

ANA LÚCIA BARROS

**MORFO-ANATOMIA E TEOR DE NUTRIENTES EM TRÊS
ESPÉCIES VEGETAIS CULTIVADAS EM SISTEMA
“WETLAND CONSTRUÍDO”**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Botânica, para obtenção do título de “Magister Scientiae”

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2005

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

B277m
2005

Barros, Ana Lúcia, 1981-
Morfo-anatomia e teor de nutrientes em três espécies
vegetais cultivadas em sistema “wetland construído”
/ Ana Lúcia Barros. – Viçosa : UFV, 2005.
xii, 70f. : il. ; 29cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Aristéia Alves Azevedo.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 55-62

1. Plantas - Anatomia. 2. Botânica - Morfologia.
3. Águas residuais - Purificação. 4. Plantas - Nutrição.
5. *Typha latifolia*. 6. *Cynodon dactylon*. 7. *Alternanthera
philoxeroides*. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 571.3

ANA LÚCIA BARROS

**MORFO-ANATOMIA E TEOR DE NUTRIENTES EM TRÊS
ESPÉCIES VEGETAIS CULTIVADAS EM SISTEMA
“WETLAND CONSTRUÍDO”**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Botânica, para obtenção do título de “Magister Scientiae”

APROVADA: 04 de Março de 2005

Prof^a Renata M. Strozi Alves Meira
(Conselheira)

Prof^a Rosane M. A. Euclides
(Conselheira)

Prof. João Marcos de Araújo

Prof^a Luzimar Campos da Silva

Prof^a Aristéa Alves Azevedo
(Orientadora)

*À minha mãe por confiar em mim
e dar todo o carinhoso apoio,
dedico*

*“Onde vós vedes coisas ideais,
eu vejo – coisas humanas,
ah, coisas demasiado humanas!”*

Friedrich Nietzsche.

AGRADECIMENTOS

Estou muito feliz, extasiada, por completar mais uma fase da minha vida, foi difícil a ausência, porém suportável. Neste momento de descontração vale ressaltar alguns agradecimentos àqueles que me auxiliaram tanto para este trabalho se tornar realidade quanto àqueles que pela “simples presença amiga” muito fizeram por mim.

Agradeço aos professores que através de muito trabalho conseguiram a bolsa financiada pela CAPES para que eu pudesse trabalhar, adquirir mais conhecimento e dar a minha pequena contribuição à ciência. Obrigada, a CAPES por incentivar a pesquisa dando o auxílio financeiro; agradeço também a UFV pela oportunidade de concretizar um ideal.

Agradeço de coração a Aristéa pela orientação e por me acalmar quando eu precisei, e a Rosane por ser minha conselheira. Obrigada aos professores Renata (não só por ser minha conselheira) e João Augusto pelo amparo no momento em que cheguei em Viçosa e depois pela amizade.

Agradeço com muito carinho o pessoal da Engenharia Agrícola, Walisson, Carlos, Sr. Chico e Altair por tornar mais agradável o árduo trabalho, foi muito bom dividir meu tempo de trabalho com vocês!

Agradeço ao laboratório Unidade de Crescimento de Plantas, ao Rogério que sempre foi muito prestativo e a Kacilda pela ajuda e amizade. Agradeço ao Gilmar por ser sempre prestativo... Agradeço ao Departamento de Solos pela análise de nutrientes.

Agradeço a professora Maria Catharina, do laboratório de Micorrizas por ceder o crio-micrótopo.

Agradeço a Vali Pott (Embrapa-Gado de Corte) e a Cleusa Bona (UFPR) por identificarem uma das espécies foco do meu trabalho.

Agradeço ao professor Acelino Alfenas do laboratório de Patologia Florestal por disponibilizar o capturador de imagens em um momento em que tanto este fez falta no laboratório de Anatomia. De igual maneira agradeço a professora Edna Scremin-Dias e sua aluna Seloi, Laboratório de Botânica/UFMS, por também me ceder este equipamento. Edna, muito obrigada pelo carinho...

Aí galera do laboratório de Anatomia, que me aturou, Vânia, Nelson, Luzimar, Marcela e de maneira muito especial a Marília, muito obrigada pelo convívio, e por me livrar de dúvidas que surgiram. Luzimar não esquecerei da exploração do cafezinho, ta? Lucimara valeu a companhia algumas vezes quando fiquei até tarde trabalhando.

Ei, Viviane Arruda e Crislene, valeu filosofar com vocês entre resinas e xilóis (risos), obrigada, minhas novas amiguinhas, adorei conviver com vocês! Kátya e Ivone sentirei falta de nossas cumplicidades e histórias hilárias, obrigada pelo carinho!

Agradeço minhas maravilhosas amigas Priscila, Ana Flávia, Fábria e Márcia, pelos momentos de descontração, risos e ajuda nos momentos difíceis de todos os tamanhos...ainda no time das amigas jamais esquecerei da minha mãe postiça Maluzinha, que sempre me acompanhou, a Michellia, Rodney, a Laura...que me deu aquela força na reta final...Eita tanto convívio bom! Érica Pereira, minha super-hiper amigona, valeu pela amizade e amparo! Ah! Psiu...Andreza, as duas Éricas e Rogerinho, obrigada por terem sido “meus babás” e Silvana...Por que não fico quietinha como você? (rsrs).

Obrigada meninas da República, Ana Paula e Rose, foi muito bom poder trocar idéias e conviver todo este tempo com vocês, que foram como irmãs...

Obrigada meus amigos de Campo Grande, Airton, Evandro, Edlaine, Cris Kalife, Dany e Licléia por todo o apoio e ajuda, tanto quando eu estive aí como mesmo a distância, vocês são demais!

Agora de maneira muito especial, agradeço o Evander que sempre esteve ao meu lado diante de tantas incertezas e alegrias e sem palavras para agradecer, minha amicíssima Viviane Cabral, minha cara amiga de todas as horas, muito obrigada por se fazer tão próxima, já posso sentir a falta desta irmãzinha que você sempre foi, te adoro!

Obrigada mãezinha e meus irmãos, nem preciso dizer o quanto vocês significam pra mim...

Obrigada Deus, por tudo, que em meio a este caldeamento, colocar estas pessoas em meu caminho, e me dar esta oportunidade de crescer em sabedoria, cai uma lágrima de saudade embaçando a visão, sei que com cada um vivi uma história diferente que teve um começo proposital, vários meios de alegrias e que não terá uma página de fim de capítulo, mas segue-se a clareza nos olhos para poder enxergar que muito de cada um está em mim, e espero ter deixado um pouco de mim também.

Se eu soubesse agradeceria em todas as línguas, até mesmo em páli, para expressar minha gratidão...

OBRIGADA!!!

BIOGRAFIA

Ana Lúcia Barros,

Filha de Creuza Barros, nasceu em Campo Grande, Mato Grosso do Sul, em 27 de Novembro de 1981. Concluiu sua graduação em Ciências Biológicas Licenciatura e Bacharelado em 2001, pela UFMS, onde durante o ano de 2002, trabalhou como bolsista AT-NS. Em 2003, em busca de um ideal, iniciou o Mestrado em Botânica, área de concentração em Anatomia Vegetal, na Universidade Federal de Viçosa/MG, concluído em março de 2005.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	ix
1. ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	5
2.1. Local de Estudo	5
2.2. Critérios para a Seleção das Espécies.....	8
2.3. Caracterização das Espécies.....	9
2.3.1 <i>Alternanthera philoxeroides</i>	9
2.3.2 <i>Cynodon dactylon</i>	11
2.3.3 <i>Typha latifolia</i>	13
2.4. Tratamentos.....	14
2.5. Caracterização Geral da Água Residuária de Suinocultura.....	17
2.6. Análise Morfo-Anatômica	17
2.7. Peso da Matéria Seca e Análise de Macro e Micronutrientes	19
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
3.1. Morfologia e Anatomia	21
3.1.1 <i>Alternanthera philoxeroides</i>	21
3.1.2 <i>Cynodon dactylon</i>	32
3.1.3 <i>Typha latifolia</i>	36

3.2 Nutrientes e Peso da Matéria Seca	44
4. CONCLUSÕES	54
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
6. APÊNDICE	63

RESUMO

BARROS, Ana Lúcia. M.S., Universidade Federal de Viçosa, março de 2005. **Morfo-Anatomia e Teor de Nutrientes em Três Espécies Vegetais Cultivadas em Sistema “Wetland Construído”**. Orientadora: Aristéa Alves Azevedo. Conselheiras: Renata S. A.Meira e Rosane M. A. Euclides

A água doce é fonte primária de recursos para a sociedade, tais como produção de alimentos e atividades industriais. As previsões com relação a escassez de água para o suprimento das necessidades básicas do homem, têm sido motivo de intensas pesquisas visando a maximização do seu aproveitamento. Assim sendo grande atenção é dada a plantas com capacidade de limpar a água, principalmente as aquáticas e o uso de filtros plantados com macrófitas aquáticas - sistema “wetland”, surge como uma alternativa eficiente e de baixo custo operacional quando comparado com os sistemas clássicos para o tratamento de água. Foi construído um sistema “wetland” de fluxo subsuperficial, para o tratamento de água residuária de suinocultura na “Área Experimental e Drenagem” do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, Estado de Minas Gerais (UFV), utilizando *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb., *Cynodon dactylon* (Tifton 85) e *Typha latifolia* L. Os objetivos foram verificar as alterações morfo-anatômicas apresentadas no sistema radicular e parte aérea destas espécies quando cultivadas no sistema “wetland”; avaliar o comportamento das mesmas em ambientes eutrofizados, verificando a relação entre a quantidade de nutrientes acumulada nos tecidos e a morfo-anatomia, e fornecer subsídios para a escolha correta de espécies vegetais a serem utilizadas neste sistema. Foram analisados órgãos subterrâneos e aéreos destas espécies, coletadas em três tratamentos: Tratamento 1 onde o dejetos de suinocultura chega, tratamento 2, que corresponde ao final do tanque, local menos eutrofizado e

tratamento controle, livre de dejetos. Foi confeccionado laminário permanente com inclusão em resina e parafina, coloração com azul de toluidina e azul de astra/fuccina básica para análise do material em microscopia de luz. Para a análise quantitativa dos dados foi usado o software Image Pró-Plus Version 4.5. O material foi fotografado em microscópio de luz acoplado à câmara digital. Após a coleta, amostras foram pesadas para obtenção dos dados de peso da matéria seca e posteriormente moídas para a análise de nutrientes. De modo geral, o sistema empregado pode ser considerado eficiente na despoluição de ambientes contaminados com dejetos suíno, pois foi constatado o acúmulo de diversos elementos químicos na parte aérea e no sistema subterrâneo das plantas em resposta a adição de dejetos no substrato. As três espécies toleraram bem tanto as condições de inundação como a exposição a altas cargas orgânicas; a morfologia foi mais alterada que a anatomia quanto as respostas apresentadas frente à exposição ao aumento de nutrientes foram comparadas. *A. philoxeroides* foi a espécie que promoveu a extração de um número maior de nutrientes e *C. dactylon* a que menos acumulou. Em geral o nitrogênio foi o elemento químico mais expressivo nos tecidos das plantas.

ABSTRACT

BARROS, Ana Lúcia. M.S., Universidade Federal de Viçosa, March of 2005.
Morpho-Anatomy And Nutrient Content In Three Plant Species Cultivated In A Constructed Wetland System. Adviser: Aristéa Alves Azevedo. Committee members: Renata S. A.Meira and Rosane M. A. Euclides

Fresh water is primary source of resources to society as the production of food and industrial activities. The forecasts in relation to water scarcity to the supply of basic human needs, has been the cause of intensive researches aiming the maximization of its utilization. So, much attention is given to plants with the capacity of cleaning the water, mainly the aquatic ones and the use of filters with aquatic macrophytes – wetland system, comes out as an efficient and cheaper alternative when compared with classic systems to water treatment. A wetland system of subsuperficial flux was built to the treatment of swine wastewater in “Experimental Area and Drainage “ of Department of Agricultural Engineering of Federal University of Viçosa (UFV), Minas Gerais State, using *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb., *Cynodon dactylon* (Tifton 85) and *Typha latifolia* L. The objectives were to verify morpho-anatomical modifications presented in root system and aerial part of these species when cultivated in wetland system; evaluate their behavior in eutrophic environments, verifying the relation between the quantity of nutrients accumulated in tissues and morpho-anatomy; and provide subsidies to the correct choice of plant species that will be used in this system. Subterranean and aerial organs of these species were analyzed, collected in three treatments: Treatment 1 where the swine culture residues come, treatment 2, that corresponds to the final portion of the reservoir, less eutrophic place, and control treatment, free of those residues.

Permanent slides were made with inclusion in resin and paraffin, stained with Toluidine Blue and Astra Blue, and Basic Fuchsin. Qualitative analysis was made and to the quantitative analysis of the data, the software Image Pro-Plus Version 4.5 was used. The material was photographed in light microscope joined to a digital camera. After the collection, samples were weighed to provide the data about dry matter weight and later they were ground to the nutrient analysis. In general terms, the system used can be considered efficient in the despollution of environments contaminated with pig residue, because it was verified the accumulation of several chemical elements in aerial part and subterranean system of those plants in response to the addition of residue in the substrate. The three species were well adapted to the system, and tolerated the conditions of flood and the exposition to high organic loads; and in respect to the responses showed by the exposition to the increase of nutrients, the morphology was much altered when compared with the anatomy. *A. philoxeroides* was the species with the extraction of a higher number of nutrients and *C. dactylon* was the one which accumulated the smallest number of nutrients. In general, nitrogen was the most expressive chemical element in tissues of those plants.

1. INTRODUÇÃO

A água, um dos recursos naturais mais indispensáveis à vida no planeta, está constantemente sob ameaça em função da má utilização dos seus usos múltiplos; esta ameaça não diz respeito apenas à escassez, mas também a sua qualidade em decorrência das intensas e crescentes agressões ao ambiente (Guimarães, 1999).

As previsões de escassez de água, para o suprimento das necessidades básicas do homem, têm sido motivo de intensas pesquisas visando melhorar o gerenciamento dos recursos hídricos e a maximização de seu aproveitamento. Desde 1950, o consumo de água no mundo triplicou e cerca de 23 países, englobando um total de 230 milhões de pessoas, enfrentam problemas de escassez deste recurso (Guimarães, 1999).

Lagos e rios são importantes porque fornecem água para dar suporte a sistemas de produção agrícola, industrial, geração de energia elétrica, consumo humano, navegação, irrigação, pesca, recreação, dentre outros (Pompêo & Moschini-Carlos, 2003). Menos de 1% deste elemento está disponível para a maioria destas atividades, estando todo o restante sob a forma de geleiras, água salgada e vapor d'água (Guimarães, 1999).

Vicznevski & Silva (2003) chamam a atenção para o crescente e acelerado processo de ocupação das áreas urbanas nas cidades brasileiras, o que acontece de forma desordenada e desproporcional, gerando graves problemas estruturais, como a carência de sistemas de coleta e tratamento de esgotos sanitários. Esta carência traz sérias conseqüências para a saúde pública e degradação ambiental, refletindo diretamente na qualidade de vida da população. Londe (2002) cita que não somente nas áreas urbanas encontram-se dificuldades; na zona rural, a situação se agrava, pois a poluição da água gerada por atividades agrícolas ou esgotos domésticos contamina o solo e os mananciais exigindo medidas urgentes visando o tratamento da água.

A contaminação de solos, água superficial e da água subterrânea por resíduos animais é uma preocupação ambiental crescente. A criação intensiva de animais pode resultar em aumento nos teores de nitrogênio e, ou, fósforo no solo e na água. Elementos químicos contidos nos resíduos podem contaminar a água de superfície, causar a eutrofização ou prejudicar a qualidade da água subterrânea (lençol freático), tornando-a indisponível para o consumo humano (Hubbard *et al*, 1999).

O desenvolvimento de sistemas de tratamento de esgotos sanitários, que proporcionem a redução dos custos de investimento e requeiram o mínimo de manutenção e gasto operacional, pode contribuir para a solução dos graves problemas que os lançamentos de efluentes residuários domésticos vêm causando à saúde humana e ao meio ambiente.

Neste contexto, surge o chamado “wetlands”, também conhecido pelas denominações leitos cultivados, filtros plantados com macrófitas, tanque vegetado e zona de raízes, como uma alternativa que tem atributos importantes como: baixo custo financeiro, pouca ou fácil manutenção (efetividade de custo) quando comparados com os sistemas tradicionais; grande eficácia no tratamento de esgoto sanitário; grande capacidade em reduzir a carga de resíduos sólidos e substâncias tóxicas; capacidade de tratar mais de um tipo de poluente simultaneamente; e possibilidade de utilização no tratamento de água para o consumo humano (Lim *et al*, 2003; Sezerino & Philippi, 2003; Vicznevski & Silva, 2003; Londe, 2002; Wong & Lim, 2001; Davis, S.D.). Em particular na zona rural ou em comunidades pequenas, onde tecnologias sofisticadas não podem ser aplicadas, essa é uma alternativa de grande versatilidade em comparação aos métodos de tratamento de água convencionais (Lim *et al*, 2003; Londe, 2002; Wong & Lim, 2001; Hegemann, 1996).

Os leitos cultivados são efetivos nos processos de tratamento de água residuária, dentre outros motivos, por abrigar uma grande e diversa população de bactérias que se desenvolve próximo às raízes submersas e caules de plantas aquáticas (USEPA, 1988). Este sistema possibilita a melhoria das características físicas, químicas e bacteriológicas do efluente, podendo viabilizar a reutilização da água a ser descartada para diversas finalidades: irrigação ou outros trabalhos na zona rural, utilização em vasos sanitários, lavagem de calçadas e pistas de aeroportos, irrigação de plantas de jardim ou, em último caso, sua devolução ao ambiente de forma mais segura (Vicznevski & Silva, 2003; Londe, 2002).

Apesar de muitas vantagens, o sistema “wetlands” possui algumas limitações, como as levantadas por Davis (S.D.): geralmente requerem áreas de terra maiores que as utilizadas nos tratamentos convencionais e os componentes biológicos são sensíveis à seca e a substâncias presentes nos efluentes, como amônia e pesticidas.

“Wetland”, literalmente, significa “terra úmida”. De acordo com USEPA (1988), este termo inclui “wetlands” naturais e construídos sendo traduzido como áreas inundadas por água superficial ou subterrânea, com frequência e duração

suficientes para manter condições saturadas. Para Davis (S.D.), “wetlands” são áreas de transição entre terra e água, e o termo “wetlands” compreende uma gama de ambientes úmidos, incluindo pântanos, áreas úmidas ao longo de canais de fluxo, prados úmidos, rios etc.

“Wetlands” naturais possuem grande capacidade de alterar a qualidade das águas que passam por eles, porém sofrem algumas limitações operacionais. Por esta razão, os “wetlands” têm sido introduzidos de maneira artificial “*constructed wetlands*” (Lautenschlager, 2001; Wong & Lim, 2001) - para superar as desvantagens do “wetland” natural e permitir melhor controle hidráulico e manutenção mais fácil da vegetação e de outros componentes do sistema (Wong & Lim, 2001).

