

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS

ADOLFO LUÍS DOS SANTOS

**UTILIZAÇÃO DE LODO TÊXTIL NO CULTIVO
DE TÍFTON**

ALFENAS/MG

2012

ADOLFO LUÍS DOS SANTOS

**UTILIZAÇÃO DE LODO TÊXTIL NO CULTIVO DE
TÍFTON**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Tecnologia Ambiental pela Universidade Federal de Alfenas.

Orientador: Prof. Dr. Breno Régis Santos.
Coorientador: Prof. Dr. Aداuton Vilela de Rezende

**ALFENAS/MG
2012**

ADOLFO LUÍS DOS SANTOS

**UTILIZAÇÃO DE LODO TÊXTIL NO CULTIVO DE
TÍFTON**

A Banca examinadora abaixo-assinada, aprova a Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre Ecologia e Tecnologia Ambiental pela Faculdade Federal de Alfenas.

Aprovada em:

Profº. Dr. Breno Régis Santos
Instituição: UNIFAL

Assinatura

Profº. Dr. Adriano Bortolotti da Silva
Instituição: UNIFENAS

Assinatura:

Profº. Dr. Marcelo Pólo
Instituição: UNIFAL

Assinatura:

Dedico a Deus, aos meus pais,
amigos e parentes pelo apoio na
realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL) e a Universidade José do Rosário Vellano (UNIFENAS) pela oportunidade oferecida.

Ao Prof. Dr. Breno Régis Santos (orientador), Prof. Dr. Aداuton Vilela de Rezende (coorientador), pela dedicação, conhecimentos transmitidos, paciência e confiança depositada na realização deste trabalho.

A todos que, de alguma forma me ajudaram a realizar este trabalho, minha eterna gratidão.

RESUMO

O avanço industrial nas últimas décadas vem contribuindo com a geração de diversos tipos de resíduos, estes resíduos quando não destinados corretamente causam graves problemas de contaminação ambiental. Neste sentido, objetivou-se com esta pesquisa avaliar o potencial do lodo têxtil como alternativa de fertilizante para forrageira do gênero *Cynodon* sp, utilizando como planta indicadora o Tifton. O experimento foi realizado em vasos, sob condições de campo. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com sete tratamentos (ausência, 1, 2, 3, 5 e 8 t ha⁻¹ de lodo têxtil, também foi realizado um tratamento composto por solo puro), com quatro repetições. Após 15 dias do plantio foi feito um corte para a homogeneização das plantas, e para todos os tratamentos foi realizado uma adubação de cobertura com 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 40 kg ha⁻¹ de K₂O, utilizando 200 kg do adubo formulado NPK (20-00-20), exceto para o tratamento que foi composto somente de solo. Cada parcela foi constituída de um vaso totalizando 28 parcelas. Cada vaso recebeu 4 mudas de Tifton com raiz padronizadas por tamanho e 7 dm³ da mistura: solo + lodo têxtil (densidade do solo = 1,0 kg.dm³), conforme os tratamentos descritos. Para as avaliações de desenvolvimento das plantas foram avaliados: a altura da parte aérea, número de perfilhos, massa seca da parte aérea, alongamento do sistema radicular, e massa seca das raízes. Para as análises anatômicas foram avaliadas: densidade estomática, índice estomático, funcionalidade estomática, espessura do mesofilo, espessura da epiderme da face abaxial, espessura da epiderme da face adaxial, diâmetro do floema, diâmetro do xilema, distância entre os feixes vasculares, espessura do córtex, espessura da epiderme radicular e área do córtex. Houve modificações anatômicas nas folhas e raízes do Tifton (*Cynodon* sp) em todas as variáveis analisadas, sendo estas modificações consideradas uma forma de adaptação das plantas às modificações ambientais causadas pelo aumento das concentrações de lodo têxtil. Quanto ao desenvolvimento das plantas, foi verificada diferença estatística para todas as variáveis testadas, sendo observada toxidez das plantas quando o lodo foi aplicado em concentrações acima de 5 t ha⁻¹, concluindo que, o uso do lodo têxtil em concentração de até 5 t ha⁻¹ consiste em uma alternativa viável de fertilizante para o cultivo do Tifton (*Cynodon* sp).

Palavras-chave: Resíduo industrial, *Cynodon* sp, metais pesados.

ABSTRAT

The industrial progress in recent decades has contributed to the generation of various types of waste, this waste if not properly designed can cause major problems of environmental contamination. In this sense, the aim of this research was to evaluate the potential of textile sludge as an alternative fertilizer for forage of the genus *Cynodon* sp, using as indicator plant Tifton. The experiment was conducted in pots under field conditions. We used a completely randomized design with seven treatments (0, 1, 2, 3, 5 and 8 t ha⁻¹ textile sludge was also carried out a treatment consisting of pure soil) with four replications. After 15 days of the plantation was a cut to the homogenization of plants, and for all treatments was carried out a dressing with 40 kg ha⁻¹ nitrogen and 40 kg ha⁻¹ K₂O, using 200 kg of fertilizer NPK (20-00-20), except for the treatment consisted only of soil. Each plot consisted of a pot totaling 28 plots. Each pot received four rooted cuttings of Tifton standardized size and 7 dm³ of the mixture: soil + sludge fiber (bulk density = 1.0 kg.dm³), according to the treatment described. Evaluations of plant development were evaluated: shoot height, number of tillers, shoot dry weight, root elongation and root dry mass. For anatomical analyzes were evaluated: stomatal density, stomatal index, stomatal function, mesophyll thickness, thickness of the epidermis of the abaxial surface, thickness of the adaxial epidermis, diameter of phloem, xylem diameter, distance between vascular bundles, thickness of cortex, thickness of root epidermal and cortical area. There were anatomical changes in leaves and roots of Tifton (*Cynodon* sp) in all variables, and these modifications considered a form of plant adaptation to environmental changes caused by increasing concentrations of textile sludge. How to plant development, statistical difference was found for all variables tested, observed toxicity of the plants when the sludge was applied at concentrations above 5 t ha⁻¹, concluding that the use of textile sludge in concentrations up to 5 t ha⁻¹ consists of an alternative fertilizer for the cultivation of Tifton (*Cynodon* sp.)

Keywords: Industrial waste, *Cynodon* sp, heavy metals.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1	Efluentes líquidos da indústria têxtil	11
2.2	Tratamento dos efluentes têxteis	12
2.3	Geração do lodo têxtil	14
2.4	Classificação dos resíduos	15
2.5	Utilização de resíduos na agricultura	16
2.6	Tifton (<i>cynodon</i> sp)	17
2.7	Anatomia vegetal	18
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20
	ARTIGO: LODO TÊXTEL COMO ALTERNATIVA DE FERTILIZANTE AGRÍCOLA NO CULTIVO DE FORRAGEIRA DO GÊNERO <i>CYNODON</i>	25
1	INTRODUÇÃO	27
2	MATERIAL E MÉTODOS	28
3	RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
3.1	Desenvolvimento das plantas	31
3.2	Modificações anatômicas	34
3.2.1	Avaliações anatômicas	34
4	CONCLUSÕES	42
	REFERÊNCIAS	43
	ANEXOS	47

1 INTRODUÇÃO

Com o grande avanço industrial nas últimas décadas vem aumentando também as diversas formas de contaminação ambiental. O crescimento industrial vem se intensificando em razão da necessidade de atender a demanda de população cada vez mais numerosa e exigente. O desenvolvimento de novas tecnologias, processos de produção e produtos beneficia a sociedade, ao mesmo tempo em que, contribui com a degradação dos ecossistemas, introduzindo substâncias nocivas ao ser humano e aos ecossistemas (ZANELLA et al., 2010).

O setor têxtil está entre as oito maiores atividades industriais, desempenhando um importante papel no aspecto sócio-econômico do país, porém, sendo o seu potencial poluidor considerado bastante elevado (CERVANTES et al., 2009).

Devido a escassez de áreas disponíveis próximas aos grandes centros urbanos para o despejo dos resíduos industriais, associado ao aumento dos custos dos fertilizantes comerciais, atualmente o uso de resíduos industriais na agricultura tem-se tornado uma boa alternativa, tanto do ponto de vista ambiental, quanto agrícola (SOBRAL et al., 2011; MESQUITA et al., 2006).

Dentre as opções de disposição final a reutilização de resíduos é, sem dúvida, a mais interessante, seja do ponto de vista econômico ou ambiental e, muitas vezes, social (PRADO et al., 2004). Entretanto, no Brasil a principal destinação de resíduos ainda é feito em aterros que, na maioria das vezes, não atendem aos padrões ambientais de qualidade (SOBRAL et al., 2011).

Se por um lado estes resíduos podem contribuir para o aumento da fertilidade do solo, entretanto, por outro lado levam para o solo, agentes tóxicos que podem prejudicar o desenvolvimento das plantas. Esses agentes tóxicos podem ser transferidos para a cadeia alimentar por meio das plantas, pela contaminação das águas ou expressar seu potencial fitotóxico, chegando a modificar as estruturas internas de folhas e raízes (OLIVEIRA e MATTIAZO, 2001). As modificações das estruturas internas de folhas e raízes de plantas podem ajudar a explicar a influência que o ambiente está causando nestas plantas, tornando assim um indicador das diferentes respostas das plantas a estímulos ambientais (MARQUES et al., 2011; MEDEIROS et al., 2011; PEREIRA et al., 2011; CASTRO, PEREIRA e PAIVA (2009) e SOUZA et al., 2009).

Atualmente, o Tifton (*Cynodon* sp), vem sendo frequentemente recomendado como planta forrageira para alimentação de animais em todo o mundo, por possuir boas características de produção, dentre elas, recuperação rápida após o corte e elevada eficiência na absorção de nutrientes aplicados no solo (QUEIROZ et al., 2004). Neste sentido, o objetivo com este trabalho foi avaliar o potencial do lodo têxtil como alternativa de fertilizante no cultivo desta forrageira. Tifton (*Cynodon* sp).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O caráter industrial das atividades têxteis ocorreu no Brasil somente após a década de 80. Inicialmente, mesmo apresentando aspectos meramente artesanais, já se previa a evolução econômica desta atividade, a qual estava ligada diretamente às culturas de fibras naturais como o algodão, a juta, orami, o linho, a seda, o sisal, entre outros (ZANELLA et al., 2010)

A indústria têxtil se modernizou com máquinas, equipamentos e, atualmente, encontra-se entre as oito maiores atividades industriais, desempenhando um importante papel no aspecto sócio-econômico do país. Existem, no Brasil, mais de 5500 indústrias têxteis, sendo a maioria das empresas de pequeno e médio porte, embora 80 a 90% do faturamento é a maior parte da produção do setor seja devido às atividades das indústrias de grande porte (CERVANTES et al., 2009).

O investimento realizado nesses empreendimentos provém basicamente do capital nacional, sendo que a região sudeste concentra a maioria dessas indústrias, seguida das regiões sul e nordeste do país (LEÃO et al., 2002).

O Sul de Minas Gerais é uma das regiões detentoras da maior concentração de estabelecimentos têxteis do estado. Este status, adquirido a partir do ano 2000, ocorreu em consequência a um movimento de realocização de plantas industriais de grande porte, devido à perda de participação da região Central na produção industrial do estado por problemas como a falta de áreas adequadas, legislação ambiental, tráfego, poluição, entre outros, propiciando a migração de indústrias para outras localidades que ofereciam melhores condições (CERVANTES et al., 2009).

As fibras naturais ou sintéticas são as principais matérias primas do setor, dentre as fibras naturais, figuram: algodão, lã, linho, entre outros. Por outro lado, as fibras artificiais e sintéticas são fabricadas a partir de produtos naturais de composição macromolecular (animal/vegetal) como a viscosa, o acetato de celulose, dentre outros (ZANELLA et al., 2010).

O consumo anual de fibras têxteis no Brasil é de 8 quilos por habitante, sendo que, para 2020, existe uma projeção de consumo de aproximadamente 9 quilos de fibras por habitante/ano (CERVANTES et al., 2009).

As atividades empregadas pelas indústrias têxteis geram problemas devido à eliminação de resíduos tóxicos, provenientes dos subprodutos gerados na indústria. Estes, quando não tratados convenientemente antes de serem lançados em águas naturais, podem

causar contaminação do meio ambiente, o que leva as empresas se preocuparem em adequar seus sistemas à legislação vigente, sendo esta também uma preocupação ecológica mais emergente (IMMICH et al., 2006).

2.1 Efluentes líquidos da indústria têxtil

A indústria têxtil é uma das maiores produtoras de efluentes líquidos, sendo incontestável que a água é a matéria-prima de maior consumo pelo setor. Na produção de tecido de algodão, por exemplo, o consumo de água pode variar de 100 a 300 L.kg⁻¹ de tecido, ressaltando-se que a maior parte deste volume é consumido nos setores de lavagem, alvejamento, tingimento, estampagem e secagem (IMMICH et al., 2006)

Em geral, os efluentes têxteis apresentam pH variando entre 8 – 11; uma turbidez coloidal acinzentada; a cor depende do corante usado com predominância; o teor de sólidos totais varia de 1000 a 1600 mg L⁻¹; a DBO de 200 – 600 mg O₂ L⁻¹; a alcalinidade total de 300 – 900 mg L⁻¹; o teor de sólidos em suspensão de 30 – 50 mg L⁻¹; e o teor de cromo, as vezes, e superior a 3 mg L⁻¹ (ZANELLA, 2010).

