

TEODORA LENIA BORTOLUSSI GELLA

**REMOÇÃO DE ELEMENTOS QUÍMICOS DA ÁGUA RESIDUÁRIA DE
INDÚSTRIA FARMOQUÍMICA UTILIZANDO A GRAMÍNEA DO GÊNERO
*Cynodon***

MARINGÁ – PARANÁ – BRASIL

JUNHO – 2008

TEODORA LENIA BORTOLUSSI GELLA

**REMOÇÃO DE ELEMENTOS QUÍMICOS DA ÁGUA RESIDUÁRIA DE
INDÚSTRIA FARMOQUÍMICA UTILIZANDO A GRAMÍNEA DO GÊNERO
*Cynodon***

Dissertação apresentada à
Universidade Estadual de Maringá,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Agronomia, para obtenção do título
de Mestre.

MARINGÁ – PARANÁ – BRASIL

JUNHO – 2008

TEODORA LENIA BORTOLUSSI GELLA

**REMOÇÃO DE ELEMENTOS QUÍMICOS DA ÁGUA RESIDUÁRIA DE
INDÚSTRIA FARMOQUÍMICA UTILIZANDO A GRAMÍNEA DO GÊNERO
*Cynodon***

Dissertação apresentada à
Universidade Estadual de Maringá,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Agronomia, para obtenção do título
de Mestre.

APROVADA, 30 de junho de 2008.

Prof. Dr. Altair Bertonha
(Orientador)

Prof. Dr. Paulo Sérgio Lourenço de Freitas

Prof. Dr. Márcio Antônio Vilas Boas

À minha grandiosa mãe, Ana Rosina Gella, aos meus amados irmãos Antônio, Vera Lucia, Eliseu, Luis Carlos, José, Jair, Rosana e Rosilda, pelo carinho demonstrado e ao meu inesquecível pai (*In memoriam*), Theodoro Gella.

AGRADECIMENTOS

A Deus, fonte de toda força, pela minha saúde, força de vontade, pela coragem, ânimo, e por ter iluminado meu caminho e me ajudado a chegar até aqui, pelo dom da vida e pelas oportunidades que me proporcionou.

Ao Professor e “pai”, Frederico Fonseca da Silva.

Ao amigo e Professor, Carlos Moacir Bonato, pelo apoio, acompanhamento e sugestões para a realização deste trabalho.

Ao Professor, Ulysses Cecato, pelo apoio, colaboração e oportunidade a mim destinada.

Ao Professor e orientador, Altair Bertonha, pela paciência, compreensão, dedicação e pelos conhecimentos que engrandeceram e contribuíram para o enaltecimento de meus conhecimentos e para a minha formação.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Maringá, pela oportunidade concedida em aperfeiçoar os meus conhecimentos.

Às amigas Francielle Dalla Flora, Monique Dal Prá, Alessandra Figueiredo, Samira Picoli, Cassiana Mazzer, Solange Terninski, pelo carinho demonstrado, incentivo e ombro amigo, onde inúmeras vezes com seus conselhos puderam conter minhas lágrimas e pelas orações que muito me auxiliaram nos momentos mais difíceis.

Aos funcionários do CTI, Osmar Passolongo, Eduardo Luiz Generoso e Amarídio José Santana, amigos que tive a felicidade de trabalhar junto.

Aos amigos, Luiz Carlos Sampaio, Silvio Borges dos Reis, Adonai Pinheiro de Ulhôa Cintra, Rauffer Chiste, Dirseu Gali, Jefferson Nascimento, Jefferson Vieira José, pelo incentivo, apoio, ajuda, amizade e respeito, que sempre me proporcionaram para a realização deste trabalho.

E a todas aquelas pessoas que não foram citadas, mas que muito contribuíram para a realização do presente estudo.

A todos os meus sinceros agradecimentos!

BIOGRAFIA

TEODORA LENIA BORTOLUSSI GELLA, filha de Theodoro Gella e Ana Rosina Gella, nasceu em Toledo, PR, em 12 de abril de 1978.

Em fevereiro de 1999 ingressou na Universidade Paranaense – UNIPAR, Toledo, PR, no curso de Ciências Biológicas, diplomando-se como Bióloga em fevereiro de 2003.

Em março de 2006 iniciou o Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Mestrado em Produção Vegetal, na Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, defendendo dissertação, em junho de 2008.

ÍNDICE

LISTA DE QUADROS	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. HIPÓTESE DE TRABALHO	4
1.2. OBJETIVO.....	4
2. REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1. Utilização de águas residuárias na agricultura	5
2.2. Nutrientes minerais de plantas	6
2.2.1. Nitrogênio.....	7
2.2.2. Fósforo	9
2.2.3. Potássio	10
2.2.4. Cálcio	11
2.2.5. Magnésio.....	12
2.2.6. Sódio.....	13
2.3. Eficiências nutricionais	15
2.4. Plantas e salinidade.....	19
2.5. Gramínea do gênero <i>Cynodon</i>	24
2.6. Produtividade em gramíneas	30
3. MATERIAL E MÉTODOS	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
4.1. Avaliação de sobrevivência de plantas submetidas aos ensaios preliminares contendo água resíduária de indústria farmoquímica.....	38
4.2. Características físico-químicas da água resíduária.....	39
4.3. Produção de matéria fresca pelas plantas.....	39

4.4. Produção de matéria seca.....	41
4.5. Avaliação nutricional da planta	43
4.5.1. Teor de nitrogênio	43
4.5.2. Teor de fósforo	45
4.5.3. Teor de potássio.....	47
4.5.4. Teor de cálcio.....	49
4.5.5. Teor de magnésio	50
4.5.6. Teor de sódio	52
4.6. Eficiências nutricionais	54
4.6.1. Eficiência de absorção	54
4.6.2. Eficiência de translocação	57
4.6.3. Eficiência de utilização	60
5. CONCLUSÕES.....	63
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Teores de nutrientes considerados adequados para algumas forrageiras	27
Quadro 2. Variação da composição mineral e idade das plantas, em diversas gramíneas.....	29
Quadro 3. Valores ideais de alguns elementos necessários para o crescimento e composição da maioria das plantas.....	30
Quadro 4. Composição físico-química da água residuária da indústria farmoquímica.....	35

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Produção de MF (g vaso^{-1}) de gramínea do gênero *Cynodon* submetida a diferentes tempos, dentro de diferentes porcentagens de diluições de água residuária..... 40**
- Figura 2. Produção de MF (g vaso^{-1}) de gramínea do gênero *Cynodon* submetida a diferentes porcentagens de diluições de água residuária, no intervalo de 28 dias..... 41**
- Figura 3. Produção de MS (g vaso^{-1}) da parte aérea (MSPA) e do sistema radicular (MSSR) submetidas a diferentes porcentagens de diluições de água residuária, no intervalo de 28 dias..... 43**
- Figura 4. Teores de N (mg kg^{-1}) da MSPA e da MSSR submetidos a porcentagens de diluições de água residuária. 45**
- Figura 5. Teores de P (mg kg^{-1}) na MSPA e na MSSR submetidos a porcentagens de diluições de água residuária. 47**
- Figura 6. Teores de K (mg kg^{-1}) na MSPA e na MSSR submetidos a porcentagens de diluições de água residuária. 48**
- Figura 7. Teores de Ca (mg kg^{-1}) na MSPA e na MSSR submetidos a porcentagens de diluições de água residuária. 50**
- Figura 8. Teores de Mg (mg kg^{-1}) na MSPA e na MSSR submetidos a porcentagens de diluições de água residuária. 51**
- Figura 9. Teores de Na (mg kg^{-1}) na MSPA e na MSSR submetidos a porcentagens de diluições de água residuária. 53**
- Figura 10. EA de N e K ($\text{mg nutriente}/\text{g}$ de matéria seca raízes) submetidas a diferentes diluições de água residuária..... 56**

Figura 11. EA de P, Ca, Mg e Na (mg nutriente)/ g de matéria seca de raízes submetidas a diferentes porcentagens de água residuária.....	56
Figura 12. ET de N, P e Mg (%) submetidas a diferentes porcentagens de diluições de água residuária.....	59
Figura 13. ET de K, Ca e Na (%) submetidas a diferentes porcentagens de diluições de água residuária.....	59
Figura 14. EU de N, K e Ca (matéria seca)²g/mg nutriente acumulado) submetidas a porcentagens de água residuária.....	61
Figura 15. EU de P, Mg e Na (matéria seca)²g/mg nutriente acumulado) submetidas a porcentagens de diluições de água residuária.....	62

RESUMO

GELLA, Teodora Lenia Bortolussi. Universidade Estadual de Maringá, junho de 2008.
Remoção de elementos químicos da água residuária de indústria farmoquímica utilizando a gramínea do gênero *Cynodon*. Professor Orientador: Altair Bertonha.