“Wetland” construído é um ecossistema integrado de água, plantas, animais, microrganismos e o ambiente. Consiste de uma bacia rasa, corretamente projetada, contendo água, algum tipo de substrato (terra, pedra ou areia), material orgânico e plantas (vasculares e algas), mais comumente plantas vasculares tolerantes a condições de saturação. Todos estes componentes podem ser manipulados; outros componentes importantes, como comunidades microbianas (bactérias, fungos, e protozoários), invertebrados aquáticos (principalmente larvas de insetos e vermes) e material vegetal caído, aparecem naturalmente (Davis, S.D.).

Plantas vasculares e avasculares são importantes em “wetlands” construídos, porque a fotossíntese aumenta o oxigênio dissolvido na água, o qual afeta a disponibilidade de nutrientes (Tanner & Kloosterman, 1997; USEPA, 1988; Davis, S.D.). As plantas vasculares aquáticas, emergentes e persistentes, são as mais utilizadas pela alta capacidade de absorção dos nutrientes e por estarem adaptadas a lugares úmidos com carga orgânica elevada (Viczevski & Silva, 2003), e várias espécies têm sido testadas (Campos, 1999; Davis, S.D.). As espécies devem tolerar a combinação de inundação contínua e exposição à água com resíduo, além de possuir crescimento rápido e alta capacidade de remoção de nutrientes (Feijó *et al*, 2003). O ideal é que sejam autóctones e adaptadas ao clima e solo do local. Dentre as mais usadas, estão *Carex* sp., *Cyperus* sp., *Eleocharis* sp., *Juncus* sp., *Phragmites* sp., *Scirpus* sp. e *Typha* sp. (Campos, 1999; Davis, S.D.).

A função desempenhada pelas plantas em “wetlands” construídos é ampla. Elas contribuem para o tratamento de água residuária e fluxo de escoamento por vários modos: estabilizam o substrato e limitam o fluxo canalizado; diminuem a velocidade da água, permitindo a deposição de materiais suspensos; atuam como

extratoras de macro e micro nutrientes disponíveis e outros constituintes da água residuária que são incorporados em seus tecidos, acumulando, desta forma, quantidades significativas de nutrientes na biomassa (Feijó, 2003; Matos, 2003); seus caules, rizomas e raízes dão suporte para o crescimento de biofilme de bactérias (Matos, 2003; Campos, 1999; USEPA, 1988); podem contribuir para que algumas substâncias sejam metabolizadas; transferem gases da atmosfera para o sedimento - o oxigênio que sai de estruturas submersas das plantas cria micro-habitats oxigenados no substrato. Entretanto, tem um ponto negativo que é a acumulação não desejada, em longo prazo, de substâncias químicas, como documentado para áreas de “wetlands” naturais (Schulz & Peall, 2001).

A utilização dos “wetlands” para melhorar a qualidade da água tem encontrado muitas aplicações nos últimos anos (Miller *et al*, 2002; Carleton *et al*, 2000): tratamento de águas residuárias de diversas fontes como águas pluviais, esgotos domésticos, água residuária de agricultura e da indústria; controle de sedimento e nutrientes; controle de cargas poluidoras superficiais ou subterrâneas; drenagem de minas de carvão e até de resíduos de refinadoras de petróleo (Feijó *et al*, 2003; Miller *et al*, 2002; Schulz & Peall, 2001; Carleton *et al*, 2000; Campos, 1999; Hubbard *et al*, 1999; Davis, S.D.). São utilizados, também, para a remoção de herbicidas (Schulz & Peall, 2001 e Moore *et al*, 2000), porém poucos estudos existem sobre o assunto.

Os resultados de inúmeros trabalhos demonstram o sucesso do sistema de tratamento biológico por zona de raízes e sua aplicabilidade no tratamento de efluentes de pequenas comunidades, indústrias e empreendimentos que geram efluentes com características orgânicas, como é o caso de abatedouros, frigoríficos, refeitórios, aeroportos, aterros sanitários, hotéis, etc. (Sezerino & Philippi, 2003; Vicznevski & Silva, 2003; Hegemann, 1996). Entretanto, a carência de divulgação dos resultados de sistemas já implantados e a inexistência de pesquisas mais abrangentes sobre o uso desta técnica são os responsáveis por ela ainda ser pouco conhecida entre os técnicos da área de saneamento (Vicznevski & Silva, 2003).

Em todo sistema que envolva solo-planta, como reatores na depuração de águas residuárias, a escolha da espécie é de fundamental importância para o sucesso do sistema de tratamento. As espécies utilizadas podem ser flutuantes, submersas ou emergentes; estas últimas, pelo fato de se fixarem ao substrato e possuírem parte do corpo fora d'água, aliado à grande produção de biomassa, são as mais eficientes e têm

alta capacidade de depuração de águas residuárias (Matos, 2003). Entretanto, pouco se conhece, ainda, a respeito das respostas morfo-anatômicas das plantas utilizadas nos “wetlands”.

O ambiente influencia o desenvolvimento das plantas, que é refletido em sua morfologia e anatomia. Neste sentido, os estudos de anatomia vegetal contribuem para diagnosticar as características adaptativas da espécie e compreender a relação da estrutura da planta com o meio em que está inserida (Dickison, 2000).

Os objetivos do presente trabalho foram verificar as alterações morfo-anatômicas apresentadas no sistema radicular e parte aérea de *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb., *Typha latifolia* L. e *Cynodon dactylon* (L.) Pers. (Tifton 85), quando cultivadas em ambiente contaminado com dejetos suíno; avaliar o comportamento destas espécies em ambientes eutrofizados, verificando a relação entre a quantidade de nutrientes acumulada nos tecidos e a morfo-anatomia, e fornecer subsídios para a escolha correta de espécies vegetais a serem utilizadas no tratamento de água residuária - sistema "wetland".

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de Estudo

Foi construído um sistema “wetland” de fluxo subsuperficial (Figs 1 e 2), na “Área Experimental e Drenagem” do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, Estado de Minas Gerais (UFV). Viçosa, segundo a classificação de Köeppen, possui clima Cwa, está situada entre as coordenadas geográficas 20° 45’ S de latitude, 42° 51’ W de longitude e possui 651m de altitude.

A estação de tratamento (sistema “wetland”) foi construída durante os meses de janeiro à abril de 2004, sendo constituída de cinco tanques de seção trapezoidal (talude 1:1), com dimensões de 1,0 x 24,0m cada um, apresentando profundidade de 0,4m e declividade de 0,5% no sentido longitudinal. Foi utilizada brita como substrato e lona butílica para a impermeabilização, com o intuito de evitar percolação fora da região de controle (Figs 1 e 2). Neste trabalho, foram avaliadas as plantas de três tanques não se utilizando o quarto tanque que continha as três espécies juntas e o quinto onde foi colocado apenas o substrato.

A água residuária usada no experimento foi captada (por bombeamento) de um tanque (Fig. 3), utilizado para coletar a água residuária proveniente da “Suinocultura da UFV”, localizado próximo à área experimental. O dejetos sai deste tanque e por tubulação chega a estação de tratamento onde é peneirado, para a retirada dos resíduos mais sólidos (Figs 4 a 6). No final de cada tanque foram instalados tubos de PVC, de 100mm, perfurados e conectados a mangotes de 75mm, que serviram para controlar o nível da água no tanque e a drenagem do efluente do sistema de tratamento (Fig. 7).



Figuras 1 a 6 – Visão parcial do sistema “wetland”, evidenciando os tanques (1), brita como substrato e impermeabilização com lona butílica (2), tanque armazenador de dejetos (3), tubulação que leva o dejetos (4), tanque com *Typha latifolia* recém plantada (5) e dejetos chegando no tratamento 1 sendo peneirado (6).



Figura 7 – Vista parcial do sistema “wetland”. Saída da água após percorrer o tanque.

2.2 Critérios Utilizados para a Escolha das Espécies

As plantas cultivadas para a avaliação do desenvolvimento e aspectos morfo-anatômicos, em resposta a água residuária com dejetos suínos, foram selecionadas seguindo algumas características peculiares a cada uma e facilidade de acesso.

A. philoxeroides foi selecionada a partir de um teste preliminar onde foi avaliada sua tolerância neste tipo de substrato e demonstrado resultado satisfatório enquanto a seleção de *T. latifolia* se fundamentou em resultados de trabalhos anteriores (Clarke & Baldwin, 2002; Tobias, 2002; Ancell *et al*, 1998; Ennabilia *et al*, 1998; USEPA, 1988; Davis, S.D.). *A. philoxeroides* e *T. latifolia* são muitas vezes utilizadas como indicadoras de perturbação ambiental (Amaral & Bittrich, 2002; Bona & Morretes, 1997). Como o sistema "wetland construído" possui certo grau de eutrofização, o que também é comum em locais com sinais de perturbação ambiental, é vantajosa a utilização de espécies que tolerem e apresentem bom crescimento em condições como esta. As espécies estudadas são dotadas de aerênquima o que possibilita a oxigenação do substrato, apresentando tolerância a condições de inundação e hipóxia, características relevantes na escolha da planta. *C. dactylon* substituiu *Pennisetum purpureum* Schumacher, uma espécie que não se adaptou. Em adição a isto, possuem rápido crescimento e são perenes (Amaral & Bittrich, 2002; Pott & Pott, 2000, Evangelista, 1999.). Espécies de crescimento lento retardariam o início do funcionamento do sistema e as anuais teriam que ser repostas com mais

freqüência, aumentando a mão-de-obra e tornando mais difícil o manejo o que poderia prejudicar o andamento do sistema; estas plantas ocorrem em abundância na região e são de fácil propagação, o que também influenciou na escolha das espécies.

Em adição a estes fatores, também foi considerado o fato de *A. philoxeroides* apresentar alta plasticidade fenotípica, sendo interessante o estudo de sua anatomia, e as três espécies terem interesses comerciais, como propriedades medicinais e uso na alimentação de animais.

2.3 Caracterização das Espécies

2.3.1 *Alternanthera philoxeroides* (em inglês alligator-weed. *Althernathera*=anteras alternadas com as pétalas (tépalas); *philoxeroides*=forma de *Philoxerus* da mesma família).

A. philoxeroides, pertencente à família *Amaranthaceae*, é cosmopolita, originária da América do Sul e ocorre, predominantemente, em zonas tropicais e subtropicais (Joly, 1985). A espécie, popularmente conhecida, em alguns locais, como tripa de sapo, é amplamente distribuída no sul dos EUA, na América Central, Ásia e Austrália sendo, também, encontrada em regiões temperadas da América e da África. São ervas perenes ou anuais, raramente subarbustos (Barroso *et al*, 2002; Barroso, 1978; Pott & Pott, 2000; Scremin-Dias *et al*, 1999; Cronquist, 1981), anfíbias ou emergentes, estoloníferas, com caule oco, folhas com ápice agudo, base decurrente e pecíolo de 0,2 a 1,0 cm (Pott & Pott, 2000; Pedersen, 1997) (Figs 8 a 11). Esta espécie, muitas vezes utilizada como indicadora de perturbação ambiental, apresenta ampla plasticidade fenotípica, sendo as condições ambientais expressas na organização dos diversos órgãos, tecidos e células (Bona & Morretes, 1997; Coleman *et al*, 1994).



Figuras 8 a 11 – *Alternanthera philoxeroides* cultivada em sistema “Wetland”. Controle e no detalhe raízes adventícias (8), tratamento 1 (9), detalhe das raízes (10) e tratamento 2 destacando emaranhado de caules e raízes e em detalhe raízes (11).

2.3.2 *Cynodon dactylon*

Cynodon dactylon (Tifton 85), conhecida popularmente como grama-seda ou grama-de-lavadeira, pertence à família Poaceae (Figs 12 a 7). O gênero *Cynodon* tem a África como seu centro de origem e engloba plantas com flores perfeitas, tendo as espiguetas apenas uma flor fértil. As plantas são perenes, com caule rasteiro, rizomatoso-estolonífero e folhas glabras, ou pouco pubescentes, curtas e, freqüentemente, dispostas em duas fileiras. A base da lâmina foliar apresenta lígula, em um anel saliente ou franja de visíveis pêlos brancos; a bainha é estriada, glabra ou espaçadamente coberta com pêlos delicados; a lâmina é plana, estreita e aguda, com corpos de sílica na região das nervuras e presença de pêlos curtos (Mitidieri, 1988; Havard, 1969).

Tifton 85 é um cultivar que foi desenvolvido pelo geneticista Burton e seus colaboradores em 1993, na Coastal Plain Experiment Station (USDA-University of Georgia), em Tifton, sul do Estado norte-americano da Georgia, sendo o melhor híbrido da F1 entre uma introdução sul-africana (PI 290884) e do Tifton 68 que apresenta rizomas e estolões vigorosos. Trata-se de um híbrido pentaplóide ($2n=5x=45$), de porte mais alto que os demais híbridos, com colmos também maiores, relação folha-colmo maior que o Tifton 68; multiplica-se através de mudas enraizadas ou estolões desenvolvendo-se bem em regiões tropicais e subtropicais (Evangelista, 1999; Oliveira, 1999).

A anatomia de *Cynodon* tem sido muito pesquisada em função de sua aplicação na alimentação de ruminantes, já que a digestibilidade de uma forrageira está vinculada a sua composição histológica (Woodward *et al*, 1989; Hanna *et al*, 1973).



Figuras 12 a 17 – *Cynodon dactylon*. Visão parcial do controle (12), espécime do tratamento controle (3), tratamento 1 evidenciando restos de sedimento aderido nas raízes (14), espécime do tratamento 1 (15) e tratamento 2, maior acúmulo de água e no detalhe raízes (16), espécime do tratamento 2 (17).

2.3.3 *Typha latifolia* (Typha = grande pântano, antigo nome de planta ou fumaça).

T. latifolia, família Typhaceae, são plantas aquáticas, emergentes, perenes, rizomatosas, com folhas compridas, eretas e lineares, conhecidas popularmente como “taboa” (Figs 18 a 21). A espécie é cosmopolita e conhecida por suas várias utilidades: rizoma comestível; broto tenro equivalente ao palmito; fibras excelentes para manufatura de esteiras, chapéus e cintos; viável para produção de álcool e utilização como biofertilizante; cultivada como filtro biológico e para fins medicinais (Amaral & Bittrich, 2002; Pott & Pott, 2000).

Pott & Pott (2000) afirmam que as espécies de *Typha* têm dominância sobre outras aquáticas, pela forte propagação vegetativa e alelopatia, formando o taboal. Possui alta taxa de fotossíntese, apesar de ser C₃. É considerada invasora de difícil erradicação, tendo sua população aumentada quando o ambiente sofre perturbação, adubação e poluição por esgoto. Fia e Matos (2001) *apud* Matos (2003) verificaram a grande capacidade de áreas colonizadas por *Typha* em reduzir a DBO (demanda bioquímica de oxigênio) e os teores de nitrogênio, potássio e fósforo e, também, em remover metais pesados (Pott & Pott, 2000).



Figuras 18 a 21 – *Typha latifolia*. Controle (18), controle do brejo (19), tratamento 1 (20) e tratamento 2 (21).

2.4 Tratamentos

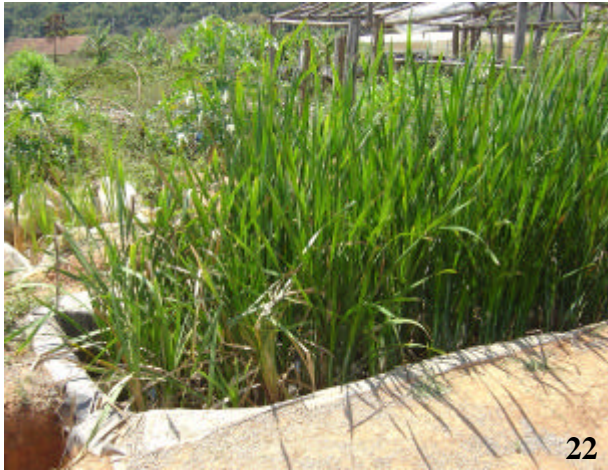
As três espécies, previamente selecionadas, foram plantadas em tanques diferentes durante a segunda quinzena do mês de abril/2004. No tanque nº 1, foi plantada *Typha latifolia*, no tanque nº 2, *Alternanthera philoxeroides*, e no tanque nº 3, *Cynodon dactylon* (Tifton 85). A distância entre as plantas foi de 0,30 x 0,30m, de maneira a preencher toda a extensão dos tanques (Figs 1, 5, 22 a 24). Em todos os tanques foi aplicada água residuária de suinocultura.

As espécies foram coletadas nos arredores da “Área Experimental e Drenagem” do Departamento de Engenharia Agrícola (UFV/MG), em locais livres de contaminação. *T. latifolia* foi coletada em uma lagoa próxima, sendo toda a parte aérea das plantas e as raízes maiores cortadas antes do plantio, permanecendo apenas o caule com a(s) gema(s). Foram plantados segmentos de caule de *A. philoxeroides* contendo dois nós, sendo retiradas todas as folhas, e em Tifton 85 as mudas foram plantadas sem a retirada das folhas, porém estas estavam secas.

Exsicatas de *A. philoxeroides* foram montadas e incorporadas no HMS - Herbário da Embrapa Gado de Corte/MS, sob o número 5178 e VIC – Herbário de Viçosa 29.241 e 29.242. *T. latifolia* e *C. dactylon* no VIC, sob os números 29.243 e 29.244, respectivamente.

No tratamento controle, as espécies foram plantadas, seguindo as mesmas distribuições e distanciamento dos tratamentos, em três cavidades de 1,20 x 1,20m de comprimento e 0,6m de profundidade, feitas no chão; e apenas para *T. latifolia* utilizou-se um plástico impermeabilizante no fundo para manter o solo saturado (Figs 26 a 29).

Estabeleceram-se os seguintes tratamentos: Tratamento 1 (T1), o local aonde chega o dejetos (Fig. 6), ou seja, local mais contaminado; tratamento 2 (T2), corresponde ao final do tanque onde a água sai “tratada” ou pelo menos, com menor eutrofização, e em função da declividade do sistema ocorre maior acúmulo de água (Figs 14 e 16), e tratamento controle (TC), local livre de contaminação. Em *T. latifolia* além deste controle, foram analisadas também plantas que cresciam espontaneamente em um brejo (Fig25), e para *C. dactylon* foram utilizadas, como controle, espécimes crescidos no local da coleta das matrizes (Fig 12).



Figuras 22 a 24 – Vistas parciais do sistema “wetland”. Tanque 1 mostrando *Typha latifolia* (22), tanque 2 *Alternanthera philoxeroides* (23) e tanque 3 *Cynodon dactylon* (24).
Figura 25 – Vista parcial do solo do Brejo, local utilizado também como controle de *Typha latifolia*.



Figuras 26 a 29 – Controles. Visão geral da cavidade (26); *Typha latifolia*: plantio (27) e em crescimento (28) e *Alternanthera philoxeroides* (29).

2.5 Caracterização Geral da Água Residuária de Suinocultura

Em geral, a água residuária oriunda das criações de suínos, compõe-se de dejeções (fezes e urina), resíduos de ração, pêlos e poeira decorrentes do processo criatório, excesso de água dos bebedouros e de água de higienização (Santos, 2001; Queiroz, 2000). A parte sólida das águas residuárias da suinocultura é composta por materiais utilizados na alimentação dos animais, ou seja, material orgânico de origem vegetal e animal que passaram pelo trato digestivo, podendo ser divididos em sólidos digeridos (fezes) e não digeridos (Campelo, 1999).