Uma das maiores preocupações da sociedade organizada e da própria indústria têxtil é o seu elevado consumo de água nas etapas de lavagem, tingimento e acabamento, fazendo com que esse segmento ocupe o 4º lugar mundial entre as indústrias com alto potencial poluidor (GONÇALVES et al., 1997).

Além dos corantes, pigmentos e produtos auxiliares, o efluente têxtil apresenta grande quantidade de compostos orgânicos e inorgânicos, fazendo com que este tipo de efluente apresente toxicidade à vida aquática, pois diminuem o oxigênio dissolvido e modificam as propriedades e características físicas dos cursos d'água.

O grau de toxicidade dos efluentes têxteis varia em função das instalações e dos processos empregados (LEÃO et al., 2002). De acordo com os insumos utilizados, a toxicidade pode apresentar-se em diferentes níveis. Apesar da incerteza quanto à exata composição ou toxicidade de muitos corantes e auxiliares químicos empregados na indústria têxtil, grupos genéricos de agentes químicos contribuem para aumentar o problema. Dentre esses agentes destacam-se: corantes, sais, agentes tensoativos, metais, compostos orgânicos tóxicos, biocidas e ânions tóxicos (IMMICH et al., 2006).

Esses efluentes industriais devem ser apropriadamente tratados antes do descarte nos cursos d'água, pois podem proporcionar impactos evidentes ao corpo hídrico. Além da interferência estética e do fato de dificultar ou encarecer o processo de tratamento de água para abastecimento público, podem causar modificações nas atividades fotossintetizantes da biota aquática (LEÃO et al., 2002).

As águas que servem de habitat para uma infinidade de espécies da microbiota, flora e fauna aquática devem se ajustar a certos padrões relativos a cor, ou seja, deve apresentar aspectos físico-químicos necessários a preservação da biota. Isto se faz importante, pois 10% da luz que se choca com a superfície de uma corrente de água deve chegar à zona fotossintética, na qual deve-se manter concentrações adequadas de oxigênio em dissolução (IMMICH et al., 2006).

2.2 Tratamento dos efluentes têxteis

Os efluentes líquidos gerados passam por uma série de tratamentos físicos, químicos e biológicos, para que o efluente final do tratamento apresente características determinadas pelos órgãos ambientais, para que possa ser lançado nos corpos d'água minimizando danos ao meio ambiente. Após essas etapas de tratamento do efluente líquido ocorre a formação do lodo. Pode-se observar na Figura 1 o caminho percorrido pelo efluente gerado até a formação do lodo.

Segundo Castro (2010), as etapas de gradeamento, peneiramento, separação de areia, são todas etapas físicas, nas quais se tem a retirada de materiais, como por exemplo, fibras dos tecidos, e argilas expandidas, utilizadas na etapa de desengomagem do tecido. No homogeneizador existe um ajuste do pH, necessário para a etapa posterior do processamento. No decantador ocorre a remoção de turbidez e eliminação de parte da carga orgânica, para isto faz-se a decantação dos sólidos suspensos presentes no efluente. Já a cor que é um sólido solúvel ou coloidal é retirada na etapa de coagulação/floculação e posterior decantação.

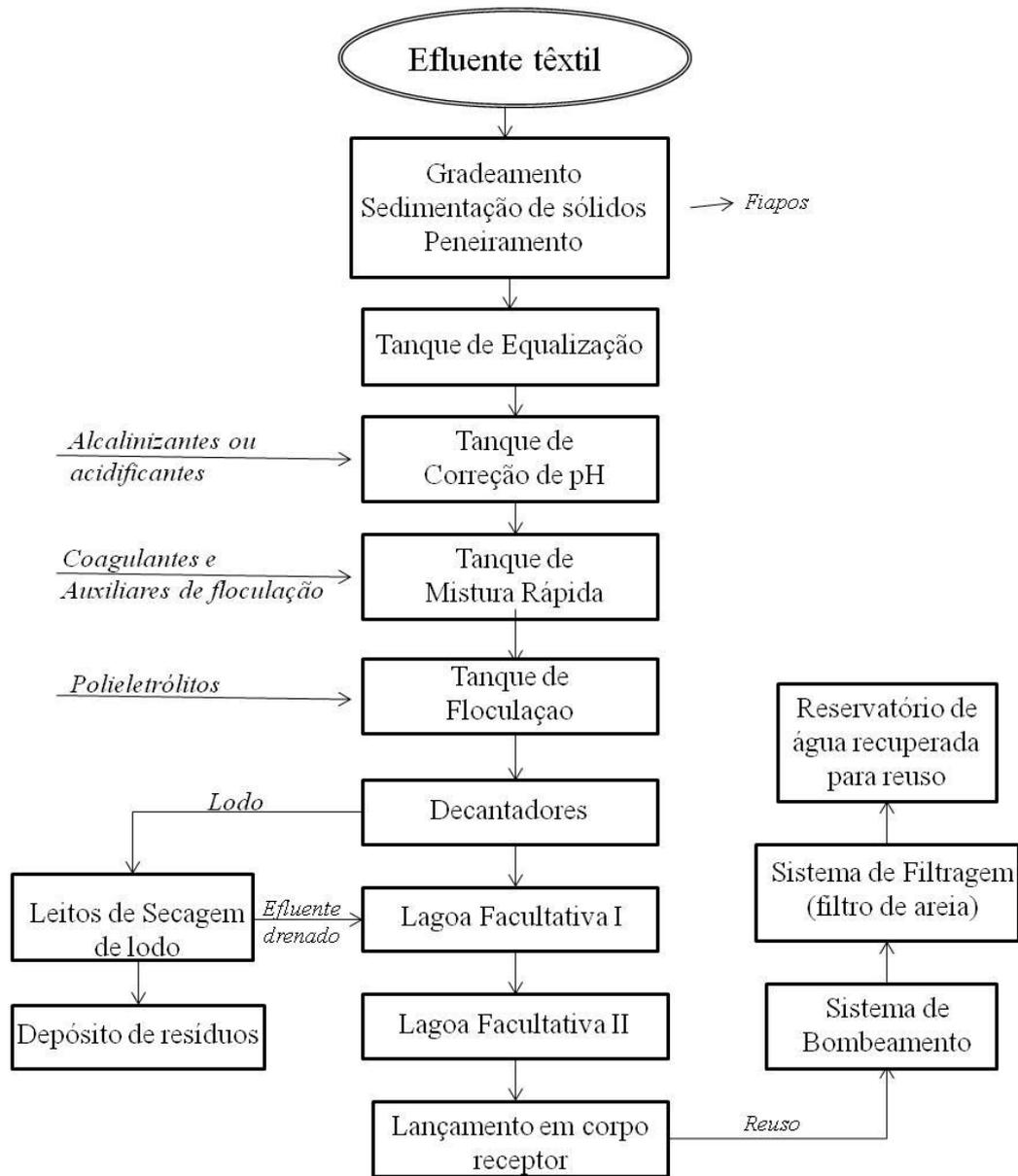


Figura 1. Fluxograma do tratamento de efluentes de uma indústria têxtil
 FONTE: CASTRO, (2010).

O sobrenadante, ou seja, o líquido clarificado do decantador passa então para as lagoas de tratamento que é o tratamento secundário. A função desse tratamento é a remoção da matéria orgânica solúvel (CASTRO, 2010).

Segundo Kunz et al. (2002), as técnicas de tratamento fundamentadas em processos de coagulação, seguidas de separação por flotação ou sedimentação, apresentam uma elevada eficiência na remoção de material sólido coloidal ou de pequeno tamanho.

Os processos biológicos utilizados com maior frequência estão representados pelos sistemas de lodos ativados. Este processo consiste na agitação dos efluentes na presença de

microrganismos e ar, durante o tempo necessário para metabolizar e flocular uma grande parte da matéria orgânica. Infelizmente, o processo apresenta o grande inconveniente de ser bastante susceptível à composição do efluente (cargas de choque), além de produzir um grande volume de lodo (CASTRO, 2010).

Em geral, na indústria têxtil os processos de tratamento estão fundamentados na operação de sistemas físico-químicos de precipitação-coagulação, seguidos de tratamento biológico via sistema de lodos ativados.

Nesse contexto, o processo de lodos ativados apresenta uma eficiência de remoção de corantes da ordem de 80% (KUNZ et al., 2002). Entretanto, a cor não é destruída durante o tratamento biológico, mas apenas transferida para o lodo, em razão da elevada capacidade de adsorção da biomassa (CLAUSEN, TAKASHIMA, 2007).

A eficiência dos tratamentos por lodos ativados é questionada devido a necessidade de longos tempos de residência dos efluentes (dias, chegando a semanas) e a baixa remoção dos compostos recalcitrantes e coloridos. Considerando também que, o sistema de lodos ativado costuma ser sensível às cargas tóxicas e às temperaturas superiores a 40 °C, condições estas que são bastante comuns nos efluentes de processos de tingimento (ZANELLA et al., 2010).

Um dos principais problemas nos tratamentos de águas residuárias (efluentes líquidos) é a geração de lodo (quantidade e disposição final). Pois, nestes lodos ocorre a presença de metais pesados e outros componentes tóxicos, que podem causar grandes problemas de contaminação ambiental devido à persistência no ambiente (IMMICH et al., 2006).

2.3 Geração do lodo têxtil

O lodo têxtil é oriundo da prensagem do material decantado nas estações de tratamento de efluentes, e pode conter metais pesados e outros componentes tóxicos, uma vez que, nos processos têxteis e no tratamento de fluentes são usados produtos como: soda, polímeros, corantes, sais ácidos, gomas, sulfato de alumínio, sulfato de ferro e cal, entre outros (KUNZ et al., 2002).

A quantidade de lodo gerado está relacionada com a eficiência do tratamento físico-químico adotado, e a disposição deste lodo no ambiente deve ser feito afim de evitar ao máximo problemas de contaminação ambiental (CASTRO, 2010). Segundo o mesmo autor, o

descarte destes resíduos é sempre um desafio para as indústrias, devido em parte, ao custo das alternativas de tratamento disponíveis.

2.4 Classificação dos resíduos

A Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT NBR 10004, define resíduos sólidos como “resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade como: origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição, lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, lodos gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível”.

As pessoas físicas e jurídicas no Brasil estão sujeitas às leis e regulamentações ambientais nas esferas federal, estadual e municipal. A Lei Federal nº. 9.605 de 1998, “Lei de Crimes Ambientais”, regulamentada pelo Decreto Federal nº. 3.179, de 21 de setembro de 1999, trouxe um impulso adicional à proteção jurídica do ambiente, estabelecendo sérias penalidades contra as pessoas físicas e jurídicas que cometerem violações ambientais, sendo incluídos os impactos causados pelo gerenciamento inadequado de resíduos sólidos (CASTRO, 2010).

Uma importante forma de classificar o resíduo é quanto à origem (domiciliar, comercial, de serviços de saúde, público, industriais, agrícolas, construção e demolição e entulhos), sendo fundamental distinguir os resíduos sólidos industriais de outros tipos de resíduos, por estes apresentam características próprias de segregação, transporte interno, acondicionamento, coleta, armazenamento, transporte externo, tratamento e reaproveitamento ou disposição final.

Segundo a mesma norma, os resíduos são classificados em:

a) **Classe I – Perigosos:** são aqueles que em função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas, podem apresentar risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices ou riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada, ou seja, está relacionado com a periculosidade. Os resíduos perigosos devem apresentar pelo menos uma das características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, ou se apresentarem

constantes nos anexos A ou B da NBR 10004:2004. São exemplos os solventes usados, borra ácida de processos de refinamentos de óleos, resíduos e lodo de tinta de pintura industrial, entre outros.

b) Classe II – Não perigosos:

– **Classe II A – Não inertes:** são aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I e nem de classe II-B, podendo ter propriedades como combustividade, biodegradabilidade ou solubilidade em água.

– **Classe II B – Inertes:** são quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados à concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme anexo G da NBR 10004:2004. Exemplo: Tijolos, vidros, certos tipos de plásticos e borrachas que não são decompostos prontamente, entre outros.

Segundo Castro (2010) geralmente esta classificação se dá a partir das análises físico-químicas, sobre o extrato lixiviado obtido a partir da amostra bruta do resíduo. As concentrações dos elementos detectados nos extratos lixiviados são então comparadas com os limites máximos estabelecidos nas listagens constantes da NBR 10004:2004, da ABNT.

2.5 Utilização de resíduos na agricultura

Várias alternativas de disposição têm sido estudadas para os resíduos sólidos. As mais utilizadas atualmente estão descritas a seguir: Disposição em aterros sanitários, muito usada, porém há necessidade de contínuos monitoramentos, e não é sustentável a longo prazo, devido à saturação da capacidade dos aterros e aquisição de novas áreas; Incineração, que ocasiona além da emissão de gases e material particulado, uma pequena quantidade de cinzas, que pode ser considerada relativamente inerte e a aplicação em solos degradados, para recuperar solos que sofreram profundas alterações físicas e/ou químicas e, conseqüentemente, apresentam condições impróprias ao desenvolvimento de vegetação (ZEITOUNI, 2005).

