

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

GABRIELLA CARDOSO MARTINS

Lodo de esgoto higienizado na adubação da cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* L.).

Uberlândia – MG

2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

GABRIELLA CARDOSO MARTINS

Lodo de esgoto higienizado na adubação da cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* L.).

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia, Campus Uberlândia, da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Reginaldo de Camargo

Co-orientadora: Regina Maria Q. Lana

Uberlândia – MG

2016

AGRADECIMENTOS

Todas as formas de agradecimento seriam poucas para a gratidão que tenho em conseguir vencer mais uma etapa em minha vida. Porém, sem a presença de Deus e Maria me cobrindo com seu manto, nada seria possível, os dias de incerteza e fraqueza não seriam superados.

Agradeço aos meus pais Mirian e Wellington, por serem minha base, me apoiando sempre, de todas as formas possíveis e impossíveis. Me fortalecendo nos momentos de angústia, motivando a continuar e superar todos obstáculos. Suas palavras de apoio foram imprescindíveis, consegui passar por mais esse ciclo.

Ao meu orientador Reginaldo de Camargo, ajudando com clareza na resolução de todos problemas e me aconselhando de forma paciente e prestativa.

Aos meus amigos que ajudaram em todas atividades, em especial à Ana Luisa Alves Matos, Douglas Prates, Ernane Lemes, e aos demais da 54ª Turma de Agronomia. Ao meu namorado Murilo Gomes Natal, que sempre esteve ao meu lado me apoiando.

A Universidade Federal de Uberlândia e ao Instituto de Ciências Agrárias que concedeu essa oportunidade. Aos meus professores queridos, que passaram seus conhecimentos da melhor forma possível.

E aos que ajudaram de forma direta e indireta, sendo companheiros nesta caminhada, e contribuindo para eu conseguir alcançar meus objetivos na graduação.

Que Deus abençoe e ilumine a todos.

RESUMO

O lodo de esgoto é um resíduo proveniente das estações de tratamentos de esgoto, rico em matéria orgânica e nutrientes. Neste contexto, a prática de reciclagem na agricultura se destaca como a opção mais adequada tanto por reduzir a pressão sobre a exploração dos recursos naturais, como por evitar opções menos adequadas e mais impactantes sobre a população e o meio ambiente, além de proporcionar os melhores resultados econômicos. A cultura do sorgo é da família *Poaceae*, com boa tolerância a seca e alta adaptabilidade a condições adversas. A produção de sorgo é impactada pelo custo com adubações, por ser uma cultura que se tem pouco investimento. O lodo de esgoto é uma boa alternativa para fornecimento de nutrientes com menor custo de produção. Dessa forma, o presente trabalho teve por objetivo a avaliar a utilização do lodo de esgoto higienizado pela combinação entre os tratamentos com cal hidratada e solarização, na cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* L.) com doses variadas de fósforo. A pesquisa foi conduzida na casa de vegetação da Universidade Federal de Uberlândia, no município de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. Foram utilizadas sementes de sorgo granífero, cultivar 1G100. O delineamento experimental de blocos casualizados, possuía esquema fatorial 4 x 4, sendo os fatores quatro níveis de P₂O₅ (0, 50, 100 e 150% da dose recomendada para a cultura) e quatro doses de lodo de esgoto (0, 10, 20 e 30 Mg ha⁻¹). Cada parcela do experimento foi composta por dois vasos com duas plantas de sorgo. Foram feitas análises aos 30 e 60 dias após a semeadura, sendo altura de plantas, diâmetro de caule, clorofila *a*, clorofila *b* e área foliar. Ao final desse período as plantas foram retiradas do solo, separou-se a parte aérea e essa foi seca em estufa, após seca foi aferido o peso. Na avaliação realizada aos 30 dias após a semeadura não observou diferenças significativas entre os tratamentos para todas as variáveis. Aos 60 dias as variações das doses de lodo de esgoto influenciaram significativamente as variáveis área foliar, altura, clorofila *a*, massa seca e diâmetro, observando-se que melhores resultados nas doses entre 20 e 30 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto.

Palavras-chave: bio sólido, resíduos orgânicos, fertilizante organomineral.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 REFERENCIAL TEÓRICO	7
2.1 Formas de disponibilização e tratamento do lodo de esgoto	7
2.2 Uso do lodo de esgoto na agricultura	7
2.3 Características da cultura do sorgo	11
3 MATERIAL E MÉTODOS	12
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
5 CONCLUSÕES	19
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19

1 INTRODUÇÃO

A locação dos resíduos gerados pelos esgotos vem apresentando grandes problemas devido a diversos fatores. Dentre esses, podemos citar o alto custo de sua destinação final, com 20 a 60% do custo operacional de uma estação de tratamento de esgoto. Do ponto de vista ambiental a destinação do resíduo é outro grande problema, podendo gerar diferentes impactos no meio ambiente, principalmente quando depositado em aterros sanitários ou lixões (Bettiol e Camargo, 2000; Melo et al., 2001). Pois o lodo de esgoto elevará a matéria orgânica presentes nesses, podendo contaminar os lençóis freáticos.

