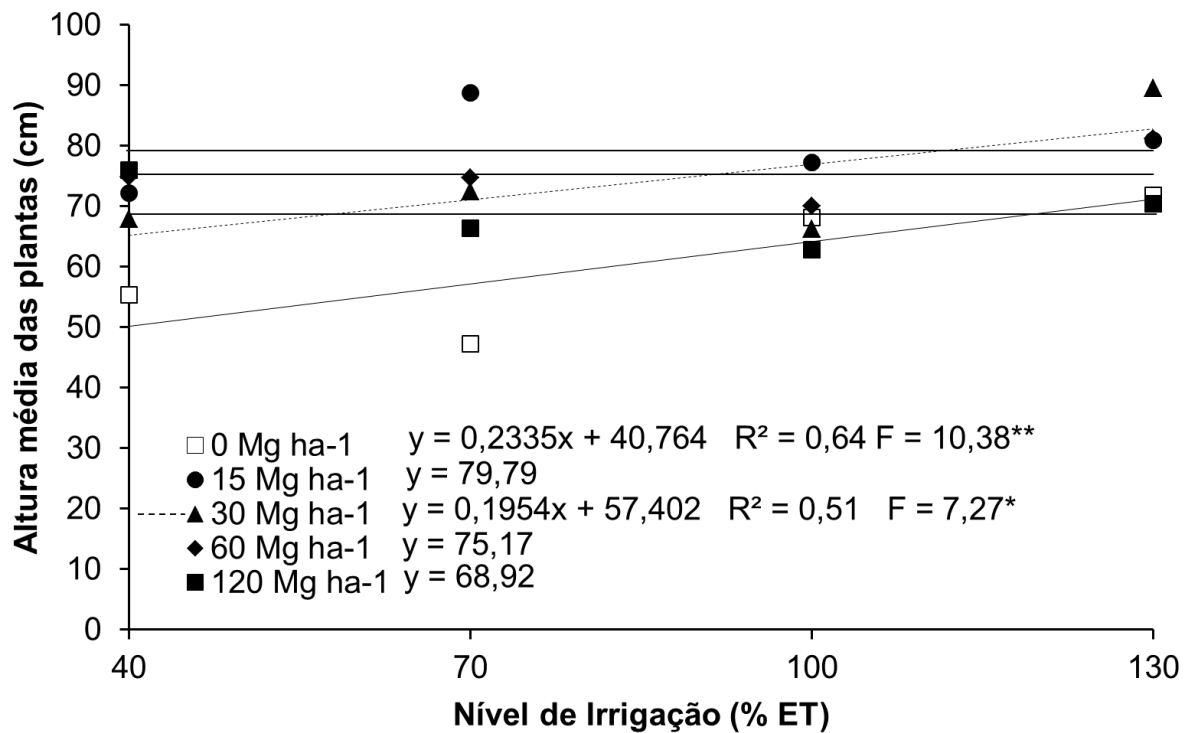
**Tabela 2.** Variáveis de crescimento e produção de grãos das plantas de crambe em função das doses de RSOU compostado e dos níveis de irrigação após 115 dias de cultivo.

	ALT cm	DC mm	MSF	MSC	MSR	MSG	MST	MS100G g
	----- g planta <sup>-1</sup> -----							
<b>RSOU compostado (R)</b>								
0	60,61	3,42	0,10	0,14	0,03	0,51	0,77	0,76
15	79,79	3,73	0,49	0,70	0,14	0,96	2,29	0,90
30	74,01	4,25	0,79	1,13	0,23	1,16	3,31	0,92
60	75,17	4,94	1,61	2,31	0,46	2,19	6,57	0,87
120	68,92	5,56	1,47	1,90	0,38	2,05	5,81	0,84
<b>Níveis de Irrigação (N)</b>								
40%	69,27	4,08	0,42	0,64	0,13	0,62	1,81	0,77
70%	69,90	4,32	0,66	0,95	0,19	0,98	2,77	0,88
100%	68,87	4,40	1,37	1,86	0,37	1,59	5,92	0,92
130%	78,76	4,71	1,11	1,50	0,30	2,31	4,50	0,87
<b>Teste F</b>								
<b>R</b>	9,03**	16,30**	277,09**	184,05**	278,33**	168,43**	371,58**	1,52ns
<b>N</b>	4,72**	1,84ns	156,21**	137,13**	134,20**	222,75**	265,19**	1,79ns
<b>(RxN)</b>	2,46*	1,49ns	29,21**	28,06**	27,95**	25,47**	40,41**	0,54ns
<b>C.V.(%)</b>	11,7	17,1	15,0	14,7	24,8	14,0	11,6	20,6

ns, \*, \*\* - não significativo, significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ALT - altura de plantas, DC - diâmetro de caule, MSF - massa de matéria seca de folhas, MSC - massa de matéria seca do caule, MSR - massa de matéria seca das raízes, MSG - massa de matéria seca dos grãos, MST - massa de matéria seca total e MS100G - massa de matéria seca de 100 grãos.



**Figura 11.** Altura média das plantas de crambe em função das doses de RSOU compostado aplicada aos 115 dias após a semeadura.

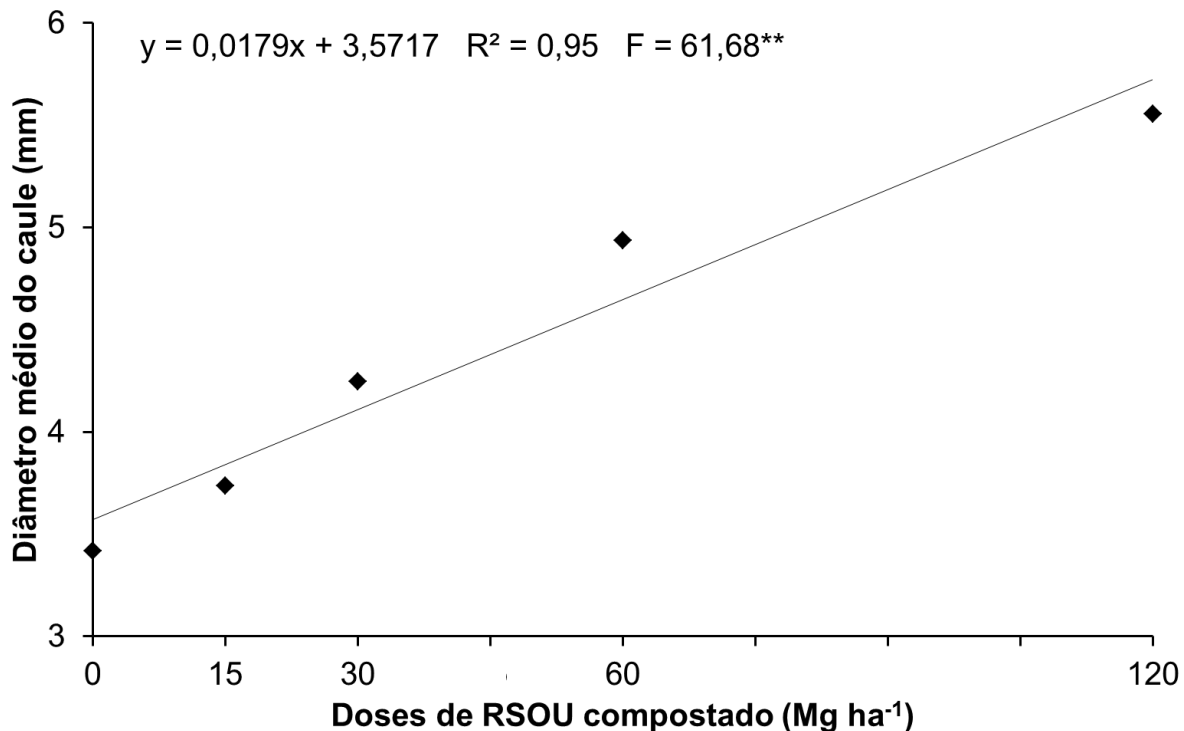


**Figura 12.** Altura média das plantas de crambe em função do nível de irrigação aplicada aos 115 dias após a semeadura.