Queiroz (2000), trabalhando com forrageiras para o tratamento de água residuária de suinocultura, conduziu experimento também na área experimental da Engenharia Agrícola da UFV e determinou a concentração média de nutrientes semanalmente resultando em valores de 469,09 dag Kg⁻¹ de N total, 258,43 dag Kg⁻¹ de P, 111,46 dag Kg⁻¹ de K, 40,09 dag Kg⁻¹ de Na, 463,50 dag Kg⁻¹ de Ca, 50,03 dag Kg⁻¹ de Mg, 40,32 dag Kg⁻¹ de Zn, 280,62 dag Kg⁻¹ de Fe e 3,42 dag Kg⁻¹ de Cu.

Muitos fatores contribuem para a variação dos constituintes da água residuária de suinocultura, como por exemplo, o clima, que influencia na evaporação da água, concentrando os resíduos; chuvas, que podem favorecer a diluição caso o tanque esteja aberto; idade dos animais; tipo de alimentação que estes recebem, dentre outros (Santos, 2001; Queiroz, 2000; Campelo, 1999).

O ideal seria a caracterização química, física e bioquímica da água utilizada, no presente experimento, como estava previsto. Porém, em função de uma série de contra-tempos enfrentados na montagem do experimento, que acarretou um atraso significativo na entrada em operação do sistema não foi possível a realização das análises. Portanto, a presente caracterização foi somente embasada na literatura pertinente.

2.6 Análise Morfo-Anatômica

As coletas de amostras de raízes, caules e folhas de *Alternanthera philoxeroides*, *Typha latifolia* e Tifton 85 foram realizadas cinco meses após o plantio. Como os ramos de *A. philoxeroides* crescem todos “emaranhados”, sendo difícil distinguir um indivíduo do outro (Figs 10, 14 e 18), cada planta não foi considerada uma repetição, mas sim, um ramo, coletado aleatoriamente. Nesta

espécie foram avaliados: o nó a partir do qual se iniciavam as ramificações; o comprimento dos ramos que partiam do 9° e 10° nó; o nó a partir do qual se iniciava o desenvolvimento de raízes adventícias, a largura e o comprimento do limbo foliar (foram medidas e analisadas as folhas completamente expandidas do 5° nó), o diâmetro do caule entre os 7° e 8° e 10° e 11° nós; e o comprimento dos entrenós (o entrenó considerado como primeiro foi aquele visível entre as bases das folhas com cerca de 1cm de comprimento). Foram realizadas medidas do comprimento do limbo foliar e diâmetro proximal do rizoma em *Typha latifolia* e do comprimento das raízes em Tifton 85. Foram avaliadas 10 repetições aplicando-se o “Teste de Tukey” para comparação de médias dos dados. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado.

O material botânico foi fixado em FAA₅₀ por 48 horas e armazenado em álcool etílico 70. Para confecção de lâminas permanentes e semi-permanentes foram realizados cortes transversais das raízes, caules e folhas das três espécies em questão, utilizando três repetições de cada tratamento. O material incluído em historresina foi seccionado a 8µm de espessura, em micrótomo rotativo RM 2155 – Leica, fabricado na Alemanha. E o material incluído em parafina foi seccionado a 17µm em micrótomo Microtome Spencer modelo 820, série 56797, fabricado nos EUA. As colorações utilizadas foram: Azul de Toluidina pH=4; Azul de Astra e Fuccina Básica (Kraus & Arduin, 1997). As lâminas semi-permanentes foram montadas em gelatina glicerizada e as permanentes em permount.

Em *A. philoxeroides* foi feita análise quantitativa no limbo foliar do 10° nó, considerando-se: a espessura da lâmina, espessura dos parênquimas paliçádico e esponjoso, espessura do colênquima, da face abaxial da nervura mediana, e diâmetro dos elementos de vaso da nervura mediana. No caule, entre os 7° e 8° nós, foram medidos: o diâmetro dos elementos de vaso, a espessura do colênquima, a espessura dos tecidos externos à fistula (epiderme+córtex+cilindro vascular, incluindo o parênquima medular); e a espessura do parênquima medular.

Em *C. dactylon* as análises quantitativas se restringiram a lamina foliar. Foram avaliados a espessura do limbo e o diâmetro dos elementos de vaso e da unidade funcional; foi considerada como unidade funcional o conjunto formado pelo feixe vascular, a bainha do feixe e o parênquima clorofiliano radiado em torno do feixe, sendo as medidas realizadas no feixe de maior porte, paralelamente à epiderme.

Em *T. latifolia* foram feitas medidas da espessura da lâmina foliar e do parênquima paliçádico, em ambas as faces, e avaliados o porcentual do limbo ocupado pelo parênquima paliçádico, o número de camadas do parênquima paliçádico e a altura da epiderme, em ambas as faces, o diâmetro dos elementos de vaso do feixe de maior porte e o tamanho da lacuna aerífera. No caule foi medido o diâmetro dos elementos de vasos dos feixes mais externos e de maior porte, próximos da endoderme. E na raiz foram medidos os diâmetros, da raiz, do cilindro vascular e do metaxilema.

Para cada parâmetro a ser avaliado foram capturadas três imagens de cada repetição, calculada a média e aplicado o teste estatístico.

A captura de imagens para a realização da análise quantitativa foi realizada usando microscópio Leica DM 1B, fabricado no Japão, com o programa de captura Leica IM50 e Easy Grab. Para a obtenção das medidas lineares foi utilizado o programa “Software Image Pro-Plus version 4.5”. Para documentação do material observado, foram feitos registros fotográficos utilizando um microscópio de luz Olympus AX 70, fabricado no Japão, com sistema U-Photo, acoplado à câmara digital Spot Insig Camera, fabricado nos EUA.

2.7 Peso da Matéria Seca e Análise de Macro e Micronutrientes

Após a coleta, as plantas foram bem lavadas em água corrente, acondicionadas em sacos de papel, postas para secar (em estufa a 70°C) e depois pesadas, para a obtenção do peso da matéria seca. As amostras foram trituradas em moinho Wiley e armazenadas para avaliação da composição mineral das plantas, em cinco amostras da parte aérea; para a parte subterrânea, as repetições foram misturadas e obtidas amostras compostas nos três tratamentos, exceto em *T. latifolia* onde as amostras foram mantidas individualizadas em todos os tratamentos.

No quadro abaixo constam os métodos utilizados para análise dos nutrientes.

Nutriente	Método	Referência bibliográfica
N-total	Obtido pela soma do nitrogênio nítrico e orgânico.	Braga & Defelipo, 1974.
Fósforo	Dosado por colorimetria, usando o método de redução do fosfomolibdato pela vitamina C.	Braga & Defelipo, 1974.
Potássio	Determinado por fotometria de emissão de chama.	Blanchar <i>et al</i> , 1965.
Cálcio, magnésio, manganês, ferro e zinco	Quantificados após oxidação do material vegetal por digestão nítrico-perclórica, com o uso da espectrofotometria de absorção atômica.	Blanchar <i>et al</i> , 1965.
Enxofre	Determinado por turbidimetria do sulfato	Blanchar <i>et al</i> , 1965.
Boro	Mineralizado por via seca em mufla a 550 °C e determinado colorimetricamente pelo método da azometina H.	Wolf, 1971.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Morfologia e Anatomia

3.1.1 *Alternanthera philoxeroides*

Alternanthera philoxeroides é uma erva anfíbia, emergente, com folhas lanceoladas, membranáceas, com pecíolo curto, glabras, filotaxia oposta (Figs 8 a 11), caule muito ramificado, oco, variando o diâmetro da fístula de acordo com o ambiente a que está submetida, normalmente, quanto mais alagado o local em que se desenvolve, maior o diâmetro (Tabs 1 e 2).

No tratamento controle (TC), onde o solo é mais seco, (Fig. 29), *A. philoxeroides* forma caules com entrenós mais curtos e com menor diâmetro, de onde partem ramos eretos. Nos outros dois tratamentos, o caule pode estar parcialmente submerso e preso, ou não, ao substrato por raízes adventícias originadas dos nós. Os nós e entrenós são nitidamente distintos; os entrenós são cilíndricos com dois sulcos em lados opostos, nos quais, segundo Bona & Morretes (1997), há a presença de numerosos tricomas, entretanto, neste trabalho, tricomas, quando presentes, são bem esparsos.

As plantas de *A. philoxeroides* apresentaram maior desenvolvimento quando cultivadas em água residuária de suinocultura (Figs 23 e 29). Em ambos os tratamentos o comprimento dos entrenós quase dobrou, em relação ao local sem dejetos, tanto entre o 7° e 8° nós quanto entre o 10° e 11° nós. O diâmetro do caule também aumentou, assim como o peso da matéria seca (Tab. 1). Este resultado pode ser reflexo da maior disponibilidade de água e de alguns nutrientes nos tratamentos. A água deve ter sido mais relevante do que a concentração de nutrientes, pois, em T2 (onde os espécimes apresentaram maiores medidas, apesar de nem sempre ser estatisticamente significantes), devido a declividade do sistema, ocorre maior acúmulo de água; no entanto, a maioria dos nutrientes está em menor concentração no substrato pois a água já passou por todo o sistema. Em T2, a maioria dos parâmetros estimados não diferiu daqueles obtidos no tratamento com mais dejetos e menos água (T1), (Tabs 1 a 3).

As ramificações surgem, na maioria das vezes, a partir da gema lateral do 7° nó nos espécimes cultivados em T1 e TC e 6° ou 7° no T2. Os ramos axilares que partem do 9° e 10° nó, apresentaram um aumento considerável no comprimento em

relação ao controle, sendo o ramo do 10° nó mais desenvolvido (Tab. 1). As raízes adventícias começam a aparecer a partir do 9° nó em T1 e 8° nó no T2 e TC.

A. philoxeroides de maneira geral não demonstrou variação na anatomia quando submetida a condição de eutrofização (Tabs 2 e 3). Apesar de a folha ser o órgão que melhor expressa as variações do ambiente (Esau, 1974), e ter havido um aumento significativo no tamanho da folha em T1 e T2 (Tab. 1), a anatomia deste órgão não diferiu significativamente em nenhum aspecto analisado (Tab. 3; Figs 30 a 39). As medidas do comprimento do limbo foliar e da largura foram menores no tratamento controle, atingiram valores intermediários no T1 e valores mais elevados no T2. Entretanto, em relação ao comprimento não foram constatadas diferenças significativas entre T1 e T2 (Tab. 1).

Tabela 1- Comprimento e diâmetro dos entrenós, comprimento e largura do limbo foliar e comprimento dos ramos originados no 9° e 10° nós de *Alternanthera philoxeroides* (Mart) Griseb, cultivadas em água residuária de suinocultura. Médias seguidas do desvio padrão

	Controle	Tratamento 1	Tratamento 2
Comprimento dos entrenós (cm)	3,45a ±0,89	6,62b ±1,02	6,68b ±0,83
Diâmetro entre o 7 e 8° nó (cm)	0,59a ±0,07	0,80b ±0,11	0,85b ±0,07
Comprimento do ramo do 9° nó (cm)	0,49a ±0,61	2,57b ±1,58	2,86b ±1,24
Comprimento do ramo do 10° nó (cm)	1,46a ±1,96	4,56b ±2,82	5,31b ±2,26
Diâmetro entre o 10 e 11° nó (cm)	0,65a ±0,09	1,03b ±0,19	1,14b ±0,11
Comprimento do limbo (cm)	4,12a ±0,63	5,6b ±0,84	6,12b ±0,60
Largura do limbo (cm)	2,41a ±0,30	3,14b ±0,33	3,64c ±0,27

Os valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente (Teste de Tukey $\alpha=0,05$).

Tabela 2- Caracteres anatômicos do caule de *Alternanthera philoxeroides* (Mart) Griseb, cultivadas em água residuária de suinocultura. Médias seguidas do desvio padrão

	Controle	Tratamento 1	Tratamento 2
Espessura do colênquima (μm)	95,55a $\pm 11,16$	81,33a $\pm 5,94$	93,72a $\pm 4,48$
Espessura da epiderme até a fístula (μm)	2382,35a $\pm 81,13$	1915,69b $\pm 294,45$	2060,24b $\pm 48,34$
Espessura do parênquima medular (μm)	1140,99a $\pm 58,60$	538,23b $\pm 141,90$	570,86b $\pm 136,35$
Diâmetro do elemento de vaso (μm)	50,40a $\pm 2,88$	53,26a $\pm 7,80$	53,50a $\pm 4,93$

Os valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente (Teste de Tukey $\alpha=0,05$).

Tabela 3- Caracteres anatômicos do limbo foliar de *Alternanthera philoxeroides* (Mart) Griseb, cultivadas em água residuária de suinocultura. Médias seguidas do desvio padrão

	Controle	Tratamento 1	Tratamento 2
Espessura do limbo foliar (μm)	251,23a $\pm 11,16$	317,22a $\pm 62,81$	332,04a $\pm 20,85$
Espessura do parênquima paliçádico (μm)	98,58a $\pm 8,08$	125,14a $\pm 14,70$	122,43a $\pm 13,54$
Espessura do parênquima esponjoso (μm)	103,47a $\pm 8,85$	143,78a $\pm 48,50$	152,75a $\pm 15,34$
Espessura do colênquima (μm)	38,81a $\pm 1,05$	41,19a $\pm 2,10$	38,74a $\pm 5,02$
Diâmetro do elemento de vaso (μm)	23,99a $\pm 2,73$	27,13a $\pm 2,07$	24,06a $\pm 2,4$

Os valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente (Teste de Tukey $\alpha=0,05$).

A epiderme foliar uniestratificada está recoberta por uma cutícula delgada, estriada e apresenta numerosos estômatos, em ambas as faces da folha (Figs 32, 33 a 36); as células da face abaxial são menores em relação as da adaxial. Na região da nervura mediana, há uma saliência na face adaxial com colênquima subepidérmico do tipo angular, disposto em até três camadas (Figs 30 a 32), também presente na face abaxial com espessura média similar nos três tratamentos (Tab. 3). Um parênquima típico envolve um grande feixe colateral disposto em semicírculo na região da nervura mediana. Podem ocorrer até três feixes menores ao invés de apenas um (Figs 30 a 32, 37 a 39). O diâmetro médio dos elementos de vaso da nervura mediana, não diferiu significativamente entre os tratamentos. (Tab. 3).

Vale ressaltar, que a espessura do limbo foliar apresentou um aumento, quando as plantas foram submetidas a condições de contaminação com dejetos, mas as diferenças observadas não foram estatisticamente significativas (Figs 33 a 36; Tab. 3). O mesófilo é dorsiventral, com duas ou três camadas de parênquima paliçádico na face adaxial (Figs 33 a 36), não havendo diferenças em espessura dos parênquimas paliçádico e esponjoso entre os tratamentos. Porém, nos espécimes desenvolvidos no local com maior disponibilidade hídrica (T2), o parênquima esponjoso apresentou espaços intercelulares maiores e as células do paliçádico, na maioria das vezes, estavam dispostas de maneira menos compacta; estas observações indicam a necessidade de quantificação do volume de espaços intercelulares nos dois tecidos, em estudos posteriores (Figs 33 a 36). É comum em plantas que possuem a capacidade de se desenvolverem tanto em local seco quanto em local aquático a presença de espaços intercelulares mais conspícuos em locais mais alagados (Scremin-Dias, *et al*, 1999; Sculthorpe, 1967).

É notável a presença de drusas distribuídas de maneira linear ao longo do mesófilo, entre o parênquima paliçádico e o lacunoso (Figs 33 a 36). O acúmulo de cristais, de oxalato de cálcio, pode estar relacionado ao metabolismo do nitrogênio (Mendes & Paviani, 1997; Franceschi & Horner, 1980) e apesar de *A. philoxeroides* ter sido a espécie que apresentou maior concentração de nitrogênio, em seus tecidos, não houve aumento no teor de cálcio, em resposta aos tratamentos. Cabe destacar que a presença de idioblastos com drusas é comumente citada para a família Amaranthaceae (Metcalf & Chalk, 1979; Solereder, 1908).

Não foram constatadas diferenças na margem do limbo foliar. O parênquima paliçádico chega até a margem, e os feixes vasculares situados entre o parênquima paliçádico e o lacunoso são de menor porte (Fig. 36).

No caule, as diferenças se restringem a espessura do parênquima medular e espessura total da epiderme até a fístula, sendo maior no tratamento controle (Tab. 2; Figs 40 a 44).

A epiderme do caule de *A. philoxeroides* possui células retangulares, em corte transversal, recobertas com cutícula ornamentada e apresenta estômatos. Foram observados pouquíssimos tricomas tectores unisseriados, diferindo do registrado por Bona & Morretes (1997), que evidenciaram numerosos tricomas; as autoras, contudo, observaram que os tricomas caem a medida que o caule envelhece, mas não mencionam qual o entrenó estudado. As mesmas autoras citam que a presença ou ausência de tricomas neste gênero é um caráter importante para distinguir espécies, e que já foi registrado, outrora, para esta planta caule glabro.

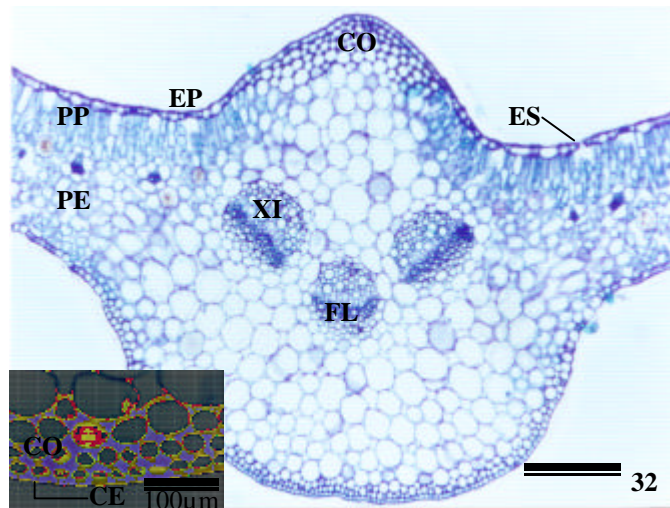
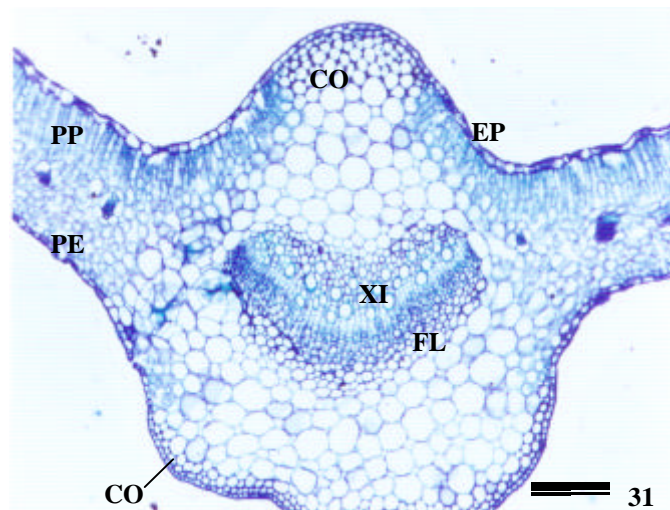
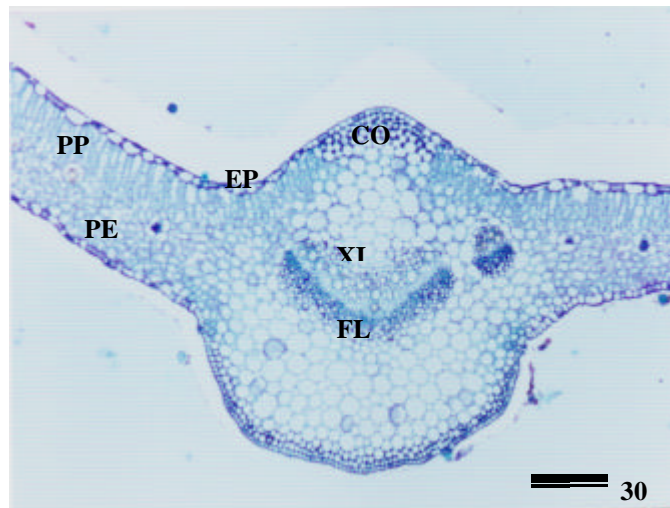
Abaixo da epiderme está localizado colênquima angular, formado de três a quatro camadas, em uma faixa descontínua; nos locais onde ocorrem interrupções, aparece um parênquima clorofiliano e os estômatos só ocorrem nas regiões da epiderme situada sobre este parênquima. A espessura do colênquima não diferiu significativamente entre os tratamentos (Tab. 2). As células do parênquima cortical delimitam espaços aeríferos de diferentes tamanhos (Figs 40 a 44).