Este trabalho teve como objetivo analisar o efeito de água residuária de indústria farmoquímica na produção de biomassa, matéria seca, teor, conteúdo de minerais, e eficiências nutricionais de gramínea do gênero *Cynodon*. O ensaio foi conduzido em casa de vegetação, no Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá-PR. Para o presente estudo utilizou-se água residuária de indústria farmoquímica no cultivo de gramínea do gênero *Cynodon*. Os tratamentos consistiram de diferentes porcentagens de água residuária (25, 50, 75 e 100%) além do controle, contendo água destilada. O experimento teve duração de 28 dias. Avaliou-se a produção de biomassa, matéria seca, teores de minerais (N, P, K, Ca, Mg e Na) e eficiências nutricionais (eficiência de absorção, translocação e utilização). O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (D.B.C), em esquema fatorial 5 x 17, com 4 repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) a 5% de probabilidade. As variáveis quantitativas foram discriminadas pela análise de regressão. Os tratamentos apresentaram diferenças significativas ($P < 0,05$) entre si para os atributos morfométricos: biomomassa, matéria seca da parte aérea e do sistema radicular, teores nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e sódio e na avaliação das eficiências nutricionais (eficiência de absorção, translocação e utilização). Constatou-se que o aumento da porcentagem de água residuária na solução nutritiva afetou negativamente a expressão de biomassa, teor de minerais e eficiências nutricionais da gramínea do gênero *Cynodon*. O sódio prejudicou o desenvolvimento das plantas.

Palavras-chave: água residuária, gramínea do gênero *Cynodon*; produção de biomassa; teor de minerais; eficiências nutricionais.

ABSTRACT

GELLA, Teodora Lenia Bortolussi. State University of Maringá, June of 2008.
Removal of chemical elements from wastewater of pharminochemistry industry using the grass of the *Cynodon* genus. Adviser: Altair Bertonha.

The aim of this study was the evaluation of the effect of wastewater of pharminochemistry industry in the biomass production, dry matter content, mineral content and nutritional efficiency of the grasses of *Cynodon* genus. The experiment was conducted in green house, in the Department of Agronomy, State University of Maringá, PR. For this survey, wastewater of pharminochemistry industry was used in the growth of grasses of *Cynodon* genus. The treatments consisted of different wastewater percentages (25, 50, 75 and 100%) besides the control, containing distilled water. The experiment lasted 28 days. The biomass production, dry material, mineral contents (N, P, K, Ca, Mg and Na) and nutritional efficiency (uptake, translocation and use efficiency) were evaluated. The experimental layout was in randomized blocks (D.B.C), in factorial scheme 5 X 17, with four replicates. The data was submitted to the variance analysis (ANOVA) to 5% of probability. The quantity variables were detailed by the regression analysis. The treatments showed significant differences ($P < 0,05$) between them to morphometric attributes: biomass, dry material of the aerial part and root system, nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and sodium and in the evaluation of nutritional efficiency (uptake, translocation and use efficiency). It was noticed that the increase of wastewater percentage in nutritive solution negatively affected the biomass expression, mineral content and nutritional efficiency of grasses of *Cynodon* genus. Sodium damaged the plants' development.

Key-words: Wastewater; grasses of *Cynodon* genus; biomass production; mineral content; nutritional efficiencies.

1. INTRODUÇÃO

Os cursos e reservatórios de água são constantemente ameaçados por agentes poluentes, quer sejam de processos erosivos das terras cultivadas, quer sejam oriundos de esgotos urbanos e industriais (LIMA et al.; 2009).

Os resíduos líquidos agroindustriais provêm da utilização da água para fins industriais e adquirem características próprias, de acordo com o tipo de processo utilizado. De acordo com Braile & Cavalcanti (1979), cada indústria é um caso distinto e que, entre indústrias do mesmo tipo, existem despejos diferentes. Com isto, é necessário realizar estudos para a destinação correta de águas residuárias industriais.

As formas de reuso de efluentes industriais, conforme observam Paz et al. (2000), devem ser planejadas para contemplar os diferentes setores da produção, monitorando a qualidade e a quantidade dos recursos hídricos e melhorando os níveis de eficiência global. A utilização agrícola, racionalizada, destes resíduos tornou-se uma opção para reduzir a poluição das águas, reunindo um conjunto de vantagens para toda a sociedade e colaborando para a redução de impactos ambientais (MENEGUETTI, 2006) e pelo fato dessas águas residuárias conterem elementos úteis aos vegetais e/ou ao solo, além de água (FIORETO, 1994).

Muito tem sido pesquisado a respeito de plantas que possam atuar como atenuadores deste processo. Esta ação também pode ser denominada fitodepuração. Este processo faz com que enquanto as plantas se desenvolvem, há uma melhoria da qualidade da água. No entanto, isto é relevante tanto ao uso agrícola deste recurso natural, como na irrigação das culturas ou o fornecimento aos animais de criação, quanto ao abastecimento público de água a casas e indústrias (LIMA et al.; 2005).

Uma das alternativas de tratamento de águas poluídas é a utilização de plantas aquáticas. Este processo consiste na fitorremediação (SPERLING, 1996). A fitorremediação é uma técnica em que se utilizam plantas para

remover poluentes do ambiente ou transformá-los em formas menos perigosas para os seres vivos. O impacto ambiental e os custos de implementação são inferiores àqueles dos métodos físico-químicos (SALT et al.; 1998).

Há grande interesse em encontrar meios que possibilitem a descontaminação do meio ambiente. Uma das alternativas para a descontaminação ambiental é a fitorremediação, que além de utilizar vegetais e sua microbiota tem o propósito de remover, degradar ou isolar substâncias tóxicas do ambiente (RUBIO e SCHNEIDER, 2003).

A utilização de plantas aquáticas e sua microbiota para a remoção, degradação e isolamento de substâncias tóxicas do ambiente, é um método que pode ser eficiente e tem baixo custo de implantação. O uso de plantas aquáticas como “agente purificador” em hidroponia justifica-se pela sua intensa absorção de nutrientes e pelo seu rápido crescimento, como também por oferecer facilidades de sua retirada das lagoas e ainda pelas amplas possibilidades de aproveitamento da biomassa colhida (GRANATO, 1995).

Plantas aquáticas como o aguapé (*Eichornia crassipes* (Mart.) Solms.) possuem efeitos alelopáticos contra a alga verde *Chlamydomonas reinhardtii* (FERREIRA e AQUILA, 2000). Outra macrófita aquática que inibiu o crescimento de algas, através da alelopatia foi a *Pistia stratiotes* (GRECA et al.; 1999).

No entanto, plantas aquáticas além dos efeitos alelopáticos, permitem também a remoção de nitrogênio, fósforo, sólidos suspensos, carga orgânica e alcalinidade (GUERREIRO et al.; 1999; TRIPATHI e SHUKLA, 1991; MANFRINATO, 1991).

A *Eichornia crassipes* é uma planta aquática que se adéqua muito bem ao tratamento de efluentes, pois possui alta taxa de multiplicação e facilidade de adaptação em ambientes diversos, além de apresentar diferentes possibilidades de reutilização após o tratamento (GRANATO, 1995). De acordo com Bavaresco (1998) em geral, estas plantas são eficientes na remoção de metais pesados, nutrientes, algas, sólidos em suspensão, coliformes, cor, turbidez e demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Esta espécie apresenta

uma grande capacidade de crescimento vegetativo, portanto a remoção realizada por ela tende a ser em maiores quantidades.

A cultura hidropônica, de forma direta gera subprodutos alternativos para diversas finalidades e de grande utilidade para o homem, além de auxiliar na melhoria da qualidade geral do efluente, que indiretamente, devido à redução da carga lançada nos corpos d'água, em particular de nitrogênio e fósforo, auxilia na melhoria da qualidade de vida (POMPÊO, 1996).

Entre as vantagens de se produzirem forragem por hidroponia, está no fato de gerar grande volume de forragens em relação à silagem ou feno, isto acontece devido ao ciclo rápido das gramíneas para a produção contínua, e o desenvolvimento sob quaisquer condições climáticas e a alta produtividade por área (OLIVEIRA, 1998).

1.1. HIPÓTESE DE TRABALHO

Há efeito das diferentes porcentagens de diluições de água residuária de indústria farmoquímica, no teor e conteúdo de minerais, produção de biomassa, matéria seca e eficiências nutricionais, da gramínea do gênero *Cynodon*.

1.2. OBJETIVO

Avaliar o efeito da água residuária de indústria farmoquímica na produção de biomassa, matéria seca, teor, conteúdo de minerais, e eficiências nutricionais, de gramínea do gênero *Cynodon*.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Utilização de águas residuárias na agricultura

O uso de águas residuárias na agricultura tem demonstrado que a produção agrícola é maior, quando comparadas com águas de abastecimento, pois, utilizam-se além de água, fertilizantes (SOUZA et al., 2005).

Pescod (1992) e Ayers e Westcost (1991) afirmam que o reuso da água na irrigação é uma alternativa viável por várias razões: dentre elas, a possibilidade de serem aplicados em áreas onde a água é escassa; a agricultura irrigada requer grandes volumes de água, o que representa maior demanda de água, através disto significa maior demanda nas regiões secas; as plantas podem ser beneficiadas não somente pela água, mas também pelos materiais dissolvidos nela, como matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, potássio e demais efluentes.

Silva et al. (2008) relatam que os sistemas produtivos agropecuários industriais, além das atividades domésticas, dão origem a resíduos orgânicos que se manejados corretamente, podem ser fonte de nutrientes para a produção de alimentos proporcionando, desta forma, melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo e da sua capacidade de retenção de água.