Frediani e Fernandes (2012) observaram aumento em altura de crambe com aumento das doses de cama de aviário.

Butrinowski et al. (2011) e Santos et al. (2012b) encontraram aumento em altura das plantas de crambe com aumento da quantidade de água aplicada (até 2,5 vezes de reposição da água evaporada) e comentam que a maior disponibilidade de água no solo facilita a extração e o rápido desenvolvimento do meristema apical.

Com o aumento das doses de RSOU compostado aplicado houve aumento no diâmetro médio do caule das plantas de crambe (Figura 13). Janegitz et al. (2010) não encontraram resposta para diâmetro médio do caule estudando o crambe com a variação de saturação por bases no solo (de 50 a 80%). Tais diferenças podem ser explicadas pelo fato de que a elevação do pH diminui a disponibilidade de micronutrientes como Cobre, Ferro, Manganês e Zinco no solo. Como o RSOU compostado é fonte destes elementos, pode ter sido fornecido às plantas a quantidade necessária.



**Figura 13.** Diâmetro médio do caule das plantas de crambe em função das doses de RSOU compostado aplicada aos 115 dias após a semeadura.

Para a massa de matéria seca das folhas, do caule e das raízes o desdobramento da interação mostrou que nos níveis de irrigação de 40% e 70% houve uma variação quadrática em função do aumento das doses de RSOU compostado, enquanto nos níveis de irrigação de 100% e 130% houve variação cúbica, respectivamente (Figuras 14, 16 e 18). O desdobramento mostrou ainda que o tratamento com a dose 0 (zero) não apresentou efeito significativo em função do aumento do nível de irrigação aplicada, enquanto a dose 15 Mg ha<sup>-1</sup> apresentou aumento linear e os tratamentos com as doses 30, 60 e 120 Mg ha<sup>-1</sup> apresentaram variação cúbica (Figuras 15, 17 e 19).

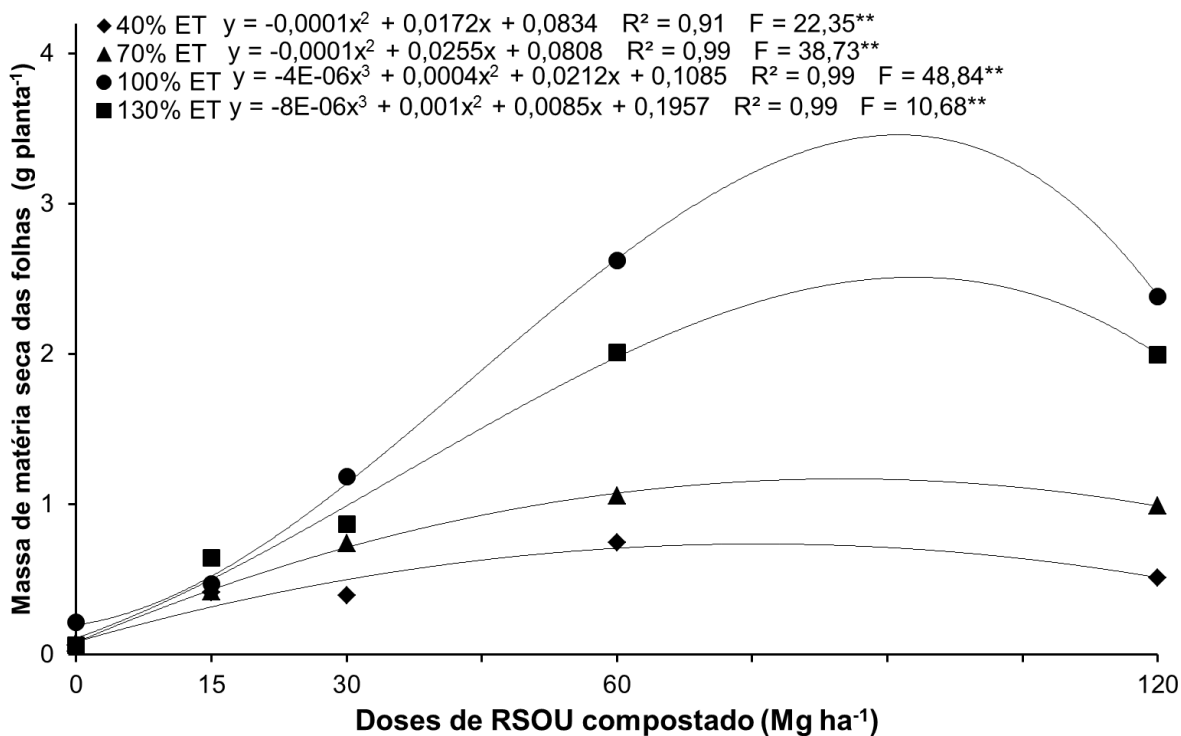
Janegitz et al. (2010) encontraram resposta para massa de matéria seca da parte aérea e não observaram diferença para massa de matéria seca das raízes.

Para a massa de matéria seca total o desdobramento da interação mostrou que nos níveis de irrigação de 40% e 70% houve uma variação quadrática em função do aumento das doses de RSOU compostado, enquanto nos níveis de irrigação de 100% e 130% houve variação cúbica, respectivamente (Figura 20). O desdobramento mostrou ainda que o tratamento com a dose 0 (zero) apresentou uma variação quadrática em função do aumento do nível de irrigação aplicado, enquanto a dose 15 t ha<sup>-1</sup> apresentou aumento linear e os tratamentos com as doses 30, 60 e 120 t ha<sup>-1</sup> apresentaram variação cúbica (Figura 21).

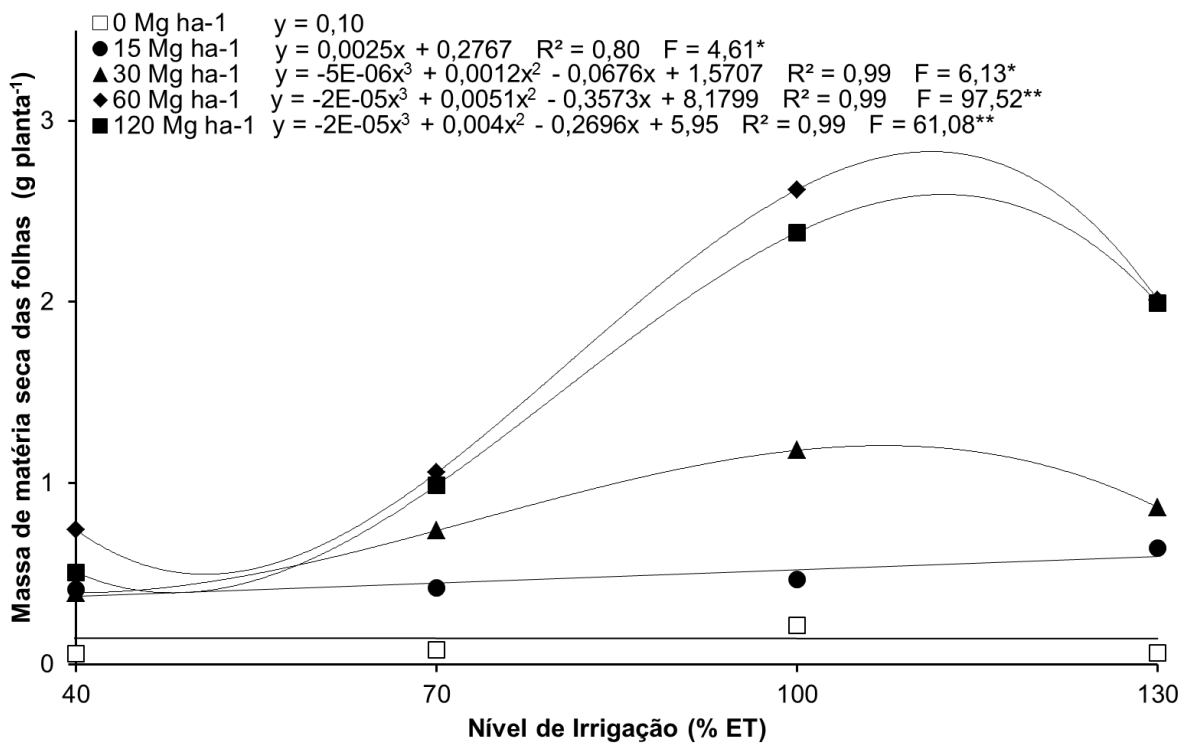
Butrinowski et al. (2011) e Santos et al. (2012b) observaram maior produção de massa de matéria seca das plantas de crambe com aumento da irrigação estudada (até 2,5 vezes de reposição da água evaporada) e indicam a necessidade de estudos em níveis de irrigação superiores.