A elevação do custo dos fertilizantes comerciais e o aumento da poluição ambiental fazem do uso de resíduos orgânicos na agricultura uma opção viável do ponto de vista econômico e socio-ambiental, em razão da ciclagem de nutrientes. Esses fatos geram um aumento na demanda por informações com a finalidade de avaliar a viabilidade técnica e

econômica para a disposição de alguns resíduos em solos agrícolas (MELO et al., 2008; SANTOS et al., 2011).

O uso de resíduos em áreas agrícolas pode promover vários benefícios para o solo, como aumento da matéria orgânica, aumento da capacidade de troca catiônica (CTC), maior complexação de elementos tóxicos, melhoria da estrutura, maior infiltração e retenção de água no solo, entre outros (ROCHA et al., 2004; SANTOS et al., 2011). Porém tal prática apresenta algumas restrições de uso que devem ser investigadas, principalmente aquelas relacionadas à presença de metais pesados, microorganismos patogênicos e poluentes orgânicos variados que podem ocasionar riscos sanitários e ambientais (CARVALHO JUNIOR et al., 2011; PELISSARI et al., 2009).

Para minimizar esses riscos, é necessária a aprovação de uma legislação específica que discipline o uso de resíduos na agricultura, como ocorre na Europa e nos Estados Unidos (SILVA et al., 2002).

Atualmente, no Brasil temos a Resolução Nº 375, de 29 de agosto de 2006, onde o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados. Porém, estes critérios e procedimentos estão limitados apenas para o uso de lodos de esgoto, não incluindo o uso de resíduos industriais.

O lodo têxtil pode ser utilizado como corretivo do solo, uma vez que este tem a capacidade de elevar o pH, Ca, Mg, K, P, SB, CTC e V% do solo e diminuir (H+Al) (CARVALHO JUNIOR et al., 2011).

Entretanto, o lodo têxtil é de composição variável, necessitando assim de mais estudos, a fim de avaliar o grau de toxicidade deste resíduo antes de ser aplicado ao solo (ALMEIDA et al., 2007).

2.6 Tifton (*cynodon sp*)

Atualmente, o gênero *Cynodon* têm se destacado, sendo frequentemente recomendadas como forrageiras para alimentação de animais em todo o mundo. Essas gramíneas são de origem Sul-Africana e são consideradas bem adaptadas às regiões tropicais e subtropicais (SILVA, 2009; MATOS et al., 2008).

O capim Tifton 85 (*Cynodon* spp), possui características como porte elevado, colmos compridos, folhas extensas e de coloração verde escura e estolões que se expandem rapidamente, possuindo rizomas grandes e em menor número do que das outras cultivares desse gênero (MATOS et al, 2008; BURTON et al., 1993)

O Tifton possui boas características de produção apresentando grande capacidade de adaptação a diferentes ambientes, fechamento homogêneo e denso, recuperação rápida após o corte e elevada eficiência na absorção de nutrientes aplicados no solo, resultando num grande potencial de uso como forrageira nas condições subtropicais e tropicais (MATOS et al., 2008).

O gênero *Cynodon* (Poaceae) é conhecido há muito tempo pelo caráter colonizador da espécie *Cynodon dactylon* gramínea invasora cosmopolita, encontrada nas regiões tropicais e subtropicais do globo terrestre (MATOS et al, 2008).

Em condições tropicais, durante o período seco, a temperatura, a umidade e a luminosidade são inadequadas para se obter um bom desenvolvimento das plantas forrageiras tropicais; ao contrário, no período chuvoso, esses elementos climáticos são adequados e, dependendo das condições de manejo, pode-se obter elevada taxa de produção de matéria seca (MS) das mesmas (PEDREIRA, 2001).

Não há registro de como foi introduzido o gênero *Cynodon* no Brasil. O fato é que, possivelmente, isto se deu por iniciativa de produtores e pesquisadores, para realizar avaliações comportamentais nas condições brasileiras. Embora poucos estudos com essa gramínea no Brasil, ela já tem demonstrado um bom desempenho, quando avaliada (MATOS et al., 2008).

Além do Tifton (*Cynodon* sp) ter num grande potencial de uso como forrageira, o Tifton se mostra promissor para a revegetação de áreas contaminadas, pois apresenta certa tolerância a metais pesados como o Cd e Zn (SILVA, 2009; CARNEIRO et al., 2002).

2.7 Anatomia vegetal

As características morfológicas, anatômicas e fisiológicas das plantas podem sofrer mudanças adaptativas quando geram mecanismos de tolerância à condições ambientais. Essas adaptações são resultados das relações dos organismos com o seu ambiente e das características do genótipo dos indivíduos (PEREIRA et al., 2011; MARQUES et al., 2011)

A determinação genética e os fatores ambientais agem em conjunto no controle do desenvolvimento do indivíduo. Organismos com plasticidade fenotípica têm vantagens sobre aqueles que são menos adaptáveis e com isso possuem mais chances de sobrevivência no ambiente (CASTRO, PEREIRA e PAIVA, 2009).

A anatomia das folhas forrageiras correlaciona tanto com a produção de forragem como também com o seu valor nutritivo e com o desempenho animal. A digestão dos tecidos vegetais exibe grandes diferenças, quando avaliada, considerando a associação entre a proporção de tecidos, medida em secções transversais de folhas e colmos e o valor nutritivo de gramíneas forrageiras (QUEIROZ et al., 2000; MEDEIROS et al., 2011).

Outra relação importante com a organização estrutural dos vegetais está na nutrição do vegetal. Evidentemente, a nutrição mineral e/ou orgânica contribui com a composição da organização estrutural, ou seja, quando a planta recebe ou deixa de receber macro e micronutrientes evidenciam-se alterações em sua estrutura (MEDEIROS et al., 2011 e SILVA et al., 2005). A nutrição mineral, por sua vez, pode ter efeito secundário sobre a resistência de plantas ao ataque de pragas e doenças, ou seja, quando os efeitos da nutrição se realizam nas características físicas que possibilitam mais resistência (SILVA et al., 2005; ROCHA et al., 2002).

Além dos nutrientes outras características como, por exemplo, das condições do solo, da água, da luz, da temperatura, exercem influência sobre as características estruturais do vegetal. Por exemplo, plantas em solos contaminados com metais pesados, podem sofrer modificações estomáticas, modificações na espessura da epiderme, espessura do córtex e mesofilo, sendo que tais modificações são realizadas com o intuito de aumentar sua adaptabilidade e sobrevivência. (PEREIRA et al., 2011; MARQUES et al., 2011; CASTRO, PEREIRA e PAIVA, 2009).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, H.C. et al. Composição química de um resíduo alcalino da indústria de papel e celulose. **Química Nova**, v. 7, p. 1669- 1672, 2007.

ARAÚJO, A. S. F. et al. Composto de lodo têxtil em plântula de soja e trigo, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 6, p. 549- 554, 2005.

ARAUJO, F. V. F. et al. Remoção de cor em soluções de corantes reativos por oxidação com H₂O₂/UV. **Química Nova**, v. 29, p. 11-14, 2006.

ARTUR, A. G. et al. Esterco bovino e calagem para formação de mudas de Guanandi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.6, p.843–850, 2007.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. A disposição de lodo de esgoto em solo agrícola. **Lodo de esgoto: Impactos ambientais na agricultura**. Jaguariúna, Embrapa Meio Ambiente, p. 347, 2006.

BURTON, G.W.; GATES, R.N.; HILL, G.M. Registration of Tifton-85 bermudagrass. **Crop Science**, v.33, p.644-645, 1993.

CARNEIRO, M. A. C. et al. Comportamento de espécies herbáceas em misturas de solo com diferentes graus de contaminação com metais pesados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 11, p. 1629-1638, 2002.

CASTRO, T. M. Solidificação/estabilização de lodo gerado no tratamento de efluente de lavanderia industrial têxtil em blocos cerâmicos acústicos e seu desempenho em câmara reverberante. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana)** – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Maringá, p. 108, 2010. Disponível em: <http://www.peu.uem.br/Discertacoes/Thiago.pdf>. Visitado em 24 de maio de 2012.

CASTRO, E. M.; PEREIRA, F.J.; PAIVA, R. **Histologia vegetal: estrutura e função dos órgãos vegetativos**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2009, p. 34.

CARVALHO JÚNIOR, G. S. et al. Atributos químicos de um latossolo vermelho tratado com resíduo têxtil. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 8, n. 1, p. 164-176, 2011.

CERVANTES, T. N. M. et al. Estudo da fotocatalise heterogênea sobre Ti/TiO₂ na descoloração de corantes sintéticos. **Química Nova**, v. 32, n.9, p. 2423-2428, 2009.

CHIARADIA, J. J. et al. Produtividade e nutrição de mamona cultivada em área de reforma de canavial tratada com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n.3, p.701-709, 2009.

CLAUSEN, D. N.; TAKASHIMA, K. Efeitos dos parâmetros operacionais na fotodegradação do azo corante direct red 23 na interface dióxido de titânio/água. **Química Nova**, v. 33, p. 1039-1043, 2010.

GONÇALVES, R. F. ; ARAÚJO, V. L. ; CHERNICHARO, C. A. Tratamento Secundário de Esgoto Sanitário Através da Associação em Série de Reatores UASB e Biofiltros Aerados Submersos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19,1997, Foz do Iguaçu. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 1997. p. 12.

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, n. 2, p. 267-280, 2006.

IMMICH, A. P. S. et al. Adsorption of Remazol Blue RR from textile effluents using *Azadirachta indica* leaf powder as an alternative adsorbent. **Adsorption Science e Technology**, v. 27, p. 461-478, 2009.

KUNZ, A. et al. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. **Química Nova**, v. 25, p. 78-82, 2002.

LEÃO, M. M. D. et al. **Controle ambiental na indústria têxtil: acabamento de malhas**. Belo Horizonte: Segrad Editora e Gráfica, 2002, p.356.

MARQUES, T. C. L. L. S. M. et al. Respostas fisiológicas e anatômicas de plantas jovens de eucalipto expostas ao cádmio. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 35, n. 5, p. 997-1006, 2011.

MATOS, A. T. et al.. Desempenho agrônômico de capim tifton 85 (*Cynodon* spp.) cultivado em sistemas alagados construídos utilizados no tratamento de água residuária de laticínios. **Revista Ambiente e Água**, v. 3, n. 1, p. 43-53, 2008.

MEDEIROS, L. T. et al. Nitrogênio e as características anatômicas, bromatológicas e agrônômicas de cultivares de *brachiaria brizantha*. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 3, p. 598-605, 2011.

MELO, L. C. A. et al. Caracterização da matriz orgânica de resíduos de origens diversas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n.1, p.101-110, 2008.

MERLINO L. C. S. et al. Bário, cádmio, cromo e chumbo em plantas de milho e em latossolo após onze aplicações anuais de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 2031-2039, 2010.

MESQUITA, A. A.; SOBRINHO, N. M. B. A.; OLIVEIRA, C.; MAZUR, N.; SANTOS, F. S. Remediação de solos tratado com lodo rico em zinco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 738-744, 2006.

MODESTO, P. T. et al. Alterações em algumas propriedades de um latossolo degradado com uso de lodo de esgoto e resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.5, p.1489-1498, 2009.

PEDREIRA, M. R. et al. Características químicas e fermentativas do Tifton 85 (*Cynodon spp.*) ensilado com diferentes conteúdos de matéria seca e níveis de polpa cítrica. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001.

OLIVEIRA F. C.; MATTIAZZO M. E. Metais pesados em latossolo tratado com lodo de esgoto e em plantas de cana-de-açúcar. **Scientia Agrícola**, v. 58, n. 3, p. 581-593, jul./set. 2001.

PEDROZA, J. P. et al. Qualidade tecnológica da pluma do algodoeiro herbáceo cultivado com biossólidos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.3, p.586- 592, 2006.

PELLISSARI, R. A. Z. et al. Lodo têxtil e água residuária de suinocultura na produção de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Engenharia Agrícola**, v.29, n.2, p. 288–300, 2009.

PEREIRA, F. J. et al. Mecanismos anatômicos e fisiológicos de plantas de aguapé para a tolerância à contaminação por arsênio. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 29, n. 2, p. 259-267, 2011.

PIMENTEL, M. S. et al. Atributos químicos do solo utilizando composto orgânico em consórcio de alface-cenoura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.39, n.3, p.225-232, 2009.

PRADO, R. M. et al. Reatividade de uma escória de siderurgia em um Latossolo Vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.197-205, 2004.

PRADO, R. M.; NATALE, W. Desenvolvimento inicial e estado nutricional do maracujazeiro em resposta à aplicação de lodo têxtil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.6, p.621-626, 2005.

QUEIROZ, F. M. et al. Características químicas de solo submetido ao tratamento com esterco líquido de suínos e cultivado com gramíneas forrageiras. **Ciência Rural**, v.34, p. 1487-1492, 2004.