Segundo Meli et al. (2002) as águas residuárias podem afetar a produtividade de culturas, reduzindo a necessidade de fertilizantes minerais. Proporcionando considerável suprimento de nitrogênio (N), tanto na forma orgânica, quanto mineral. Este fato é confirmado por Koura et al. (2002) que obtiveram resultados positivos com a irrigação de alface e batata com efluente de esgoto tratado em lagoas de estabilização, pois este resíduo supriu quase que totalmente as quantidades de N, P e K requerido pelas plantas.

Freitas et al. (2004) estudaram o efeito de águas residuárias de suinocultura sobre o milho e verificou que a aplicação das águas residuárias

aumentou significativamente os parâmetros biométricos da planta. No entanto, o peneiramento das águas e as diferentes lâminas aplicadas não afetaram os parâmetros de produção do milho para silagem.

Chateaubriand (1988) também trabalhando com milho verificou que a aplicação da água residuária de suinocultura por meio de sistema de irrigação por sulcos em terreno de baixada com solo de textura argilo-arenosa propiciou aumento na produtividade (40%), na altura de plantas (19%) e no peso de espigas (65%) quando comparadas à testemunha.

2.2. Nutrientes minerais de plantas

A absorção de nutrientes pelas plantas é influenciada pelos fatores externos e internos inerentes à própria planta. A interação entre íons é um assunto bastante estudado, por ser um fator importante no aproveitamento de fertilizantes pelas plantas (MALAVOLTA, 1980).

De acordo com Martin & Matocha (1973), a composição química de qualquer planta é o resultado da interação do suprimento de minerais e do crescimento da planta, sendo que todo fator que limite o crescimento, seja ele, luz, umidade, temperatura, ou algum nutriente, pode levar ao acúmulo de outros nutrientes na planta.

Malavolta (1980) destaca que as diferenças encontradas na resposta a nutrientes podem ser explicadas por mecanismos fisiológicos como: diferentes taxas de absorção e translocação e diferenças morfológicas no sistema radicular.

Reis et al. (2005) verificaram que a absorção de nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio e potássio, foram influenciados pelas doses de nitrogênio, havendo significância na interação entre os fatores para a absorção, somente para nitrogênio. A presença de nitrogênio se correlacionou inversamente com o ferro. Mas, favoreceu a concentração de zinco. O fósforo também influenciou positivamente na absorção de sódio e manganês. Quanto ao potássio,

correlacionou-se positivamente e significativamente, com o fósforo, sódio, magnésio, cálcio, manganês e zinco (BARRETO et al., 1995).

2.2.1. Nitrogênio

O nitrogênio (N) é um dos maiores fatores limitantes para o crescimento das plantas, mas estas apresentam vários mecanismos para a máxima eficiência de utilização do nutriente. Sistemas complexos de absorção, assimilação e mobilização evitam a perda do próprio nitrogênio assim como de energia. Estes sistemas complexos resultam em uma progressiva adaptação para as condições ambientais de baixo suprimento de N. Embora o nitrogênio molecular contribua com 78% na atmosfera, ele representa para as plantas uma situação de paradoxo, já que sua abundância na atmosfera não reflete em disponibilidade para as plantas, pois em contraste com outras moléculas diatômicas como o O₂, NO, e CO, ele não é quimicamente reativo em condições naturais, devido à grande estabilidade da molécula (BRAZ et al., 2008).

Prado (2006) relata que apesar da abundância, a forma N₂ presente no ar, não é diretamente aproveitável pelas plantas, uma vez que elas reconhecem o nitrogênio nas formas de amônio (NH₄⁺) ou nitrato (NO₃⁻), que são assimiláveis. Assim, para a nutrição das plantas, torna-se necessária à transformação do N₂ gasoso para as formas assimiláveis. Para isso, existem três processos que podem ser utilizados: fixação biológica, fixação industrial e fixação atmosférica. Dentre os processos, o que apresenta maior potencial de adição de nitrogênio ao solo e, também, maior taxa de benefício/custo é o processo da fixação biológica. Os principais sistemas fixadores são: livres e simbióticos.

Os sistemas livres podem ocorrer em cultivo de arroz inundado, por meio de algas azuis verdes (*Azolla*), sendo capaz de fixar cerca de 500 kg N ha⁻¹ e, também em gramíneas (arroz, pastagem, milho, sorgo e cana-de-

açúcar), estes fixadores livres (*Azotobacter* e *Beijerinckia*), podem fixar cerca de 30 kg de N. O sistema simbiótico, de maior interesse agrícola, é constituído pela associação específica entre bactérias do género *Rhizobium* e leguminosas que desenvolvem nódulos característicos. Assim, a fixação biológica de N₂ (FBN) é um processo significativo que, segundo estimativas, fornecem entre 139 e 170 milhões de toneladas de N por ano para a biosfera, valores superiores aos 65 milhões aplicados com fertilizantes (PRADO, 2006).

As formas de absorção do nitrogênio pelas plantas são: N₂, (fixação biológica); aminoácidos; uréia, NH₄⁺, e NO₃⁻ (predomina). Dentre as diferentes formas absorvidas pelas plantas, as mais importantes são nítrica (NO₃⁻) e amoniacal (NH₄⁺). Entretanto, a forma do nitrato é a que predomina durante o processo de absorção, por ser mais abundante na solução do solo, devido à alta atividade da microbiota do solo, em desenvolver o processo de nitrificação.

Bonato et al. (1998) relatam que a quantidade de nitrogênio utilizada pela planta para o crescimento ótimo vai depender da espécie, do estágio de desenvolvimento e do órgão, mas pode variar entre 2% a 5% do peso planta. Quando o suprimento está abaixo do ótimo, o crescimento é retardado e o nitrogênio é remobilizado das folhas mais velhas para as mais novas (regiões de crescimento). Enquanto o aumento do teor de nitrogênio nas plantas, não somente decresce a senescência e estimula o crescimento, mas também altera a morfologia da planta de maneira típica, principalmente se a disponibilidade do nitrogênio é alta no meio radicular durante o início do desenvolvimento. Como consequência do aumento do teor de nitrogênio tem-se: aumento na relação do peso e do comprimento da parte aérea/sistema radicular da planta (planta anual e perene). Isto afeta a absorção de nutrientes e água do solo entre outras.

As quantidades de N fixadas simbioticamente dependem das associações e das condições do meio. O número mais alto registrado é de 500 kg N ha⁻¹ e por ano em alfafa cultivada em clima temperado. O feijoeiro é pouco eficiente, enquanto que a soja, em medições feitas no Brasil, mostrou-se capaz de fixar 40-60% do N que necessita (MALAVOLTA et al., 1997).

Costa (1995) em estudos com forrageiras associadas à doses de N, observou que ocorreu incremento na produção da matéria seca, com alto potencial de produção, em decorrência da aplicação de nitrogênio.

Reis et al. (2005) verificaram que a absorção de N, P, Ca, Mg, e K pela cultura do arroz irrigado, foram influenciados pelas doses de N, havendo significância da interação entre os fatores para a absorção somente para o N. A presença do N correlacionou-se inversamente com o Fe. Mas, favoreceu a concentração de Zn. O P também influenciou positivamente a absorção de Na em Mn. Quanto ao K, correlacionou-se positiva e significativamente, com o P, Na, Mg, Ca, Mn e Zn (BARRETO et al., 1995).

2.2.2. Fósforo

Embora o fósforo seja pouco exigido pela planta, é um dos nutrientes mais utilizados na adubação dos solos brasileiros. A falta deste nutriente é o que mais restringe a produção agrícola no Brasil (BONATO, et al., 1998).

O fósforo é absorvido na planta através da solução do solo na forma de H_2PO_4^- ou HPO_4^{2-} . Entretanto, como no solo há predominância de H_2PO_4^- , esta será a forma utilizada no processo de absorção. Antes que ocorra a absorção propriamente dita do fósforo, é preciso ocorrer o contato deste nutriente com a raiz. Especificamente, para o fósforo este movimento do nutriente no solo é governado pelo fenômeno da difusão (movimento de íons a favor do gradiente de concentração), responsável por mais de 94% do contato P-raiz. Este movimento do P no solo, caracterizado por percorrer uma pequena distância, indicando a necessidade da aplicação localizada (próxima do sistema radicular da planta), favorece o processo de absorção. Além disso, o processo de difusão depende de água (PRADO, 2006).

De acordo Loughman (1978) 99% do transporte de P das raízes para a parte aérea de monocotiledôneas, principalmente cereais, envolve um processo metabólico que consiste em três etapas: (a) esterificação do P-

inorgânico logo que entra nas raízes; (b) utilização do P-orgânico no metabolismo das raízes; (c) hidrólise do P-orgânico e liberação do P-inorgânico à entrada do xilema. Segundo este mesmo autor, existe grandes variações entre as espécies de monocotiledôneas quanto a essa capacidade de transporte, mostrando-se as dicotiledôneas muito menos dependente da via metabólica para o transporte de P.

O fósforo tem sua absorção nas plantas favorecida pelo magnésio. É importante constituinte da estrutura molecular dos ácidos nucléicos, importantes no armazenamento (DNA) e na transferência da informação genética (RNA). Sua função está diretamente relacionada ao metabolismo energético da célula (BONATO et al., 1998).