Os dados médios encontrados para massa de matéria seca apresentam valores médios próximos dos encontrados por Santos et al. (2012b) e Mauad et al. (2013a).

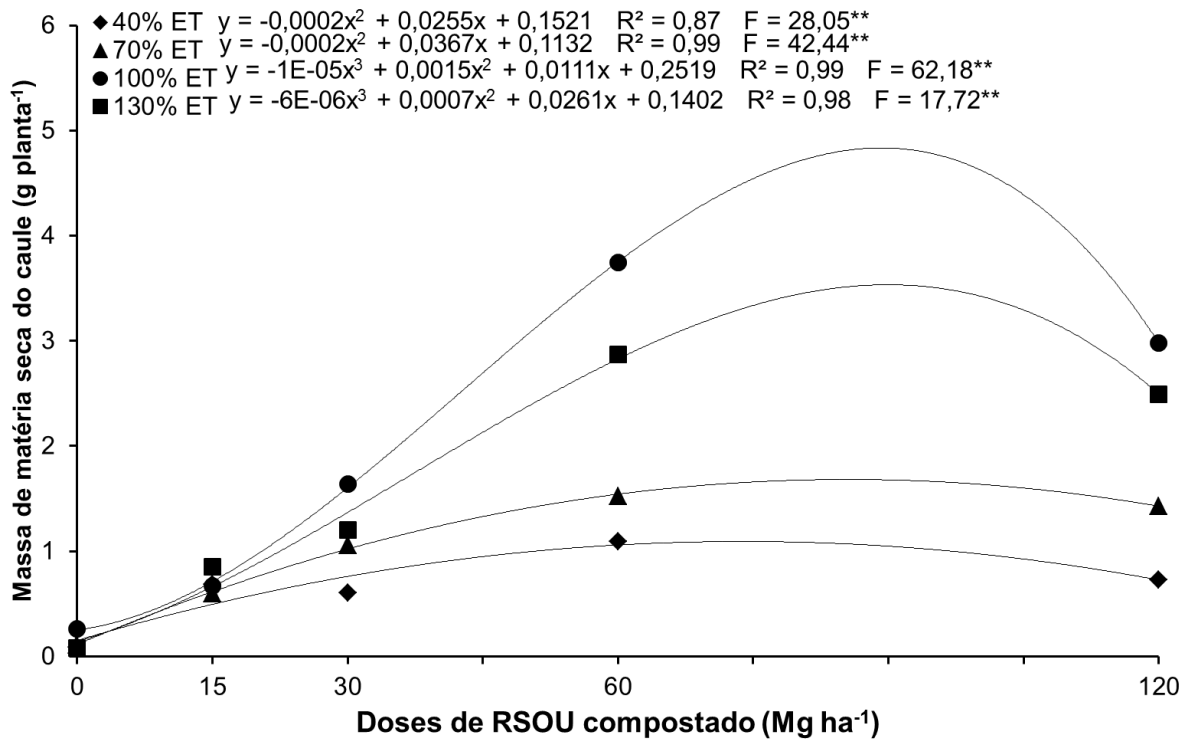
Mauad et al. (2013a) observaram nas plantas de crambe um acúmulo de massa de matéria seca inicial lento, cerca de 28 dias após emergência (DAE), seguido de um rápido crescimento, até os 65 (DAE) e, com início de florescimento aos 42 DAE. Os autores apontam ainda que as plantas a partir do florescimento tem uma queda acentuada de folhas.



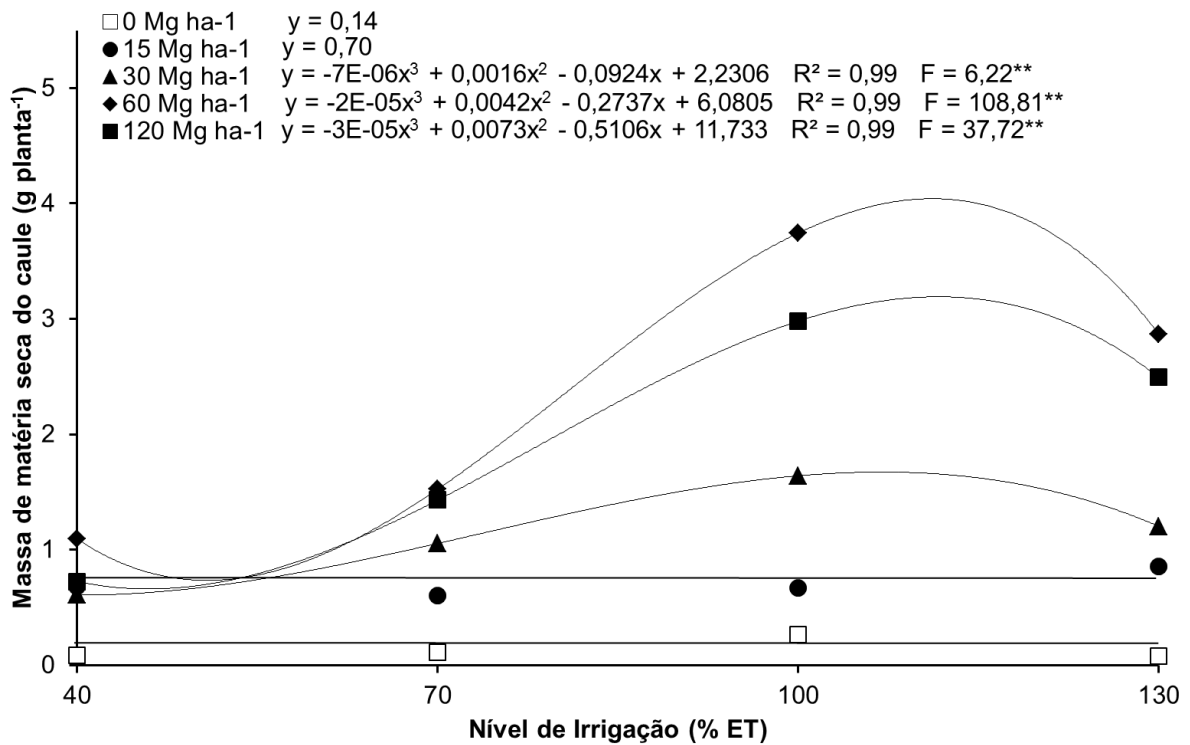
**Figura 14.** Massa de matéria seca das folhas de crambe em função das doses de RSOU compostado aplicada aos 115 dias após a semeadura.