Assim, há a necessidade de uma alternativa para alocação do lodo de esgoto, como o que vem ocorrendo há alguns anos com resíduos de origem urbana, industrial e agrícola que são utilizados na agricultura como adubos (Melo et al., 2008). Entre eles, há o biossólido, o qual já teve suas vantagens verificadas em diversas culturas como a soja (Lobo et al., 2012), milho (Barros et al., 2011; Junio et al., 2013), cana (Junior et al., 2007), entre outras. Além de apresentar vantagens nas culturas citadas, o biossólido também pode ser utilizado para produção de mudas (Caldeira et al., 2012) ou como matéria prima para produção de adubo organomineral.

Além disso, com o aumento ano após ano da utilização de insumos agrícolas, dentre esses os adubos, começa a se atentar para as reservas presentes no mundo de adubos minerais, como é o fósforo. A utilização exclusiva de adubos minerais também gera outros problemas como a contaminação do solo e dos lenções freáticos, devido a sua lixiviação (Barony, 2011).

Com a utilização de lodo de esgoto, como fonte de nutrientes para as plantas, haverá uma redução dos impactos causados por esses a natureza, além de reduzir a utilização de fertilizantes minerais, demonstrando a importância de estudos relacionados a essa utilização.

O sorgo (*Sorghum bicolor* L.) é um cereal de grande importância no mundo e consiste em uma das culturas alimentares de enorme versatilidade e eficiência, tanto do ponto de vista fotossintético, como em velocidade de maturação. Porém, mesmo com todo esse potencial, a produção do sorgo no Brasil ainda é limitada, necessitando de esforços no sentido de incentivá-la e divulgá-la.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a utilização do lodo de esgoto higienizado com combinação dos tratamentos com cal hidratada e solarização, na cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* L.) com doses variadas de fósforo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Formas de disponibilização e tratamento do lodo de esgoto

O aumento da urbanização e da coleta de esgoto a tendência é a elevação da quantidade de esgoto gerado no Brasil e no mundo, como consequência haverá o aumento do lodo de esgoto (Kress et al., 2004; Ricci, 2010). Sendo assim, devem-se procurar formas alternativas para o depósito final desse resíduo, a fim de reduzir os custos operacionais nas estações de tratamento e os possíveis impactos ambientais presentes na incorreta alocação do lodo.

Têm-se algumas formas alternativas para a disposição final do lodo de esgoto, objetivando sempre resolver os problemas decorrentes do modo tradicional de distribuição, sendo essas a incineração, a produção de biocarvão, entre outras (Lopes, 2013). Porém, esses métodos de disposição alternativa apresentam alguns inconvenientes como a contaminação ambiental ou o alto custo operacional, impossibilitando a utilização desses em larga escala, pois podem superar o que já é gasto tradicionalmente. Logo, mostra-se necessário uma forma de deposição que reduza os custos e não degrade o meio ambiente, pois assim sanará os principais problemas causados pelo lodo de esgoto.

A substituição de parte dos adubos convencionais, em grande maioria de fonte mineral, pelo biossólido proporcionará diversas melhorias nos aspectos ambientais. Os adubos minerais quando lixiviados podem contaminar o solo e os lençóis freáticos (Barony, 2011).

1.2 Uso do lodo de esgoto na agricultura.

Uma alternativa que há vários anos, e em diversos estudos, vem se demonstrando promissora e apresentando bons resultados é a utilização do lodo de esgoto na agricultura (Berton e Nogueira, 2010).

O lodo de esgoto apresenta em sua constituição características consideradas essenciais na prática agrícola moderna, dentre as quais podemos citar ser um composto rico em nutrientes e matéria orgânica. Quando esses estão presentes em concentração adequada no solo, fornecem condições ideais para o desenvolvimento da planta. Sendo assim, a aplicação

de lodo como fertilização agrícola pode ser considerada uma prática atraente para os agricultores e as estações de tratamento (Brenda, 2003).

A elevação do preço dos fertilizantes minerais, devido a maior demanda, e por esses apresentarem suas reservas finitas colaboraram para o aumento do interesse de explorar os resíduos urbanos, industriais e agrícolas. A utilização exclusiva de adubos minerais pode levar a degradação das qualidades físicas do solo, motivando ainda mais a utilização de resíduos, os quais geralmente são ricos em matéria orgânica (Oliveira et al., 2010).

A aplicação do lodo de esgoto no solo em climas tropicais, como é em grande parte do Brasil, apresenta ainda mais vantagens, pois a matéria orgânica é rapidamente mineralizado, disponibilizando nutrientes como o fósforo e nitrogênio rapidamente para as plantas. Mesmo em regiões de clima temperado, todavia, o lodo pode ser utilizado como recondicionador de solo (Traballi, 2008).

Em regiões de clima temperado, como Europa e América do Norte, o lodo de esgoto é utilizado há vários anos, sendo essa a alternativa de maior viabilidade encontrada para a alocação do resíduo. Na Alemanha, a utilização em plantações florestais destina-se quase todo o lodo gerado pelas estações de tratamento de esgoto no país (Traballi, 2008). Assim, estes países conseguiram transformar algo que era inconveniente em economia para os agricultores e para a população, pois reduziu os custos das estações de tratamento.

Porém para a utilização do lodo de esgoto na agricultura brasileira deve-se seguir a legislação criada para essa finalidade. Visando garantir que o resíduo não venha a causar danos ambientais ou a saúde de quem o utilize ou manuseie. Já que o lodo de esgoto é uma substância que apresenta metais pesados, uma grande quantidade de vetores de moléstias e organismos nocivos. Justificando a necessidade de uma legislação específica (CONAMA, 2006).