Segundo Malavolta et al. (1997), o fósforo desempenha importante papel na estrutura e nos processos de transferência/armazenamento de energia e em outros, como na estrutura de ésteres de carboidratos, fosfolípídeos (absorção iônica), coenzimas (fotossíntese), ácidos nucléicos (sínteses protéica), nucleotídeos (multiplicação e divisão das células, na herança e na fixação do nitrogênio).

2.2.3. Potássio

O potássio é o mais abundante cátion no citoplasma (100 a 150 mM) e possui grande contribuição no potencial osmótico das células e tecido de plantas glicofíticas. O potássio na planta não é metabolizado e forma complexos prontamente trocáveis (BONATO et al., 1998).

Bonato et al. (1998) relatam ainda, que o potássio, em termos gerais, é o segundo em exigência pelas culturas, não sendo tão limitante no solo quanto o fósforo. Depois do fósforo, é o nutriente mais consumido pela agricultura brasileira.

O baixo suprimento de potássio fornecido às culturas favorece o acúmulo de nitrogênio amoniacal. Na parte aérea, o potássio liga-se a ácidos

orgânicos que é transportado para as raízes, onde será o íon acompanhante do NO_3^- . (SILVA et al., 1999).

A absorção do potássio é altamente seletiva e está intimamente acoplado a atividade metabólica. Este elemento no solo aparece na forma iônica (K^+), a qual é absorvida pelas raízes das plantas. Como o K é um íon monovalente, ao competir com elevadas concentrações de cátions divalentes como o Ca^{++} e o Mg^{++} , sofre inibição competitiva, ou seja, compete com desvantagem pelo mesmo sítio de absorção. No entanto, baixas concentrações de Ca contribuem para sua liberação (efeito sinérgico).

Existem muitos trabalhos enfatizando a interação entre os elementos (sinergismo e antagonismo), ou seja, quando o aumento das doses de um contribui positivamente ou negativamente na assimilação ou nos efeitos dos demais nutrientes. Estudo conduzido por Lahav (1995) citado por Silva et al. (1999) indicou que ao ser aumentado o suprimento de potássio houve crescimento nas taxas de absorção de potássio e fósforo e decréscimo na absorção do sódio, cálcio, magnésio e cobre. Barreto et al. (2001) estudaram plantas de mamão e puderam constatar que entre os macronutrientes, a absorção de potássio está fortemente associada à do fósforo.

2.2.4. Cálcio

O cálcio tem muitos efeitos no crescimento e desenvolvimento da planta: atrasa o amadurecimento, a senescência e a abscisão; melhora a qualidade dos frutos e das hortaliças, altera a resposta genotrópica, a fotossíntese e outros processos como a divisão celular, movimentos citoplasmáticos e aumento do volume celular. Várias desordens fisiológicas como o “buraco amargo” (*bitter pit*) da maçã, a podridão estilar ou fundo preto do tomate, o coração negro do tomate e o coração negro ôco da batata estão relacionados com o baixo teor de Ca nesses tecidos. O aumento no nível de cálcio em geral diminui a ocorrência ou gravidade dessas desordens. O Ca é

essencial para manter a integridade estrutural das membranas e das paredes celulares: quando há deficiência, as membranas começam a vazar, a compartimentalização celular é rompida e a ligação do Ca com pectina, da parede celular é afetada. O pectato de Ca da lamela média atua como cimento entre uma célula e outra, o qual é depositado durante citocinese (MALAVOLTA et al., 1997).

A exigência do cálcio varia grandemente nas diferentes espécies e pode variar de 10 até 200 kg ha⁻¹. As dicotiledôneas, de modo geral, são mais exigentes em cálcio do que nas monocotiledôneas. O conteúdo de Ca nas plantas varia entre 0,1% a 5% do peso seco dependendo das condições de crescimento (BONATO et al., 1998).

De acordo com Malavolta (1997), estímulos externos (luz, gravidade, mecânicos) e internos (hormônios) atuam sobre os mecanismos transportadores de cálcio modificando seu nível no citoplasma: o estímulo é uma mensagem que é conduzida pelo Ca como “segundo mensageiro”.

Bonato et al. (1998) relatam que a função do Ca como segundo mensageiro é baseado nas concentrações muito baixas de Ca livre no citossol (0,1 a 2,0 µM) e alta concentração em outros compartimentos. Sinais ambientais podem ativar os canais de Ca na membrana deste pool de cálcio e aumentar o influxo no citoplasma. Tal aumento na concentração de Ca livre no citoplasma é induzido por ácido abscísico (ABA), e ácido indol-3-acético (AIA), luz e infecção por patógenos e estresse mecânico (injúrias). Assim, o Ca pode modular a ativação de várias enzimas direta ou indiretamente.

2.2.5. Magnésio

A função do magnésio na planta está relacionada com a sua capacidade para interagir com ligantes nucleofílicos (ex. fosforil) através de ligações iônicas, e atuar como elemento de ligação e/ou formar complexo de diferente estabilidade. O magnésio forma um composto ternário com enzimas

na qual a ligação de cátions é necessária para estabelecer uma geometria precisa, entre enzima e substrato, como por exemplo, a ribulose 1,5 bifosfato (RuBP) carboxilase. Uma grande proporção do magnésio total está envolvida na regulação do pH celular e no balanço cátion-ânion, segundo (BONATO et al., 1998).

Nas folhas a principal função do magnésio é certamente como átomo central da molécula de clorofila (BONATO et al., 1998).

Entre as principais funções do magnésio nas plantas, destaca-se a sua participação na constituição da clorofila, na qual o Mg é o átomo central, corresponde a 2,7% do peso molecular e, também como ativador enzimático (PRADO, 2006).

As plantas absorvem magnésio como Mg^{2+} . Altas concentrações de Ca e, principalmente, de K^+ no meio, podem inibir competitivamente a absorção causando às vezes a deficiência. O fenômeno é mais comum em culturas como a bananeira, o cafeeiro e os citros, muito exigentes em potássio, o que leva ao emprego de fórmulas muito ricas em K_2O . Na planta, a relação K/Mg varia entre 7 a 10, se o teor absoluto de Mg for relativamente abaixo, o sintoma de carência magnésiana poderão aparecer se o quociente for da ordem de 15-20. Quando no solo, o Mg representa menos de 10% do total das bases trocáveis, a condição é mais favorável ao aparecimento da deficiência induzida pelo excesso de K (MALAVOLTA et al., 1997; PRADO, 2006).

2.2.6. Sódio

O sódio não é conhecido por ser exigido por plantas verdes. Entretanto, certas halófitas, plantas nativas de solos salinos, crescem melhor com um grande suprimento de NaCl. Como exemplo pode-se citar a *Halogeton glomeratus*, uma planta daninha venenosa que se disseminou por milhares de hectares de pastagens no oeste dos Estados Unidos (EPSTEIN & BLOOM, 2006).

De acordo com Pimentel (1998), plantas halófitas são aquelas que necessitam da presença de sais para expressar o seu máximo crescimento e produtividade. Sem estes, a sua atividade fotossintética e crescimento são reduzidos, enquanto plantas glicófitas, que não precisam de sais, podem ser tolerantes à salinidade, porém só expressarão seu máximo crescimento e produtividade na ausência destes sais. *Atriplex halimus*, uma halófito verdadeira apresenta maior taxa fotossintética com adição de NaCl, mantendo-a durante o abaixamento do potencial hídrico de folha, causado por estresse hídrico, até um valor inferior aos da plantas sem NaCl.

A literatura mundial considera dezessete elementos químicos como nutrientes essenciais as plantas superiores e, segundo esta classificação, o elemento sódio não se enquadra como nutriente essencial. Epstein & Bloom (2006) afirmam que certas plantas exigem elementos adicionais; outras sob algumas condições, podem não exigir um ou mais elementos; outras, ainda, em um grau de maior ou menor, podem substituir certos elementos pelos elementos considerados essenciais.

Brownell (1979) reportado por Epstein & Bloom (2006) afirma que para plantas com vias C4 (plantas com capacidade de armazenar mais carbono de forma intermediária (no ácido 4) e metabolismo ácido das crassuláceas (CAM) de fixação de carbono, o sódio é considerado um micronutriente que é essencial para a regeneração do fosfoenolpiruvato, o substrato da primeira carboxilação nessas vias. Sob deficiências de sódio, essas plantas exibem clorose (amarelamento do tecido verde) e necrose (tecido morto), ou falham em formar flores.

De acordo com Bonato et al. (1998), existe uma correlação entre as quantidades absorvidas dos micronutrientes. Verificou-se que o sódio é inversamente correlacionado com o ferro e positivamente com o magnésio, manganês e zinco. Este último influenciou, positivamente, a absorção de sódio, cálcio e manganês. Os sintomas de deficiências de zinco podem ser observados pelo encurtamento dos internódios (roseta) e um decréscimo rápido no tamanho das folhas, queda na fotossíntese e clorose nas folhas. Geralmente, a parte aérea é mais afetada que o sistema radicular. A concentração de sódio no floema está relacionada à concentração externa,

pois os sais são levados até as folhas por um fluxo de massa junto com a água pelo xilema.