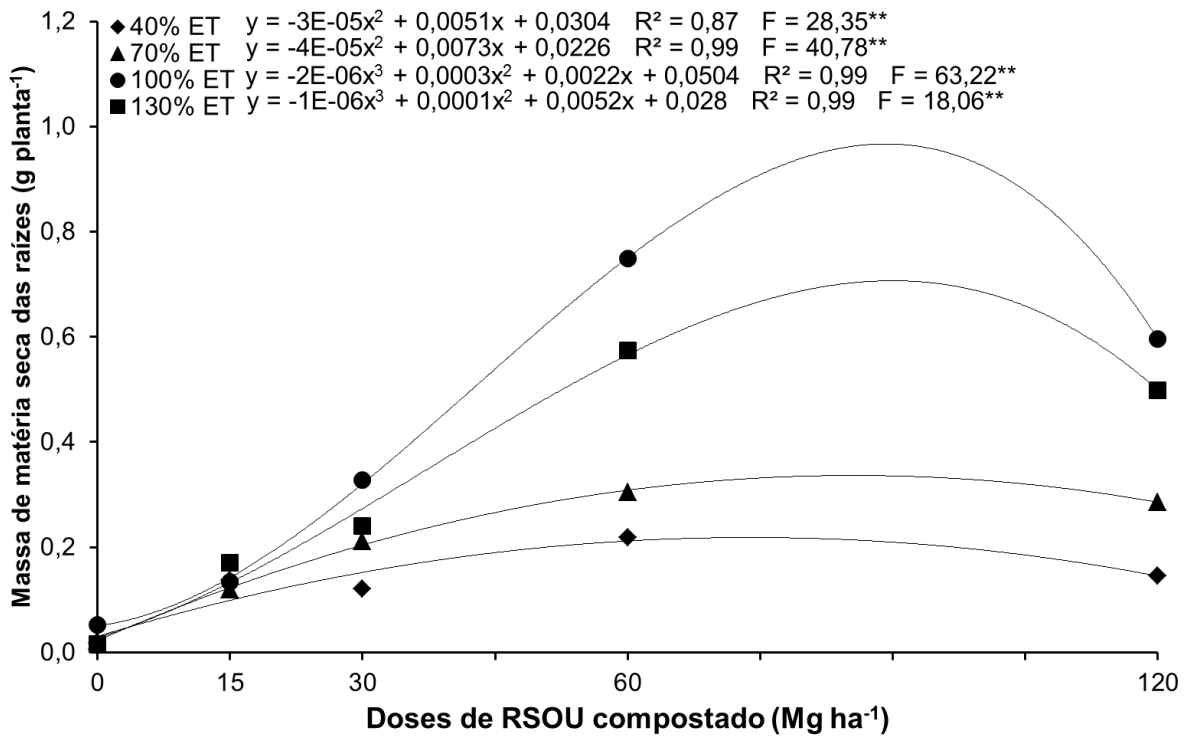
**Figura 15.** Massa de matéria seca das folhas de crambe em função do nível de irrigação aplicada aos 115 dias após a semeadura.



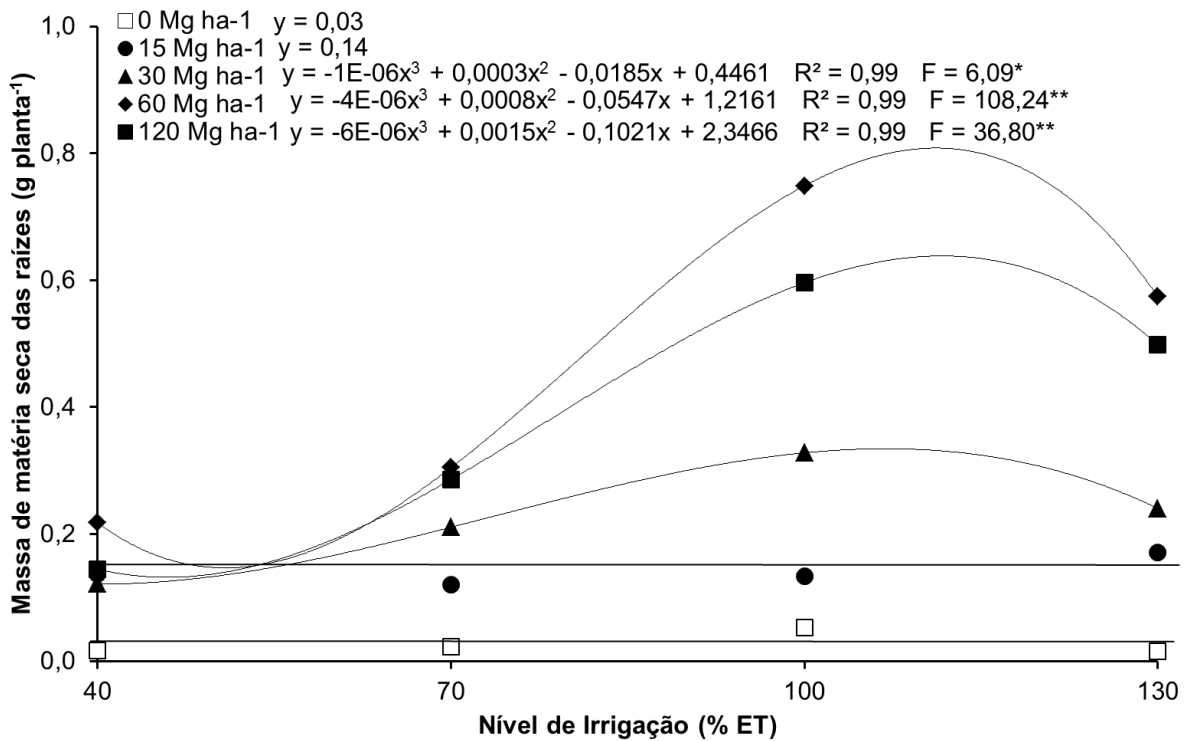
**Figura 16.** Massa de matéria seca do caule de crambe em função das doses de RSOU compostado aplicada aos 115 dias após a semeadura.



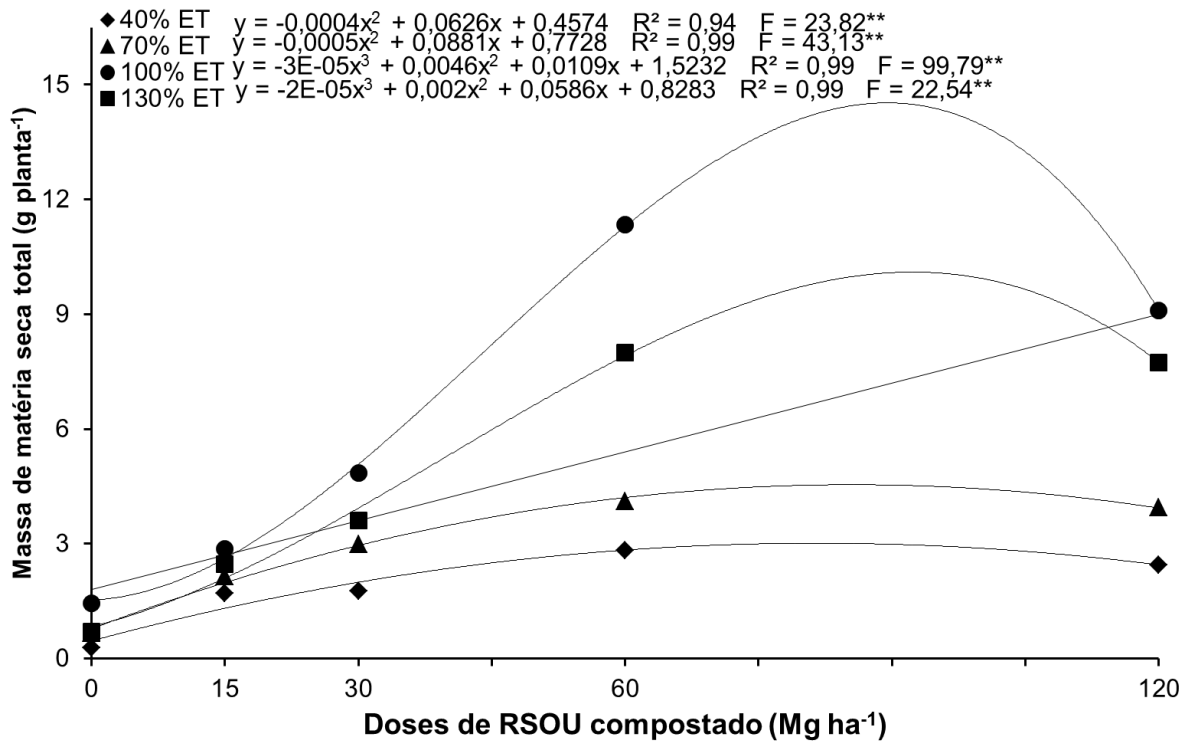
**Figura 17.** Massa de matéria seca do caule de crambe em função do nível de irrigação aplicada aos 115 dias após a semeadura.