Feixes vasculares colaterais abertos se dispõem em círculo, externamente à fístula central (Figs 41 a 46). Externamente ao floema, há fibras perivasculares cuja espessura pode variar conforme a disponibilidade de água: nas plantas do TC as paredes destas células apresentam-se um pouco mais espessadas. Fibras interfasciculares, diferenciadas a partir do câmbio, estão presentes nos espécimes cultivados no T1 e TC, e muitas vezes ausentes no T2, local onde ocorre maior acúmulo de água (Figs 41 a 46). Isto corrobora as observações, relatadas em trabalhos clássicos, a respeito da diminuição do espessamento de paredes em plantas de hábito aquático (Fahn, 1990; Esau, 1974; Sculthorpe, 1967). O diâmetro do elemento de vaso neste órgão também não apresentou diferença significativa (Tab. 2). Apesar de haver registro de crescimento não usual do caule em Amaranthaceae (Metcalf & Chalk, 1983; Esau, 1974; Metcalf & Chalk, 1979; Solereder, 1908) e, até mesmo, em *A. philoxeroides* (Bona & Morretes, 1997), esta característica não foi observada

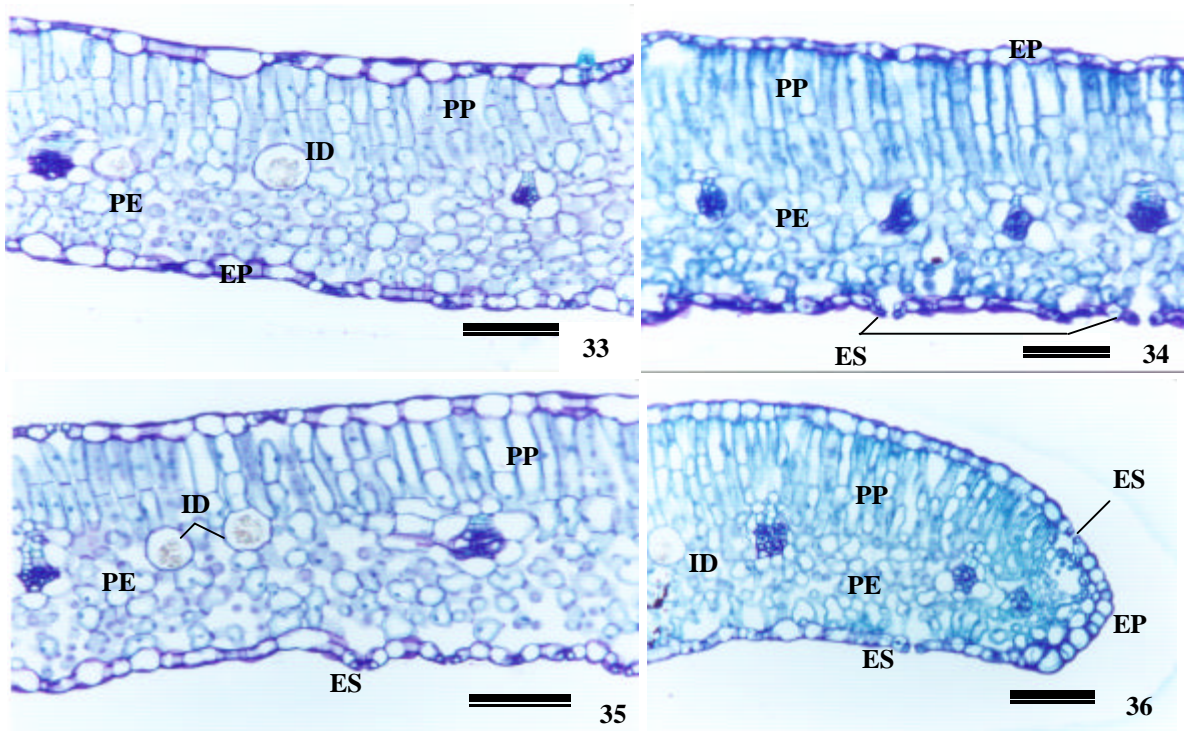
nos entrenós analisados neste estudo, nos quais a atividade do câmbio se encontrava em estágio inicial.

O aumento no diâmetro no caule ocorreu em função do aumento da fístula central e não por aumento da espessura dos tecidos fundamentais e vasculares (Figs 40 a 43). No tratamento controle, a fístula é menor e a espessura dos tecidos maior (2382,35 μm), diferindo significativamente de T1 e T2 onde houve redução na espessura dos tecidos. A espessura do parênquima medular diferiu entre os três tratamentos, sendo também maior nos espécimes do TC (Tab. 2; Figs 41 a 44), neste caso a medula é constituída por parênquima com grandes espaços intercelulares, assemelhando-se a um aerênquima (Figs 41 a 44). O diâmetro do elemento de vaso se manteve inalterado (Tab. 2).

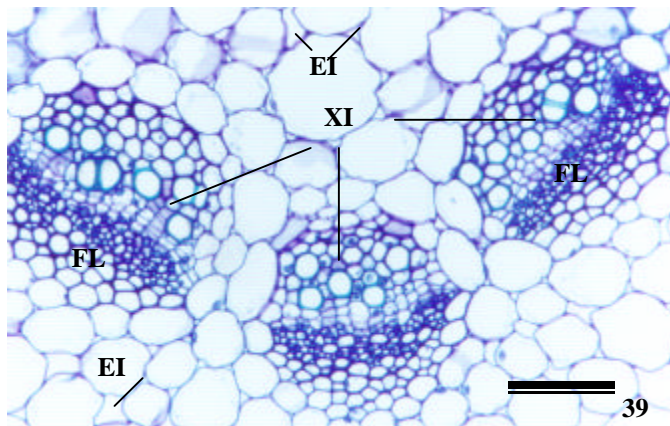
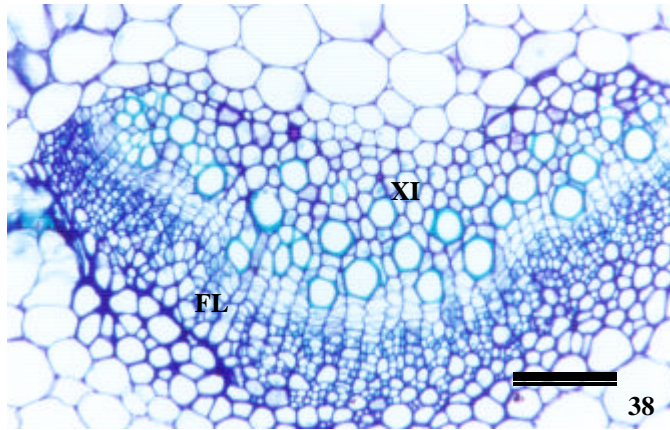
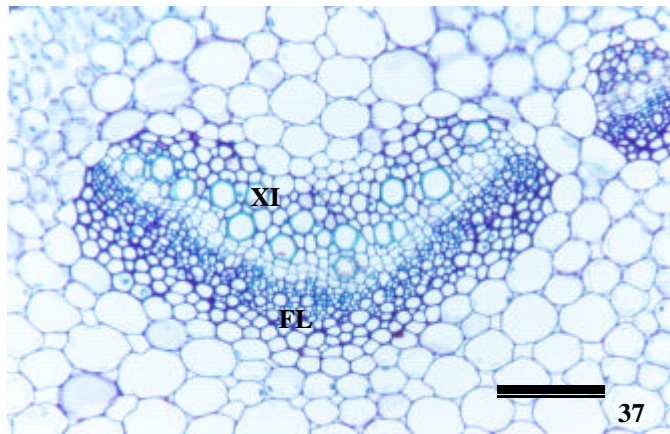
Não foram evidenciadas diferenças qualitativas nas raízes, que são triarcas, com cutícula delgada recobrando a epiderme unisseriada; células parenquimáticas constituindo o córtex que apresenta grandes espaços intercelulares com disposição radiada (Fig. 47). Estrias de Caspary são pouco evidentes na endoderme, a qual envolve um periciclo de células parenquimáticas.



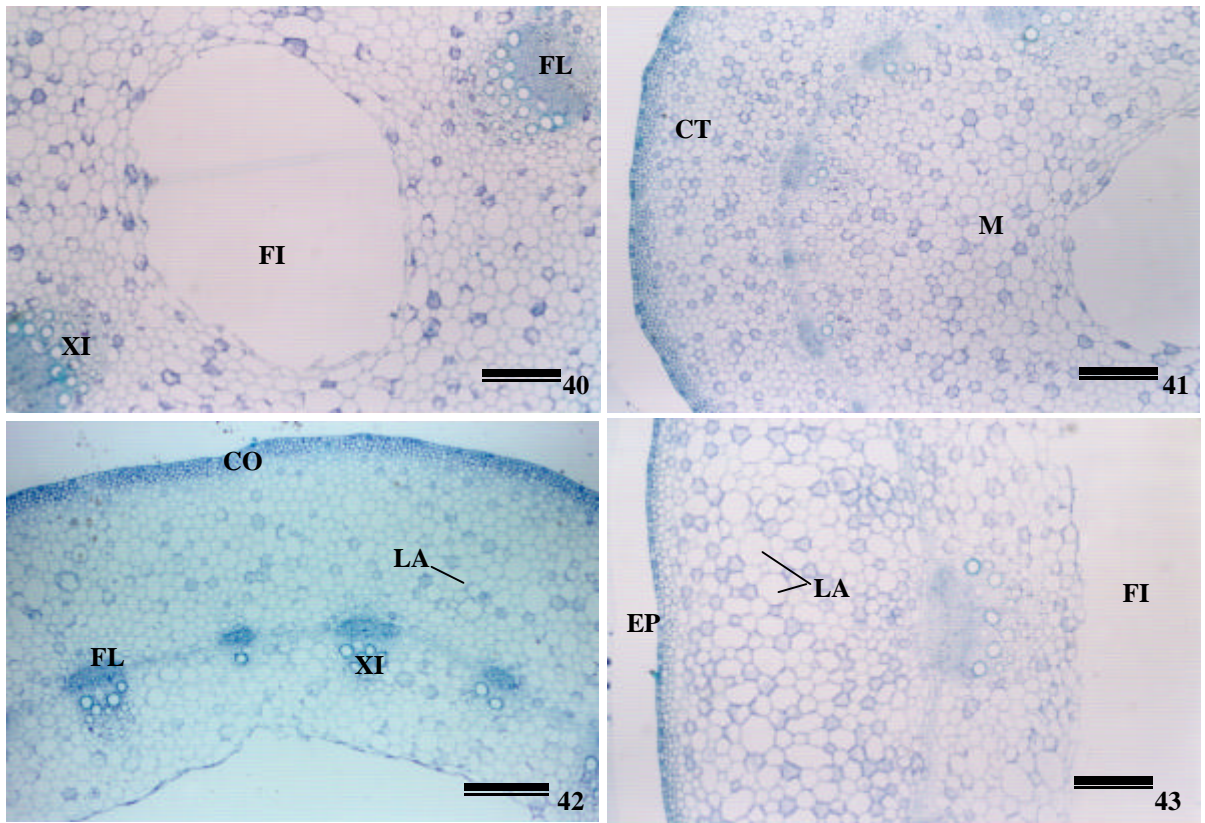
Figuras 30 a 32 – Nervura mediana de *Alternanthera philoxeroides*. TC (30), tratamento 1 (31) e tratamento 2 (32), em detalhe colênquima da face abaxial. CO-Colênquima; EP-epiderme; CE-cutícula estriada; ES-estômato; FL-floema; PE-parênquima esponjoso; PP-parênquima paliádico; XI-xilema. Barra: 200 μ m.



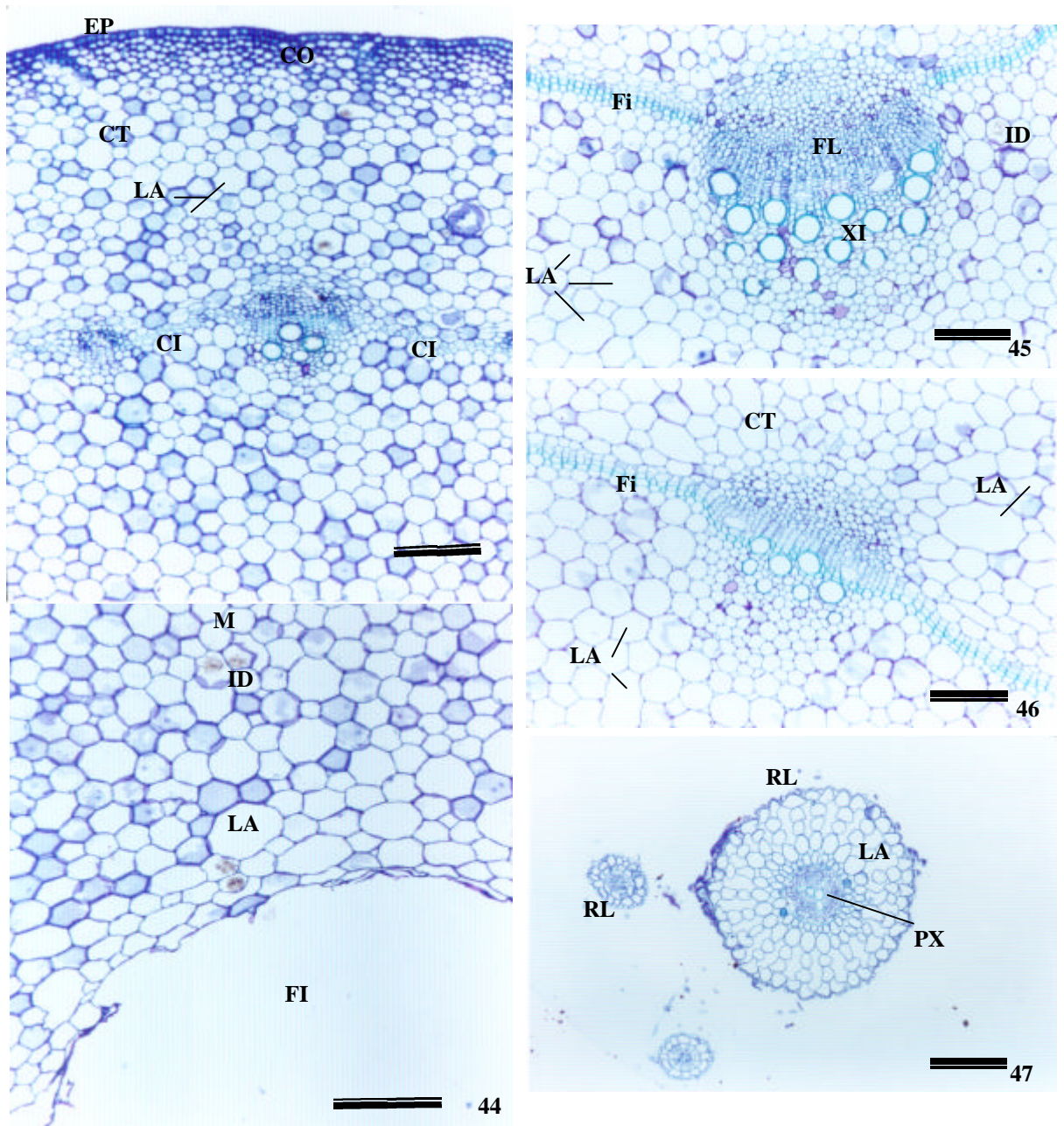
Figuras 33 a 36 – Folha dorsiventral de *Alternanthera philoxeroides*. Controle (33), tratamento 1 (34) e tratamento 2 (35), folhas do 10° nó; e margem do limbo da folha do 7° nó T1 (36). EP-epiderme; ES-estômato; ID-idioblasto com drusa; PE-parênquima esponjoso; PP-parênquima paliçádico. Barra: 100µm.



Figuras 37 a 39 – Feixes vasculares da nervura mediana de *Alternanthera philoxeroides*. Controle (37), tratamento 1 (38) e tratamento 2 (39). EI-Espaços intercelulares; FL-floema; XI-xilema. Barra: 100µm.



Figuras 40 a 43 - Caule de *Alternanthera philoxeroides*. Caule entre 10°/11° e 7°/8° nós, tratamento controle (40 e 41, respectivamente). Caule entre 7°/8° nós, tratamento 1 (42). CO-Colênquima; CT-córtex; EP-epiderme; FL-floema; FI-fístula; LA-lacuna aerífera; M-medula; XI-xilema. Barra: 400μm.



Figuras 44 a 47 - *Alternanthera philoxeroides*. Caule entre os 7° e 8° nós, Controle (44); caule entre os 10° e 11° nós controle (45) e tratamento 1 (46). Raízes laterais (47). CI-Câmbio interfascicular; CO-colênquima; CT-córtex; EP-epiderme; Fi-fibras interfasciculares; FI-fístula; FL-floema; ID-idioblasto; LA-lacunas aeríferas; M-medula; PX-protóxilema; RL-raiz lateral; XI-xilema. Barra: 200µm.

3.1.2 *Cynodon dactylon*

Cynodon dactylon é uma erva perene com caule rizomatoso, folhas estreitas, (Figs 13, 15 e 17) apresentando lígula na base destas, presença de tricomas esparsos. O comprimento médio das raízes (18,67 cm) em T1 foi, significativamente, maior enquanto não houve diferença entre o T2 e TC (Tab. 4), talvez porque em T1 a concentração de dejetos seja maior (Figs 14 e 16).

A folha de *Cynodon dactylon* segue ao padrão da maioria das Poaceae, diferenciada em lâmina e bainha, sendo a lâmina foliar estreita e a venação paralelinérvea.

O limbo foliar em *C. dactylon* não teve a espessura alterada nas plantas cultivadas em dejetos de suinocultura (Tab. 5). As células epidérmicas são levemente arredondadas de tamanhos irregulares, recobertas por cutícula delgada e poucos tricomas tectores (Figs 48 a 53). As células buliformes são bem proeminentes nos espécimes dos três tratamentos. Abaixo da epiderme há uma calota de fibras esclerenquimáticas associadas aos feixes vasculares em ambas as faces, ora em maior quantidade na face adaxial ora na face abaxial (Figs 48 a 53).