2.3. Eficiências nutricionais

A agricultura moderna exige a máxima produção econômica. No entanto, para isto deve respeito ao meio ambiente. Nesse contexto, o produtor brasileiro tem um grande desafio, frente à baixa fertilidade dos solos tropicais e alto valor dos fertilizantes. Uma saída racional para a exploração agrícola em bases sustentáveis seria “adaptar a planta ao solo” a partir do uso de culturas/cultivares que sejam eficientes no processo de formação de colheita “fazendo mais com menos”. Nas últimas décadas, especialmente na década de 1990, a produção agrícola tem aumentado, entretanto, a aplicação de fertilizantes diminuiu isto poderia ser explicado pela maior eficiência de uso dos nutrientes pelas culturas (EPSTEIN & BLOOM, 2006).

Portanto, para que a planta apresente alta eficiência de uso dos nutrientes, é necessário otimizar diversos processos fisiológicos e bioquímicos para a formação da colheita. Neste sentido, os possíveis mecanismos de controle das necessidades nutricionais das plantas abrangem a aquisição dos nutrientes do ambiente (solo ou solução nutritiva), sua movimentação por meio das raízes e liberação no xilema, sua distribuição nos órgãos e utilização no metabolismo e crescimento (MARSCHNER, 1986).

Prado (2006) retrata que diante dessas exigências, é possível existir uma cultura com a mesma exigência nutricional; entretanto, agronomicamente mais eficiente. Esta é a tendência atual da agricultura.

Assim, surgiu o termo eficiência de uso de nutrientes. Segundo Fageria (1998), em geral, a eficiência pode expressar a relação entre produção obtida e insumos aplicados. Isto significa que a eficiência nutricional é a quantidade de matéria seca ou grãos produzidos por unidade de nutriente aplicado. Entretanto, na literatura a eficiência nutricional é definida de várias maneiras.

De acordo com Graham (1984), a eficiência nutricional pode ser definida como a produção relativa de um genótipo em solo deficiente em comparação com sua produção no nível ótimo de nutrientes.

Cooke (1987) define a eficiência nutricional como o aumento de produtividade por unidade de nutriente aplicado. Já Israel & Ruffy Júnior (1988) a eficiência nutricional é a relação entre a biomassa total e a quantidade de nutriente absorvido. Maranville et al. (1980); Siddiqi & Glass (1981); Graswell & Godwin (1984) e Fageria (1992) relatam que a eficiência nutricional pode ser expressa e calculada de cinco maneiras diferentes: eficiência agrônômica, fisiológica, eficiência na produção de grãos e eficiência de utilização.

Prado (2006) salienta que existem outras variáveis: a) eficiência de absorção, b) eficiência de translocação, c) eficiência de utilização (coeficiente de utilização biológica), estas são mais utilizadas em experimentação com vasos, visto que a maior facilidade em trabalhar com sistema radicular das plantas, comparado as condições de campo. Esta linha de pesquisa na nutrição de plantas torna-se muito importante, visto que o uso adequado de nutrientes é fundamental para aumentar ou sustentar a produção agrícola.

Ainda segundo Prado (2006), com a experimentação de campo, surgiram outros índices nutricionais semelhantes, mas com a preocupação de indicar eficiências nutricionais que leve em conta a matéria seca da parte comercial (grãos), são elas: (d) eficiência agrônômica, (e) eficiência fisiológica, (f) eficiência agrofisiológica, (g) eficiência de recuperação e (h) eficiência de utilização.

Para Swiader et al. (1994), a eficiência de absorção é definida como conteúdo total do nutriente na (planta)/(matéria seca das raízes). Este índice determina a capacidade de “extração” da planta de nutrientes do meio de cultivo (solo). Salienta-se, que os mecanismos desenvolvidos nas plantas para alta eficiência de absorção diferem entre as espécies. Algumas produzem extensivo sistema radicular e outras têm alta taxa de absorção por unidade de comprimento radicular, ou seja, alto influxo de nutrientes (FÖHSE et al., 1988).

Já a eficiência de translocação é definida como: ((conteúdo do nutriente na parte aérea)/(conteúdo total do nutriente na planta)) x 100 (LI et al.,

1991). Este índice indica a capacidade da planta de transportar os nutrientes da raiz para a parte aérea. Samonte et al. (2006), observam correlação entre o índice de translocação de N e o teor de proteína em grãos de arroz.

Enquanto a eficiência de utilização (coeficiente de utilização biológica) é definida como: $(\text{matéria seca total produzida})^2 / (\text{conteúdo total do nutriente na planta})$, segundo Siddiqi & Glass (1981). Este índice indica a capacidade da planta em converter o nutriente absorvido em matéria seca total. Segundo Gerloff & Gabelman (1983), a capacidade de uma planta redistribuir e reutilizar os minerais de um órgão mais velho e senescente caracteriza-se eficiência de uso no metabolismo do processo de crescimento.

O cultivo de plantas em vasos, utilizando-se de solução nutritiva, é uma ferramenta muito útil nos estudos de nutrição mineral e na busca de soluções e genótipos mais eficientes (FAGERIA, 1998).

Vários fatores afetam a eficiência nutricional, desta forma, afetam a produtividade das culturas. Estes fatores são ligados às condições ambientais como o clima, temperatura, radiação solar, precipitação, pH do solo, teor de matéria orgânica, toxidez de alumínio, deficiência de fósforo, deficiência de cálcio e magnésio, salinidade, a planta, variabilidade genética, crescimento do sistema radicular, fixação biológica de nitrogênio, micorrizas, alelopatia, doenças, pragas e plantas daninhas.

Tomaz et al. (2003), estudaram as eficiências nutricionais utilizando soluções nutritivas com genótipos de café, (*Coffea arabica* e *Coffea canephora*) encontraram aumento na eficiência de absorção de cálcio em apenas 1 variedade e associaram este fato a redução na produção de matéria seca de raízes, resultando em maior taxa de absorção de Ca por unidade de massa radicular.

Nas 16 combinações de genótipos de café cultivados em solução nutritiva Tomaz et al. (2003) verificaram que apenas uma combinação proporcionou aumento de 66% na eficiência de utilização do Ca (EU Ca) em relação a testemunha, enquanto as outras combinações apresentaram redução significativa variando entre 33 a 60% (TOMAZ et al., 2003)

Behling et al. (1989), trabalhando com mudas de tomateiros, verificaram que a alta eficiência de Ca de uma linhagem de tomateiro foi devida à sua habilidade em manter alta proporção do Ca total na forma solúvel e manter o crescimento e metabolismo em todas as partes da planta, mesmo sob baixa concentração de Ca em seus tecidos. Por sua vez, a baixa eficiência da outra linhagem de tomateiro foi associada com altas concentrações de Ca insolúvel nos tecidos da parte aérea das plantas.

Ainda sobre a eficiência de utilização de cálcio, Caines & Shennan (1999) salientam que a relação entre o uso eficiente de Ca e o crescimento de planta é muito complexa e pode envolver vários controles fisiológicos, como a capacidade de retranslocação interna de Ca compartimentalizada em membranas e órgãos celulares de armazenamento (retículo endoplasmático, cloroplastos e vacúolo).

Caines & Shennan (1999) afirmam que variedades de plantas com conhecida diferença genotípica na eficiência de uso e redistribuição de Ca podem representar uma alternativa em áreas agrícolas deficientes nesse nutriente.

Quanto à eficiência de absorção do magnésio (EA Mg), Tomaz et al. (2003) observaram decréscimos em vários tratamentos utilizados, o mesmo comportamento foi observado com o elemento Mg. Este mesmo autor relata que as plantas desenvolvem mecanismos para a alta eficiência de absorção, estas são diferentes entre as espécies. Já, a eficiência de translocação, verificou que o elemento Ca apresentou ausência de reposição em todas as combinações de enxertia, e afirmam que este fato está associado à baixa mobilidade deste nutriente no floema, comprometendo-se desta forma a sua redistribuição na planta.

Em relação à eficiência de translocação do magnésio somente uma combinação de genótipos de café apresentaram redução, enquanto as outras combinações não apresentaram aumento ou redução da ET Mg em relação a testemunha (TOMAZ, et al., 2003). Estes pesquisadores salientam que a redução da ET Mg em relação ao controle pode estar associada ao aumento da EU Mg.

Tomaz et al. (2003) observaram aumento da eficiência de uso de Mg (EU Mg) de 101 e 72%, respectivamente, para uma combinação de genótipos de café em relação a testemunha. No entanto, para as outras combinações de porta-enxertia de café proporcionaram decréscimos significativos de EU Mg que variaram de 45 a 51%.

Martins et al. (1981) ao trabalharem com híbridos de sorgo, observaram que plantas mais eficientes a utilização de Mg mostraram-se mais produtivas.

Pesquisas com sorgo (FURLANI et al., 1984, 1987) e soja (ISRAEL & RUFTY JR., 1988), comprovaram que plantas selecionadas com maior eficiência na absorção e utilização de P, representaram diferenças significativas na sua partição.

Ainda segundo Furlani et al., (1984, 1987) linhagens de sorgo mais eficientes mostraram maior proporção de P nas folhas superiores em relação às inferiores (embora os conteúdos não apresentassem diferenças) e, conseqüentemente, maiores relações de eficiência e produção de massa seca.