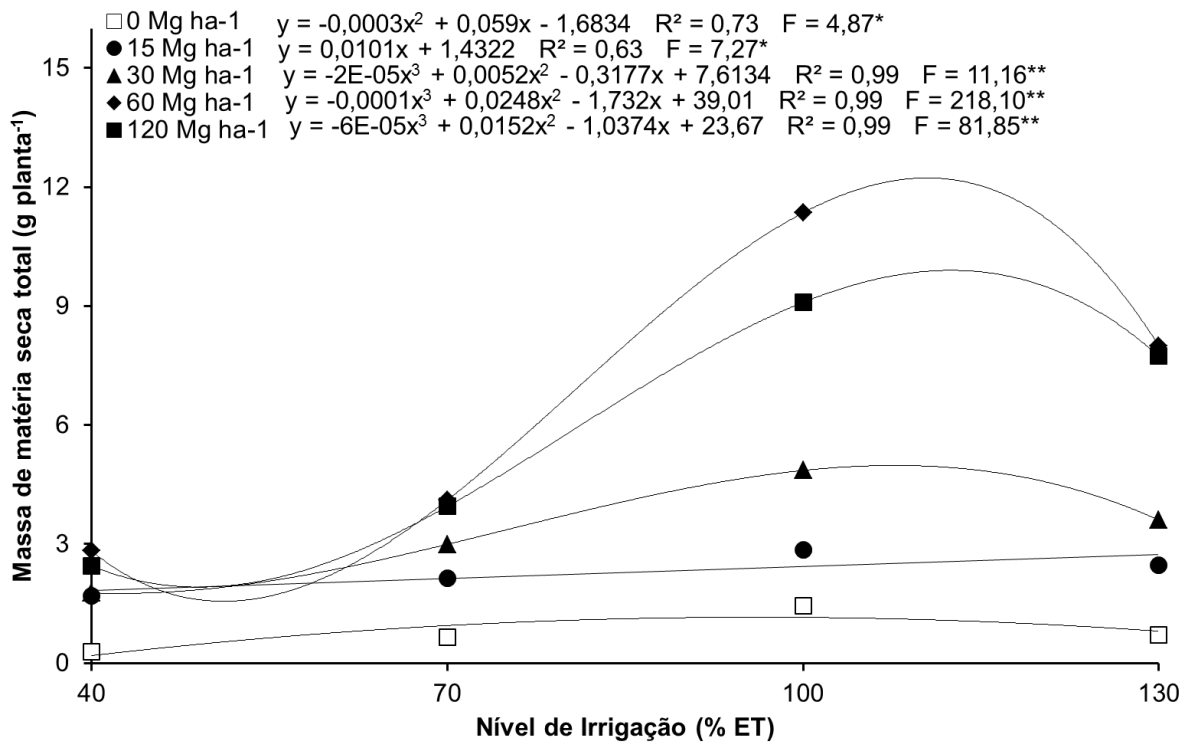
**Figura 18.** Massa de matéria seca das raízes de crambe em função das doses de RSOU compostado aplicada aos 115 dias após a semeadura.



**Figura 19.** Massa de matéria seca das raízes de crambe em função do nível de irrigação aplicada aos 115 dias após a semeadura.



**Figura 20.** Massa de matéria seca total das plantas de crambe em função das doses de RSOU compostado aplicada aos 115 dias após a semeadura.



**Figura 21.** Massa de matéria seca total das plantas de crambe em função do nível de irrigação aplicada aos 115 dias após a semeadura.



Mauad et al. (2013b) observaram que a produção de massa de matéria seca de crambe foi maior no florescimento ( $4.070 \text{ kg ha}^{-1}$ ), em relação ao valor obtido na maturação dos grãos ( $2.203 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e que a palha de crambe cortada no florescimento apresenta elevado teor de macronutrientes e baixa persistência de palhada (baixa relação C/N), enquanto a palha da colheita apresenta baixo teor de macronutrientes e alta persistência da palhada (alta relação C/N). Estes resultados demonstram propriedades importantes da cultura para o manejo de palhada na agricultura.

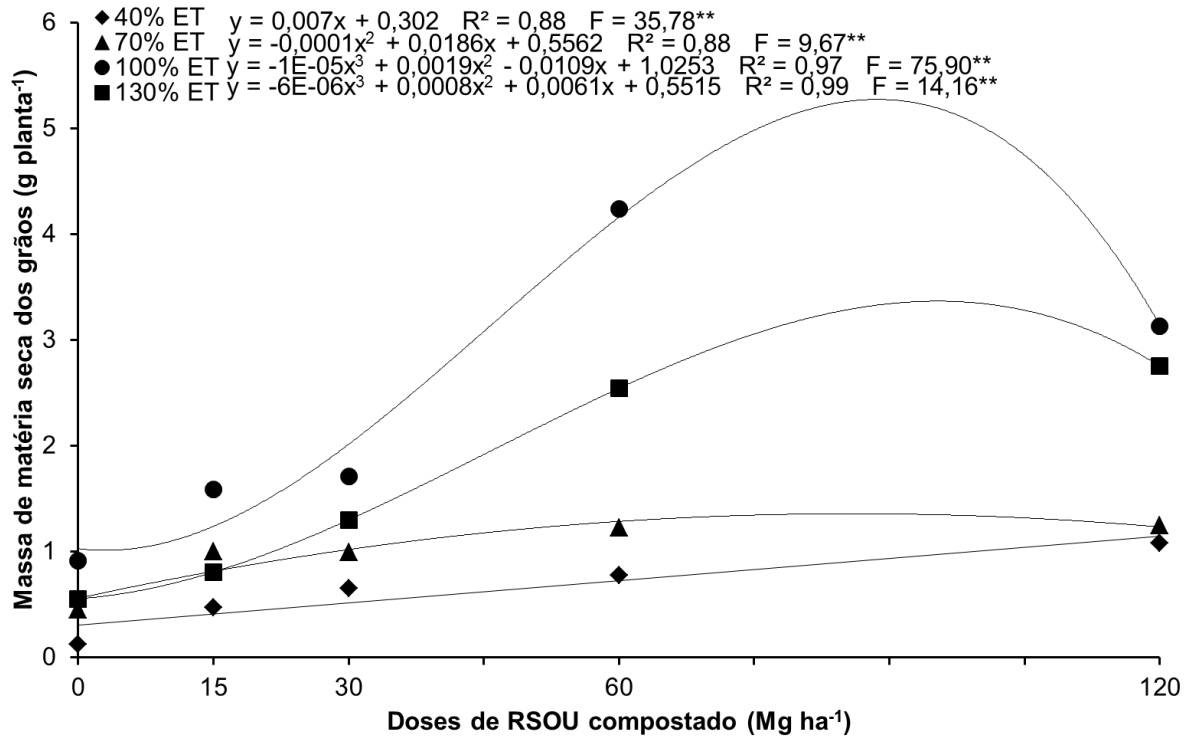
Heins et al. (2011) estudaram a decomposição e liberação de resíduos culturais do crambe e nabo forrageiro concluíram que o crambe apresenta menor produção de massa de matéria seca, porém, a palhada apresenta maior persistência.