As características do mesofilo, não fogem à regra para a família, não havendo diferenciação de parênquima paliádico e esponjoso; o parênquima clorofiliano apresenta-se disposto de maneira radiada circundando os feixes vasculares, caracterizando a estrutura tipo kranz associada a fotossíntese C₄. Os feixes vasculares colaterais de maior porte alternam-se com outros de menor porte, o diâmetro do xilema aumentou significativamente quando comparados com o controle, apresentando as médias: 17,89µm, 25,15µm e 25,61µm, para os espécimes crescidos no TC, T1 e T2, respectivamente (Tab. 5; Figs 48 a 53). A margem da lâmina foliar possui uma saliência, que internamente é ocupada por fibras de esclerênquima, nesta região os feixes são de menor porte (Fig. 52).

As células que formam a bainha do feixe são grandes e com cloroplastos, voltados para o centro, nitidamente maiores que os presentes nas células do mesofilo. O comprimento da unidade funcional também diferiu, sendo maior nas plantas submetidas ao dejetos (Tab. 5). Utrillas & Alegre (1997) associaram as respostas anatômicas de *C. dactylon* ao estresse hídrico e verificaram que, sob estresse, a espessura do limbo e da área celular da bainha do feixe foram reduzidas como aconteceu no tratamento controle, onde a disponibilidade de água é menor.

Tabela 4- Comprimento da raiz de *Cynodon dactylon* (Tifton 85). Médias seguidas do desvio padrão

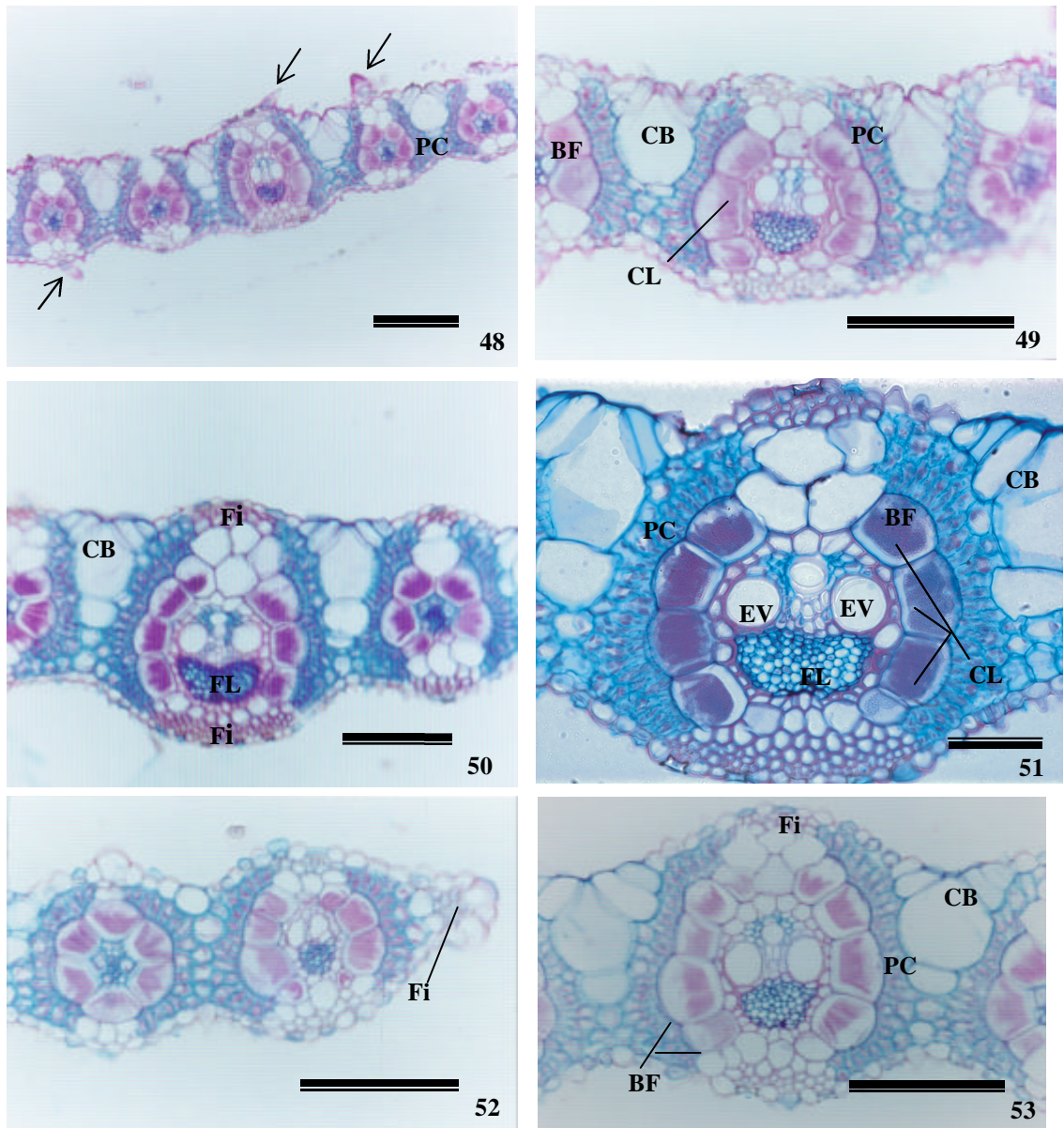
	Controle	Tratamento 1	Tratamento 2
Comprimento das raízes (cm)	13,1a ±3,10	18,67b ± 5,78	12,91a ±3,84

Os valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente (Teste de Tukey $\alpha=0,05$).

Tabela 5- Caracteres anatômicos do limbo foliar de *Cynodon dactylon*, cultivadas em água residuária de suinocultura. Médias seguidas do desvio padrão

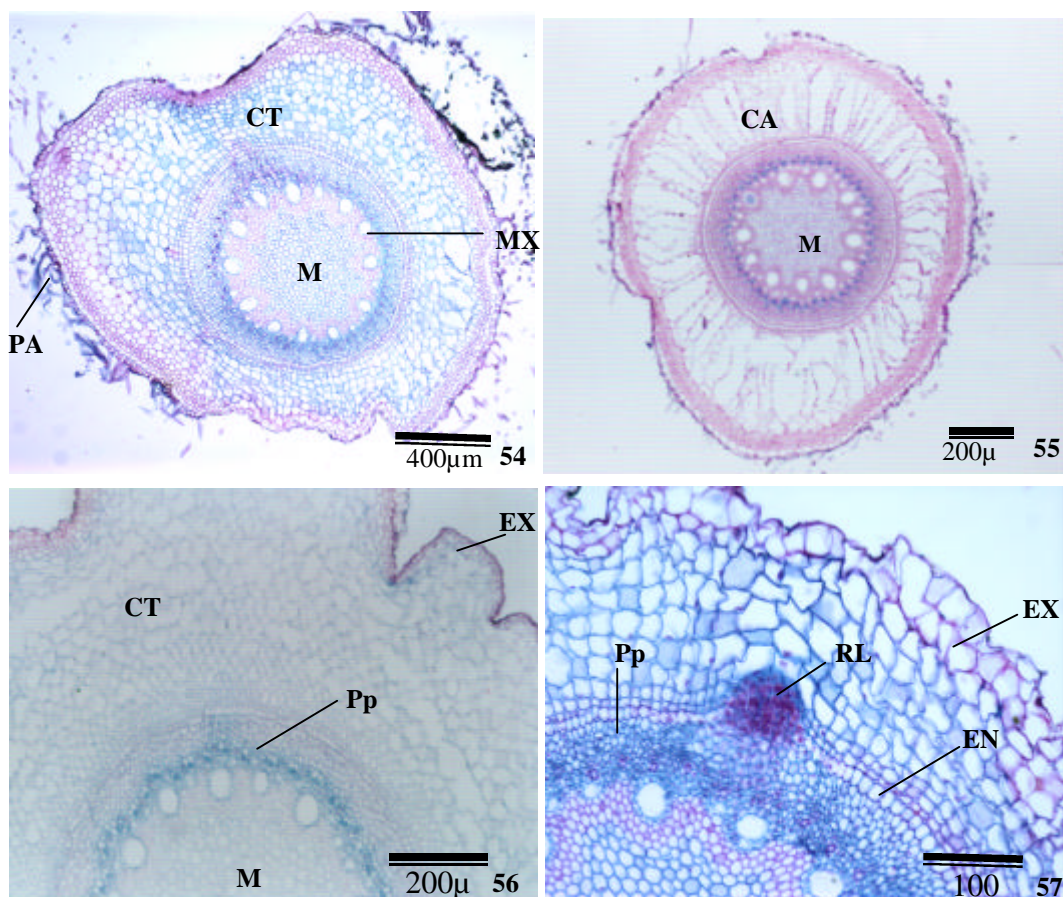
	Controle	Tratamento 1	Tratamento 2
Diâmetro do elemento de vaso (μm)	17,89a ±1,30	25,15b ±2,33	25,61b ±2,56
Espessura do limbo foliar (μm)	132,81a ±31,63	153,83a ± 9,81	160,44a ±17,69
Medida da unidade funcional (μm)	132,84a ±5,52	166,16b ±2,03	171,56b ±18,25

Os valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente (Teste de Tukey $\alpha=0,05$).



Figuras 48 a 53 – Lâmina foliar de *Cynodon dactylon*. Controle (48 e 49), tratamento 1 (50 e 51), tratamento 2 (53). Margem da lâmina foliar, controle (52). BE-Bainha do feixe; CB- célula buliforme; CL- cloroplastos; EV-elemento de vaso; FL-floema; Fi-fibras; PC-parênquima clorofiliano; seta: tricomas. Barra: 100µm.

A anatomia da raiz também não expressou resposta ao aumento de nutrientes presente no dejetos. Possui epiderme unisseriada, exoderme com células altas e córtex ocupado por células parenquimáticas de paredes um pouco espessadas. O córtex variou de acordo com a região, onde a raiz foi seccionada, podendo ser ocupado por parênquima típico, ou ser um córtex com aerênquima cujas lacunas tem disposição radiada (Figs 54 a 57). A endoderme se apresenta com células altas e o periciclo pluriestratificado é de natureza parenquimática. O xilema é formado por vários pólos de protoxilema (estrutura poliarca) e células de metaxilema ficam internamente ao protoxilema (estrutura exarca). Os elementos vasculares do metaxilema são envolvidos por células esclerificadas. O centro da raiz é formado por uma medula parenquimática (Figs 54 e 57).



Figuras 54 a 57 – Raízes de *Cynodon dactylon*. Visão geral do controle (54) e tratamento 1 (55). Periciclo pluriestratificado, T2 (56) e TC (57) com um primórdio de raiz lateral. CA-Córtex com aerênquima; CT-córtex; En-endoderme; EX-exoderme; M-medula; MT-metaxilema; PA-pêlos absorventes; Pp-periciclo pluriestratificado; PX-protóxilema; RL-raiz lateral.

3.1.3 *Typha latifolia*

Typha latifolia (Figs 18 a 21) também é uma erva, rizomatosa, aquática, podendo se desenvolver bem tanto em lagoas, quanto em local alagado ou brejoso, porém não em solo completamente seco. O diâmetro do rizoma não foi alterado nas plantas submetidas ao dejetos (Tab. 6). O comprimento do limbo foliar é maior naqueles espécimes crescidos no brejo (201,12cm) e T2 (192,26), este não diferiu significativamente do T1 (Tab. 6).

Tabela 6- Diâmetro do rizoma e do comprimento do limbo foliar de *Typha latifolia* L. Médias seguidas do desvio padrão

	Controle	Controle (Brejo)	Tratamento 1	Tratamento 2
Diâmetro do rizoma (cm)	1,6a ±0,25	2,1a ±0,36	1,6a ±0,28	1,8a ±0,56
Comprimento do limbo (cm)	124,9a ±24,48	201,12b ±12,43	157,32c ±20,72	192,26b ±8,68

Os valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente (Teste de Tukey $\alpha=0,05$).

Quando esta espécie foi cultivada em água residuária de suinocultura, sua anatomia não expressou mudanças significativas nos parâmetros avaliados (Tab. 7 e 8). A folha é anfiestomática (Figs 61 e 62), constituída de células de tamanho regular que não variam significativamente em altura, em ambas as faces da folha (Tab. 7). O limbo foliar de *Typha latifolia* é mais largo no centro e vai se estreitando até a margem, está recoberto por cutícula delgada. A margem apresenta uma calota de fibras, não ocorrendo diferenças evidentes nos tratamentos (Fig. 60).

O mesofilo é isobilateral e o parênquima paliçádico se localiza subepidermicamente em três a quatro camadas, sendo interrompido por fibras de esclerênquima, associadas a feixes vasculares colaterais de pequeno porte (Figs 60 a 63). Na face adaxial, estes feixes têm a posição dos tecidos vasculares invertida, porém na região em que há parênquima dividindo as lacunas, os feixes são colaterais com floema voltado para a face abaxial, como normalmente ocorre (Figs 60 a 62). O feixe de maior porte é o segundo, localizado entre as células parenquimáticas que delimitam as lacunas de ar, estes também não diferiram entre os espécimes analisados (Tab. 8). Há idioblastos com monocristais próximos das fibras subepidérmicas, presença de drusas tendo sido constatada, também, a presença de muitas ráfides.

O aerênquima é formado por amplas lacunas aeríferas, as quais ocupam quase todo o mesofilo, sendo, em média, apenas 7,18% da espessura deste órgão ocupada pelo parênquima paliçádico (Tab. 7; Figs 58 e 59). Estas lacunas vão diminuindo de tamanho ao se aproximar do bordo (Fig. 63). As lacunas são interceptadas por diafragma com mais de um estrato de células braciiformes, com até cinco braços, e paredes não espessadas, onde freqüentemente aparecem drusas (Figs 58 e 59).

Os diafragmas que atravessam as lacunas aeríferas oferecem reforço mecânico, evitam o colapso do órgão do vegetal e protegem o sistema de aeração, em caso de injúria, impedindo a entrada de água, mas permitindo a passagem de gases, pois estão presentes no diafragma pequenos poros (Bona, 1999; Esau, 1974; Sculthorpe, 1967). Estas células podem possuir paredes com diferentes graus de espessamento dependendo das condições hídricas do substrato e, em geral, quanto mais alagado o local, menor é o grau de espessamento, (Bona, 1999; Sculthorpe, 1967), o que não foi observado neste trabalho.

As células epidérmicas do rizoma de *T. latifolia* são mais altas do que largas, com cutícula delgada. Logo abaixo do sistema de revestimento ocorrem poucas camadas de parênquima típico, seguido de um aerênquima, bem desenvolvido, com idioblastos e com lacunas de vários tamanhos, preenchendo todo o restante do córtex (Figs 64 e 65). As lacunas dos espécimes cultivados livre de dejetos apresentaram-se de tamanhos mais irregulares. Dentre as células retangulares ou arredondadas que circundam as lacunas aeríferas foram observados os traços foliares - feixes vasculares de pequeno porte, rodeados por fibras (Figs 63 e 65).

A endoderme é formada por células arredondadas ou achatadas (Figs 64 a 69) apresentando nitidamente a estria de Caspary (Fig. 69). Na região central do rizoma o atactostelo é constituído por feixes colaterais e parênquima interfascicular. O diâmetro dos elementos de vaso não diferiu significativamente (Tab. 8). Nos tratamentos com dejetos, locais com maior teor de água, as fibras perivasculares possuem paredes menos espessadas, quando comparadas, com aquelas encontradas nas plantas do tratamento controle (Figs 66 a 68). A redução no espessamento de paredes, bem como de tecidos de sustentação é relatado para plantas aquáticas que se desenvolvem em local com maior disponibilidade hídrica (Appezato-da-Glória & Carmello-Guerreiro, 2003; Fahn, 1990; Sculthorpe, 1967). Os feixes vasculares mais próximos da periferia, são concêntricos, enquanto os mais internos são colaterais.

O diâmetro da raiz, e do cilindro vascular, também não diferiu quando as plantas cresceram em dejetos, porém os elementos de vaso, nos espécimes que se desenvolveram no T2, apresentaram maior diâmetro, medindo em média 96,52µm (Tab. 8). As células epidérmicas são arredondadas, a exoderme parenquimática, envolve um parênquima típico, e logo abaixo está localizado o aerênquima radiado; a endoderme é formada por células pequenas e arredondadas. A estrutura vascular é constituída por xilema alternado com o floema circundando a medula parenquimática esclerificada (Figs 70 a 73).

De maneira geral, comparando a morfologia e a anatomia destes órgãos nas espécies em questão, verifica-se que a morfologia expressou mais alterações que a anatomia, quando as plantas foram cultivadas em sistema “wetland” para despoluir local contaminado com dejetos de suinocultura.

O fato das plantas apresentarem “poucas” alterações pode ter uma interpretação positiva, visto que mesmo sob condições de perturbação ambiental, ou condições equivalentes, elas conseguem sobreviver e manter suas características, indicando um certo grau de tolerância.