Nos artigos dessa lei também fica definido as possíveis fontes para a obtenção desse lodo, proibindo algumas origens do lodo de esgoto devido a suas características consideradas impróprias para a utilização na agricultura, como é o caso de esgotos hospitalares e industriais. Além da restrição da origem do lodo de esgoto, também há proibições com relação à cultura na qual vai ser utilizado o resíduo. As hortaliças são um bom exemplo, já que grande dessas é consumida *in natura* e geralmente estão em contato direto com o solo, havendo a possibilidade de um contato direto com o resíduo.

O lodo de esgoto que é retirado das estações de tratamento não pode ser distribuído diretamente no solo, porque ele necessita de algum tipo de processo que reduza a quantidade de microrganismos que está presente no lodo. Após o processamento desse, além da redução dos patógenos, também haverá uma redução da umidade presente no resíduo. A perda da água presente no lodo é de grande importância, pois o frete pode ser um dos principais empecilhos encontrados na utilização desse na agricultura, já que a sua matéria prima não apresenta custo (Marcon, 2014). Após o processamento do lodo de esgoto esse pode ser denominado de biossólido (Arruda et al., 2013).

Apesar das restrições do resíduo ele vem sendo estudado em diversas espécies vegetais, como no milho em que a utilização do biossólido como fertilizante elevou os teores dos micronutrientes na parte aérea, a quantidade de matéria seca nas plantas de milho e a produtividade. Não havendo concentração de elementos tóxicos com a utilização desse resíduo nessa cultura (Barros et al., 2011; Junio et al., 2013).

Na cultura da soja também há bons resultados no uso do biossólido, havendo uma interessante resposta quanto há a inoculação de *Bradyrhizobium* nessa cultura em áreas adubadas com o resíduo, já que assim obtêm-se resultados superiores a soja não inoculada para as características: número de nódulos na raiz, massa seca de nódulos e massa da matéria seca (Lobo et al., 2012).

A utilização desse resíduo na laranjeira 'pêra' demonstrou-se promissor, elevando os teores de N, P e Ca nas folhas, porém deve-se atentar, pois quanto utilizada altas doses de lodo pode haver um desbalanço nutricional prejudicando a absorção do Mg, nutriente essencial para o desenvolvimento da cultura (Romeiro et al., 2014). Isso demonstra que a utilização do lodo de esgoto não fica limitada somente as culturas graníferas, podendo ser também utilizado em frutíferas, desde que se tenha o estudo adequado.

Demonstrando ainda mais sua ampla gama de utilizações o biossólido apresenta bons resultados em espécies florestais, como é o caso da *Corymbia citriodora*, que proporcionou um desempenho superior na produção de biomassa foliar, óleo essencial e de madeira quando comparado à utilização exclusiva de adubo mineral (Silva et al., 2012). Na cultura do eucalipto a utilização do resíduo também elevou os teores foliares de Ca, N, P e S (Guedes, 2006).

Os resultados encontrados mostram-se promissores podendo apresentar melhores desempenhos morfológicos quando comparados à utilização exclusiva de adubos minerais (Neto et al., 2007).

O biossólido pode ser utilizado com outros resíduos, surgindo como uma ótima alternativa para a cultura de cana-de-açúcar, já que essa produz grandes quantidades de vinhaça e torta de filtro como subproduto da produção de etanol e açúcar. A utilização desses com o biossólido apresentam resultados similares ou, em alguns casos, superiores aos obtidos com a utilização exclusiva de fertilizantes minerais. Outra possibilidade é a utilização de adubos minerais em conjunto com os resíduos citados acima (Junior et al., 2007).

Na produção de mudas o biossólido pode ser utilizado em conjunto com substratos convencionais ou como fonte única de substrato para essas, reduzindo assim o custo final da muda. Para *Tectona grandis* a utilização de biossólido em quantidades acima de 60% do necessário de substrato apresentou desenvolvimento superior quando comparada à utilização majoritária de substrato comercial (Caldeira et al., 2012). Para a produção de mudas de *Toona ciliata* recomenda-se a utilização de no mínimo 70% do substrato exclusiva de biossólido ou, no máximo, a utilização de 30% de substrato comercial ou solo como complemento ao resíduo (Caldeira et al., 2012).

Além dos diversos benefícios fornecidos pelo biossólido nas culturas citadas acima, esse também influencia de maneira positiva em diversas características químicas do solo como a elevação da matéria orgânica, P, H+Al e CTC, sendo essas melhorias observadas tanto na camada de 0 a 20 cm como na de 20 a 40 cm, reiterando a justificativa de utilizar o resíduo na agricultura (Lobo et al., 2013). O biossólido além do fornecimento de nutrientes este resíduo também pode ser utilizado como corretivo de solo, desde que seja tratado com condicionadores químicos como o FeCl_3 e $\text{Ca}(\text{OH})_2$, pois esses alteraram as características do lodo (Guedes et al., 2006).