Na soja constatou-se que o aumento na eficiência de utilização de P e N esteve associado ao aumento da produção de matéria seca e do conteúdo de P e N na parte aérea, em relação às raízes (ISRAEL & RUFTY JR., 1988).

2.4. Plantas e salinidade

A salinização é um dos principais fatores que afetam milhões de hectares de terra ao redor do mundo, frente ao desmatamento, ao uso intensivo para a agricultura e à irrigação excessiva (SILVA JÚNIOR et al., 2002).

Segundo Oliveira et al. (2006), o acúmulo de sais solúveis no solo tem limitado a produção agrícola, em regiões áridas e semi-áridas do mundo.

De acordo com Silva et al. (2008), a produção de plantas tolerantes a salinidade é uma alternativa à exploração dos solos afetados por sais na tentativa de aumentar a produtividade vegetal nestes ambientes. Contudo, os resultados apresentados até o momento não atende a expectativa criada (ZHU, 2002). Isto ocorre, devido a falta de modelos genéticos seguros, entre as espécies cultivadas, com diferentes estratégias de resposta à salinidade, o que facilitaria a identificação e caracterização fisiológica e bioquímica dos mecanismos de tolerâncias à salinidade (SILVA et al., 2008). Na maioria das plantas cultivadas, a tolerância à salinidade está relacionada com a redução na absorção e acúmulo de Na^+ e Cl^- (NOBLE & ROGERS, 1992), assim como pelo acúmulo de solutos orgânicos que auxilia na proteção das estruturas e funções celulares, além de servir como reserva de energia metabólica (NOLTE et al., 1997; ZHU, 2002).

Pimentel (1998) relata que a salinidade afeta a cultura de diversas maneiras: pelo abaixamento do potencial osmótico do solo, que diminui a disponibilidade de água para a planta; pela deteriorização da estrutura física do solo, com a substituição do Ca^{+2} pelo Na^{+2} ; pela toxidez causada pelo íon, e pela inibição dos processos biológicos de minerais e nitrificação no solo. O autor ainda afirma que a salinização do solo ocorre em geral pela falta de avaliação da qualidade da água de irrigação. Em regiões de alta evaporação, há um acúmulo de sais nos mananciais de água e conseqüente aumento da concentração destes, fazendo com que essa água tenha alta condutividade elétrica.

Segundo Richards (1954), o índice que expressa a salinidade é a condutividade elétrica. A condutividade elétrica do solo é determinada através da saturação de uma amostra de solo com água destilada e posterior filtragem a vácuo. Ao volume de líquido filtrado denomina-se extrato de saturação e a condutividade elétrica é chamada de condutividade elétrica do extrato de saturação.

Yahya (1998) tem destacado que a redução e/ou inibição do crescimento das plantas pela salinidade tem sido atribuída ao efeito osmótico.

Tanto o estresse salino, quanto a falta de água são similares, ambas causam a paralisação do crescimento vegetal, isto se deve a queda no potencial hídrico do solo, diminuindo o crescimento da planta. No estresse salino, além do efeito sobre o status hídrico da planta, há um efeito tóxico devido aos altos níveis de Na^{+1} (os principais sais encontrados são NaCl e Na_2SO_4), causando distúrbios no metabolismo do Ca^{+2} , na integridade da membrana e nos processos de fosforilação. Da mesma forma, os mecanismos da adaptação das plantas ao estresse salino são semelhantes aos da falta de água (que ocorre no estresse salino, mesmo no solo com conteúdo hídrico alto), sendo o principal deles o ajustamento osmótico que permitirá a extração de água do solo, esse mecanismo é obrigatório para vegetais marinhos (PIMENTEL, 1998).

Para Munns (1993), o efeito mais comum da salinidade é sobre o crescimento, devido à redução da área foliar que afeta a assimilação de carbono pela planta que, por sua vez, conduz a uma menor taxa fotossintética. Os aspectos de tolerância à salinidade estão, em geral, associados às características morfológicas das plantas, estas poderiam ser chamadas de mecanismos de evitamento (PIMENTEL, 1998).

Existe uma variabilidade na tolerância à salinidade (plantas tolerantes, moderadamente tolerantes, moderadamente sensíveis, e sensíveis), certas plantas são muitas vezes consideradas, erroneamente, halófitas. Nestas espécies a adição de NaCl causa redução da produtividade. O coqueiro tem alta demanda por Cl^- , que deve ser adicionado na forma de KCl . Em função dessa variabilidade de tolerância a salinidade, em regiões com alta evapotranspiração, com mananciais de água pouco própria para a irrigação, assim como na exploração agrícola de áreas salinizadas pelo homem, esta deve ser feita com espécies que sejam mais tolerantes à salinidade (PIMENTEL, 1998).

Silva Junior et al. (2002) estudaram o efeito da aplicação da água salina e comportamento fisiológico do coqueiro. Constataram que o período de déficit hídrico e o acúmulo de sais no solo, confirmam o acúmulo de íons Na^+ e Cl^- nas folhas. Este acúmulo acarretou sérias restrições ao crescimento das

plantas, principalmente nos tratamentos que receberam água salina, causando, inclusive morte de plantas.

Segundo (YAHYA, 1998; FERREIRA, et al., 2001) relatam que o estresse salino provoca a redução do crescimento das plantas em razão dos desequilíbrios nutricionais na absorção e transporte de nutrientes. Os sintomas de fitotoxidez por Na nas espécies cultivadas, também são atribuídos ao desbalanço nutricional (KUIPER et al., 1990; LIMA, 1997; SERRANO, 1994; GAXIOLA, 1994; YEO, 1998; ZHU, 2001) citados por Vicente et al. (2004) afirmam que o Na também afeta a nutrição mineral, interferindo na absorção de cátions essenciais, especialmente K e Ca. Bonato (1998) relata que na ausência do Ca, o K e o Na podem ocupar os sítios de ligações.

O efeito salino nas plantas está relacionado com verde escuro das folhas que, em alguns casos, são espessas e mais suculentas que o normal (KOTUBY-AMACHER et al., 2000). Estes autores ainda relatam que o cultivo de algumas espécies lenhosas, em solos altamente salinos, pode conduzir à queima e a desfolha das folhas.

Munns (1993) relata que a maioria das espécies tem a parte aérea sensível à salinidade em relação ao sistema radicular, em função dos desequilíbrios entre os cátions, em consequência das complexas interações no sistema de transporte. Segundo Fernande et al. (2003), constataram que o sistema radicular da pupunheira foi a parte da planta mais afetada pela salinidade, diferentemente do que ocorre na maioria das espécies. No caso da pupunheira, a relação raiz/parte aérea aumentou em relação ao tratamento na testemunha e na dose de 5mMol L^{-1} de NaCl. Estas diferenças de crescimento nas partes da planta sob diferentes níveis de salinidade podem estar relacionadas a adaptação ao novo ambiente. Aumentos da relação raiz/parte aérea em resposta à salinidade foram também verificadas por Yang et al. (1990) em *Sorghum bicolor Moench.* e *S. halepense (L.) Pers.*

Silva et al. (2008) estudaram as respostas fisiológicas do *Sorghum bicolor* ao estresse salino, em solução nutritiva de Clarck constaram que nos dois genótipos, um considerado sensível (CSF18) e outro tolerante (CSF20) ao Na. A salinidade inibiu o crescimento das plantas, sendo mais drástico no

genótipo (CSF18), no qual a redução média na área foliar e na produção de matéria seca chegou a 97,6 e 95% respectivamente. O potencial hídrico foi outro parâmetro também afetado negativamente pela salinidade, de maneira que o genótipo CSF18 o percentual de redução chegou a 125%, enquanto no genótipo CSF20 esta redução foi de 54,2%.

No entanto, o decréscimo no crescimento das plantas, está relacionado com o acúmulo dos íons Na^+ e Cl^- e redução do K^+ alterando desfavoravelmente a relação Na/K (SILVA et al., 2002). Este acúmulo dos íons Na^+ e Cl^- e a síntese de solutos orgânicos, como aminoácidos, carboidratos e proteínas solúveis, é uma das respostas observada nas plantas submetida ao estresse, podendo ser um indicativo de ajustamento osmótico (YANG et al., 1990).

O aumento na concentração de compostos orgânicos solúveis no citoplasma de plantas cultivadas e submetidas a estresse salino, tem sido considerado como um mecanismo utilizado pelas plantas para balancear os potenciais osmóticos entre o citoplasma e o vacúolo, e evitar danos aos sistemas enzimáticos (MUNNS, 2002).

Oliveira et al. (2006) estudaram os solutos orgânicos em genótipos de sorgo forrageiro sob estresse salino, verificando que embora os genótipos testados não tenham apresentado diferenças significativas no acúmulo de carboidratos solúveis, o aumento da salinidade do solo resultou em acúmulo de carboidratos solúveis nas folhas de sorgo forrageiro. O aumento nos teores de carboidratos solúveis, observados nos valores de CE de 10 e 16 dS m^{-1} , de 20,2% e 21,3%, respectivamente, são indicativos da ocorrência de osmorregulação nessas plantas.