Tabela 7- Caracteres anatômicos do limbo foliar de *Typha latifolia* L. Médias seguidas do desvio padrão

	Controle	Controle (Brejo)	Tratamento 1	Tratamento 2
Espessura do limbo (mm)	2,14a ±0,28	2,49a ±0,31	2,79a ±0,47	2,63a ±0,12
Espessura da epiderme adaxial (µm)	13,02a ±1,18	13,96a ±1,12	11,22a ±1,55	12,18a ±1,41
Espessura da epiderme abaxial (µm)	13,83a ±2,18	13,38a ±0,84	11,74a ±0,27	12,88a ±1,85
Diâmetro do elemento de vaso adaxial (µm)	48,36a ±1,67	47,83a ±1,87	39,96a ±8,34	41,23a ±1,75
Diâmetro do elemento de vaso abaxial (µm)	57,97a ±9,56	46,18a ±3,79	47,06a ±5,39	52,42a ±2,98
Espessura do parênquima paliçádico adaxial (µm)	74,91a ±10,61	84,27a ±5,41	89,34a ±1,66	84,64a ±9,23
Espessura do parênquima paliçádico abaxial (µm)	89,29a ±11,26	94,66a ±2,62	97,32a ±4,14	90,04a ±3,51
Porcentagem*	7,81a ±1,93	7,25a ±0,80	6,85a ±1,42	6,64a ±0,13
Tamanho da lacuna aerífera (mm)	1,73a ±0,28	2,11a ±0,39	2,42a ±0,42	2,30a ±0,15

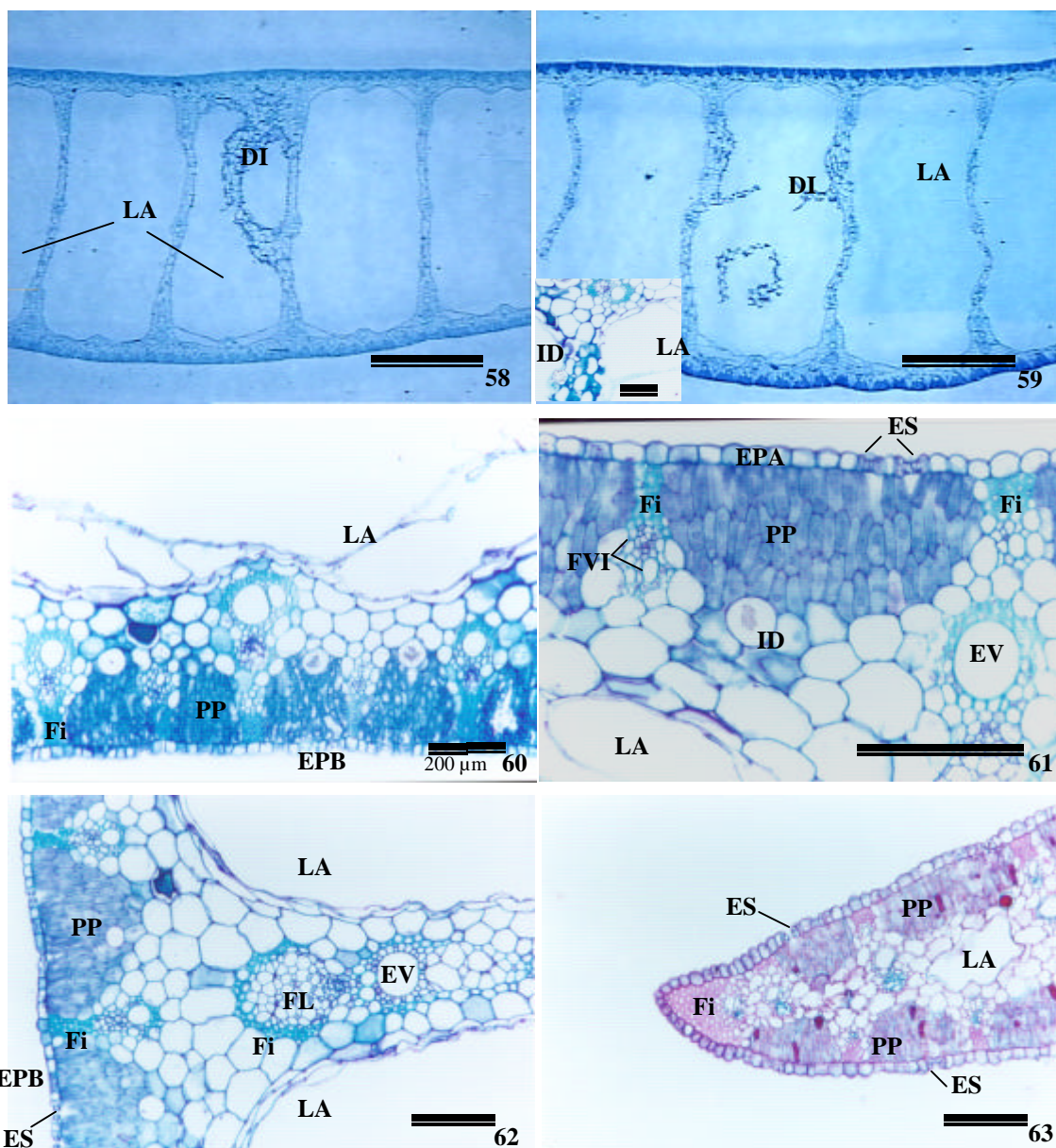
Os valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente (Teste de Tukey $\alpha=0,05$).

*Porcentagem que o paliçádico ocupa da espessura total do limbo (µm).

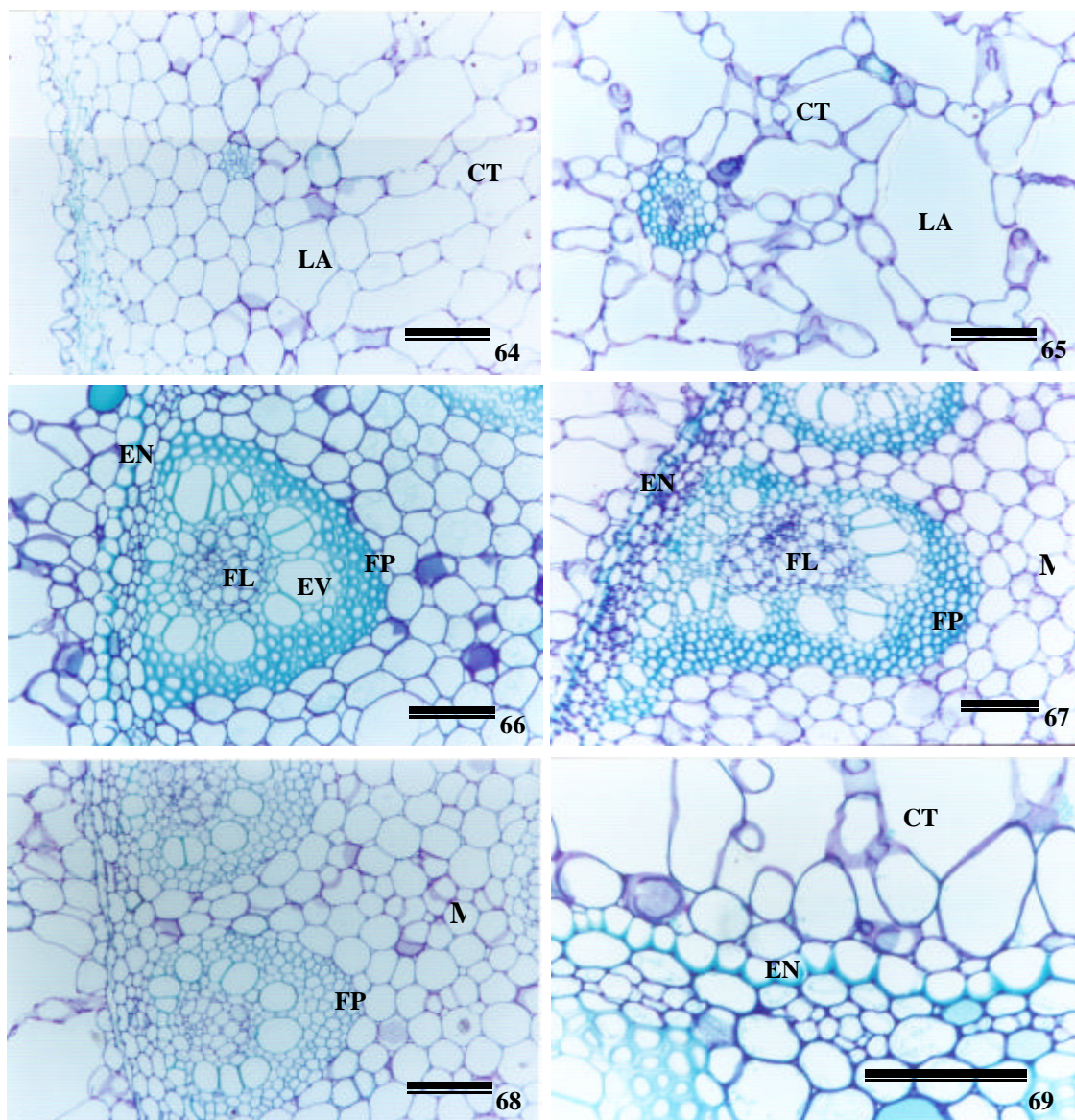
Tabela 8- Caracteres anatômicos da raiz e caule de *Typha latifolia* L. Médias seguidas do desvio padrão

	Controle	Controle (Brejo)	Tratamento 1	Tratamento 2
Diâmetro da raiz (μm)	2621,97a $\pm 184,15$	3058,83a $\pm 808,03$	3030,50a $\pm 453,06$	3695,77a $\pm 16,09$
Diâmetro do cilindro vascular (μm)	503,22a $\pm 151,48$	626,96a $\pm 191,83$	634,89a $\pm 167,19$	865,52a $\pm 10,31$
Diâmetro do elemento de vaso da raiz (μm)	52,05a $\pm 8,66$	61,64a $\pm 8,10$	71,35a $\pm 12,72$	96,52b $\pm 0,64$
Diâmetro do elemento de vaso do caule (μm)	49,19a $\pm 16,13$	63,40a $\pm 17,70$	41,38a $\pm 8,46$	36,81a $\pm 4,08$

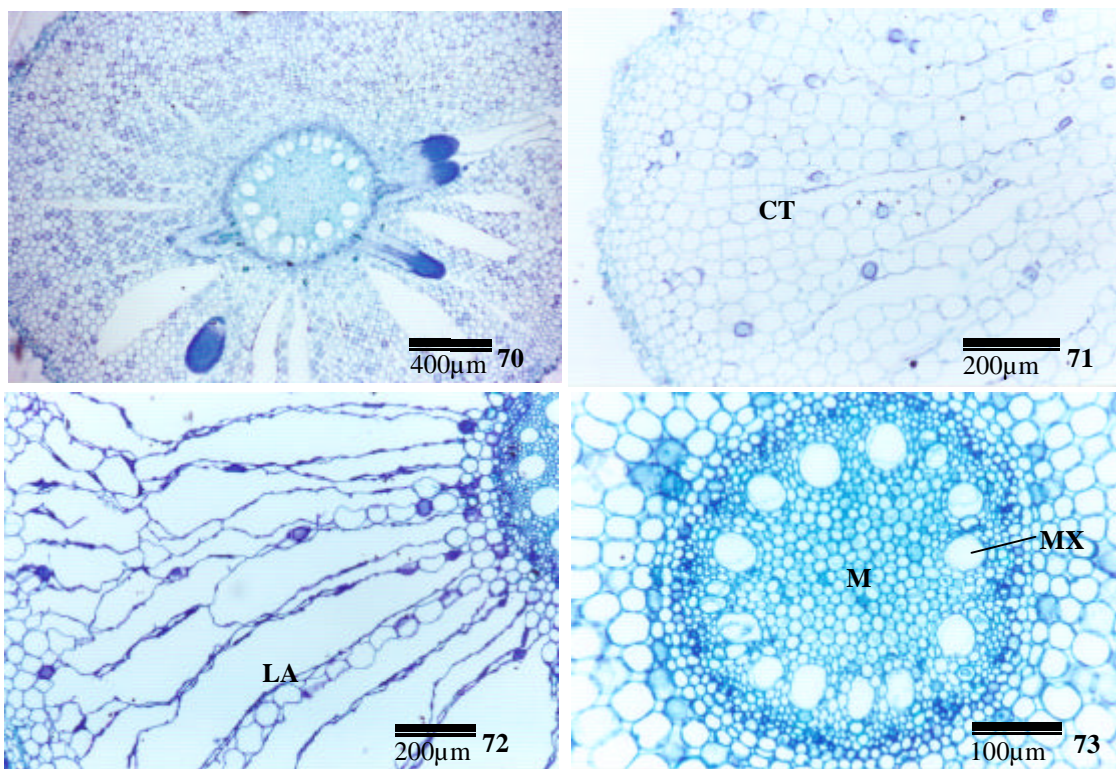
Os valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente (Teste de Tukey $\alpha=0,05$).



Figuras 58 a 63 – Lâmina foliar de *Typha latifolia*. Visão geral, controle do brejo (58), tratamento 1 e em detalhe idioblasto no diafragma (59). Face abaxial controle (60). Face adaxial tratamento 1 (61). Face abaxial tratamento 2 (62) e margem da lâmina controle do brejo (63). DI-Diafragma; ID-idioblasto com ráfides; EPA-Epiderme adaxial; EPB-epiderme abaxial; ES-estômato; EV-elemento de vaso; Fi-fibras; FL-floema; FVI-feixe vascular invertido; LA-lacuna aerífera; PP-parênquima paliádico. Barra: 1mm (58 e 59). Barra: 100µm (demais fotos).



Figuras 64 a 69 – Caule de *Typha latifolia*. Córtex: tratamento 2 (64) e tratamento 1 (65). Feixes vasculares: controle (66), tratamento 1 (67) e tratamento 2 (68). Detalhe da endoderme com espessamento em “U” (69). CT-Córtex; EN-endoderme; EV-elemento de vaso; FL-floema; FP-fibras perivasculares; LA-lacuna aerífera; M-medula. Barra: 100µm.



Figuras 70 a 73 – Raiz de *Typha latifolia*. Visão geral: tratamento 2 (70), CórTEX: controle do brejo (71) e tratamento 1 (72). Medula: controle (73). CT-CórTEX; LA-lacuna aerífera; M-medula; MX-metaxilema.

3.2 Nutrientes e Peso da Matéria Seca

As macrófitas contribuem na remoção e ciclagem de nutrientes e outros constituintes da água residuária (Feijó *et al*, 2003; Vicznevski & Silva, 2003; Amaral & Bittrich, 2002; Pott & Pott, 2000; Marques, 1999; Scremin-Dias *et al*, 1999; Esteves, 1988). Stoweel *et al* (1980) discordam desta afirmativa e consideram o metabolismo microbiano e a sedimentação física como fatores mais relevantes para o processo de depuração. Estes autores afirmam que as plantas aquáticas pouco contribuem para a remoção de nutrientes de corpos d'água e que atuam, apenas indiretamente, transferindo oxigênio para o solo, dando suporte as bactérias e contribuindo para aumentar a porosidade do substrato.

As três espécies cultivadas no tratamento 1 (T1) apresentaram maior concentração da maioria dos nutrientes em seus tecidos, em resposta a maior quantidade de nutrientes presentes no substrato com dejetos (Tabs 9, 10, 11, 15 a 17).

No tratamento controle verifica-se que *A. philoxeroides* acumulou mais N, P, K, Mg, Fe e Cu que as outras espécies, enquanto *T. latifolia* apresentou maiores concentrações de Ca, Mn, e Zn (Tabs 9, 13 e 14).

Em resposta a adição de dejetos houve na parte aérea um aumento na concentração de N e P em todas as espécies, de K em *Alternanthera* e *Cynodon*, de Ca e Mg em *Typha*. O cálcio se manteve inalterado e o Mg foi reduzido em *A. philoxeroides* e *C. dactylon*; nestas espécies o ferro apresentou redução drástica.

Nitrogênio e ferro foram os elementos químicos que mais apareceram nos tecidos, tanto da parte aérea quanto da subterrânea de *A. philoxeroides* (Tabs 9 e 10) e *C. dactylon* (Tabs 11 e 12).

O nitrogênio é um dos nutrientes principais responsáveis pelo crescimento e reprodução dos microrganismos que promovem a estabilização da matéria orgânica presente nos dejetos (Tobias, 2002), e segundo Tanner & Kloosterman (1997), está ao lado do fósforo, como elemento químico importante presente em águas residuárias.

O zinco, dentre outros elementos químicos, apresentou comportamento similar nas três espécies, ou seja, no local com mais dejetos sua concentração aumenta sendo reduzida no tratamento com menos dejetos (T2). Dois fatores principais podem estar atuando em T1, a maior disponibilidade do elemento e, ou, maior capacidade de absorção pelas plantas; em T2 onde o substrato é mais alagado e a disponibilidade de nutrientes mais baixa a absorção do Zn deve ser afetada.

Tabela 9- Análise de nutrientes da parte aérea de *Alternanthera philoxeroides* (Mart) Griseb, cultivadas em água residuária de suinocultura

	Controle	Tratamento 1	Tratamento 2
Nitrogênio (N)	2,49a	5,20b	3,79c
dag/kg (%)	±0,17	±0,29	±0,50
Fósforo (P)	0,36a	0,83b	0,56c
dag/kg (%)	±0,10	±0,07	±0,06
Potássio (K)	2,32a	3,28b	3,04b
dag/kg (%)	±0,34	±0,29	±0,38
Cálcio (Ca)	1,00a	0,94a	1,04a
dag/kg (%)	±0,32	±0,15	±0,18
Cobre (Cu)	12,14a	10,5a	1,46b
mg/kg	±3,21	±6,52	±0,53
Ferro (Fe)	1253,28a	434,08b	307,8b
mg/kg	±361,17	±139,84	±93,58
Magnésio (Mg)	0,86a	0,42ba	0,37b
dag/kg (%)	±0,18	±0,07	±0,06
Manganês (Mn)	153,46a	135,88a	171,14a
mg/kg	±48,76	±34,45	±68,61
Zinco (Zn)	57,24ab	99,24a	20,92b
mg/kg	±15,22	±51,95	±7,71

Os valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente (Teste de Tukey $\alpha=0,05$).

Tabela 10- Resultados da análise composta de nutrientes da parte subterrânea de *Alternanthera philoxeroides* (Mart) Griseb, cultivadas em água residuária de suinocultura

	Controle	Tratamento 1	Tratamento 2
Nitrogênio (N) dag/kg (%)	3,09	*	3,49
Fósforo (P) dag/kg (%)	0,27	*	0,56
Potássio (K) dag/kg (%)	1,715	*	1,75
Cálcio (Ca) dag/kg (%)	0,67	*	0,99
Cobre (Cu) mg/kg	26,3	*	5,6
Ferro (Fe) mg/kg	14770,0	*	5343,5
Magnésio (Mg) dag/kg (%)	0,48	*	0,47
Manganês (Mn) mg/kg	219,7	*	3532,5
Zinco (Zn) mg/kg	81,8	*	42,8

*As amostras coletadas no T1 não possuíram raízes.

Tabela 11- Análise de nutrientes da parte aérea de *Cynodon dactylon* (Tifton 85), cultivadas em água residuária de suinocultura

	Controle	Tratamento 1	Tratamento 2
Nitrogênio (N)	1,06a	3,35b	3,60b
dag/kg (%)	±0,07	±0,33	±0,14
Fósforo (P)	0,13a	0,43b	0,42b
dag/kg (%)	±0,06	±0,05	±0,06
Potássio (K)	1,09a	2,30b	2,03b
dag/kg (%)	±0,22	±0,29	±0,28
Cálcio (Ca)	0,42a	0,44a	0,29a
dag/kg (%)	±0,07	±0,13	±0,09
Cobre (Cu)	6,9a	4,08b	2,24c
mg/kg	±1,39	±0,22	±0,29
Ferro (Fe)	612,42a	142,86b	196,1b
mg/kg	±113,57	±20,79	±84,94
Magnésio (Mg)	0,23a	0,13b	0,09b
dag/kg (%)	±0,05	±0,03	±0,01
Manganês (Mn)	130,24a	56,36b	21,08c
mg/kg	±24,03	±20,17	±1,88
Zinco (Zn)	30,88a	47,06b	17,56c
mg/kg	±6,62	±11,61	±1,05

Os valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente (Teste de Tukey $\alpha=0,05$).

Tabela 12- Resultados da análise composta de nutrientes da parte subterrânea de *Cynodon dactylon* (Tifton 85), cultivadas em água residuária de suinocultura

	Controle	Tratamento 1	Tratamento 2
Nitrogênio (N) dag/kg (%)	0,94	3,53	4,37
Fósforo (P) dag/kg (%)	0,09	0,76	0,61
Potássio (K) dag/kg (%)	0,63	0,66	1,20
Cálcio (Ca) dag/kg (%)	0,07	1,03	0,53
Cobre (Cu) mg/kg	17,3	40,8	10,3
Ferro (Fe) mg/kg	6075,5	10808,8	4415,0
Magnésio(Mg) dag/kg (%)	0,07	0,22	0,22
Manganês (Mn) mg/kg	69,9	335,8	429,9
Zinco (Zn) mg/kg	25,0	500,0	55,6

Tabela 13- Análise de nutrientes da parte aérea de *Typha latifolia* L., cultivadas em água residuária de suinocultura

	Controle	Controle (Brejo)	Tratamento 1	Tratamento 2
Nitrogênio (N)	1,06a	1,37a	2,97b	2,77b
dag/kg (%)	±0,31	±0,48	±0,33	±0,55
Fósforo (P)	0,12a	0,23a	0,49b	0,39b
dag/kg (%)	±0,05	±0,06	±0,06	±0,08
Potássio (K)	1,90a	2,60a	2,01a	2,54a
dag/kg (%)	±0,31	±0,93	±0,41	±0,22
Cálcio (Ca)	1,93a	0,73b	2,85c	2,68c
dag/kg (%)	±0,33	±0,11	±0,32	±0,34
Cobre (Cu)	5,36a	4,18a	4,62a	5,5a
mg/kg	±0,92	±1,26	±1,75	±5,55
Ferro (Fe)	989,86a	394,52a	355,98a	369,88a
mg/kg	±647,73	±250,34	±184,90	±117,17
Magnésio (Mg)	0,24a	0,21a	0,36b	0,44c
dag/kg (%)	±0,04	±0,04	±0,03	±0,05
Manganês (Mn)	1234,18a	1000,88ab	407,54b	372,72b
mg/kg	±662,97	±367,47	±76,30	±116,91
Zinco (Zn)	65,78ab	149,92a	79,80ab	22,82b
mg/kg	±87,10	±91,32	±15,71	±3,19

Os valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente (Teste de Tukey $\alpha=0,05$).