ROCHA, G. N. et al. Mudanças da fertilidade do solo e crescimento de um povoamento de *Eucalyptus grandis* fertilizado com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.4, p.623-639, 2004.

ROCHA, G. P. et al. Adubação nitrogenada em gramíneas do gênero *Cynodon*. **Revista Brasileira de Ciência Animal**, v. 3, p. 1-9, jan. /jun. 2002.

SAMPAIO, R. G. et al. Produção e concentração de metais pesados em plantas de beterraba adubadas com composto de lixo urbano. **Caatinga**, v.21, n.5, p.83–88, 2008.

SANTOS C. H. et al. Fertilidade do solo e nutrição de tangerineiras ‘Ponkan’ manejados com resíduos sólidos e adubação química, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.75–83, 2011.

SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; SHARMA, R. D. Alternativa agronômica para o lodo de esgoto produzindo no Distrito Federal. II. Aspectos qualitativos, econômicos e práticos do uso. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.26, p.497-503, 2002.

SILVA, L. M.; ALQUINI, Y.; CAVALLET, V. J. Inter-relações entre a anatomia vegetal e a produção vegetal. **Acta Botânica Brasilica**. v. 19, v. 1, p. 183-194. 2005.

SILVA, M. W. R. **Características estruturais, produtivas e bromatológicas das gramíneas Tifton 85, Marandu e Tanzânia submetidas à irrigação**. 2009. 55f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Programa em Pós-graduação em Zootecnia. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2009. Disponível em: <http://www.uesb.br/ppz/defendidas/dissertacao/2009/MARCOSWELBERRIBEIRODASILVA.pdf>>. Acesso em: 30 maio 2012.

SOBRAL, M. F. et al. Escória de siderurgia e seus efeitos nos teores de nutrientes e metais pesados em cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p.867–872, 2011.

SOUZA, S. M. et al. Efeito da aplicação de lodo de curtume sobre a condutividade elétrica e reação do solo ácido. **Agropecuária Técnica**, v.27, n.2, p.77-84, 2006.

ZANELLA, G. et al. Tratamento de banhos de tingimento têxtil por processos foto-fenton e avaliação da potencialidade de reúso. **Química Nova**, v. 33, p. 1039-1043, 2010.

ZEITOUNI, R. F. **Análise Crítica da Norma CETESB P 4.230 – “Aplicação de Lodos de Sistemas de tratamento Biológico em Áreas Agrícolas – Critérios Para Projeto e Operação”**. 2005. 267f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical – Gestão dos Recursos Agroambientais). Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2005. disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/PosIAC/pdf/pb1803603.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2012.

ARTIGO: LODO TÊXTIL COMO ALTERNATIVA DE FERTILIZANTE AGRÍCOLA NO CULTIVO DE FORRAGEIRA DO GÊNERO *Cynodon* sp

RESUMO: Objetivou-se com esta pesquisa avaliar o potencial do lodo têxtil como alternativa de fertilizante para forrageira do gênero *Cynodon* sp, utilizando como planta indicadora o Tifton. O experimento foi realizado em vasos sob condições de campo, no período de dezembro/2010 a janeiro/2011. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com sete tratamentos (ausência, 1, 2, 3, 5 e 8 t ha⁻¹ de lodo têxtil, também foi realizado um tratamento composto por solo puro), com quatro repetições. Foram realizadas avaliações anatômicas e de desenvolvimento das plantas. Foram observadas modificações anatômicas nas folhas e raízes do Tifton, sendo estas modificações consideradas uma forma de adaptação das plantas causadas pelo aumento das concentrações de lodo têxtil. Quanto ao desenvolvimento das plantas, foi verificada diferença para todas as variáveis testadas, sendo observada toxidez das plantas quando o lodo foi aplicado em concentrações acima de 5 t ha⁻¹, concluindo que, o uso do lodo têxtil até esta concentração consiste em uma alternativa viável de fertilizante para o cultivo do Tifton (*Cynodon* sp).

Palavras-chave: metais pesados, tifton, adubação orgânica, plasticidade morfológica.

**TEXTILE SLUDGE AS FERTILIZER FOR ALTERNATIVE
THE CULTURE OF AGRICULTURAL FORAGE OF THE GENDER cynodon sp**

ABSTRACT: The objective of this research was to evaluate the potential of textile sludge as an alternative fertilizer for forage of the genus *Cynodon* sp, using as indicator plant Tifton. The experiment was conducted in pots under field conditions, from the December/2010 to January/2011. We used a randomized design, with seven treatments (0, 1, 2, 3, 5 and 8 t ha⁻¹ textile sludge was also carried out a treatment consisting of pure soil) with four replications. Evaluations were performed anatomical and plant development. Anatomical changes were observed in leaves and roots of Tifton, these changes being considered a form of adaptation caused by increased concentrations of textile sludge. Concerning the development of plants, difference was found for all variables tested, observed toxicity of the plants when the sludge was applied at concentrations above 5 t ha⁻¹, concluding that the use of textile sludge up to this concentration consists of an alternative viable fertilizer for the cultivation of Tifton (*Cynodon* sp).

Keywords: heavy metals, Tifton, organic fertilizer, morphological plasticity.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o crescimento industrial vem se intensificando favorecendo o desenvolvimento da sociedade, ao mesmo tempo em que, contribui com a degradação dos ecossistemas, introduzindo substâncias nocivas ao ser humano e ao seu habitat (ARAUJO et al., 2005).

A indústria têxtil está entre as oito maiores atividades industriais, desempenhando um importante papel no aspecto sócio-econômico do país, porém, sendo o seu potencial poluidor considerado bastante elevado (CERVANTES et al., 2009).

Devido à escassez de áreas disponíveis próximas aos grandes centros urbanos, para a disposição de resíduos, e ao aumento dos custos dos fertilizantes comerciais, atualmente o uso de resíduos na agricultura tem-se tornado uma boa alternativa, tanto do ponto de vista ambiental, econômico, social e agrícola (PRADO e NATALE, 2005).

Segundo Carvalho Júnior et al. (2011), o lodo têxtil é um resíduo que tem potencial para ser utilizado como fonte de nutrientes para plantas e/ou condicionador do solo, pois, normalmente, possui teores elevados de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e micronutrientes. Porém, tal prática apresenta algumas restrições de uso que devem ser investigadas, principalmente aquelas relacionadas à presença de metais pesados, microorganismos patogênicos e poluentes orgânicos variados que podem ocasionar riscos sanitários e ambientais (ARAUJO et al., 2005).

Contudo, para que sua utilização seja recomendada é necessário estudar as possíveis alterações que podem ocorrer nas propriedades físico-químicas do solo bem como no crescimento e desenvolvimento das plantas (MARQUES et al., 2002).

Neste sentido, objetivou-se com esta pesquisa avaliar o potencial do lodo têxtil como uma alternativa viável de fertilizante agrícola no cultivo de forrageira do gênero *Cynodon* sp, utilizando como planta indicadora o Tífton.

2 Material e métodos

O trabalho foi realizado em vasos, sob condições de campo, em uma área experimental pertencente à Faculdade de Agronomia da Universidade José do Rosário Vellano (UNIFENAS), Campus de Alfenas, localizada na região Sul de Minas Gerais, cuja coordenadas geográficas são 21° 25' de latitude (S) e 45° 57' de longitude (W), apresentando uma altitude média de 880 m, clima subtropical úmido (Tipo Cwb) com duas estações distintas, uma seca, de abril a setembro, e outra chuvosa, de outubro a março. O experimento foi conduzido no período de dezembro/ 2010 a Janeiro/ 2011, sendo a precipitação pluviométrica total neste período de aproximadamente 750 mm³ segundo a Agência Nacional de Águas (ANA).

As amostras de solo utilizadas para a elaboração do experimento foram secas ao ar e à sombra, destorroadas, peneiradas em 4 mm de abertura de malha e homogeneizadas, não havendo aplicação de calcário para sua correção. Posteriormente foi realizada a caracterização química do solo (Tabela 1).

Tabela 1. - Características químicas do solo utilizado.

pH	M.O	P*	H+Al	K	Ca	Mg	CTC	V
H ₂ O	dag/kg	mg/L			cmol _c /dm ³			%
6,3	1,5	1	1,5	40	4,0	0,7	6,4	76

(Mehlich*) Fonte: Laboratório de análise de solos - UNIFENAS

O lodo têxtil utilizado foi colhido (após tratamento físico-químico) na estação de tratamento de uma indústria têxtil localizada na região Sul de Minas Gerais e submetido aos mesmos procedimentos de preparo das amostras de solo sendo realizada a caracterização química (Tabela 2).

Posteriormente o lodo foi misturado ao solo e transferido para os vasos devidamente identificados com cada tratamento. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com sete tratamentos (ausência, 1, 2, 3, 5 e 8 t ha⁻¹ de lodo têxtil, também foi realizado um tratamento composto por solo puro), com quatro repetições. Após 15 dias do plantio foi feito um corte para a homogeneização das plantas, e para todos os tratamentos foi realizado uma adubação de cobertura com 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 40 kg ha⁻¹ de K₂O, utilizando 200 kg do adubo formulado NPK (20-00-20), exceto para o tratamento que foi composto somente

de solo. Cada parcela foi constituída de um vaso totalizando 28 parcelas. Cada vaso recebeu 4 mudas de Tífton com raiz padronizadas por tamanho e 7 dm³ da mistura: solo + lodo têxtil (densidade do solo = 1,0 kg.dm³), conforme os tratamentos descritos.

Tabela 2. Características químicas do lodo têxtil utilizado.

Elementos	Conteúdo no lodo têxtil
N (%)	0,71
P (%)	0,21
K (%)	-
Ca (%)	8,36
S (%)	0,61
Mg (ppm)	0,68
B (ppm)	27,1
Cu (ppm)	42,2
Mn (ppm)	234,0
Zn (ppm)	75,5
Fe (ppm)	1088,4
Cd (ppm)	6,7
Cr (ppm)	75,2
Pb (ppm)	28,2

Fonte: Laboratório de Análise Foliar - UFLA

Após 45 dias (30 dias da rebrota), foram realizadas avaliações anatômicas, e de desenvolvimento das plantas. Para as avaliações de desenvolvimento foram analisadas as seguintes variáveis: altura da parte aérea das plantas, número de perfilhos, massa seca da parte aérea, alongamento do sistema radicular, e massa seca das raízes. A obtenção da altura das plantas foram obtidas com auxílio de uma régua milimetrada medindo-se da superfície do solo até a inserção da última folha. Para obtenção da massa seca da parte aérea as plantas foram cortadas rentes ao solo, colhidas e secas em estufa com ventilação forçada, com temperaturas entre 60 e 65° C por 72 horas. Foi realizado o destorroamento do solo contido em cada vaso para obtenção das raízes, posteriormente foi realizado a medição do alongamento das raízes. Após a medição das raízes, estas foram secas em estufa com ventilação forçada, com temperaturas entre 60 e 65° C por 72 horas para a obtenção da massa seca radicular.

Para a realização das análises anatômicas foram coletadas folhas completamente expandidas (3ª folha) a partir da folha bandeira. Este material foi fixado em solução de formaldeído, ácido acético e etanol 70% (F.A.A.₇₀) por um período de 72 horas, sendo posteriormente estocadas em solução de etanol 70% (KRAUS e ARDUIN, 1997).

Foram obtidas secções paradérmicas da face abaxial e adaxial das folhas com o auxílio de lâminas de aço. Em seguida, as secções foram clarificadas com hipoclorito de sódio 50%, lavadas duas vezes em água destilada, coradas com solução de safranina 1% e, posteriormente, montadas em lâmina e lamínula com glicerina 50% (KRAUS e ARDUIN, 1997).

Para obtenção das secções transversais, foram utilizados fragmentos de 2 cm retirados da região da nervura central das folhas e fragmentos da região de ramificação das raízes (2 cm do ápice). As secções foram realizadas com auxílio de micrótomo de mesa tipo LPC, e foram clarificadas com hipoclorito de sódio 50%, seguida de lavagem em água destilada e coradas com solução safrablau (safranina 1% e azul de astra 0,1% na proporção de 7:3). Posteriormente, foram montadas em lâmina e lamínula com glicerina 50% (KRAUS e ARDUIN, 1997).

Foram avaliadas as seguintes características anatômicas: densidade estomática ($DE = \text{Número de estômatos} / \text{Unidade de área}$), índice estomático ($IE = \text{N}^\circ \text{ de estômatos} / \text{N}^\circ \text{ de estômatos} + \text{N}^\circ \text{ de células epidérmicas} \times 100$), funcionalidade estomática ($FE = \text{Diâmetro polar} / \text{Diâmetro Equatorial}$), espessura do mesofilo (MF), espessura da epiderme da face abaxial (EAB), espessura da epiderme da face adaxial (EAD), diâmetro do floema (FL), diâmetro do xilema (DX), distância entre os feixes vasculares (DFV), espessura do córtex (CT), espessura da epiderme radicular (ER), área do córtex (AC). Os cálculos da densidade estomática (DE), índice estomático (IE) e funcionalidade estomática (FE) foram realizadas segundo (CASTRO, PEREIRA e PAIVA, 2009).