A liberação dos nutrientes presentes no biossólido é disponibilizada lentamente para o solo, ou seja, durante todo o crescimento da cultura haverá a disponibilidade de nutrientes, levando também a uma menor imobilização ou lixiviação dos mesmos. Essa característica é de grande interesse para a agricultura, principalmente para culturas de ciclo longo, já que fontes tradicionais de nutriente, como os adubos minerais, há uma considerável perda por lixiviação ou volatilização (Poggiani et al., 2000). Um exemplo de cultura que é beneficiada com essa técnica é o Eucalipto, quando essa é adubado com 10 Mg ha^{-1} de biossólido,

apresenta praticamente todo o nitrogênio adicionado pelo resíduo ao solo, incorporado em sua biomassa lenhosa após sete anos (Poggiani, 2006).

O biossólido apresenta em sua composição altos níveis de micronutrientes, como Cu, Fe, Zn, Mn, B e outros. A quantidade desses no solo é aumentada conforme eleva as doses do resíduo aplicado, podendo chegar a 10 vezes a quantidade dos micronutrientes presentes no solo inicialmente, dependendo da quantidade de lodo de esgoto adicionado no mesmo (Lobo et al., 2013).

Além das características químicas, o lodo de esgoto também influencia positivamente nas características físicas do solo, como a macroporosidade, microporosidade, porosidade total e a densidade de solo, com resultados mais expressivos na camada 0 a 10 cm (Arruda et al., 2013).

Diante desses vários exemplos pode-se perceber que o biossólido apresenta enormes vantagens na utilização na agricultura, passando por diversas áreas como a produção de grãos, culturas bioenergéticas, produção de mudas, entre outras. Com a contribuição dessas pesquisas a utilização desse resíduo continuará ganhando cada vez mais espaço em áreas de produção comercial, como já vem acontecendo em diversos países.

1.3 Características da cultura do sorgo

A cultura apresenta grande potencial para plantio no período de entressafra, principalmente na região Centro-Oeste (Silva et al., 2009). Entretanto, sua expansão não está limitada somente a essa região, pois vem ganhando espaço em diversos estados do Brasil, principalmente na região Sudeste.

Além do uso na alimentação animal, estima-se que centenas de milhões de pessoas, vivendo em países em desenvolvimento, especialmente da África e da Ásia, têm utilizado o sorgo para a alimentação básica (Mutisya et al., 2009).

Sendo assim fica explícito que são necessárias mais pesquisas relacionadas ao consumo de sorgo para humano, pois já se sabe que determinadas variedades de sorgo apresentam-se como uma boa fonte de minerais (Dicko et al., 2005). Inclusive o sorgo apresenta concentrações de minerais semelhantes ao milho (Furlan et al., 2006), que é uma cultura que necessita de maiores índices pluviométricos que o sorgo. Porém ainda hoje no

Brasil toda a produção de sorgo e destinada para a alimentação animal, como suínos, aves e bovinos, e parte para a produção de sementes (Leal et al., 2013).

Nos últimos anos, devido ao acréscimo de conhecimento dos produtores sobre o sorgo, essa cultura vem ganhando cada vez mais espaço nas lavouras, sendo o quinto cereal de maior produção no mundo e o quarto no ranking de produção brasileira (IBGE, 2010).

Um dos motivos que vem conquistando os produtores é a característica do sorgo de se adaptar em diversos ambientais, inclusive em condições de deficiência hídrica (Mariguele e Silva, 2002).

Segundo dados levantados pela Conab 2015/16, a área cultivada com sorgo na safra 2015/16 deve ficar em 560,2 mil hectares, com concentração na região Centro-Oeste, com cerca de 264,8 mil hectares, sendo o estado do Mato Grosso o com a maior área plantada da região, com 50,3 mil hectares. Porém o estado de Goiás foi o estado com maior área plantada no Brasil, com 201,4 mil hectares. A produção nacional de sorgo esperada, para esta safra, deve alcançar 1.168,1 mil toneladas, quantidade inferior à colhida na safra anterior. Com relação à produção nacional se tem 463,2 mil, 351,7 mil 105,3 mil toneladas, nos estados de Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso, respectivamente.

Um dos grandes problemas presentes para a produção de sorgo são os custos relacionados à adubação, os quais podem ultrapassar 50% dos custos com insumos para a produção de sorgo (Leal et al., 2013). Sendo assim, é interessante a utilização de fontes alternativas de adubação, visando à redução dos custos e uma maior produção.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido no período entre 08 de março e 07 de maio de 2015, em casa de vegetação no Campus Umuarama da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), na cidade de Uberlândia, MG, localizada na latitude Sul 18° 54', Longitude Oeste 48° 15', com altitude de 843 m.

A cultura escolhida para a condução do experimento foi o sorgo (*Sorghum bicolor* L.), cultivar 1G100. A semeadura foi realizada na profundidade de três centímetros, sendo colocadas quatro sementes por vaso e após 14 dias foram realizados os desbastes visando deixar apenas duas plantas por vaso. Cada parcela foi composta por quatro vasos de cinco litros.



FIGURA 1. Semeadura da cultivar 1G100 (esquerda) e desbaste das plantas de sorgo aos 14 dias (direita).

Para esse experimento o lodo de esgoto utilizado foi proveniente da estação de tratamento DMAE localizada no município de Uberlândia, MG. Foi feita higienização deste lodo, com solarização por 21 dias e tratamento com cal hidratada na base de 30% da matéria seca do mesmo.