Para a massa de matéria seca de 100 grãos não foram encontradas diferenças para os níveis de irrigação e para doses do RSOU compostado (Tabela 2). Em trabalhos com crambe, Rogério et al. (2013), Santos et al. (2012a), Padilha, Silva e Pereira (2010) e Janegitz et al. (2010) não encontraram diferença na massa de matéria seca de 100 grãos indicando que a planta transloca os fotoassimilados formando grãos semelhantes. Delkhosh et al. (2012) apontam que a produtividade de sementes de canola foi correlacionada positivamente com maior precipitação, e que o estresse hídrico no florescimento influencia negativamente a formação de vagens e tamanho sementes, resultando em menor produtividade.

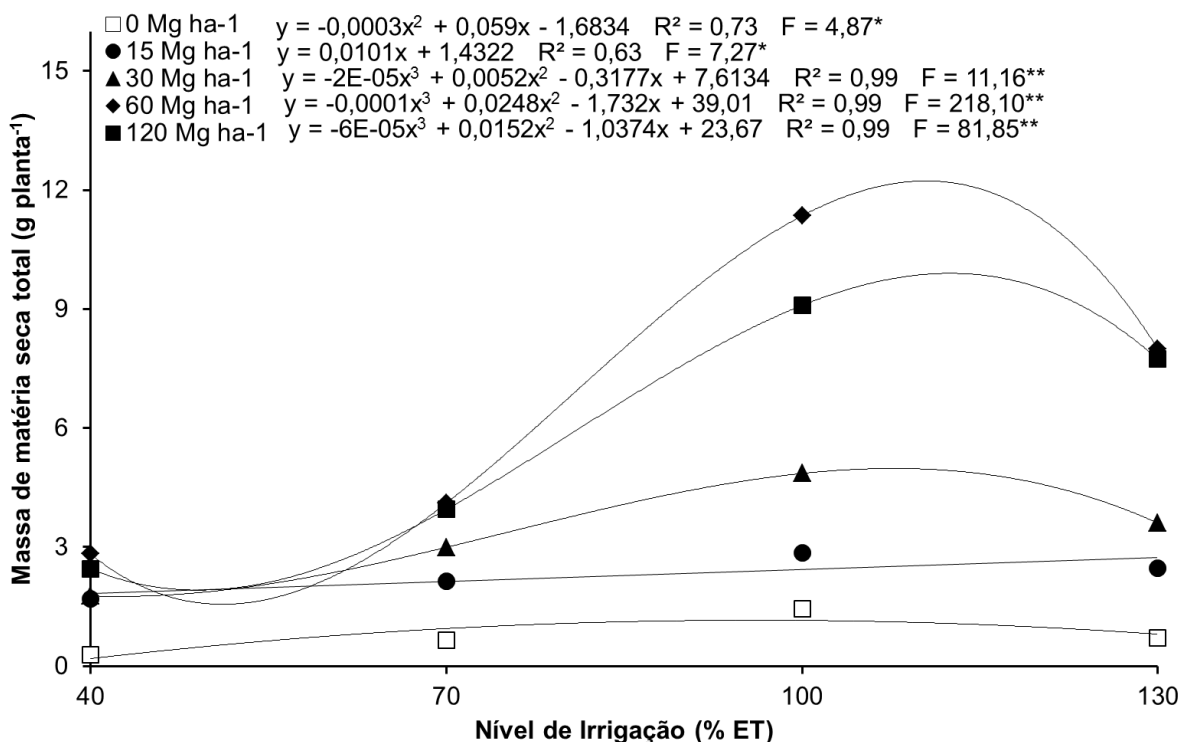
Na massa de matéria seca dos grãos por planta o desdobramento da interação mostrou que no nível de irrigação de 40% houve um aumento linear em função do aumento das doses de RSOU compostado, enquanto no nível de irrigação de 70% houve variação quadrática e nos níveis de 100% e 130% houve variação cúbica, respectivamente (Figura 22). O desdobramento mostrou ainda que o tratamento com a dose  $15 \text{ Mg ha}^{-1}$  apresentou aumento linear significativo em função do aumento do nível de irrigação aplicado, enquanto a dose 0 (zero) houve variação quadrática e nas doses 30, 60 e  $120 \text{ Mg ha}^{-1}$  apresentaram variação cúbica (Figura 23).

Rogério et al. (2013) observaram aumento na produção de grãos com aumento da adubação com Fósforo. Santos et al. (2012a) constataram aumento na produção de grãos com aumento da adubação com Potássio. Janegitz et al. (2010) não encontraram

resposta na produção de grãos com aumento da saturação por bases no solo (de 50 a 80%) com uso do calcário dolomítico, e Frediani e Fernandes (2012) não observaram resposta na produção de grãos com aumento da aplicação de cama de aviário.



**Figura 22.** Massa de matéria seca dos grãos de crame em função das doses de RSOU compostado aplicada aos 115 dias após a semeadura.

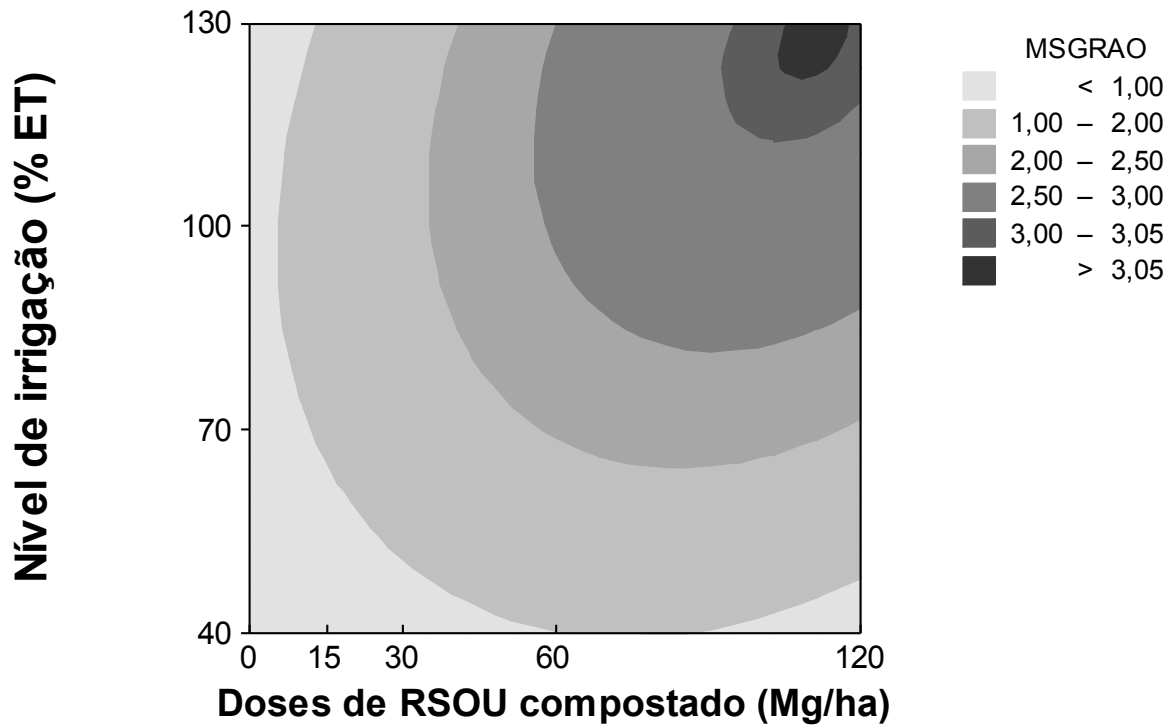


**Figura 23.** Massa de matéria seca dos grãos de crambe em função do nível de irrigação aplicada aos 115 dias após a semeadura.