As lâminas foram fotografadas em microscópio Zeiss Scope AX 10 acoplado à câmera digital Canon Powershot G10. sendo que os melhores campos foram digitalizados para posterior análise em software UTHSCSA-Imagetool, calibrado com régua microscópica e fotografada nos mesmos aumentos das fotografias. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizados (DIC) composto por quatro lâminas por tratamento das quais foram digitalizados três secções por lâmina e mensurados cinco campos por secção.

Os dados anatômicos e de desenvolvimento das plantas foram submetidos à análise de variância por meio do software SISVAR[®], empregando-se o teste Skott-knott a 5% de significância para a comparação entre as médias.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Desenvolvimento das plantas

Por meio da análise de variância, observa-se que houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos para todas as variáveis de desenvolvimento analisadas (anexos 1A, 2A, 3A, 4A e 5A).

Pode-se observar na Figura 1, que, para a variável altura de plantas, o único tratamento que diferiu dos demais obtendo a menor média foi o tratamento 1, onde foi utilizado somente o solo. Esta diferença pode ser explicada devida uma menor concentração de nutrientes fornecidos em relação aos outros tratamentos, já que, os outros tratamentos foram suplementados com lodo têxtil e a adubo mineral (20-00-20). Segundo Silva (2011), este resultado pode ser decorrente da presença do lodo juntamente com o adubo mineral, uma vez que o lodo utilizado possui micronutrientes como Zn, Cu, Fe, Mn e B (Tabela 2), que são importantes para o bom desenvolvimento das plantas, além de representarem fatores limitantes à produtividade, sendo que a falta destes podem resultar desde uma pequena redução até a perda total da produção vegetal.

O adubo mineral utilizado (20-00-20) possui Nitrogênio e Potássio que são macronutrientes essenciais às plantas. De acordo com Medeiros et al. (2011) e Cecato (2000), o nitrogênio, é o principal nutriente responsável pela manutenção da produtividade, sendo o principal constituinte das proteínas que participam ativamente na síntese dos compostos orgânicos constituintes da estrutura vegetal, e portanto responsável por características ligadas ao desenvolvimento da planta, tais como tamanho das folhas, colmo e perfilhos, além de aumentar a qualidade bromatológica das forrageiras.

Já para o número de perfilhos (NP), foi observado que, o tratamento 1 (utilizado somente solo) e o tratamento 7 (utilizado solo + adubo mineral + 8 t ha⁻¹ de lodo têxtil) foram diferentes dos demais obtendo as menores médias. A média obtida pelo tratamento 1 pode ser explicado pela baixa concentração de nutrientes, fazendo com que o déficit de nutrientes prejudicasse o perfilhamento, pois, Segundo Cecato (2000) e Fernández et al. (1994), a falta de nutrientes principalmente Nitrogênio pode afetar de maneira negativa o perfilhamento das plantas.

A baixa média obtida no tratamento 7, provavelmente é devido a presença de metais pesados no lodo como o cádmio (Cd), cromo (Cr) e chumbo (Pb) (Tabela 2), o que segundo Marques et al. (2002), pode ter prejudicado o perfilhamento das plantas, pois, aumentando o fornecimento do lodo, aumenta-se a suplementação de macro e micronutrientes, ao mesmo tempo em que, aumenta-se também a concentração de metais, que provavelmente afetou o desenvolvimento das plantas devido a toxicidade.

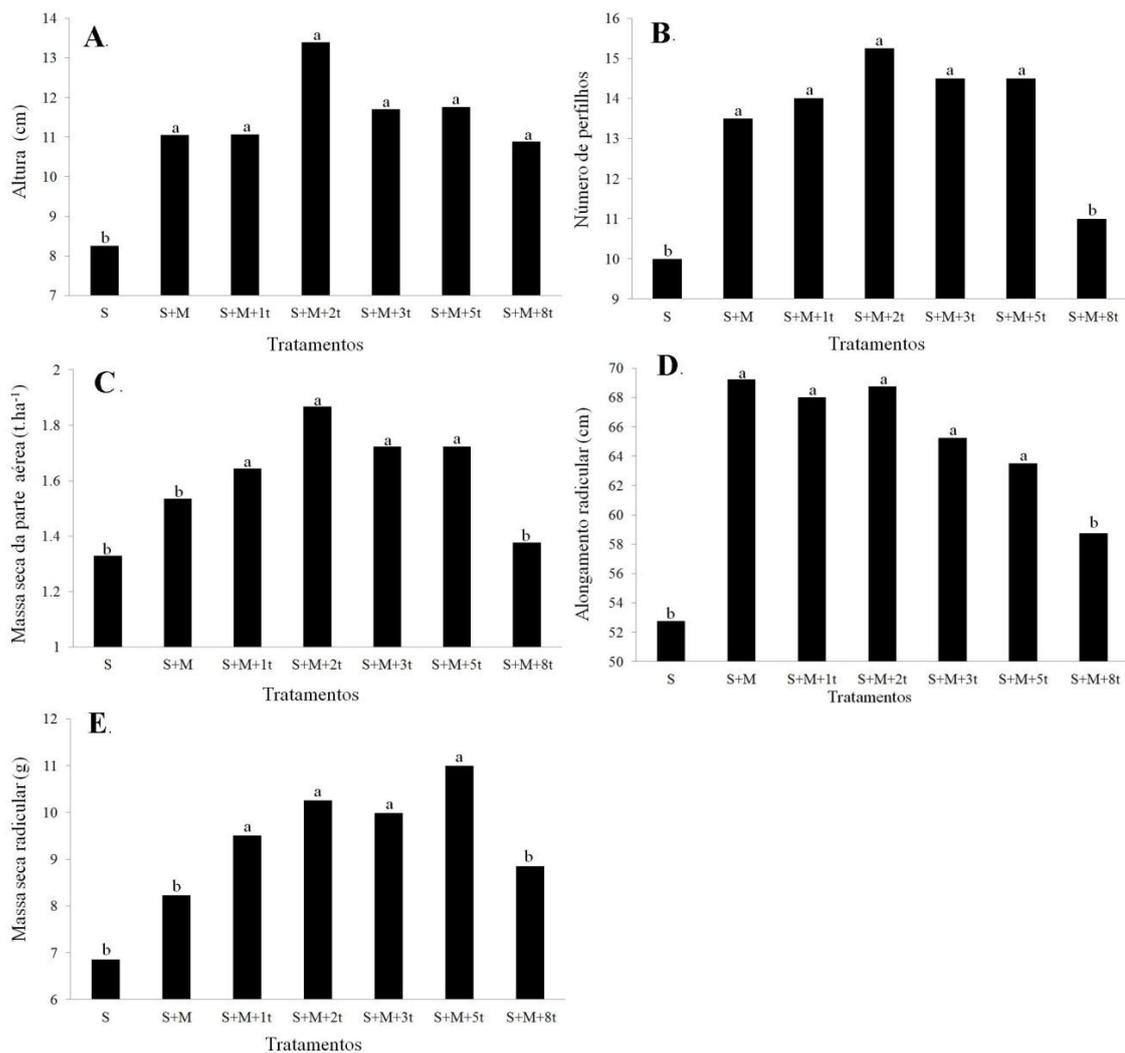


Figura 1. Efeito dos tratamentos sobre a Altura das plantas (A); Número de perfilhos (B); Massa seca da parte aérea (C); Alongamento radicular (D); Massa seca radicular (E). Médias seguidas de mesma letra são estatisticamente iguais entre si pelo teste de Scott-knott a 5% de significância. Solo (S); Adubo mineral (M); Concentrações de lodo têxtil t ha⁻¹ (1t, 2t, 3t, 5t e 8t).

Quanto a produtividade de massa seca da parte aérea, pode-se observar na Figura 1. que, os tratamentos 1, 2 e 7 foram iguais entre si, obtendo as menores médias, diferindo dos demais tratamentos. A aplicação do lodo têxtil aumentou significativamente a produção de massa seca com aplicação de até 5 t ha⁻¹, sendo verificado um decréscimo da produtividade

quando foi aplicado 8 t ha⁻¹ do lodo. Resultados semelhantes foram obtidos por Prado e Natale (2005), aplicando 0, 10, 15, e 30 t ha⁻¹ de lodo têxtil em mudas de maracujazeiro, os autores observaram que, a produção de massa seca das plantas foi maior quando aplicado 10 t ha⁻¹ do lodo, em concentrações maiores houve queda da produtividade de massa seca das plantas. Segundo Marques et al. (2011), a queda da produtividade de massa seca das plantas é um indicativo de efeitos adversos de substâncias às plantas, indicando que provavelmente o aumento das concentrações aplicadas do lodo provocou toxidez das plantas devido a presença de metais pesados presente no lodo como o Pb, Cd e Cr, assim como observado nesta pesquisa.

Ao trabalhar com o gênero *Cynodon* sp Carneiro et al. (2002), em misturas de solo com diferentes graus de contaminação com metais pesados, considerou este gênero como promissora para revegetação de áreas contaminadas por apresentar tolerância a solos com diferentes graus de contaminação, porém, o desenvolvimento deste foi prejudicado quando cultivado em solo com altas concentrações de metais.

Resultados semelhantes ao de Araujo et al. (2005), foram obtidos nesta pesquisa, onde estes autores ao aplicarem doses equivalentes a 19, 38,76 e 152 t ha⁻¹ de composto de lodo têxtil em plântulas de soja e trigo, verificaram que, concentrações acima de 19 t ha⁻¹ provocou queda no desenvolvimento da parte aérea e sistema radicular das plantas. Comportamento semelhante foi obtido nesta pesquisa, onde o alongamento e a massa seca das raízes obtiveram queda com a aplicação acima de 5 t ha⁻¹ do lodo.

Segundo Pereira et al. (2011) e CASTRO, PEREIRA e PAIVA (2009), a toxicidade por metais pesados inicia-se na raiz, que é o principal órgão da planta tanto na absorção quanto no acúmulo desses elementos. Nesta pesquisa, pode-se observar que, provavelmente as plantas sofreram adaptações e foram tolerantes às baixas concentrações do lodo, porém, nas maiores concentrações houve um efeito tóxico causando redução no alongamento e massa seca das raízes, afetando conseqüentemente a produtividade de massa seca da parte aérea.

De acordo com Marques et al. (2011), alterações na arquitetura e estrutura do sistema radicular são frequentemente observadas em plantas cultivadas na presença de metais pesados, podendo ou não afetar o desenvolvimento das plantas, dependendo da capacidade da espécie vegetal em se adaptar à ambientes estressantes.

3.2 Modificações anatômicas

3.2.1 Avaliações anatômicas

Por meio da análise de variância, observa-se que houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos para todas as variáveis anatômicas analisadas (anexos 6A, 7A e 8A). Quanto as características anatômicas da raiz, (FIGURA 2) observa-se que tratamentos nos quais não tiveram a aplicação do lodo têxtil (S; S+M) obtiveram menores espessuras da epiderme (EP). Nas menores concentrações do lodo utilizadas (1 e 2 t ha⁻¹) ocorreu um aumento da EP e, em concentrações maiores (3, 5 e 8 t ha⁻¹), ocorreu uma diminuição na EP (Tabela 3). Segundo Pereira et al. (2011) a epiderme é o primeiro tecido a entrar em contato com agentes tóxicos no solo sendo um dos primeiros tecidos a sentir os sintomas de estresse ambiental, o que pode explicar as alteração na espessura da epiderme. A maior E.P observada quando utilizado menores concentrações do lodo pode ser decorrente de uma ação de defesa da planta à aplicação do lodo (MARQUES et al., 2011). Porém, a diminuição da E.P nas maiores concentrações de lodo pode ter ocorrido provavelmente por um efeito tóxico causado pelo lodo (CASTRO, PEREIRA e PAIVA, 2009).

Tabela 3. Características anatômicas de raízes de tifton (*Cynodon sp*) em seção transversal, cultivado em diferentes concentrações de lodo têxtil (t ha⁻¹).

Tratamentos	Variáveis		
	EP (µm)	EC (µm)	AC (µm ²)
S	13,836 b	154,089 b	260434,010 d
S+M	14,901 b	159,007 b	308705,953 c
S+M+ L (1 t ha ⁻¹)	16,109 a	194,879 a	310724,283 c
S+M+ L (2 t ha ⁻¹)	17,070 a	200,950 a	381179,250 b
S+M+ L (3 t ha ⁻¹)	15,346 b	174,100 a	400334, 777 b
S+M+ L (5 t ha ⁻¹)	15,018 b	209,523 a	440111,390 a
S+M+ L (8 t ha ⁻¹)	15,364 b	159,408 b	300650,023 c

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Solo (S); Adubo mineral (M); Concentrações de lodo têxtil t ha⁻¹ (1t, 2t, 3t, 5t e 8t). EP = espessura da epiderme, EC = espessura do córtex; AC = área total do córtex.

Trabalho realizado por Marques et al. (2011), apontou um aumento na espessura da epiderme radicular proporcional ao aumento da concentração de cádmio em mudas de *Eucalyptus camaldulensis*. Segundo os mesmos autores, alterações na arquitetura e estrutura do sistema radicular como modificações na espessura da epiderme e endoderme são frequentemente observadas em plantas cultivadas na presença de metais pesados, podendo ou não afetar o desenvolvimento das plantas, dependendo da capacidade da espécie vegetal em se adaptar à ambientes estressantes.