Blanco (1999) trabalhando com tolerância do pepino enxertado à salinidade em ambiente protegido, verificou que teores de macro e micronutrientes e sódio nos frutos tendem a aumentar com o aumento da salinidade da água de irrigação e a reduzir com o aumento da lâmina relativa de irrigação, exceto para N e Na, enquanto os teores de micronutrientes não apresentaram uma tendência definida.

Costa et al. (2003) analisaram o crescimento e níveis de solutos orgânicos e inorgânicos em cultivares de *Vigna unguiculata* (feijão-de-corda) submetidos à salinidade, em sistema hidropônico. Verificaram que houve redução significativa da matéria seca das raízes das plantas e área foliar. Observou-se aumento nos teores de íons inorgânicos (Na^+ , Cl^- e K^+), que possivelmente causaram toxidez (MUNNS, 2002).

2.5. Gramínea do gênero *Cynodon*

As *Cynodon* pertencem ao domínio *Eukaryota*; reino *Plantae*; superdivisão *Spermatophyta*; divisão *Magnoliophyta*; classe *Liliopsida*; subclasse *Commelinidae*; ordem *Poales* e família *Poaceae* e subfamília *Chloridoideae*.

As gramíneas (*Poaceae*) são de particular interesse ao homem, por incluir espécies importantes na alimentação humana como *Triticum aestivum* L. (trigo), *Zea mays* L. (milho), *Oryza sativa* L. (arroz) e *Saccharum officinarum* L. (cana-de-açúcar). Incluem também espécies forrageiras, como *Urochloa decumbens* (Spapf) Webster (braquiária) e *Panicum maximum* Jacq. (capim-colonião), fontes principais de alimentação para o gado. Além disso, diversos membros da família são dominantes ecológicos, cobrindo cerca de 20% da superfície terrestre (KELLOGG, 2001).

O sucesso ecológico das *Poaceae* reflete-se na ampla distribuição da família, nos mais diversos tipos de habitats, incluindo a região da Antártida (KELLOGG, 1998). Tal sucesso deve-se, principalmente, à diversidade genética da família, que resultou em adaptações morfo-fisiológicas e ambientes diversificados. Dentre essas adaptações, destacam-se o surgimento da tolerância à dessecação e a capacidade de se desenvolver em ambientes abertos e secos, uma vez que as primeiras gramíneas eram plantas de bordas de florestas e áreas bastante sombreadas (KELLOGG, 2001).

Esta ampla distribuição das gramíneas pelos diversos habitats se justifica pelo fato destas plantas serem providas da via fotossintética C₄, ou ciclo de Hatch-Slack-Korschak. Das 7500 espécies de plantas superiores que apresentam esse tipo de fotossíntese, destas 4500 são gramíneas. Uma síntese do conhecimento sobre a biologia de plantas C₄ foi publicada recentemente por Sage (2004), sendo apresentada uma visão clara sobre a evolução do padrão C₄ em plantas superiores. O metabolismo fotossintético C₄ consiste de uma série de modificações anatômicas e bioquímicas que concentram o CO₂ nos locais de ação da ribulose 1,5 bisfosfato carboxilase/oxigenase (RUBISCO). Esta enzima é suprimida nas células do mesofólio, de forma que o CO₂ liga-se primariamente ao fosfoenolpiruvato (PEP) pela ação da fosfoenolpiruvato carboxilase (PEPc), formando o ácido oxaloacético é então reduzido a malato (ou aspartato, em algumas espécies) que atua como substância transportadora de CO₂, sendo transferido por difusão até as células da bainha vascular. Nos cloroplastos destas células, o malato ou o aspartato são processados cataliticamente por enzimas específicas e transformados em CO₂ e piruvato. Esse mecanismo resulta na concentração de CO₂ no interior das células da bainha, sendo este liberado e interceptado pela RUBISCO e então reduzido na via das pentoses-fosfato. Existem três subtipos da via C₄ de acordo com a enzima responsável pela descarboxilação do ácido C₄ nas células da bainha: NADP⁺-ME (nicotinamida-adenina-dinucleotídeo-fosfato, enzima málica), NAD⁺-ME (nicotinamida-adenina-dinucleotídeo, enzima málica), e PEP-ck, no qual a enzima é a PEP carboxiquinase (CHAPMAN, 1996).

As plantas C₄ e principalmente as CAM utilizam menos nitrogênio para a síntese de suas enzimas de carboxilação do que as C₃ e são, por isso, menos dependentes de alta disponibilidade desse elemento para produzir matéria seca (MARSCHNER, 1995).

Segundo Medina et al., (1999) entre as subfamílias de *Poaceae*, a distribuição da via fotossintética varia: *Pooideae* e *Bambusoideae* são exclusivamente do tipo C₃; *Arundionoideae* é predominantemente C₃, (embora o gênero *Aristida* seja C₄) e *Chloridoideae* e *Panicoideae* são

predominantemente C4. Dentre as *Panicoideae*, as espécies C3 encontradas são associadas a ambientes úmidos e alagados.

As gramíneas (*Poaceae*) por apresentarem maior eficiência fotossintética como plantas C₄ tornam-se plantas de grande interesse econômico, pois são produtoras primárias de fitomassa e servem de alimentação para herbívoros, que é o caso das forrageiras, além de serem fontes amiláceas, como no caso dos cereais, que constituem a base para alimentação de muitos povos. Outro aspecto que merece destaque é a presença de bactérias fixadoras de nitrogênio na rizosfera de gramíneas tropicais e de outras culturas alimentícias mundiais como o milho, arroz, além de espécies forrageiras (SOUZA, et al., 2005).

Athayde et al. (2008), relatam que o Brasil apresenta um grande potencial para utilização de forrageiras do gênero *Cynodon*, por ser um país de clima predominantemente tropical. Entretanto, a quantidade e qualidade de informações disponíveis sobre o comportamento produtivo e o manejo desse gênero, em condições de clima e solo brasileiras, ainda são insuficientes. Em decorrência dessa situação, verifica-se, em muitas propriedades rurais, o estabelecimento de gramíneas desse gênero em solos de baixa fertilidade, não ocorridos e ou ausência de reposição regular de nutrientes. Logo cedo, verificou-se o início dos processos de esgotamento e degradação, caracterizando-se, assim, a baixa produtividade e a necessidade frequente de reforma das pastagens.

As gramíneas do gênero *Cynodon*, segundo Burton & Hanna (1995) e Pedreira et al. (1998) reportados por Athayde et al. (2008), pertencem a diversas cultivares no Brasil: *Coastcross*, Estrela Africana e novas cultivares como *Florico*, *Florona*, *Florakirk*, *Jiggs*, *Russel*, *Cheyene*, *Tifton 68*, *Thifton 78* e *Tifton 85*, de introdução recente no Brasil, apesar de não haver registros oficiais de suas entradas. Esta última vem recebendo um maior destaque, possivelmente em função da grande repercussão obtida em seu país de origem.

As gramíneas do gênero *Cynodon* são consideradas capazes de proporcionar elevadas quantidades de forragem de alta qualidade e de

resistirem aos fatores adversos do clima tropical e subtropical. (BURTON, 1951).

Existem na literatura várias informações sobre o teor e a composição mineral de plantas. Apresentam-se, nos Quadros 1 a 3, algumas relações na composição mineral, tanto para algumas forrageiras como para plantas no geral.

Verifica-se que dentro o próprio gênero *Cynodon*, há diferenças quanto aos teores minerais considerados adequados a estas espécies forrageiras (Quadro 1) .

Fazendo uma análise exploratória dos (Quadros 1 e 3) constata-se que é possível comparar também as quantidades consideradas ideais para teores de nutrientes minerais em forrageiras e a composição considerada adequado para a maioria das plantas.

Quadro 1. Teores de nutrientes considerados adequados para algumas forrageiras

Elemento	Colonião	<i>Napier</i>	<i>Tifton</i>	<i>Coast-cross</i>	<i>B. brizantha</i>	<i>B. decumbens</i>
	----- g kg ⁻¹ -----					
N	15-25	15-25	20-26	15-25	13-20	12-20
P	1-3	1-3	1,5-3	1,5-3	0,8-3	0,8-3
K	15-30	15-30	15-30	15-30	12-30	12-25
Ca	3-8	3-8	3-8	3-8	3-6	2-6
MG	1,5-5	1,5-4	1,5-4	2-4	1,5-4	1,5-4

Fonte: Raij et al. (1996).

É importante considerar que a composição mineral das forrageiras também varia com a idade da planta, não existindo, porém, regra para tal variação.

De acordo com os dados apresentados (Quadro 2) constata-se que ocorre decréscimo de N, P e K com o avanço da idade da planta. No entanto, os teores de Ca e Mg não apresentam variação consistente.

Fleming; Liem; Primavesi (1986) reportados por Malavolta analisando 15 leguminosas observaram diminuição dos teores de N, P e K com a aproximação da maturidade da planta e o oposto para B e Zn, enquanto no Ca não teve variação consistente.