Para a obtenção da maior produção de grãos (3,06 g) a estimativa aponta que seria utilizando nível de irrigação de 127,3% e a dose de RSOU compostado de 110,3 Mg ha<sup>-1</sup> (Figura 24). Embora a cultura seja apontada como tolerante a seca cabe destacar que para a máxima produção de grão seria necessário o equivalente a 320 mm de lâmina de irrigação acumulada no ciclo.

Padilha, Silva e Pereira (2010) encontraram produtividade de grãos 3,3 vezes maior de crambe em área irrigada com pivô-central (4.448 kg ha<sup>-1</sup>) em relação ao sistema sequeiro (1.335 kg ha<sup>-1</sup>), indicando que a planta responde em produtividade a irrigação.

De acordo com Santos et al. (2012b), o crambe é mais tolerante à seca do que o milho, a canola, a mostarda e a soja em todos os estádios de desenvolvimento, pois sob condições de estresse, as plantas desenvolvem raízes longas, tolerando períodos de estiagem.



**Figura 24.** Massa de matéria seca dos grãos de crambe em função dos níveis de irrigação e das doses aplicada de RSOU compostado aos 115 dias após a semeadura.

Os resultados encontrados para o RSOU compostado são superiores dos encontrados por Krob et al. (2011) que concluíram que aplicação de até  $80 \text{ Mg ha}^{-1}$  por ano pode ser considerada como adequada para melhorar e, ou, manter as propriedades químicas do solo. Cabe destacar que pode ocorrer aumento de condutividade elétrica pela aplicação do RSOU compostado, e que em solos bem drenados ocorre a lixiviação dos sais em excesso (ABREU JUNIOR et al., 2000).

## 5. CONCLUSÕES

O RSOU compostado no solo promoveu aumento nos valores da Acidez Ativa (pH), Matéria Orgânica (MO), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Soma de Bases (SB), Capacidade de Troca Catiônica (T), e Saturação por Bases (V%), e reduziu no valor de Acidez Potencial (H+Al) do solo, e as plantas de crambe responderam em crescimento e produção nestas condições de elevada fertilidade do solo.

A produção máxima de grãos (3,06 g por planta) pode ser atingida com 110,3 Mg ha<sup>-1</sup> de RSOU compostado e com nível de 127,3% da ET.

## 6. REFERÊNCIAS

ABREU JUNIOR, C. H.; MURAOKA, T.; OLIVEIRA, F. C. Cátions trocáveis, capacidade de troca de cátions e saturação por bases em solos brasileiros adubados com composto de lixo urbano. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 4, p. 813-824, 2001. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162001000400025>>.

ABREU JUNIOR, C. H.; MURAOKA, T.; OLIVEIRA, F. C. Carbono, nitrogênio, fósforo e enxofre em solos tratados com composto de lixo urbano. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 26, p. 769-780, 2002.

ABREU JUNIOR, C. H.; MURAOKA, T.; LAVORANTE, A. F.; ALVAREZ, V. F. C. Condutividade elétrica, reação do solo e acidez potencial em solos adubados com composto de lixo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 635-647, 2000.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. **Software AgroEstat** - sistema de análises estatísticas de ensaios agrônômicos. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 2009.

BILIBIO, C.; CARVALHO, J. A.; HENSEL, O.; RICHTER, U. Effect of different levels of water deficit on rapeseed (*Brassica napus* L.) crop. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 4, p. 672-684, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000400005>>.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretária Nacional de Defesa Agropecuária. **Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes**: métodos oficiais do Laboratório Nacional de Referência Vegetal. Brasília, 1988. 104 p.

BRASIL. **Lei n.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.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 30 ago. 2013.

BRONER, I.; LAW, R. A. P. Evaluation of modified atmometer for estimating reference ET. **Irrigation Science**, Heidelberg, v. 12, p. 21-26, 1991.

BUTRINOWSKI, I. T.; SANTOS, R. F.; MAGGI, M. F.; BORSOI, A.; FRIGO, E. P.; BASSEGIO, D. Manejo da irrigação com mini-tanque evaporímetro em *Crambe abyssinica*. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 4, n. 3, p. 54-65, 2011.

CARNEIRO, S. M. T. P. G.; ROMANO, E.; MARIANOWSKI, T.; OLIVEIRA, J. P.; GARBIM, T. H. S.; ARAÚJO, P. M. Ocorrência de *Alternaria brassicicola* em crambe (*Crambe abyssinica*) no estado do Paraná. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 35, n. 2, p. 154-154, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-54052009000200016>>.

DAM, N. M.; TYTGAT, T. O. G.; KIRKEGAARD, J. A. Root and shoot glucosinolates: a comparison of their diversity, function and interactions in natural and managed ecosystems. **Phytochemistry Reviews**, Dordrecht, v. 8, n. 1, p. 171-186, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11101-008-9101-9>>.

DELKHOSH, B.; RAD, A. H. S.; BITARAFAN, Z.; MOUSAVI NEJAD, G. Drought stress and sowing date effects on yield and some grain traits of Rapeseed. **Advances in Environmental Biology**, Ma'an, Jordan, v. 6, n. 1, p. 49-55, 2012.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2006. 306 p.

FALASCA, S. L.; LAMAS, M. C.; CARBALLO, S. M.; ANSCHAU, A. Crambe abyssinica: an almost unknown crop with a promissory future to produce biodiesel in Argentina. **International Journal of Hydrogen Energy**, London, v. 35, n. 11, p. 5808-5812, 2010.

FREDIANI, F. R.; FERNANDES, F. C. S. Avaliação de adubação orgânica em crambe. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 5, n. 3, p. 7-13, 2012.

FREITAS, M. E. **Comportamento agrônômico da cultura do crambe (*Crambe Abyssinica* HOECHST) em função do manejo empregado**. 2010. 42 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção Vegetal) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2010.

GALBIATTI, J. A.; SILVA, F. G.; FRANCO, C. F.; CAMELO, A. D. Desenvolvimento do feijoeiro sob o uso de biofertilizante e adubação mineral. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 1, p. 167-177, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162011000100017>>.

GALBIATTI, J. A.; CAVALCANTE, I. H. L.; RIBEIRO, A. G.; BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z. Fertilização e qualidade da água de irrigação no crescimento e desenvolvimento da alface. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 2, p. 185-192, 2007a.

GALBIATTI, J. A.; LUI, J. J.; SABONARO, D. Z.; BUENO, L. F.; SILVA, V. L. da. Formação de mudas de eucalipto com utilização de lixo orgânico e níveis de irrigação calculados por dois métodos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 445-455, 2007b. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162007000300013>>.

GALBIATTI, J. A.; CAVALCANTE, I. H. L.; CALZAVARA, S. A.; SILVA, V. L.; FREDDI, O. S. Substratos e lâminas de irrigação em duas espécies cítricas. **Irriga**, Botucatu, v. 10, n. 4, p. 357-364, 2005.



GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; BARROS, N. F. Balanço de carbono e nutrientes em plantio puro e misto de espécies florestais nativas no sudeste da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 1165-1179, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000300025>>.

HARGREAVES, J. C.; ADL, M. S.; WARMAN, P. R. A review of the use of composted municipal solid waste in agriculture. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 123, n. 1-3, p. 1-14, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2007.07.004>>.

HEINZ, R.; GARBIATE, M. V.; VIEGAS NETO, A. L.; MOTA, L. H. S.; CORREIA, A. M. P.; VITORINO, A. C. T. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de crambe e nabo forrageiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 9, p. 1549-1555, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782011000900010>>.

JANEGITZ, M. C.; SOUZA-SCHLICK, G. D. S.; TROPALDI, L.; CARDOSO, S. M. Influência da saturação por bases no crescimento e produção de crambe. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 3, n. 4, p. 175-182, 2010.

JASPER, S. P.; BIAGGIONI, M. A. M.; SILVA, P. R. A.; SEKI, A. S.; BUENO, O. C. Análise energética da cultura do crambe (*Crambe abyssinica hochst*) produzida em plantio direto. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 395-403, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162010000300004>>.

KROB, A. D.; MORAES, S. P.; SELBACH, P. A.; BENTO, F. M.; CAMARGO, F. A. 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. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782011005000017>>.

LIMA, R. L. S.; SEVERINO, L. S.; SOFIATTI, V.; GHEYI, H. R.; ARRIEL, N. H. C. Atributos químicos de substrato de composto de lixo orgânico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 2, p. 185-192, 2011.

MANTOVANI, J. R.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; BARBOSA, J. C. Alterações nos atributos de fertilidade em solo adubado com composto de lixo urbano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 817-824, 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832005000500017>>.

MAUAD, M.; GARCIA, R. A.; VITORINO, A. C. T.; SILVA, R. M. M. F.; GARBIATE, M. V.; COELHO, L. C. F. Matéria seca e acúmulo de macronutrientes na parte aérea das plantas de Crambe. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 5, p. 771-778, 2013a. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782013005000041>>.

MAUAD, M.; VITORINO, A. C. T.; SOUZA, L. C. F. DE; HEINZ, R.; GARBIATE, M. V. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do crambe em função da época de manejo. **Revista de Ciências Agrárias**, Recife, v. 56 n. 1, p. 53-60, 2013b. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4322/rca.2013.008>>.

MOGHADAM, H. R. T.; ZAHEDI, H.; GHOOSHCHI, F. Oil quality of canola cultivars in response to water stress and super absorbent polymer application. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 4, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5216/pat.v41i4.13366>>.

NOBILE, F. O.; GALBIATTI, J. A.; MURAISHI, R. I. Níveis de irrigação na formação de mudas de eucalipto com utilização de resíduo sólido orgânico urbano. **Nucleus**, Ituverava, v. 8, n. 2, p. 163-176, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3738/1982.2278.559>>.

NOBILE, F. O. **Irrigação com duas qualidades de água e tipos de fertilizações no solo e em cana-de-açúcar**. 2009. 169 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista —Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2009.

NÓBREGA, R. S. A.; FERREIRA, P. A. A.; SANTOS, J. G. D.; VILAS BOAS, R. C.; NÓBREGA, J. C. A.; MOREIRA, F. M. S. Efeito do composto de lixo urbano e calagem no crescimento inicial de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 79, p. 181-189, 2008.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. A.; BEZERRA NETO, E. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Viçosa, v. 13, n. 1, p. 75-87, 2001.

OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E.; MARCIANO, C. R.; ABREU JÚNIOR, C. H. Alterações em atributos químicos de um Latossolo pela aplicação de composto de lixo urbano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília v. 37, n. 4, p. 529-538, 2002.

PADILHA, N. S.; SILVA, C. J.; PEREIRA, S. B. Produção de crambe (*Crambe abyssinica*) em sistema sequeiro e irrigado. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 4.; CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 7., 2010, Belo Horizonte. **Anais...** Lavras: UFLA, 2010. v. 1, p. 525-526.

PAULINO, V. T.; TEIXEIRA, C. R. J.; PAULINO, T. S.; DALLE-VEDOVE, D. J. F.; NATAL, V. Aproveitamento do composto de lixo urbano como fertilizante no desenvolvimento de plantas forrageiras. **Revista Científica Eletrônica Agronomia**, v. 2, n. 4, 2003.

PITOL, C. **Crambe**: uma nova opção para produção de biodiesel. Maracajú: Fundação MS, 2008. Disponível em: <<http://www.fundacaoms.com.br>>. Acesso em: 24 maio 2011.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285 p.

RIGON, J. P. G.; MORAES, M. T.; ARNUTI, F.; CHERUBIN, M. R.; TREVISOL, G.; PESSOTTO, P. P.; CAPUANI, S.; SILVA, V. G. Potencial agrícola da utilização de composto orgânico de lixo urbano na cultura do girassol. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 4.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 1., 2010, João Pessoa, PB. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010. p. 731-735.

ROGÉRIO, F.; SILVA, T. R. B.; SANTOS, J. I.; POLETINE, J. P. Phosphorus fertilization influences grain yield and oil content in crambe. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 41, p. 266–268, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.04.016>>.

RUNNING, S. W. A measurable planetary boundary for the biosphere. **Science**, Washington, v. 337, n. 6101, p. 1458-1459, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1126/science.1227620>>.

SANTOS, J. I.; ROGÉRIO, F.; MIGLIAVACCA, R. A.; GOUVEIA, B.; SILVA, T. B.; BARBOSA, M. C. Efeito da adubação potássica na cultura do crambe. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 3, p. 346-350, 2012a.

SANTOS, R. F.; FORNASARI, C. H.; SECCO, D.; SOUZA, S. N. M.; SILVA, T. R. B.; BASSEGIO, D. Manejo de irrigação com evaporímetro em *Crambe abyssinica*. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 1, n. 1, p. 23-32, 2012b.

SILVA, J. G.; EIGENHEER, E. M.; RODRIGUES, D. C. Produção e aproveitamento de composto orgânico a partir de resíduos de origem vegetal no campus da Universidade Federal Fluminense/Niterói-RJ. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO: GESTÃO DO CONHECIMENTO PARA A SUSTENTABILIDADE, 5., 2009, Niterói, RJ. **Anais...** Disponível em: <[http://www.excelenciaemgestao.org/Portals/2/documents/cneg5/anais/T8\\_0139\\_0840.pdf](http://www.excelenciaemgestao.org/Portals/2/documents/cneg5/anais/T8_0139_0840.pdf)>. Acesso em: 10 jul. 2013.

SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; AZEVEDO NETO, A. D.; SANTOS, V. F. Comportamento estomático e potencial da água da folha em três espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico. **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 231-246, 2003.

STAPLETON, J. J.; BAÑUELOS, G. S. Biomass crops can be used for biological disinfestation and remediation of soils and water. **California Agriculture**, Richmond, v. 63, n. 1, p. 41-46, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3733/ca.v063n01p41>>.

STRINGHETA, A. C. O.; CARDOSO, A. A. L. C.; FONTES, L. E. F. Crescimento de crisântemo em substrato contendo composto de lixo urbano e casca de arroz carbonizada – II. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 46, n. 264, p. 175-188, 1999.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TILMAN, D.; SOCOLOW, R.; FOLEY, J. A.; HILL, J.; LARSON, E.; LYND, L.; PACALA, S.; REILLY, J.; SEARCHINGER, T.; SOMERVILLE, C.; WILLIAMS, R. Beneficial biofuels—the food, energy, and environment Trilemma. **Science**, Washington, v. 325, n. 5938, p. 270-271, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1126/science.1177970>>.