Houve aumento na espessura do córtex na presença do lodo têxtil, o que segundo Castro, Pereira e Paiva (2009), reduz consequentemente a condutividade hidráulica. Esta redução impede o fluxo excessivo de contaminantes do lodo para a parte aérea da planta protegendo-a. Porém, de acordo com Pereira et al. (2008), este fato afetará a absorção de nutrientes e a eficiência de processos fisiológicos da planta, como a fotossíntese, afetando consequentemente o desenvolvimento da planta. Embora neste estudo não tenha sido avaliado os processos de fotossíntese nos diferentes tratamentos, vários autores dentre eles Ribeiro et al. (2012) e Pereira et al. (2008), têm demonstrado que, com a redução da condutividade hidráulica, e da absorção de nutrientes, consequentemente, os processos de fotossíntese das plantas também serão afetados, prejudicando o desenvolvimento das plantas.

Ocorreu um aumento da área do córtex na presença do lodo com concentrações de até 5 t ha⁻¹. Isso resulta numa redução da condutividade hidráulica. Este aumento do córtex, segundo Pereira et al. (2011), permite uma maior quantidade de células para armazenar contaminantes.

Muitos estudos que comprovam a eficiência de espécies vegetais, (sendo elas terrestre ou aquática) em absorver e acumular metais pesados, mostram que estas espécies acumulam maior parte destes metais absorvidos na raiz, mais especificamente nas células do córtex. (MATOS et al., 2009 e MARQUES et al., 2011). Portanto, de acordo com estes autores, o aumento do córtex das plantas nesta pesquisa pode ser explicado por possíveis acúmulos de metais pesados nas raízes.

Ao trabalhar com *Eucalyptus camaldulensis* Marques et al. (2011), observaram acúmulo de cromo nas raízes, ao aplicar crescentes concentrações deste elemento. Segundo os mesmos autores, o acúmulo do elemento nas raízes (vacúolos das células do córtex) pode ser tratado como um mecanismo de defesa da planta para evitar a toxidez, pela diminuição da translocação destes elementos. Porém, o aumento da concentração destes elementos nas raízes pode também ser prejudicial a absorção de nutrientes e, consequentemente, o desenvolvimento da parte aérea da planta.

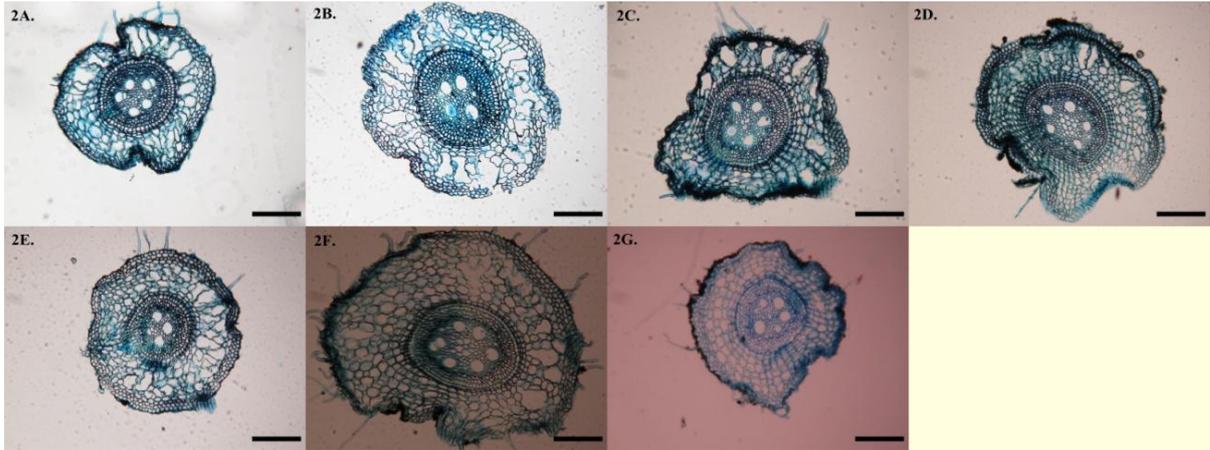


Figura 2. Seções transversais de raízes. 2A = Solo puro; 2B = Solo + Adubo mineral; 2C = Solo + Adubo mineral + 1 t ha⁻¹ de lodo têxtil; 2D = Solo + Adubo mineral + 2 t ha⁻¹ de lodo têxtil; 2E = Solo + Adubo mineral + 3 t ha⁻¹ de lodo têxtil; 2F = Solo + Adubo mineral + 5 t ha⁻¹ de lodo têxtil; 2G = Solo + Adubo mineral + 8 t ha⁻¹ de lodo têxtil. A barra corresponde a 200 µm para seções das raízes.

3.2.2 Características anatômicas paradérmicas da área foliar da forrageira

Por meio da análise de variância, observa-se que houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos para todas as variáveis das seções paradérmicas analisadas (anexos 9A, 10A, 11A, 11A, 12A, 13A e 14A).

Tabela 4. Características anatômicas de folhas de tifton (*Cynodon* sp) em seção paradérmica, cultivado em diferentes concentrações de lodo têxtil (t ha⁻¹).

Tratamentos	Variáveis					
	DE_AD	IE_AD (%)	FE_AD	DE_AB	IE_AB (%)	FE_AB
S	199,399 d	6577 d	1,267 c	262,680 c	7,800 c	1,262 a
S+M	230,442 c	6177 d	1,2670 c	268,650 c	7,994 c	1,178 b
S+M+ L (1 t ha ⁻¹)	257,373 a	7833 b	1,321 c	289,545 b	8,890 b	1,196 b
S+M+ L (2 t ha ⁻¹)	260,292 a	8108 b	1,350 b	292,530 b	9,487 a	1,217 b
S+M+ L (3 t ha ⁻¹)	272,232 a	8,70 a	1,382 b	309,246 a	9,700 a	1,183 b
S+M+ L (5 t ha ⁻¹)	246,400 b	7230 c	1,452 a	291,535 b	9,167 b	1,282 a
S+M+ L (8 t ha ⁻¹)	238,800 b	7,67 c	1,378 b	285,565 b	9,165 b	1,331 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). S = Solo; M = Adubo mineral; L = Concentrações de lodo têxtil (1t, 2t, 3t, 5t e 8t). DE_AD = densidade estomática da face adaxial; IE_AD = índice estomático da face adaxial; FE_AD = funcionalidade estomática da face adaxial; DE_AB = densidade estomática da face abaxial; IE_AB = índice estomático da face abaxial; FE_AB = funcionalidade estomática da face abaxial.

Por meio das secções paradérmicas (Figura 3), as folhas do Tífton foram classificadas como anfi-hipoestomáticas, ou seja, possui maior densidade estomática na face abaxial do que na face adaxial, e seus estômatos classificados como halteriformes (CASTRO, PEREIRA e PAIVA, 2009). Em relação a face adaxial da folha (Tabela 4.), foi verificado um aumento de 36,5% na densidade estomática em relação ao tratamento utilizado somente solo, e o tratamento utilizado 3 t ha^{-1} do lodo, o qual obteve a maior densidade estomática. Após esta concentração ocorreu uma queda na densidade estomática, provavelmente por um efeito tóxico causado pelo lodo.

Quanto ao índice estomático da face adaxial da folha, foi verificado um aumento de 32% em relação ao tratamento utilizando somente o solo e o utilizando 3 t ha^{-1} do lodo, o qual obteve o maior índice estomático. Com concentrações maiores que esta, ocorreu uma queda do índice estomático.

Foi verificado um aumento de 14,6% na funcionalidade estomática, em relação ao tratamento que foi utilizado somente o solo, e o que foi utilizado 5 t ha^{-1} do lodo, sendo que, quando utilizado 5 t ha^{-1} foi verificado a maior funcionalidade dentre os tratamentos.

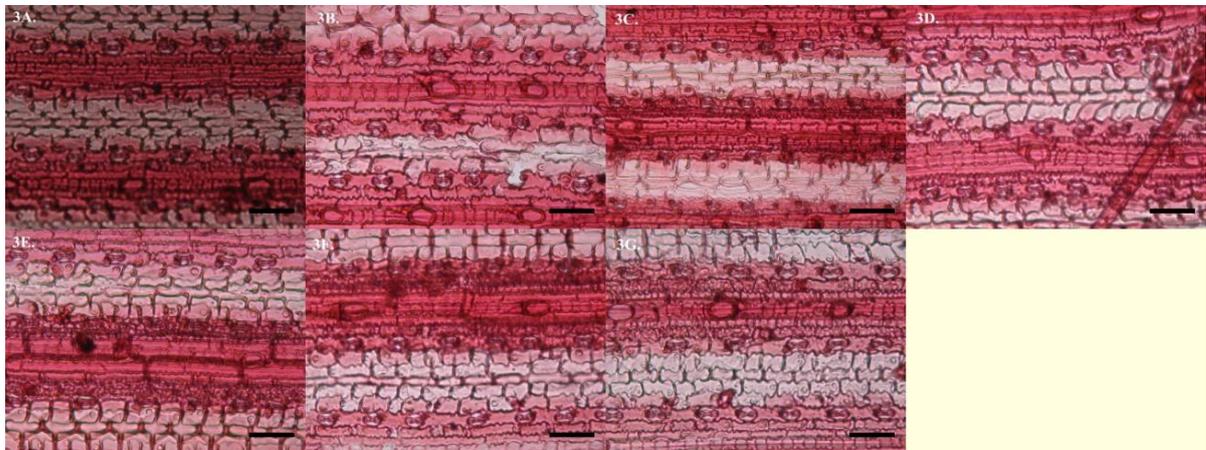


Figura 3. Secções paradérmicas da face adaxial das folhas. 3A = Solo puro; 3B = Solo + Adubo mineral; 3C = Solo + Adubo mineral + 1 t ha^{-1} de lodo têxtil; 3D = Solo + Adubo mineral + 2 t ha^{-1} de lodo têxtil; 3E = Solo + Adubo mineral + 3 t ha^{-1} de lodo têxtil; 3F = Solo + Adubo mineral + 5 t ha^{-1} de lodo têxtil; 3G = Solo + Adubo mineral + 8 t ha^{-1} de lodo têxtil. A barra corresponde a $50 \mu\text{m}$ para as secções paradérmicas de folhas.

Quanto a face abaxial das folhas (Figura 4), foi verificado um aumento de 17,7% na densidade estomática em relação ao tratamento utilizado somente solo, e o utilizado 3 t ha^{-1} , o qual obteve a maior densidade estomática. Este aumento na densidade estomática é um fator favorável para planta, pois melhora eficiência da planta em capturar CO_2 , aumentando o processo de fotossíntese, e conseqüentemente o desenvolvimento da planta.

Para o índice estomático da face abaxial, houve um aumento de 24% em relação ao tratamento utilizando somente o solo e o utilizando 3 t ha^{-1} , o qual obteve o maior índice estomático. Com concentrações maiores que 3 t ha^{-1} ocorreu uma diminuição do índice estomático.

Foi verificado um aumento de 13% na funcionalidade estomática da face abaxial em relação ao tratamento que foi utilizado somente o solo, e o que foi utilizado 8 t ha^{-1} do lodo têxtil, o qual obteve maior funcionalidade.

Segundo Medeiros et al. (2011), modificações nas estruturas foliares das plantas podem promover uma melhor captação de CO_2 e conseqüentemente potencializar a fotossíntese.

Provavelmente o aumento das concentrações do lodo têxtil provocou estresse às plantas, o que segundo Ribeiro et al. (2012); Pereira et al. (2011), pode ter resultado em adaptações a este ambiente, modificando suas características anatômicas, alterando assim a densidade, o índice e a funcionalidade estomática.

Modificações anatômicas relacionadas com estresse ambiental já foram relatadas em plantas de mandioca (RIBEIRO et al., 2012), brachiária (MEDEIROS et al., 2011), café (GRISI et al., 2008), Eucalipto, (MARQUES et al., 2011), milho sob alagamento (PEREIRA 2008) e macrófitas aquáticas (PEREIRA et al., 2011).