Foi utilizado o delineamento experimento de blocos casualizados constituído de quatro repetições, em esquema fatorial 4 x 4, quatro doses de P_2O_5 : 0, 50%, 100% e 150%, os valores utilizados foram baseados na recomendação da 5ª aproximação (CFSEMG, 1999), de acordo com a análise química do solo, e quatro doses de biossólido: 0, 10, 20 e 30 $Mg\ ha^{-1}$. Tabela 1.

TABELA 1. Doses de lodo de esgoto e fósforo na adubação da cultura do sorgo.

P₂O₅ (%)	Lodo de esgoto (Mg ha⁻¹)
0	Ausência
0	10
0	20
0	30
50	Ausência
50	10
50	20
50	30
100	Ausência
100	10
100	20
100	30
150	Ausência
150	10
150	20
150	30

A tabela 2 consta os atributos químicos de solo, segundo EMBRAPA (2011). De acordo com análise do solo não foi necessário à aplicação de calcário para a correção da acidez. No momento da semeadura foi aplicado em todos os vasos, nitrogênio na forma de ureia na quantidade de 0,17 g vaso⁻¹ e 0,23 g vaso⁻¹ de K₂O na forma de KCl As doses utilizadas foram de acordo com o que a 5ª aproximação (CFSEMG, 1999) recomendada segundo a análise química feito no solo e adequadas para o volume de solo do vaso.

TABELA 2. Caracterização química da amostra do Latossolo Vermelho utilizado no experimento.

Determinação	Resultado
pH em água (1:2,5)	6,2
P (mg dm ⁻³)	2,3
K ⁺¹ (mg dm ⁻³)	0,31
Ca ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	2,3
Mg ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	0,8
Al ⁺³ (cmol _c dm ⁻³)	0
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	2,8
SB (cmol _c dm ⁻³)	3,41
t (cmol _c dm ⁻³)	3,41
T (cmol _c dm ⁻³)	6,21
m (%)	0
V (%)	55
Matéria orgânica – MO (dag kg ⁻¹)	2,7
Carbono Orgânico – CO (dag kg ⁻¹)	1,6

Análises realizadas no LABAS (Laboratório de Análises de Solo)

Aos 30 e 60 dias após a semeadura foram analisadas a altura de plantas, diâmetro do colmo, clorofila *a*, clorofila *b* e área foliar. Aos 60 dias, final do experimento, as plantas foram retiradas do solo, e separada a parte aérea das plantas, as quais foram secas em estufa de ar forçado por 48h, logo após esse período o material foi retirado, pesado e colocado novamente na estufa por 24h (totalizando 72h) e verificou-se que o material manteve o peso constante, encontrando dessa forma a massa seca da parte aérea.

Para a variável altura de planta foi utilizado trena para a aferição, sendo considerada a distância do colo até o final da última folha completamente desenvolvida. O diâmetro do colmo foi aferido 1cm acima do nível do solo com o auxílio de um paquímetro digital. Para a avaliação de clorofila *a* e *b* foi utilizado o clorofilômetro, sendo selecionadas as últimas duas folhas desenvolvidas por planta, totalizando oito amostras para cada parcela. Para a área foliar foram consideradas apenas as folhas completamente desenvolvidas, sendo utilizada a fórmula: altura x maior largura x 0,75. (Santos et al., 2013).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos foram submetidos as análises de pressuposições de homogeneidade e normalidade, com resultados dentro dos requisitos necessários. A partir disto, com uso do programa SISVAR foram feitas análises de regressões, em função das variáveis serem quantitativas, onde as fontes de variações foram as doses de fósforo, as doses de lodo de esgoto e a interação entre fósforo e lodo de esgoto. A análise de variância mostrou que os resultados aos 30 dias não foram significativos para as fontes de variações em relação as variáveis analisadas, a probabilidade se apresentou superior a 0,05 de significância. Tabela 4.

TABELA 4. Probabilidade de altura, diâmetro, clorofila *a*, clorofila *b* e área foliar em função de diferentes doses aos 30 dias.

Fv	Altura	Diâmetro	Clor <i>a</i>	Clor <i>b</i>	Área F.
Fósforo	0,9293	0,7118	0,0570	0,0549	0,7864
Lodo	0,7159	0,7783	0,7057	0,6506	0,9982
Fosf*Lodo	0,2358	0,0579	0,0560	0,0583	0,5741
Cv (%)	6,70	10,35	8,19	12,48	37,71

Aos 60 dias, a análise de variância mostrou que somente as doses de lodo de esgoto, apresentaram diferenças significativas, exceto para Clorofila *a*. Tabela 5.

TABELA 5. Probabilidade de altura, diâmetro, clorofila *a*, clorofila *b*, área foliar e massa seca em função de diferentes doses aos 60 dias.

Fv	Altura	Diâmetro	Clor <i>a</i>	Clor <i>b</i>	Área F.	M Seca
Fósforo	0,500	0,0588	0,9975	0,7615	0,4524	0,0866
Lodo	0,000*	0,000*	0,006*	0,0574	0,0008*	0,000*
Fosf*Lodo	0,9966	0,9421	0,7728	0,6171	0,1805	0,9649
CV (%)	8,57	11,62	4,85	15,01	22,45	19,90

A significância das doses de lodo de esgoto nas variáveis área foliar, altura, diâmetro, massa seca e clorofila *b*, possibilitou análise dos dados pelas equações de regressões geradas. Em todas variáveis analisadas regressão que se adequou aos dados foi a quadrática, com coeficiente de determinação $R^2 > 70\%$.