Tabela 14- Análise de nutrientes da parte subterrânea de *Typha latifolia* L. cultivadas em água residuária de suinocultura

	Controle	Controle (Brejo)	Tratamento 1	Tratamento 2
Nitrogênio (N)	0,62a	1,31a	2,74b	1,23a
dag/kg (%)	±0,25	±1,15	±0,79	±0,50
Fósforo (P)	0,11a	0,23a	0,75b	0,66b
dag/kg (%)	±0,08	±0,05	±0,11	±0,04
Potássio (K)	1,01a	1,50a	1,23a	1,55a
dag/kg (%)	±0,29	±0,92	±0,53	±0,53
Cálcio (Ca)	0,68a	0,41a	1,32b	1,35b
dag/kg (%)	±0,24	±0,05	±0,22	±0,24
Cobre (Cu)	25,48a	21,72a	33,7a	26,98a
mg/kg	±14,94	±2,41	±19,03	±9,55
Ferro (Fe)	19659,28a	27457,76a	13212,96a	18054,0a
mg/kg	±12810,9	±250,34	±7975,51	±8409,38
Magnésio (Mg)	0,18a	0,31a	0,38a	0,34a
dag/kg (%)	±0,05	±0,44	±0,09	±0,04
Manganês (Mn)	227,42a	332,46ab	145,12b	222,24b
mg/kg	±662,97	±71,66	±60,82	±53,39
Zinco (Zn)	103,68a	460,9a	381,2a	99,46a
mg/kg	±128,24	±363,45	±125,92	±40,37

Os valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente (Teste de Tukey $\alpha=0,05$).

Tabela 15- Análise de nutrientes da parte aérea de *Alternanthera philoxeroides* (Mart) Griseb, *Cynodon dactylon* (Tifton 85) e *Typha latifolia* L., cultivadas em água residuária de suinocultura, tratamento 1 (T1)

	<i>Alternanthera philoxeroides</i>	<i>Cynodon dactylon</i>	<i>Typha latifolia</i>
Nitrogênio (N)	5,20a	3,35b	2,97b
dag/kg (%)	±0,29	±0,33	±0,32
Fósforo (P)	0,83a	0,43b	0,49b
dag/kg (%)	±0,07	±0,05	±0,06
Potássio (K)	3,28a	2,29b	1,90b
dag/kg (%)	±0,29	±0,29	±0,40

Os valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente (Teste de Tukey $\alpha=0,05$).

Tabela 16- Análise de nutrientes da parte aérea de *Alternanthera philoxeroides* (Mart) Griseb, *Cynodon dactylon* (Tifton 85) e *Typha latifolia* L., cultivadas em água residuária de suinocultura, tratamento 2 (T2)

	<i>Alternanthera philoxeroides</i>	<i>Cynodon dactylon</i>	<i>Typha latifolia</i>
Nitrogênio (N)	3,79a	3,60a	2,77b
dag/kg (%)	±0,50	±0,14	±0,56
Fósforo (P)	0,56a	0,42b	0,39b
dag/kg (%)	±0,06	±0,06	±0,08
Potássio (K)	3,05a	2,03b	2,61a
dag/kg (%)	±0,38	±0,29	±0,22

Os valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente (Teste de Tukey $\alpha=0,05$).

Tabela 17- Análise de nutrientes da parte aérea de *Alternanthera philoxeroides* (Mart) Griseb, *Cynodon dactylon* (Tifton 85) e *Typha latifolia* L., cultivadas em água residuária de suinocultura, tratamento controle (TC)

	<i>Alternanthera philoxeroides</i>	<i>Cynodon dactylon</i>	<i>Typha latifolia</i>	<i>Typha latifolia</i> (Crescidas no brejo)
Nitrogênio (N) dag/kg (%)	2,49a ±0,17	1,06b ±0,07	1,06b ±0,31	1,37b ±0,48
Fósforo (P) dag/kg (%)	0,36a ±0,10	0,13b ±0,06	0,12b ±0,04	0,27ab ±0,06
Potássio (K) dag/kg (%)	2,32a ±0,34	1,09b ±0,22	2,01ab ±0,31	2,54a ±0,93

Os valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente (Teste de Tukey $\alpha=0,05$).

Na parte aérea de *T. latifolia* os elementos mais expressivos são nitrogênio e manganês nas plantas cultivadas nos tratamentos 1 e 2, nos tratamentos controles os mais representativos foram cálcio, potássio e manganês (Tab. 13). Já na parte subterrânea foi potássio e ferro nos dois controles e T2, e no T1 foi o nitrogênio e ferro (Tab. 14). Nesta espécie o aumento do teor de N, P, Ca, Mg observados em T1 e T2 não induziu mudanças significativas na morfologia e anatomia foliar.

Em T1, comparando as três espécies, *Alternanthera philoxeroides* mostrou-se mais eficiente na absorção de nutrientes, pois esta espécie apresentou maiores concentrações da maioria dos nutrientes em seus tecidos, são eles: nitrogênio, fósforo, potássio, cobre, ferro, magnésio e zinco. (Tabs 9, 11 e 12, 13 e 14). Em T2 *Typha latifolia* foi a espécie que concentrou em sua parte aérea maior teor de cálcio, cobre, ferro, magnésio, manganês e zinco (Tabs 9, 11 e 13). Surrency (1993) *apud* Hubbard *et al* (1999) concluíram que *Typha latifolia* é uma das melhores plantas aquáticas para usar em wetlands construídos para tratamento de água residuária e Lim *et al* (2003) salienta a importância de *T. angustifolia* na remoção de N-amoniacoal e total. Miao (2004), em estudo com *Typha domingensis*, verificou que ela é uma boa extratora de fósforo, indicando-a para wetlands construídos. Ennabilia *et al* (1998), observaram que *T. angustifolia* apresentou maior acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio apresentando maior biomassa em comparação com outras espécies por eles estudadas, recomendando sua utilização em wetland construído.

Cynodon dactylon apresentou sempre as menores concentrações de nutrientes e a matéria seca da parte aérea desta espécie foi reduzida em 82,7% no T1 e 75,8% em T2 (Tabs 11 e 12; 19). Utrillas *et al* (1995) ressaltou que esta espécie apresenta fotossíntese C₄, sendo tolerante a condições de seca e observou que sob estresse hídrico *C. dactylon* aumentou o conteúdo de K, Ca e N, enquanto diminuiu Na, Mg e P. Os resultados obtidos por este autor não são comparáveis aos obtidos neste trabalho, pois apesar de o tratamento controle haver menor disponibilidade de água, não ocorre um estresse hídrico, e em T1 e T2, além do alagamento, houve um incremento considerável de nutrientes no substrato. Queiroz (2000), comparando tifton 85 com outras três forrageiras, obteve bons resultados quanto à extração de nutrientes, onde apresentou maior extração de fósforo, cálcio, ferro, cobre e zinco, só não apresentando maior acúmulo de magnésio e potássio.

Com relação a quantidade de nutrientes encontrado em tifton 85, cultivado em água residuária de suinocultura, pode-se fazer uma alusão com referência a sua indicação na alimentação de ruminantes. As concentrações de fósforo, potássio, cálcio e magnésio, obtidas nas gramíneas forrageiras, indicadas na alimentação de bovinos de corte de 454 Kg de peso vivo, consumindo cerca de 2,2% do peso vivo de matéria seca é de 0,19 dag Kg⁻¹, 1,5 a 2,0 dag Kg⁻¹, 0,41 dag Kg⁻¹ e 0,25 dag Kg⁻¹, respectivamente. E para vacas em lactação, considerando 590 Kg de peso vivo, produzindo, em médias, 20 Kg d⁻¹ de leite e consumindo em média, 3,0% do peso vivo de matéria seca, as exigências nutricionais são de 0,34 dag Kg⁻¹, 0,53 dag Kg⁻¹ e 0,20 dag Kg⁻¹, respectivamente (Lana, 2003). Desta maneira, no presente experimento, tifton 85, cultivada nos dois tratamentos atende às exigências para fósforo e potássio. Supriria as exigências de cálcio, para bovinos, naquelas condições citadas, mas não para vacas. E as concentrações de magnésio obtidas, não atenderiam as exigências nem de bois e nem de vacas em lactação.

Com base nos dados do presente trabalho, pode-se dizer que das três espécies pesquisadas *A. philoxeroides* é a que mais incorpora nutrientes em seus tecidos, revelando-se a espécie mais eficiente no seqüestro de nutrientes e apresentou maior incremento de matéria seca (em relação ao controle), 96,5% em T1 e 68,4% em T2, (cálculos feitos com base nos dados da tabela 18).

A. philoxeroides quando cultivada no sistema wetland apresentou maior peso seco do que no controle (Tab. 18). Este incremento de peso seco e do teor de alguns nutrientes observados, estão relacionados ao aumento do comprimento dos entrenós,

tamanho das folhas e comprimento dos ramos laterais. Entretanto, não houve alterações nos parâmetros anatômicos mensurados. Em *T. latifolia* diferenças significativas do peso seco foram observadas apenas na parte aérea (Tab. 20).

Tabela 18- Peso seco de ramos de *Alternanthera philoxeroides* (Mart) Griseb, cultivadas em água residuária de suinocultura. Médias seguidas do desvio padrão

	Controle	Tratamento 1	Tratamento 2
Peso seco (g)	1,71a ±0,43	3,36b ±1,05	2,88b ±0,94

Os valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente (Teste de Tukey $\alpha=0,05$).

Tabela 19- Peso seco da parte aérea de *Cynodon dactylon* (Tifton 85). Médias seguidas do desvio padrão

	Controle	Tratamento 1	Tratamento 2
Peso seco da parte aérea (g)	5,96a ±1,73	1,03b ± 0,27	1,44b 0,38

Os valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente (Teste de Tukey $\alpha=0,05$).

Tabela 20- Peso seco de *Typha latifolia* L. Médias seguidas do desvio padrão

	Controle	Controle (Brejo)	Tratamento 1	Tratamento 2
Peso seco da parte aérea (g)	31,78a ±0,25	72,92b ±25,87	38,89ac ±13,58	67,42bc ±13,42
Peso seco da parte subterrânea (g)	41,99a ±34,62	65,91a ±65,22	29,97a ±17,96	32,76a ±12,31

Os valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente (Teste de Tukey $\alpha=0,05$).

4. CONCLUSÕES

A análise visual das plantas crescidas nos tratamentos com dejetos indicou uma resposta positiva, onde a eutrofização, bem como a condição de alagamento de maneira geral influenciou no comportamento das espécies, porém nem sempre as diferenças foram significativas estatisticamente.

Quanto às respostas apresentadas pelas plantas frente à exposição ao aumento de nutrientes, a morfologia foi a mais alterada quando comparada com a anatomia. *A. philoxeroides* foi a espécie que mais expressou variações. As alterações foram determinadas principalmente em função de dois fatores: teor hídrico e aumento da concentração de nutrientes.

Em sistemas como este, normalmente, resultados mais consistentes são obtidos a longo prazo; portanto, experimentos com um tempo maior de observação destas espécies serão necessários para caracterizar de maneira mais acurada as respostas das plantas cultivadas em sistema wetland. É preciso salientar que em alguns parâmetros analisados o desvio padrão foi alto, indicando a necessidade de redimensionamento do delineamento experimental, em estudos futuros. A variação constatada pode ser decorrente da instabilidade de um sistema recém implantado, bem como por se tratar de um sistema complexo e integrado, onde é difícil isolar cada fator.

Alternanthera philoxeroides promoveu a extração de um número maior de nutrientes presentes no efluente e *Cynodon dactylon* foi a espécie que menos acumulou. Em geral o nitrogênio foi o elemento químico mais expressivo nos tecidos das plantas.

Através deste estudo pode-se verificar a eficiência do sistema “wetland” construído na despoluição de ambientes contaminados com dejetos suínos. As três espécies estudadas toleraram bem as condições de inundação e de exposição a altas cargas orgânicas, retirando concentrações consideráveis de nutrientes do substrato. Neste aspecto, *A. philoxeroides* foi a espécie mais eficiente e promissora para a utilização neste tipo de sistema de depuração de águas residuárias.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amaral, M.C.E & Bittrich, V. 2002. **Laguinhos: Mini-Ecossistemas para Escolas e Jardins**. Ribeirão Preto/SP: Holos Editora. 88 p.
- Ancell, M.; Fedler, C.B.; Parker, N.C. 1998. **Constructed Wetland Nitrogen Removal from Cattle Feedlot Wastewater**. Annual International Meeting Sponsored by ASAE. Boletim técnico. Texas/USA. Texas Tech University. 30p.
- Appezato-da-Glória B. & Carmello-Guerreiro S.M. 2003. **Anatomia Vegetal**. Viçosa/MG: Editora UFV. Universidade Federal de Viçosa. 438p.
- Barroso, G.M. 1978. **Sistemática de Angiospermas do Brasil**. Vol.1. São Paulo/SP: Editora LTC/EDUSP. 315p.
- Barroso, G.M.; Peixoto, A. L.; Ichaso, C. L. F.; Guimarães, E. F. & Costa, C. G. 2002. **Sistemática de Angiospermas do Brasil**. Vol. 1. 2ª Edição. Viçosa/MG: Editora UFV Universidade Federal de Viçosa. 309p.
- Blanchar, R.W.; REM, G., Caldwell, A.C. 1965. Sulfur in Plant Material by Digestion With Nitric and Perchloric Acid. **Proceedings Soil Science Society of America** 29:71-72.
- Bona, C. & Morretes, B.L. 1997. Anatomia Comparativa do Caule de *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb. e *A. aquatica* (Parodi) Chodat. (Amaranthaceae). **Arquivos de Biologia e Tecnologia** 40 (2):285-295.
- Bona, C. 1999. **Adaptações Morfo-Anatômicas dos Órgãos Vegetativos de *Bacopa salzmanii* (Benth.) Wettst. Ex Edwall e *Bacopa monnierioides* (Cham.) Robinson (Scrophulariaceae) em Ambiente Terrestre e Aquático**. Dissertação (Doutorado em Botânica). Universidade de São Paulo. São Paulo/SP. 193p.
- Braga, J.M.; Defelipo, B.V. 1974. Determinação Espectrofotométrica de Fósforo em Extratos de Solos e Plantas. **Revista Ceres** 21 (113):73-85.

- Campelo, P.L.G. 1999. **Influências da Aplicação de Águas Residuárias de Suinocultura nas Características Físico-Hídricas e Químicas de um Solo Podzólico Vermelho-Amarelo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa/MG. 55p.
- Campos, J.R. 1999. **Tratamento de Esgotos Sanitários por Processo Anaeróbio e Disposição Controlada no Solo**. Rio de Janeiro/RJ: Projeto PROSAB. ABES. p.409-435.
- Carleton, J.N.; Grizzard, T.J.; Godrei, A.N. & Post, H.E. 2000. Factors Affecting the Performance of Stormwater Treatment “wetlands”. **Water Resource** 35 (6):1552-1562.
- Clarke, E. & Baldwin, A.H. Responses of Wetland Plants to Ammonia and Water Level. 2002. **Ecological Engineering** 18:257-264.
- Coleman, J.S.; Macconnaughay, K.D.M. & Acukerly, D.D. 1994. Interpreting Phenotypic Variation in Plants. **Tree** 95 (5):187-191.
- Cronquist, A. 1981. **An integrated system of classification of flowering plants**. New York: Columbia University Press. 1262p.
- Davis, L. (S.D.). **A Handbook of Constructed “wetlands”**: A Guide to Creating “wetlands” for: Agricultural Wastewater, Domestic Wastewater, Coal Mine Drainage, Stormwater in the Mid-Atlantic Region. 1. Washington DC: USDA-Natural Resources Conservation Service and the US Environmental Protection Agency-Region III. 56p.
- Dickison, W.C. 2000. **Integrative Plant Anatomy**. New York: IAP Harcourt Academic Press. 533p.

- Ennabilia, A.; Atera, M. & Radouxb, M. 1998. Biomass Production and NPK Retention in Macrophytes from Wetlands of the Tingitan Peninsula. **Aquatic Botany** 62. 45-56.
- Esau, K. 1974. **Anatomia das Plantas com Sementes**. São Paulo/SP: Editora Edgar Blücher Ltda. 293p.
- Esteves, F.A.1988. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro/RJ: Interciências/FINEP. 575p.
- Evangelista, A.R. 1999. **Efeito de Níveis de Adubação Nitrogenada Pós-Corte sobre o Rendimento e o Valor Nutritivo de Gramíneas do Gênero *Cynodon***. Dissertação (Doutorado em Zootecnia /Forragicultura e Pastagem). Universidade Federal de Lavras. Lavras/MG. 76p.
- Fahn, A. 1990. **Plant Anatomy**. 4° ed.. Oxford: Pergamon Press. 588p.
- Feijó, J.; Pinheiro, A. & Simionato, E.L. 2003. **Desenvolvimento de Espécies de Macrófitas Utilizadas em um Sistema de “wetlands” Implantado na Região Sul do Brasil**. In: 22° Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. CD Room – Anais. Joinville/SC. 6p.
- Franceschi, V.R. & Horner, H.T. 1980. Calcium Oxalate Crystals in Plants. **The Botanical Review** 46: 396-403.
- Guimarães, A.B. 1999. **Avaliação dos Efeitos de Plantas Aquáticas na Recuperação da Qualidade de Águas Servidas**. Parte II - Configuração de sistema de tratamento e reciclagem de resíduos. FAPESP, Relatório Científico Final, Bolsa de IC, Proc. 98/07310-3.
- Hanna, W.W.; Monsoon, W.G. & Burton, G.W. 1973. Histological Examination of Forage Leaves *in vitro* Digestion. **Crop Science** 13:98-102.