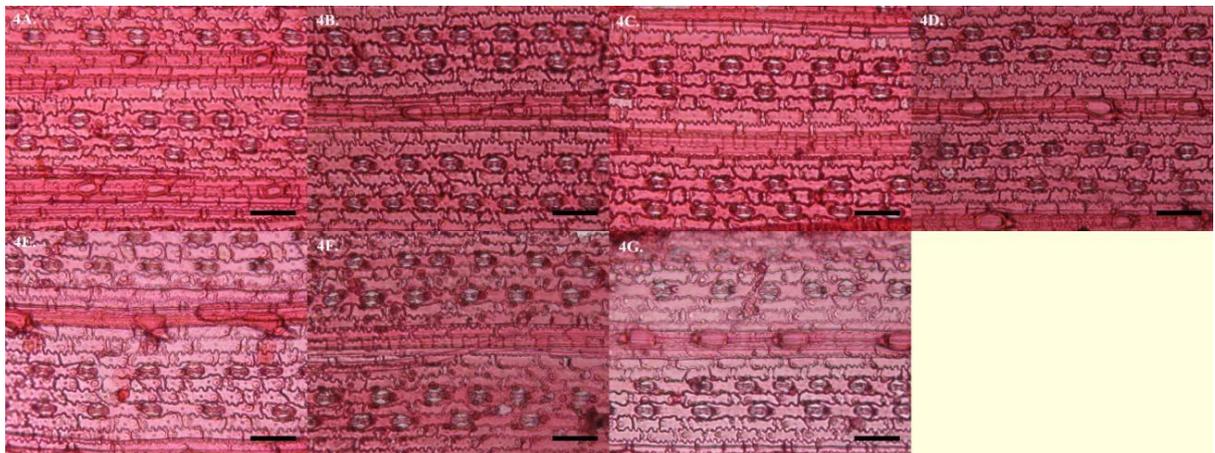


Figura 4. Secções paradérmicas da face abaxial das. 4A = Solo puro; 4B = Solo + Adubo mineral; 4C = Solo + Adubo mineral + 1 t ha^{-1} de lodo têxtil; 4D = Solo + Adubo mineral + 2 t ha^{-1} de lodo têxtil; 4E = Solo + Adubo mineral + 3 t ha^{-1} de lodo têxtil; 4F = Solo + Adubo mineral + 5 t ha^{-1} de lodo têxtil; 4G = Solo + Adubo mineral + 8 t ha^{-1} de lodo têxtil. A barra corresponde a $50 \mu\text{m}$ para as secções paradérmicas de folhas.

3.2.3 Características transversais da área foliar da forrageira

Por meio da análise de variância, observa-se que houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos para todas as variáveis das secções transversais analisadas (anexos 15A, 16A, 17A, 18A e 19A).

Já, nas secções transversais das folhas (Figura 5), verificou-se um aumento na espessura do mesofilo no tratamento utilizado somente solo e adubo mineral quando comparado com o utilizado somente solo, sendo este aumento de 13%. Foi verificado um aumento de 20% na espessura do mesofilo quando comparado o tratamento utilizado somente solo com o tratamento utilizado 5 t ha^{-1} , sendo a maior espessura observada neste tratamento. Portanto pode-se observar um aumento proporcional na espessura do mesofilo ao aumento das concentrações de lodo têxtil (Tabela 5).

O aumento da espessura do mesofilo verificado nesta pesquisa é uma característica favorável, pois com este aumento pode ocorrer mais clorênquima, e dessa forma, maior potencial para fotossíntese (RIBEIRO et al., 2012).

Tabela 5. Características anatômicas de folhas de Tifton (*Cynodon* sp) em seção transversal, cultivado em diferentes concentrações de lodo têxtil (t ha^{-1}).

Tratamentos	Variáveis					
	MF (μm)	EAB (μm)	EAD (μm)	FL (μm)	DX (μm)	DFV (μm)
S	119,307 c	5,835 c	5,393 c	17,242 d	12,375 c	63,762 b
S+M	135,380 b	6,060 c	6,497 b	20,270 c	16,771 b	68,930 b
S+M+ L (1 t ha^{-1})	139,568 a	6,446 b	6,258 b	21,699 b	17,845 a	72,654 a
S+M+ L (2 t ha^{-1})	140,755 a	7,099 a	6,533 b	21,809 b	16,895 b	76,276 a
S+M+ L (3 t ha^{-1})	135,545 a	6,514 a	7,237 a	25,732 a	17,260 b	65,518 b
S+M+ L (5 t ha^{-1})	144,275 a	6,545 a	6,460 b	22,462 b	16,917 b	74,672 a
S+M+ L (8 t ha^{-1})	141,477 a	6,460 a	6,205 b	21,950 b	18,290 a	77,615 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). MF = espessura do mesofilo; EAB = espessura da epiderme da face abaxial; EAD = espessura da epiderme da face adaxial; FL = diâmetro do floema; DX = diâmetro do xilema; DFV = distância dos feixes vasculares. Solo (S); Adubo mineral (M); Concentrações de lodo têxtil t ha^{-1} (1t, 2t, 3t, 5t e 8t).

De acordo com Pereira et al. (2011) e Castro, Pereira e Paiva (2009), maiores espessuras do mesofilo (MF) provavelmente consistirá em uma maior formação de espaços intercelulares na folha destinados a reter o CO₂ dessa forma, pode ocorrer maior fluxo desse gás e sua retenção no interior da folha aumentando conseqüentemente a fotossíntese. As maiores MF observadas nesta pesquisa pode ter ocorrido como uma forma de compensar as modificações ocorridas nas raízes, citadas anteriormente, onde a absorção de água e nutrientes foi afetada, prejudicando assim o desenvolvimento da parte aérea da planta. Sendo assim, as plantas tentaram compensar o prejuízo ocorrido nas raízes aumentando a espessura do mesofilo e seu potencial para fotossíntese.

Para a espessura da epiderme da face abaxial (EAB) foi observado um aumento proporcional à aplicação do lodo têxtil, sendo verificado um aumento de 12% quando comparado com o tratamento utilizado somente solo com o utilizado 5 t ha⁻¹ de lodo têxtil. O aumento da espessura da epiderme segundo Castro, Pereira e Paiva (2009), pode ser uma característica favorável, pois pode impedir a entrada de patógenos e de excesso de radiação. Contudo, pode sinalizar um estresse causado pela crescente aplicação do lodo.

Para a epiderme da face adaxial (EAD), foi observado um aumento de 34% quando comparado o tratamento utilizado somente solo e o utilizado 3 t ha⁻¹ do lodo, sendo que, acima de 3 t ha⁻¹ houve uma diminuição da EAD.

O aumento da EAD com concentração de até 3 t ha⁻¹ observado nesta pesquisa, segundo Ribeiro et al. (2012), pode ser decorrente de um mecanismo de proteção das plantas contra o excesso de radiação, porém, este mecanismo pode restringir a transpiração das plantas. Contudo, a diminuição da EAD com concentrações superiores a 3 t ha⁻¹ pode ter ocorrido devido algum efeito tóxico causado pelo lodo têxtil (RIBEIRO et al., 2012). Quanto ao diâmetro do floema (FL) foi observado um aumento de 17% quando comparado o tratamento utilizando somente solo com o utilizado somente solo e adubo mineral. Já, quando comparado o tratamento utilizado somente solo e o que foi utilizado 3 t ha⁻¹ do lodo (maior média), foi verificado um aumento de 30%. Com concentrações acima de 3 t ha⁻¹ houve uma diminuição no FL. O aumento do FL de acordo com Ribeiro et al. (2012) e Pereira et al. (2008), pode ser influenciado por estresses ambientais, podendo ser um fator favorável, pois este aumenta a capacidade da planta de translocar fotoassimilados das folhas para o restante da planta.

Houve um aumento do diâmetro dos vasos de xilema (DX) com aplicação do lodo, sendo verificado um aumento de 48% em relação ao tratamento utilizado somente solo e o que foi utilizado 8 t ha⁻¹ do lodo, o qual obteve maior DX. O aumento do diâmetro do xilema pode ser explicado por uma provável adaptação das plantas, resultando em uma maior

condução de água e nutrientes para a parte aérea das plantas, podendo ser um fator positivo, porém, este aumento também pode favorecer o transporte de metais pesados presentes no lodo têxtil para a parte aérea das plantas sendo prejudicial (CASTRO, PEREIRA e PAIVA, 2009 e PEREIRA et al., 2008).

A distância dos feixes vasculares aumentou proporcionalmente às concentrações do lodo, sendo este aumento de 21% quando comparado o tratamento utilizado somente solo, com o utilizado 8 t ha^{-1} do lodo. O aumento da distância entre os feixes vasculares nas folhas segundo Brito et al. (2004), favorece para uma maior susceptibilidade de ruptura destas, além de reduzir capacidade de condução. Pode-se observar que este resultado é o posto do que aconteceu com FL e DX, onde estes aumentaram com a aplicação do lodo. Provavelmente nesses tecidos ocorreu algum tipo de compensação para manter a condutividade afim de não afetar o desenvolvimento das plantas (CASTRO, PEREIRA e PAIVA, 2009).

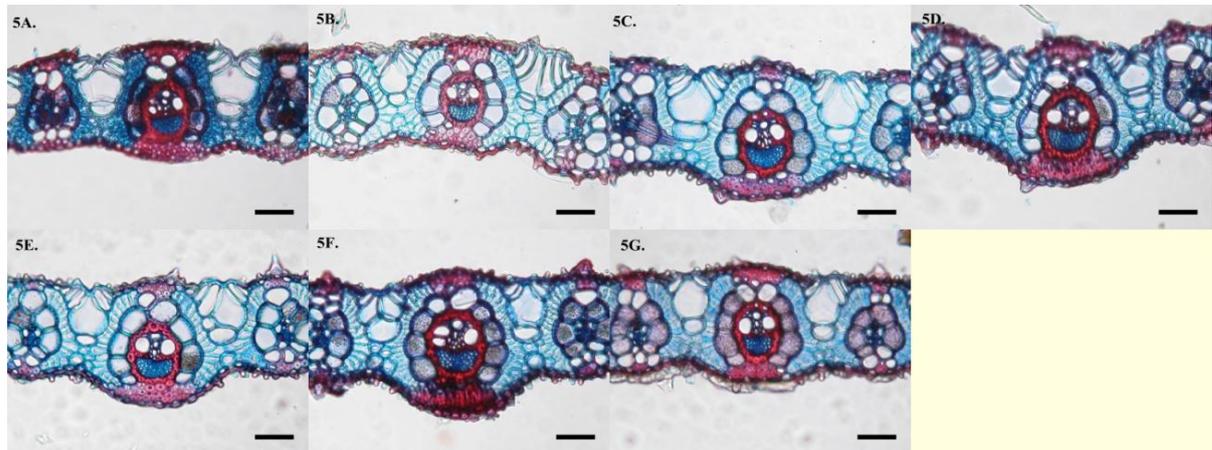


Figura 5. Secções transversais das folhas. 5A = Solo puro; 5B = Solo + Adubo mineral; 5C = Solo + Adubo mineral + 1 t ha^{-1} de lodo têxtil ; 5D = Solo + Adubo mineral + 2 t ha^{-1} de lodo têxtil; 5E = Solo + Adubo mineral + 3 t ha^{-1} de lodo têxtil 5; 5F = Solo + Adubo mineral + 5 t ha^{-1} de lodo têxtil; 5G = Solo + Adubo mineral + 8 t ha^{-1} de lodo têxtil.. A barra corresponde a $50 \mu\text{m}$ para as secções transversais de folhas.

4 CONCLUSÕES

A aplicação do lodo têxtil com concentrações de até 5 t ha^{-1} consiste em uma alternativa viável para a utilização como fertilizante no cultivo do Tifton (*Cynodon* sp).

Concentrações de até 5 t ha^{-1} afetou de maneira positiva a anatomia foliar e radicular, apresentando modificações adaptativas visando resistir aos metais pesados presentes no lodo têxtil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, H.C. et al. Composição química de um resíduo alcalino da indústria de papel e celulose. **Química Nova**, v. 7, p. 1669- 1672, 2007.

ARAÚJO, A. S. F. et al. Composto de lodo têxtil em plântula de soja e trigo, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 6, p. 549- 554, 2005.

ARAUJO, F. V. F. et al. Remoção de cor em soluções de corantes reativos por oxidação com H₂O₂/UV. **Química Nova**, v. 29, p. 11-14, 2006.

ARTUR, A. G. et al. Esterco bovino e calagem para formação de mudas de Guanandi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.6, p.843–850, 2007.

BRITO, C. J. F. A. et al. Anatomia quantitativa da folha e do colmo de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf e *B. humidicola* (Rendle) Schweick. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.3, p. 519-528, 2004.

CARNEIRO, M. A. C. et al. Comportamento de espécies herbáceas em misturas de solo com diferentes graus de contaminação com metais pesados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 11, p. 1629-1638, 2002.

CARVALHO JÚNIOR, G. S. et al. Atributos químicos de um latossolo vermelho tratado com resíduo têxtil. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 8, n. 1, p. 164-176, 2011.

CASTRO, E. M.; PEREIRA, F.J.; PAIVA, R. **Histologia vegetal: estrutura e função dos órgãos vegetativos**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2009, p.34 .

CECATO, U. et al. Influência da adubação nitrogenada e fosfatada na produção, na rebrota e no perfilhamento do capim-marandu (*Brachiaria brizantha* Hochst. Stapf. cv. Marandu), **Acta Scientiarum**, v.22, n.3, p.817-822, 2000.

CERVANTES, T. N. M. et al. Estudo da fotocatalise heterogênea sobre Ti/TiO₂ na descoloração de corantes sintéticos. **Química Nova**, v.32, n.9, p. 2423-2428, 2009.

FERNÁNDEZ, S. et al. Radiometric characteristics of *Triticum aestivum* cv. Astral under water and nitrogen stress. **International Journal of Remote Sensing, London**, v. 15, n. 9, p. 1867-1884, 1994.

GRISI, F. A. et al. Avaliações anatômicas foliares em mudas de café ‘Catuaí’ e ‘Siriema’ submetidas ao estresse hídrico. **Ciência e Agrotecnologia.**, v. 32, n. 6, p. 1730-1736, 2008.