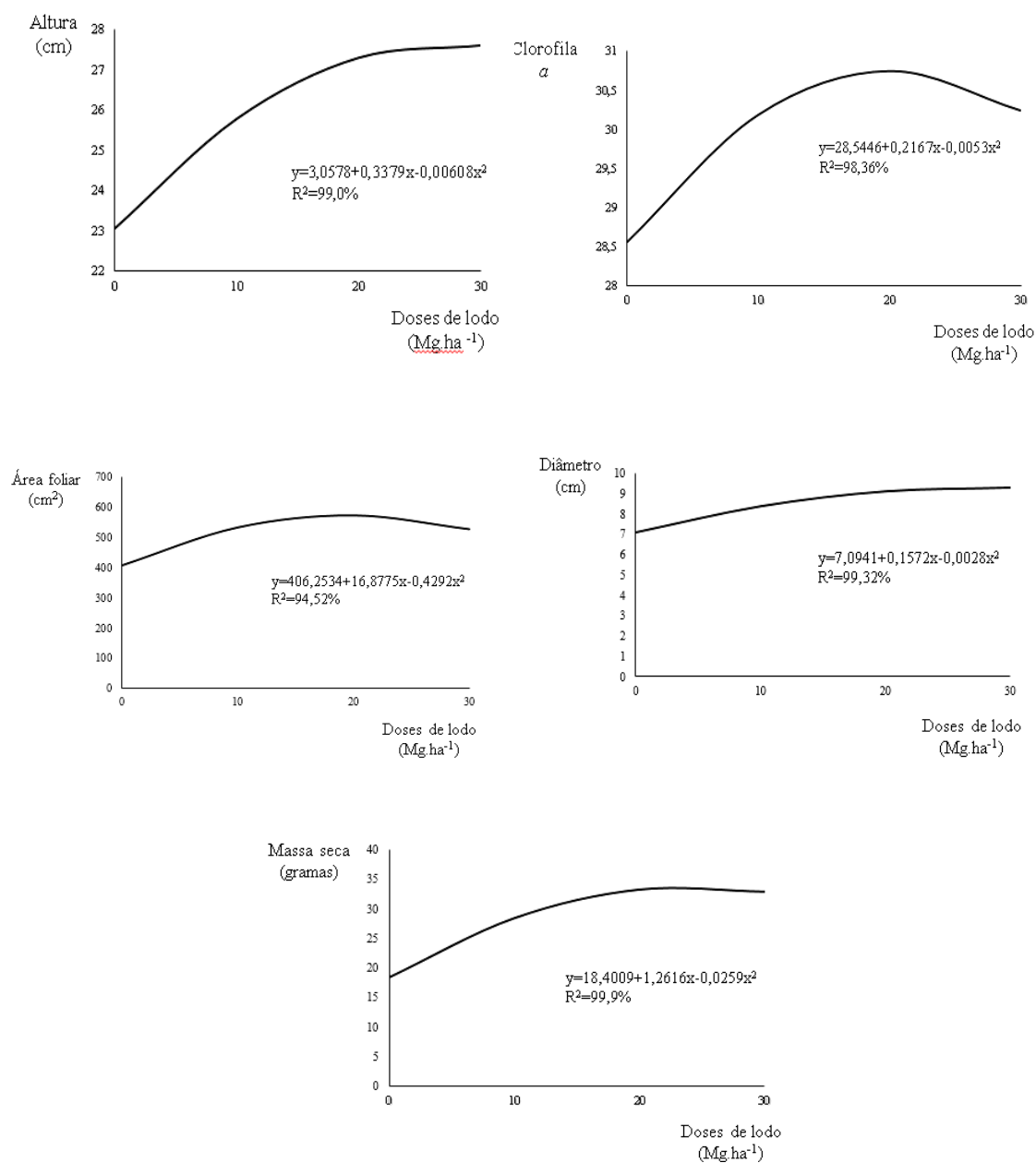


FIGURA 2. Análise de altura, clorofila *a*, área foliar, diâmetro e massa seca das plantas de sorgo cultivar 1G100 aos 60 dias.

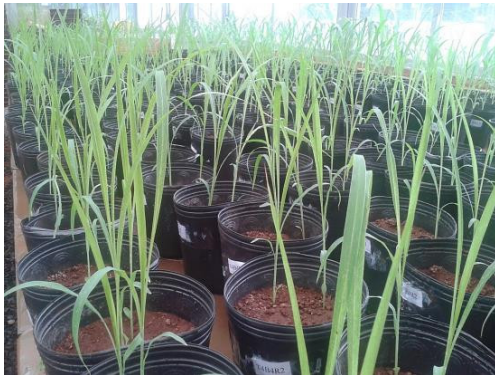
O ponto máximo das doses que obtiveram melhores resultados nas variáveis foram observados com 24,31 Mg ha⁻¹, 28,27 Mg ha⁻¹, 19,66 Mg ha⁻¹, 20,3 Mg ha⁻¹, 27,78⁻¹ de lodo de esgoto, para massa seca, diâmetro, área foliar, clorofila *a*, e altura, respectivamente.