- Havard, B. 1969. **Las Plantas Forrageiras Tropicales**. Trad. Vicente Ripoll. 1ª Edição. Madrid: Editora.Blume. 380p.
- Hegemann, W. 1996. **Natural Wastewater Treatment Systems in Germany. Constructed “wetlands”and Lagoons**. In: Chernicharo, C. A. L. & Vonsperling, M., Seminário Internacional: Tendência no tratamento simplificado de águas residuárias domésticas e industriais. Belo Horizonte/MG. p.81-104.
- Hubbard R.K.; Ruter, J.M.; Newton, G.L.; Davis, J.G. 1999. Nutrient Uptake and Response of Six “wetland”/Riparian Plant Species Receiving Swine Lagoon Effluent. **American Society of Agricultural Engineers** 42 (5):1331-1341.
- Joly, A.B. 1985. **Botânica: Introdução À Taxonomia Vegetal**. 7º ed. São Paulo/SP: Editora Nacional. 777p.
- Kraus, J.E. & Arduin, M. 1997. **Manual Básico de Métodos em Morfologia Vegetal**. Seropédica/RJ: Editora Universidade Rural (EDUR). 198p.
- Lana, R.P. 2003. **Sistema Viçosa de Formulação de Rações**. 2º ed. Viçosa/MG. Editora UFV. Universidade Federal de Viçosa. 90p.
- Lautenschlager, S.R. 2001. **Modelagem do Desempenho de “wetlands” Construídos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia na área de concentração em Engenharia Hidráulica e Sanitária) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo/SP. 104p.
- Lim, P.E.; Tay, M.G.; Mak, K.Y & Mohamed, N. 2003. The Effect of Heavy Metals on Nitrogen and Oxygen Demand Removal in Constructed “wetlands. **The Science of the Total Environment** 301:13-21.
- Londe, L.R. 2002. **Eficiência da Filtração Lenta no Tratamento de Efluentes de Leitões Cultivados**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola na área de concentração de água e solos). Faculdade de Engenharia Agrícola. Universidade Estadual de Campinas. Campinas/SP. 85p.

- Marques, D.M. 1999. Terras úmidas construídas de fluxo superficial. In Campos, J. R. (Coord.). **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. Rio de Janeiro: Projeto PROSAB – ABES, p.409-435.
- Matos, A.T. 2003. **Tratamento e Aproveitamento Agrícola de Resíduos Sólidos e Líquidos da Lavagem e Despolpa dos Frutos do Cafeeiro**. Boletim Técnico n° 7. Viçosa/MG: Editora UFV. 68p.
- Mendes, I.C. & Paviani, T.I. 1997. Morfo-Anatomia Comparada das Folhas do par Vicariante *Plathymenia foliosa* Benth. E *Plathymenia reticulata* Benth. (Leguminosae – Mimosoideae). **Revista Brasileira de Botânica** 20 (2):185-195.
- Metcalf, C.R.; Chalk, L. 1979. **Anatomy of the Dicotyledons**. V-I. 2ª Edição. Oxford : Clarendon Press. 294p.
- Metcalf C.R.; Chalk, L. 1983. **Anatomy of the Dicotyledons**. Vol. III. 2ª Edição Oxford: Clarendon Press. 308p.
- Miao, S. 2004. Rhizome Growth and Nutrient Resorption: Mechanisms Underlying the Replacement of Two Clonal Species in Florida Everglades. **Aquatic Botany** 78:55-66.
- Miller, P.S.; Mitchell, J.K.; Cooke, R.A. & Engel, B.A. 2002. A “wetland” to Improve Agricultural Subsurface Drainage Water Quality. Transactions of the ASAE. **American Society of Agricultural Engineers** 45 (5):1305-1317.
- Mitidieri, J. 1988. **Manual de Gramíneas para Pastos Tropicais**. 2ª edição. São Paulo/SP: Editora Nobel Universidade de São Paulo. 198p.

- Moore, M.T.; Rodgers, J.H.Jr.; Cooper, C.M. & Smith, S. Jr.2000. Constructed “wetlands” for Mitigation of Atrazine-Associated Agricultural Runoff. **Environmental Pollution** 110: 393-399.
- Oliveira, M.A. 1999. **Morfogênese, Análise de Crescimento e Valor Nutritivo do Capim Tifton 85 (Cynodon spp.) em Diferentes Idades de Rebrotas**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa/MG. 94p.
- Pedersen, T.M. 1997. Studies in South American Amaranthaceae. IV. **Adansonia**, série 3, Estância Santa Teresa, RA-3427 Mburucuyá, Argentina. 19 (2): 217-251.
- Pompêo, M.L.M. & Moschini-Carlos, V. 2003. **Macrófitas Aquáticas e Perifíton**. Aspectos ecológicos e metodológicos. São Carlos/SP: Editora Rima. 124p.
- Pott, V.J. & Pott, A. 2000. **Plantas Aquáticas do Pantanal**. Corumbá/MS: EMBRAPA. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. 404p.
- Queiroz, F. M. 2000. **Avaliação de Gramíneas Forrageiras para o Tratamento de Águas Residuárias da Suinocultura**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa/MG. 91p.
- Santos, J.R. 2001. **Desempenho de Sistema de Irrigação por Faixas Cultivadas com Milho (*Zea mays* L.) para Silagem, Operando com Águas Residuárias de Suinocultura**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa/MG. 81p.
- Schulz, R. & Peall, S.K.C. 2001. Effectiveness of a Constructed “wetland” for Retention of Nonpoint-Source Pesticide Pollution in the Lourens River Catchment, South Africa. **Environmental Science & Technology** 35 (2):422-426.
- Scremin-Dias, E.; Pott, V.J.; Hora, R.C. da; Souza, P.R. 1999. **Nos Jardins Submersos da Bodoquena: Guia para identificação de plantas aquáticas de**

- Bonito e Região.** Campo Grande/MS: Editora UFMS. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. 160p.
- Sculthorpe, C.D. 1967. **The Biology of Aquatic Plants.** London: Edward Arnold (Publishers) Ltd. London. 610p.
- Sezerino, P.H. & Philippi, L.S. 2003. **Filtro Plantado com Macrófitas (“wetlands”) como Tratamento de Esgotos em Unidades Residenciais – Critérios para Dimensionamento.** In: 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. CD Room – Anais. Joinville/SC. 13p.
- Solereeder, H. 1908. **Systematic Anatomy of the Dicotyledons.** V. 1-2 New York: Oxford Clarendon Press. 1008p.
- Stowell, R.R.; Ludwig, J.; Colt, J.; Tchobanoglous, G. 1980. **Toward the rational design of aquatic treatment systems presented at the American Society of Civil Engineers.** Portland: Spring Convention, April 14-18.
- Tanner, C.C. & Kloosterman, V.C. 1997. **Guidelines for Constructed Wetland Treatment of Farm Dairy Wastewaters in New Zealand.** Niwa A Science and Technology Series n° 48. New Zealand. 68p.
- Tobias, A.C.T. 2002. **Tratamento de Resíduos da Suinocultura: Uso de Reatores Anaeróbios Seqüenciais Seguido de Leitões Cultivados.** Dissertação (Doutorado em Engenharia Agrícola na área de concentração de água e solos). Faculdade de Engenharia Agrícola. Universidade Estadual de Campinas. Campinas/SP. 144p.
- USEPA - United States Environmental Protection Agency. 1988. **Design Manual: Constructed “wetlands” and Aquatic Plant Systems for Municipal Wastewater Treatment.** EPA/625/1-88/022. Cincinnati, OH:CERI. 90p.
- Utrillas, M.J. & Alegre, L. 1997. Impact of Water Stress on Leaf anatomy and Ultrastructure in *Cynodon dactylon* (L.) Pers. Under Natural Conditions. **International Journal of Plant Sciences** 158 (3):313-324.

Utrillas, M.J.; Alegre, L. & Simon, E. 1995. Seasonal Changes in Production and Nutrient Content of *Cynodon dactylon* (L.) Pers. Subjected to Water Deficits. **Plant and Soil** 175:153-157.

Vicznevski, I.S. & Silva, C.G., 2003. **Tratamento Biológico de Esgoto com Zona de Raízes – Experiência da Prefeitura Municipal de Joinville**. In: 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. CD Room – Anais. Joinville/SC. 7p.

Wolf, B. 1971. The Determination of Boron in Soil Extracts, Plant Materials, Composts, manure, Water and nutrients Solutions. **Soil Science and Plant Nutrition** 17 (2):363-374.

Wong, T.F. & Lim, D.V. 2001. Oxygen Demand, Nitrogen and Copper Removal by Free-Water-Surface and Subsurface-Flow Constructed “wetlands” Under Tropical Conditions. **Environment International** 26 (5-6):425-431.

Woodward, J.H.; Akin, D.E. & Hoveland, C.S. 1989. Ultrastructural Techniques to Investigate Cell Wall Degradation and Antiquality Factors in Two Bermudagrass Cultivars. **Crop Science** 29: 440-447.

APÊNDICE

Resultados da ANOVA

Tabela 1- Comprimento e diâmetro dos entrenós, comprimento e largura do limbo foliar e comprimentos dos ramos originados no 9° e 10° nó de *Alternanthera philoxeroides* (Mart) Griseb, cultivadas em água residuária de suinocultura

	Resultados da ANOVA
Comprimento dos entrenós (cm)	$F_{2,27}=81; p<0,001$
Diâmetro entre o 7 e 8° nó (cm)	$F_{2,27}=20,231; p<0,001$
Diâmetro entre o 10 e 11° nó (cm)	$F_{2,27}=25,827; p<0,001$
Comprimento do ramo do 9° nó (cm)	$F_{2,27}=42,393; p<0,001$
Comprimento do ramo do 10° nó (cm)	$F_{2,27}=42,393; p<0,001$
Comprimento do limbo (cm)	$F_{2,27}=22,039; p<0,001$
Largura do limbo (cm)	$F_{2,27}=42,393; p<0,001$

Tabela 2- Caracteres anatômicos do limbo foliar de *Alternanthera philoxeroides* (Mart) Griseb, cultivadas em água residuária de suinocultura

	Resultados da ANOVA
Espessura do limbo foliar (μm)	$F_{2,6}=3,697; p=0,090$
Espessura do parênquima paliçádico (μm)	$F_{2,6}=4,133; p=10,074$
Espessura do parênquima esponjoso (μm)	$F_{2,6}=2,326; p=0,179$
Espessura do colênquima (μm)	$F_{2,6}=0,567; p=0,595$
Diâmetro do elemento de vaso (μm)	$F_{2,6}=1,658; p=0,267$

Tabela 3- Caracteres anatômicos do caule de *Alternanthera philoxeroides* (Mart) Griseb, cultivadas em água residuária de suinocultura

	Resultados da ANOVA
Espessura do colênquima (μm)	$F_{2,6}=2,996$; $p=0,125$
Medida da epiderme até a fístula (μm)	$F_{2,6}=5,372$; $p=0,046$
Tamanho da medula (μm)	$F_{2,6}=24,530$; $p=0,001$
Diâmetro do elemento de vaso (μm)	$F_{2,6}=0,287$; $p=0,760$

Tabela 4- Comprimento da raiz de *Cynodon dactylon* (Tifton 85)

	Resultados da ANOVA
Comprimento das raízes (cm)	$F_{2,27}=5,545$; $p=0,01$

Tabela 5- Caracteres anatômicos do limbo foliar de *Cynodon dactylon*, cultivadas em água residuária de suinocultura. Médias seguidas do desvio padrão

	Resultados da ANOVA
Diâmetro do elemento de vaso (μm)	$F_{2,6}=12,308$; $p=0,008$
Espessura do limbo foliar (μm)	$F_{2,6}=4,468$; $p=0,065$
Medida da unidade funcional (μm)	$F_{2,6}=10,768$; $p=0,010$

Tabela 6- Diâmetro do rizoma e do comprimento do limbo foliar de *Typha latifolia* L.

	Resultados da ANOVA
Diâmetro do rizoma (cm)	$F_{2,16}=1,890$; $p=0,172$
Comprimento do limbo (cm)	$F_{2,16}=19,354$; $p<0,001$

Tabela 7- Caracteres anatômicos do limbo foliar de *Typha latifolia* L.

	Resultados da ANOVA
Espessura do limbo (mm)	$F_{3,9}=2,234$; $p=0,162$
Espessura da epiderme adaxial (μm)	$F_{3,9}=2,352$; $p=0,148$
Espessura da epiderme abaxial (μm)	$F_{3,9}=1,087$; $p=0,408$
Diâmetro do elemento de vaso adaxial (μm)	$F_{3,9}=2,896$; $p=0,102$
Diâmetro do elemento de vaso abaxial (μm)	$F_{3,9}=2,486$; $p=0,135$
Espessura do parênquima paliçádico adaxial (μm)	$F_{3,9}=0,214$; $p=0,884$
Espessura do parênquima paliçádico abaxial (μm)	$F_{3,9}=1,075$; $p=0,413$
Porcentagem* (μm)	$F_{3,9}=0,487$; $p=0,701$
Tamanho da lacuna aerífera (mm)	$F_{3,9}=2,867$; $p=0,104$

Tabela 8- Caracteres anatômicos da raiz e caule de *Typha latifolia* L.

	Resultados da ANOVA
Diâmetro da raiz (μm)	$F_{3,9}=2,645$; $p=0,121$
Diâmetro do cilindro vascular (μm)	$F_{3,9}=3,121$; $p=0,088$
Diâmetro do elemento de vaso da raiz (μm)	$F_{3,9}=14,486$; $p=0,001$
Diâmetro do elemento de vaso do caule (μm)	$F_{3,9}=2,46$; $p=0,137$

Tabela 9- Análise de nutrientes da parte aérea de *Alternanthera philoxeroides* (Mart) Griseb, cultivadas em água residuária de suinocultura

	Resultados da ANOVA
Nitrogênio (N)	$F_{2,12}=76,5068$; $p<0,001$
Fósforo (P)	$F_{2,12}=40,8069$; $p<0,001$
Potássio (K)	$F_{2,12}=10,9456$; $p=0,001$
Cálcio (Ca)	$F_{2,12}=0,2174$; $p=1$
Cobre (Cu)	$F_{2,12}=9,3319$; $p=0,003$
Ferro (Fe)	$F_{2,12}=24,8953$; $p<0,001$
Magnésio (Mg)	$F_{2,12}=26,2952$; $p<0,001$
Manganês (Mn)	$F_{2,12}=0,5636$; $p=1$
Zinco (Zn)	$F_{2,12}=7,7073$; $p=0,007$

Tabela 10- Trata-se de amostra composta, não sendo realizado teste estatístico.

Tabela 11- Análise de nutrientes da parte aérea de *Cynodon dactylon* (Tifton 85), cultivadas em água residuária de suinocultura

	Resultados da ANOVA
Nitrogênio (N)	$F_{2,12}=215,8178$; $p<0,001$
Fósforo (P)	$F_{2,12}=39,0664$; $p<0,001$
Potássio (K)	$F_{2,12}=27,3582$; $p<0,001$
Cálcio (Ca)	$F_{2,12}=3,2081$; $p=0,76$
Cobre (Cu)	$F_{2,12}=39,8236$; $p<0,001$
Ferro (Fe)	$F_{2,12}=48,2641$; $p<0,001$
Magnésio (Mg)	$F_{2,12}=18,7481$; $p<0,001$
Manganês (Mn)	$F_{2,12}=47,1075$; $p<0,001$
Zinco (Zn)	$F_{2,12}=18,2069$; $p<0,001$

Tabela 12- Trata-se de amostra composta, não sendo realizado teste estatístico.

Tabela 13- Análise de nutrientes da parte aérea de *Typha latifolia* L., cultivadas em água residuária de suinocultura

	Resultados da ANOVA
Nitrogênio (N)	$F_{3,16}=25,09$; $p<0,001$
Fósforo (P)	$F_{3,16}=34,1536$; $p<0,001$
Potássio (K)	$F_{3,16}=2,1964$; $p=0,12$
Cálcio (Ca)	$F_{3,16}=2,7705$; $p<0,001$
Cobre (Cu)	$F_{3,16}=0,2142$; $p=1$
Ferro (Fe)	$F_{3,16}=3,5931$; $p=0,03$
Magnésio (Mg)	$F_{3,16}=35,3444$; $p<0,001$
Manganês (Mn)	$F_{3,16}=6,2501$; $p=0,005$
Zinco (Zn)	$F_{3,16}=3,4436$; $p=0,04$

Tabela 14- Análise de nutrientes da parte subterrânea de *Typha latifolia* L. cultivadas em água residuária de suinocultura

	Resultados da ANOVA
Nitrogênio (N)	$F_{3,16}=7,16$; $p=0,002$
Fósforo (P)	$F_{3,16}=87,77$; $p<0,001$
Potássio (K)	$F_{3,16}=0,83$; $p=1$
Cálcio (Ca)	$F_{3,16}=26,474$; $p<0,001$
Cobre (Cu)	$F_{3,16}=0,73$; $p=1$
Ferro (Fe)	$F_{3,16}=1,91$; $p=0,16$
Magnésio (Mg)	$F_{3,16}=0,98$; $p=1$
Manganês (Mn)	$F_{3,16}=8,48$; $p=0,001$
Zinco (Zn)	$F_{3,16}=4,23$; $p=0,02$

Tabela 15- Análise de nutrientes da parte aérea de *Alternanthera philoxeroides* (Mart) Griseb, *Cynodon dactylon* (Tifton 85) e *Typha latifolia* L., cultivadas em água residuária de suinocultura, tratamento 1 (T1)

	Resultados da ANOVA
Nitrogênio (N) <i>A. philoxeroides</i>	$F_{2,12}=71,5443$; $p<0,001$
Fósforo (P) <i>C. dactylon</i>	$F_{2,12}=56,5215$; $p<0,001$
Potássio (K) <i>T. latifolia</i>	$F_{2,12}=22,8712$; $p=0,001$

Tabela 16- Análise de nutrientes da parte aérea de *Alternanthera philoxeroides* (Mart) Griseb, *Cynodon dactylon* (Tifton 85) e *Typha latifolia* L., cultivadas em água residuária de suinocultura, tratamento 2 (T2)

	Resultados da ANOVA
Nitrogênio (N) <i>A. philoxeroides</i>	$F_{2,12}=7,5314$; $p=0,007$
Fósforo (P) <i>C. dactylon</i>	$F_{2,12}=7,8432$; $p=0,006$
Potássio (K) <i>T. latifolia</i>	$F_{2,12}=13,9056$; $p<0,001$

Tabela 17- Análise de nutrientes da parte aérea de *Alternanthera philoxeroides* (Mart) Griseb, *Cynodon dactylon* (Tifton 85) e *Typha latifolia* L., cultivadas em água residuária de suinocultura, tratamento controle (TC)

	Resultados da ANOVA
Nitrogênio (N) <i>A. philoxeroides</i>	$F_{2,16}=25,4585$; $p<0,001$
Fósforo (P) <i>C. dactylon</i>	$F_{2,16}=11,8167$; $p<0,001$
Potássio (K) <i>T. latifolia</i>	$F_{2,16}=7,1791$; $p=0,002$

Tabela 18- Peso seco de *Alternanthera philoxeroides* (Mart) Griseb, cultivadas em água residuária de suinocultura

	Resultados da ANOVA
Peso seco (g)	$F_{2,19}=9,709$; $p=0,001$

Tabela 19- Peso seco da parte aérea de *Cynodon dactylon* (Tifton 85). Médias seguidas do desvio padrão

	Resultados da ANOVA
Peso seco da parte aérea (g)	$F_{2,27}=70,010$; $p<0,01$

Tabela 20- Peso seco de *Typha latifolia* L.

	Resultados da ANOVA
Peso seco da parte aérea (g)	$F_{3,16}=6,505$ $p=0,004$
Peso seco da parte subterrânea (g)	$F_{3,16}=0,900$; $p=0,463$