IMMICH, A. P. S., et al. Adsorption of remazol blue RR from textile effluents using *Azadirachta indica* leaf powder as an alternative adsorbent. **Adsorption Science e Technology**, v. 27, n. 5, 2009.

KAPUSTKA, L.A. Selection of phytotoxicity tests for use in ecological risk assesments. In: WANG, W.; GORSUCH, J.W.; HUGHES, D. **Plants for environmental studies**, p.516-548, 1997.

KRAUS, J. E; ARDUIM, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Seropédica: EDUR, p.221, 1997.

LUX, A. A. et al. Differences in struture of adventitions roots in *Salix* clones with contrasting characteristics of cadmium accumulation and sensitivity. **Physiologia Plantarum**, v.120, n.4, p.537-545, 2004.

MARQUES, M. O. et al. Metais pesados e o uso de biossólidos na agricultura, Biossólidos na agricultura, **Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Cap. 12, p. 365-403, 2002.

MARQUES, T.C.L.L.S.M. et al. Respostas fisiológicas e anatômicas de plantas jovens de eucalipto expostas ao cádmio. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.35, n.5, p.997-1006, 2011.

MEDEIROS, L. T. et al. Nitrogênio e as características anatômicas, bromatológicas e agronômicas de cultivares de *brachiaria brizantha*. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 3, p. 598-605, 2011.

MERLINO L. C. S. et al. Bário, cádmio, cromo e chumbo em plantas de milho e em latossolo após onze aplicações anuais de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 2031-2039, 2010.

MODESTO, P. T. et al. Alterações em algumas propriedades de um latossolo degradado com uso de lodo de esgoto e resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.5, p.1489-1498, 2009.

MONNI, S. et al. Ecophysiological responses of *Empetrum nigrum* to heavy metal pollution. **Environmental Pollution**, v.112, n.1, p.121-129, 2001.

OLIVEIRA F. C.; MATTIAZZO M. E. Metais pesados em latossolo tratado com lodo de esgoto e em plantas de cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, v.58, n.3, p.581-593, jul./set. 2001.

PELLISSARI, R. A. Z. et al. Lodo têxtil e água residuária de suinocultura na produção de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Engenharia Agrícola**, v.29, n.2, p. 288–300, 2009.

PEREIRA, F. J. et al. Evolução da anatomia radicular do milho ‘Saracura’ em ciclos de seleção sucessivos, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 12, p. 1649-1656, 2008.

PEREIRA, F.J. et al. Mecanismos anatômicos e fisiológicos de plantas de aguapé para a tolerância à contaminação por arsênio. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 29, n. 2, p. 259-267, 2011.

PIMENTEL, M. S. et al. Atributos químicos do solo utilizando composto orgânico em consórcio de alface-cenoura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.39, n.3, p.225-232, 2009.

PRADO, R. M. et al. Reatividade de uma escória de siderurgia em um Latossolo Vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.197-205, 2004.

PRADO, R. M.; NATALE, W. Desenvolvimento inicial e estado nutricional do maracujazeiro em resposta à aplicação de lodo têxtil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.6, p.621-626, 2005.

QUEIROZ, F.M. et al. Características químicas de solo submetido ao tratamento com esterco líquido de suínos e cultivado com gramíneas forrageiras. **Ciência Rural**, v.34, p. 1487-1492, 2004.

RIBEIRO et al. Anatomia foliar de mandioca em função do potencial para tolerância à diferentes condições ambientais, **Ciência Agrônômica**, v. 43, n. 2, p. 354-361, 2012.

ROCHA, G. N. et al. Mudanças da fertilidade do solo e crescimento de um povoamento de *Eucalyptus grandis* fertilizado com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.4, p.623-639, 2004.

SANTOS C. H. et al. Fertilidade do solo e nutrição de tangerineiras ‘Ponkan’ manejados com resíduos sólidos e adubação química, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.1, p.75–83, 2011.

SANTOS, M. V. et al. Tolerância do Tifton 85 (*Cynodon* spp.) e da *Brachiaria brizantha* ao glyphosate. **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, p. 353-360, 2008.

SILVA, A. A. et al. Absorção de micronutrientes em pastagem de brachiaria decumbens, após aplicação de cama de peru e fontes minerais na fertilização. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 1, p. 41-48, 2011.

SOBRAL, M. F. et al. Escória de siderurgia e seus efeitos nos teores de nutrientes e metais pesados em cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15 n.8, v.15, n.8, p.867-872, 2011.

SOUSA, R. S. et al. Composição química de capim-tanzânia adubado com nitrogênio e fósforo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.6, p. 1200-1205, 2010.

SOUZA, S. M.; CHAVES, L. H. G.; SOUZA, A. P. Efeito da aplicação de lodo de curtume sobre a condutividade elétrica e reação do solo ácido. **Agropecuária Técnica**, v.27, n.2, p.77-84, 2006.

SOUZA, V. L. et al. Efeitos do cádmio na anatomia e na fotossíntese de duas macrófitas aquáticas. **Acta Botanica Brasílica**, v. 23, p. 343-354, 2009.

ZANELLA, G. et al. Tratamento de banhos de tingimento têxtil por processos foto-fenton e avaliação da potencialidade de reúso. **Química Nova**, v. 33, p. 1039-1043, 2010.

ANEXOS

	Páginas
TABELA 1A	Análise de Variância da variável Altura de plantas..... 48
TABELA 2A	Análise de Variância da variável número de perfilhos..... 48
TABELA 3A	Análise de Variância da variável massa seca da parte aérea..... 48
TABELA 4A	Análise de Variância da variável alongamento radicular..... 48
TABELA 5A	Análise de Variância da variável massa seca radicular..... 49
TABELA 6A	Análise de Variância da variável área do córtex (AC)..... 49
TABELA 7A	Análise de Variância da variável espessura da epiderme (EP) 49
TABELA 8A	Análise de Variância da variável espessura do córtex (EC) 49
TABELA 9A	Análise de Variância da variável densidade estomática da face abaxial (DE_AB)..... 50
TABELA 10A	Análise de Variância da variável índice estomático da face abaxial (IE_AB)..... 50
TABELA 11A	Análise de Variância da variável funcionalidade estomática da face abaxial (FE_AB) 50
TABELA 12A	Análise de Variância da variável densidade estomática da face adaxial (FE_AD) 50
TABELA 13A	Variância da variável índice estomático da face adaxial (IE_AD) 51
TABELA 14A	Análise de Variância da variável espessura do mesofilo (MF) 51
TABELA 15A	Análise de Variância da variável espessura da epiderme da face abaxial (EAB) 51
TABELA 16A	Análise de Variância da variável espessura da epiderme da face adaxial (EAD) 51
TABELA 17A	Análise de Variância da variável diâmetro do floema (FL) 52
TABELA 18A	Análise de Variância da variável diâmetro do xilema (XL) 52
TABELA 19A	Análise de Variância da variável distância entre os feixes vasculares (DFV) 52
FIGURA 6A	Secções de raiz e folha de Tífton com indicações das estruturas avaliadas..... 53

Tabela 1A. Análise de Variância da variável Altura (A)

Fv	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
TRATAMENTO	6	57.485850	9.580975	3.92	0.004
erro	21	50.911050	2.424336		
Total corrigido	27	108.396900			
CV (%)	13.96				
Media geral:	11.1550000				

Tabela 2A. Análise de Variância da variável Número de perfilhos (NP)

Fv	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
TRATAMENTO	6	93.500000	15.583333	2.157	0.082
Erro	21	151.750000	7.226190		
Total corrigido	27	245.250000			
CV (%)	20.29				
Media geral:	13.2500000				

Tabela 3A. Análise de Variância da variável Massa seca da parte aérea (MSPA)

Fv	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
TRATAMENTO	6	0.980068	0.163345	5.736	0.002
Erro	21	0.598049	0.028479		
Total corrigido	27	1.578117			
CV (%)	10,50				
Media geral:	1.6066071				

Tabela 4A. Análise de Variância da variável Alongamento radicular (AR)

Fv	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
TRATAMENTO	6	900.214286	150.035714	2.868	0.035
Erro	21	1098.750000	52.321429		
Total corrigido	27	1998.964286			
CV (%)	11.66				
Media geral:	62.0357143				

Tabela 5A. Análise de Variância da variável Massa seca radicular (MSR)

Fv	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
TRATAMENTO	6	99.738686	16.623114	4.166	0.005
Erro	21	83.796925	3.990330		
Total corrigido	27	183.535611			
CV (%)	22.85				
Media geral:	8.7432143				

Tabela 6A. Análise de Variância da Variável área do córtex (AC)

Fv	GL	SQ	QM	FC	Pr>F _c
TRATAMENTO	6	4.7781143E+0010	7.963524E+0009	22.658	0.000
Erro	413	1.4515687E+0011	351469442.525		
Total corrigido	419	1.9293802E+0011			
CV (%)	20.97				
Media geral:	89395.0432143				

Tabela 7A. Análise de Variância da variável espessura da epiderme (EP)

Fv	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
TRATAMENTO	6	367.802133	61.300356	4.829	0.001
Erro	413	5242.987795	12.694886		
Total corrigido	419	5610.789928			
CV (%)	23.17				
Media geral:	15.3778333				

Tabela 8A. Análise de Variância da variável espessura do córtex (EC)

Fv	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
TRATAMENTO	6	185614.507002	30935.751167	21.72	0.000
Erro	413	588211.929597	1424.241960		
Total corrigido	419	773826.436599			
CV (%)	21.10				
Media geral:	178.8513810				

Tabela 9A. Análise de Variância da variável densidade estomática da face abaxial (DEAB)

Fv	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
TRATAMENTO	6	88231.933166	14705.322194	9.595	0.000
Erro	413	632956.247340	1532.581713		
Total corrigido	419	721188.180506			
CV (%)	13.70				
Media geral:	285.6787143				

Tabela 10A. Análise de Variância da variável índice estomático da face abaxial (IEAB)

Fv	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
TRATAMENTO	6	189.266713	31.544452	20.78	0.000
Erro	413	626.395640	1.516696		
Total corrigido	419	815.662353			
CV (%)	13.86				
Media geral:	8.8863333				

Tabela 11A. Análise de Variância da variável funcionalidade estomática da face abaxial (FEAB)

Fv	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
TRATAMENTO	6	1.198590	0.199765	5.216	0.000
Erro	413	15.818007	0.038300		
Total corrigido	419	17.016596			
CV (%)	15.83				
Media geral:	1.2360952				

Tabela 12A. Análise de Variância da variável densidade estomática da face adaxial (FEAD)

Fv	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
TRATAMENTO	6	76466.362920	12744.393820	3.843	0.000
Erro	413	1369717.803960	3316.508000		
Total corrigido	419	1446184.166880			
CV (%)	24.20				
Media geral:	238.0040000				

Tabela 13A. Análise de Variância da variável índice estomático da face adaxial (IEAD)

Fv	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
TRATAMENTO	6	97.950858	16.325143	5.233	0.000
Erro	413	1288.294402	3.119357		
Total corrigido	419	1386.245260			
CV (%)	24.26				
Media geral:	7.2810238				

Tabela 14A. Análise de Variância da variável espessura do mesofilo (MF)

Fv	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
TRATAMENTO	6	24624.368091	4104.061349	12.503	0.000
Erro	413	135566.815008	328.248947		
Total corrigido	419	160191.183100			
CV (%)	13.26				
Media geral:	136.6156905				

Tabela 15A. Análise de Variância da variável espessura da epiderme da face abaxial (EAB)

Fv	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
TRATAMENTO	6	57.513598	9.585600	4.538	0.002
Erro	413	872.338427	2.112200		
Total corrigido	419	929.852025			
CV (%)	22.63				
Media geral:	6.4224762				

Tabela 16A. Análise de Variância da variável espessura da epiderme da face adaxial (EAD)

Fv	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
TRATAMENTO	6	107.756736	17.959456	9.547	0.000
Erro	413	776.901650	1.881118		
Total corrigido	419	884.658386			
CV (%)	21.53				
Media geral:	6.3692857				

Tabela 17A. Análise de Variância da variável diâmetro do floema (FL)

Fv	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
TRATAMENTO	6	2325.333879	387.555647	8.107	0.000
Erro	413	19744.634527	47.807832		
Total corrigido	419	22069.968406			
CV (%)	32.02				
Media geral:	21.5937143				

Tabela 18A. Análise de Variância da variável diâmetro do xilema (XL)

Fv	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
TRATAMENTO	6	1374.006016	229.001003	32.01	0.000
Erro	413	2954.517023	7.153794		
Total corrigido	419	4328.523039			
CV (%)	16.09				
Media geral:	16.6220476				

Tabela 19A. Análise de Variância da variável distância entre os feixes vasculares (DFV)

Fv	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
TRATAMENTO	6	10421.852655	1736.975442	11.84	0.000
Erro	413	60670.420797	146.901745		
Total corrigido	419	71092.273451			
CV (%)	16.99				
Media geral:	71.3468571				

Figura 6A. Secções de raiz e folha de Tífton com indicações das estruturas avaliadas.