Os dados analisados mostram que o intervalo entre 20 Mg ha⁻¹ e 30 Mg ha⁻¹ obteve boas respostas para a cultura do sorgo aos 60 dias. Isto é importante por mostrar doses possíveis a serem recomendadas deste resíduo orgânico na agricultura.

Segundo Mota, et al. (1997) foram vistos bons resultados na aplicação de lodo na cultura do sorgo para a variável altura da planta. Oliveira et al. (1995), salientou a tendência de aumento da taxa de crescimento vegetativo de algumas culturas em decorrência da utilização de lodo de esgoto.

Alguns trabalhos mostram que a utilização do lodo apresentou resultados similares e/ou superiores aos obtidos com a utilização exclusiva de fertilizantes minerais. (Junior et al., 2007). A utilização de lodo de esgoto na cultura do milho elevou os teores de micronutrientes na parte aérea, a produtividade e a quantidade de massa seca das plantas, não havendo resíduos tóxicos na cultura. (Barros et al., 2011).

A aplicação de biossólido como fonte orgânica em fertilizantes organominerais, é interessante, onde Oliveira (2016) observou que caso deseja-se reduzir a quantidade deste fertilizante a ser aplicado, esta é a fonte mais indicada.



FIGURAS 3. Experimento aos 30 dias (esquerda) e aos 60 dias (direita).

5 CONCLUSÕES

- As doses de fósforo não influenciaram significativamente as variáveis altura, diâmetro, clorofila *a* e *b*, massa seca e área foliar. Não ocorrendo interação significativa entre as doses de fósforo e as doses de lodo de esgoto.
- A aplicação de lodo de esgoto resultou em incrementos significativos para altura de plantas, diâmetro de colmo, acúmulo de massa seca e clorofila *a*, na cultura do sorgo aos 60 dias.
- As doses de lodo de esgoto entre 20 e 30 Mg.ha⁻¹ obtiveram os melhores resultados nas variáveis analisadas

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARRUDA, O. G. et al. Atributos físicos de um Latossolo degradado tratado com biossólido há cinco anos. Científica, **Revista de Ciências Agrárias**, Jaboticabal, v.41, n.1, p.73-81, 2013.

BARONY, F. J. A. **Biossólidos: produção, efeitos no crescimento de mudas de eucalipto e avaliação de risco a saúde humana**. 2011. 153 f. Dissertação (Pós-Graduação) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

BARROS, I. T. et al. Avaliação agrônômica de biossólidos tratados por diferentes métodos químicos para aplicação na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.6, p.600-638, 2011.

BERTON, R. S.; NOGUEIRA, T. A. R. Uso de lodo de esgoto na agricultura. In: COSCIONE, A. R.; NOGUEIRA, T. A. R.; PIRES, A. M. M. Uso agrícola de lodo de esgoto: avaliação após a resolução nº 375 do CONAMA. Botucatu: FEPAF, 2010. cap. 2, p. 31-50.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. (Ed). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p.163-178, 2000.

BRASIL. Constituição (2006). CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 375, de 29 de agosto de 2006. **Resolução nº 375, de 29 de Agosto de 2006**. São Paulo, SP.

BRENDA, C. C. **Utilização de lodo de efluente doméstico: efeitos na produtividade agrícola e em alguns aspectos ambientais**. 2003. 143 f. Tese (Doutorado em Agronomia

Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 2003.

CALDEIRA, M. V. W. et al. Biossólido na composição de substrato para produção de mudas de *Tectona grandis*. **Revista Floresta**, Curitiba, v.42, n.1, p. 77-84, jan./mar., 2012.

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira: grãos, decimo primeiro levantamento, julho/2016**. Brasília, DF, 2016. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_08_09_12_08_19_boletim_graos_agosto_2016.pdf. Acesso em: 01 de dezembro de 2016.

DICKO, M. H. et al. Evaluation of the effect of germination on phenolic compounds and antioxidant activities in sorghum varieties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 53, p. 2581 - 2588, 2005.

EMBRAPA. Manual de Métodos de Análise de Solo. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. 2ª edição. Rio de Janeiro. 2011

FURLAN, A.C. et al. Avaliação nutricional da silagem de grãos úmidos de sorgo de baixo ou de alto conteúdo de tanino para coelhos em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.775 - 784, 2006.

GUEDES, M. C. et al. Propriedades químicas do solo e nutrição do eucalipto em função da aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p. 267-280, 2006.

IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Rio de Janeiro, 2010**. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa_201001_5.shtm. Acesso em: 31 de agosto de 2014.

JUNIO, G. R. Z. et al. Produtividade de milho adubado com composto de lodo de esgoto e fosfato natural de Gafsa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.17, n.7, p.706-712, 2013.

JUNIOR, L. C. T. et al. Produtividade e qualidade de cana-de-açúcar cultivada em solo tratado com lodo de esgoto, vinhaça e adubos minerais. **Associação Brasileira de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.1, p. 276-283, jan./abr., 2007.

KRESS, N.; HERUT, B. & GALIL, B. S. Sewage sludge impact on sediment quality and benthic assemblages off the Mediterranean coast of Israel — a long - term study. **Marine environmental research**, 57, 3: 213 - 233, 2004.

LEAL, S. T. et al. Análise econômica da produção de sorgo na safrinha com diferentes fontes de nitrogênio em cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.12, n.2, p. 85-91, 2013.

LOBO, T. F. et al. Crescimento e fixação biológica do nitrogênio em soja cultivada com doses de lodo de esgoto compostado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.33, n.4, p.1333-1342, jul./ago., 2012.

LOBO, T. F. et al. Efeito do manejo e de níveis de lodo de esgoto na fertilidade do solo após três aplicações. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 2, p. 288-296, mar./abr. 2013.

LOBO, T. F. et al. Manejo do lodo de esgoto e nitrogênio mineral na fertilidade do solo ao longo do tempo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, p. 2705-2726, nov./dez., 2013.

LOPES, H.M. **Caracterização química e física de biocarvão de lodo de esgoto sob diferentes temperaturas de pirólise**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2013, (38) páginas. Monografia

MARCON, M. K. F. **Viabilidade econômica da utilização agrícola do biossólido da Unidade de Gerenciamento de Lodo (UGL) Ouro Verde**. 2014, 50f. Dissertação (Pós-graduação), UNIOESTE, Cascavel, 2014.

MARIGUELE, K. H.; SILVA, P. S. L. Avaliação dos rendimentos de grãos e forragem de cultivares de sorgo granífero. **Caatinga**, Mossoró, v. 15, n. 1/2, p. 13-18, 2002.

MELO, L. C. A.; SILVA, C. A.; DIAS, C. A. Caracterização da matriz orgânica de resíduos de origens diversas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.101-110, 2008.

MELO, W.J O uso agrícola do biossólido e as propriedades do solo. In. TSUTIYA, M.T.; COMPARINI, J.B.; SOBRINHO, P.A.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P.C.T. MELFI, A.J.; MELO, W.J. & MARQUES, M.O. eds. **Biossólidos na agricultura**. São Paulo, SABESP, 2001. p.289-363.

MOTA, S.; BEZERRA, F. C.; TOMÉ, L. M. Avaliação de culturas irrigadas com esgoto tratado. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 1997.

MUTISYA, J.; SUN, C.; ROSENQUIST, S.; BAGUM A, Y.; JANSSON, C. Diurnal oscillation of SBE expression in sorghum endosperm. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 166, p. 428 - 434, 2009.

NETO, S. P. M.; JÚNIOR, C. H. A.; MURAOKA, T. **Uso de biossólido em plantios florestais**. Embrapa Cerrado, Planaltina, dez. 2007. 24p.

OLIVEIRA, et al. Lodo de esgoto como fonte de macronutrientes para a cultura do sorgo granífero. **Sci. Agric.** Piracicaba. 52(2):360-367. mai/ago. 1995

OLIVEIRA, M. W. de; FREIRE, F. M.; MACÊDO, G. A. R.; FERREIRA, J. J. Nutrição mineral e adubação da cana-de-açúcar. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, no 239, p. 30-43, jul/ago. 2010.

OLIVEIRA, D. P. **Desenvolvimento inicial do sorgo com uso de fertilizantes organominerais formulados com diferentes fontes de matéria orgânica.** Tese de Mestrado em Agronomia – Universidade Federal de Uberlândia – Instituto de Ciências Agrárias. Uberlândia – MG. 2016.

POGGIANI, F. **Uso de biossólidos produzidos nas estações de tratamento de esgoto da região metropolitana de São Paulo em plantações florestais.** Piracicaba: FEALQ/SABESP, 2006. 70p. (Relatório Técnico-Científico, 42).

POGGIANI, F.; GUEDES, M.C.; BEN EDETTI, V. **Aplicabilidade de biossólido em plantações florestais: I. Reflexo no ciclo dos nutrientes.** In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. (Ed). Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p.163-178, 2000.

RICCI, A. B.; PADOVANI, V. R. C.; JÚNIOR, D. R. P. Uso de lodo de esgoto estabilizado em um solo decapitado. I- Atributos físicos e revegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 535-542, 2010.

ROMEIRO, J. C. T.; FILHO, H. G.; MOREIRA, L. L. Q. Absorção de N, P, K, Ca e Mg por laranjeiras ‘pêra’ fertilizadas com lodo de esgoto compostado em substituição à adubação nitrogenada mineral. **Jornal Brasileiro de Irrigação e Drenagem**, Botucatu, v.19, n.1, p. 82-93, jan./mar., 2014.

SANTOS, V. M.; MELO, A. V.; CARDOSO, D. P.; GONÇALVES, A. H.; VARANDA, M. A. F.; TAUBINGER, M. Uso de Bioestimulantes no Crescimento de Plantas de Zea mays L. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, n.3, p. 307-318, 2013.

SILVA, A.G. et al. Avaliação de cultivares de sorgo granífero na safrinha no sudoeste do estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 2, p. 168 - 174, abr./jun. 2009.

SILVA, P. H. M. et al. Balanço nutricional, produção de óleo essencial e madeira de *Corymbia citriodora* Hill & Johnson com aplicação de lodo de esgoto e fertilizante mineral. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.22, n.4, p. 821-831, out./dez., 2012.

TRABALLI, R. C. **Composição de amostra representativa de solo fertilizado com lodo de esgoto**. viii, 57 f.: il. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu-SP. 2008.