Quadro 2. Variação da composição mineral e idade das plantas, em diversas gramíneas

Gramínea	Idade (dias)	Composição da matéria seca				
		N	P	K	Ca	Mg
		-----g k ⁻¹ -----				
	14	29,6	1,8	22,4	4,1	2,8
Capim-colonião	28	24	1,4	23,8	3,4	2,3
(<i>Panicum maximum</i>)	42	18,1	1,3	28,0	3,4	2,0
	56	15,5	1,0	26,4	3,4	1,7
C. colonião	70	12,6	0,8	25,3	3,1	1,4
Capim-gordura	14	28,8	2,0	23,0	2,8	2,5
(<i>Melinis minutiflora</i>)	28	25,4	1,8	23,0	2,7	2,5
Capim-gordura	42	21,8	1,8	22,0	2,7	2,5
(<i>Melinis minutiflora</i>)	56	14,7	0,6	20,0	2,0	2,0
	70	13,4	0,5	17,0	2,0	1,8
Capim-elefante	28	-	3,3	23,8	6,1	4,2
(<i>Pennisetum purpureum</i>)	84	-	1,5	12,0	3,8	2,8
	140	-	1,2	3,7	6,6	3,9
Capim-pangola	28	-	1,6	13,2	5,6	3,9
(<i>Digitaria decumbens</i>)	84	-	1,1	7,4	5,0	3,8
	140	-	1,2	3,7	6,6	3,9
Capim-jaraguá	28	-	2,8	16,8	4,0	4,6
(<i>Hyparrhenia nifa</i>)	56	-	1,7	6,3	2,0	3,6
	84	-	1,1	5,7	2,3	5,8

Fonte: Gomide (1976)

Segundo Pintro (2004), as plantas necessitam de uma faixa determinada para o crescimento e composição ideal (Quadro 3).

Quadro 3. Valores ideais de alguns elementos necessários para o crescimento e composição da maioria das plantas.

ELEMENTOS	RESULTADOS
Nitrogênio	2-5% (20-50 g kg ⁻¹) do peso seco
Fósforo	0,3-0,5% (3-5 g kg ⁻¹) do peso seco
Magnésio	0,15-0,35% (1,5-3,5 g kg ⁻¹) do peso seco
Cálcio	0,1-0,5% (1-5 g kg ⁻¹) do peso seco
Potássio	2-5% (20-50 g kg ⁻¹) do peso seco
Ferro	50-150 (mg kg ⁻¹) do peso seco
Manganês	10-20 (mg kg ⁻¹) do peso seco
Cobre	6-19 (mg kg ⁻¹) do peso seco
Zinco	100 (mg kg ⁻¹) do peso seco

FONTE: Pintro (2004)

2.6. Produtividade em gramíneas

Segundo a classificação proposta por Rajj et al. (1996) os teores considerados adequados para algumas forrageiras como a *Brachiaria Cynodon* (*Coast-cross*) estão entre os níveis de 1,5 – 3 g k⁻¹ de matéria seca e de 0,8 – 3,0 g k⁻¹ de matéria seca na *Brachiaria Brizantha* (Quadro 1).

Monteiro et al. (1995) que apresentou teores 0,85% na matéria seca da parte aérea (MSPA) e 0,46% na matéria seca do sistema radicular (MSSR) em *Brachiaria Brizantha*. Stapf. cv. Marandu, na solução nutritiva com idade de 50 dias após o transplante.

Na literatura existem inúmeras opiniões sobre a importância do elemento fósforo para as forrageiras e se este nutriente é de fato um fator limitante ao crescimento da gramínea. Monteiro et al. (1995) constataram que a omissão de fósforo no cultivo de braquiárias, em solução nutritiva, trouxe sintomas visuais, como plantas raquíticas e sem perfilhos laterais (só tiveram um colmo de cada planta), elevada concentração de nitrogênio na massa seca, quando comparado ao tratamento completo, caracterizando o efeito de concentração associado à planta de crescimento limitado.

Vários trabalhos demonstram que o fósforo é o nutriente mais limitante ao crescimento das plantas nos solos ácidos das regiões tropicais (LIMA et al., 2000). Este fato é confirmado para gramíneas do gênero *Brachiaria* (WERNER, 1967; GOMIDE & NOVAIS, 1990).

Ramos et al. (1997) determinaram teores de fósforo em matéria seca de quatro gramíneas, nas estações das chuvas e seca, em função das doses aplicada e obtiveram acréscimos expressivos nos teores médios de fósforo na estação das chuvas e baixos rendimentos na estação seca para as *Brachiaris decumbens*, *Brachiaria humidicola*, *Brachiaria brizantha* e *Andropogon gayanus* e afirmam que este elemento mineral é de extrema importância para as gramíneas, e sua omissão inibiu o perfilhamento do braquiarião, confirmando sua importância no desenvolvimento deste e do sistema radicular.

Oliveira e Gomide (1974) afirmam que o fósforo tem grande importância no estabelecimento e desenvolvimento das plantas forrageiras. Este elemento atua no desenvolvimento do sistema radicular e no perfilhamento das gramíneas (WERNER & HAAG, 1972).

O fósforo nas plantas desempenha importante papel no desenvolvimento radicular e no perfilhamento da gramínea, sendo o nitrogênio o principal constituinte ativo na síntese e composição da matéria orgânica que forma a estrutura do vegetal (WERNER, 1986).

Furlani & Filho (1990) em estudos com híbridos de capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.) cultivados em soluções nutritivas, encontraram maiores teores de P na parte aérea e menores nas raízes.

Arroyo-Aguilú & Coward-Lord (1974) encontraram teores de P de 0,18% na matéria seca em estudos com *Brachiaria brizantha* Stapf. cv. Marandu. Enquanto Monteiro et al. (1995) observaram 0,24% de fósforo na matéria seca da parte aérea e 0,17% na matéria seca do sistema radicular.

No entanto o resultado deste estudo difere-se de Monteiro et al. (1995) que verificaram teores de potássio em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu na presença de solução nutritiva, com valores de 2,8% na matéria seca da parte aérea (MSPA) e 2,5% na matéria seca do sistema radicular (MSSR).

Lima et al. (2000) verificaram que a omissão de potássio em solos no cultivo de *Brachiaria brizantha* (braquiarião) e soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Este elemento mostrou-se limitante ao crescimento do braquiarião, o que não ocorreu com a soja. Segundo estes autores, podem-se comprovar que a presença do potássio para as culturas, mostra-se de maneira diferente quanto a sua exigência nutricional, que varia entre as espécies.

De acordo com Monteiro et al. (1995), a omissão de cálcio na solução nutritiva resultou em maior produção de matéria seca, maior número de perfilhos e maior altura de plantas, inclusive em relação ao tratamento completo. Já em relação aos teores de Mg encontrou valores de 0,49% para a parte aérea e 0,35% no sistema radicular.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Previamente ao presente experimento, montou-se um viveiro para produção de mudas das plantas selecionadas para os ensaios preliminares de sobrevivência das plantas quando submetidas aos tratamentos.

A primeira planta testada foi *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (Pontederiaceae) que é uma macrófita aquática flutuante conhecida como aguapé, baronesa, orelha-de-jegue, jacinto d'água, e miriru. Analisou-se durante período de 17/04/2006 a 15/05/2006.

A segunda espécie selecionada foi a *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn, popularmente conhecido como mangue-manso, branco ou rajadinho. Coletado na região de manguezais na cidade de João Pessoa no Estado da Paraíba. O período de teste foi entre 03/08/2006 a 30/08/2006.

Outra macrófita aquática flutuante utilizada foi a *Pistia stratiotes* L. (Araceae) conhecida como alface-d'água, lentilha-d'água, mururé, pajé, erva-de-santa-luzia, flor-d'água, golfo, mururé-pajé, pagé, pasta, repolhinho-d'água. O período analisado foi entre 03/01/2007 a 30/01/2007.

A primeira gramínea utilizada foi *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick. E o período foi entre 05/02/2007 a 04/03/2007.

Outra gramínea utilizada foi *Chloris gayana* Kunth, conhecida como Capim de Rhodes. O período analisado foi entre 03/05/2007 a 31/05/2007.

As gramíneas do gênero *Cynodon*, foram coletadas na região de Astorga PR, no dia 15 de setembro de 2007, após esta etapa, as plantas foram levadas no local da experimentação onde permaneceram imersas em água destilada até o dia 16 de setembro de 2007, quando lavadas em água corrente para retirar a terra das raízes. Posteriormente as plantas foram deixadas em repouso por 24 horas com as raízes imersas em água destilada. No dia 17 de setembro de 2007, as gramíneas foram removidas da água destilada, colocadas sob papel filtro para retirar o excesso de água, e pesadas em maços de 100 ± 2 g de biomassa para cada vaso, utilizando balança semi-analítica

(GEHAKA modelo BG200). Cada maço de plantas foi colocado em vaso de 6 litros em um sistema hidropônico, com aeração, sem circulação de água. Os tratamentos T0, T1, T2, T3 e T4, continham respectivamente 0, 25, 50, 75 e 100% de água residuária de indústria farmoquímica, em água destilada. Os tratamentos foram dispostos num esquema fatorial 5 x 17, com 4 repetições. O Delineamento Experimental utilizado foi em Blocos Casualizados (DBC). O ensaio compreendeu em 5 tratamentos e 4 repetições cada e 1 cultura, totalizando 20 vasos.

A água residuária utilizada foi coletada em indústria farmoquímica, da última lagoa da estação de tratamento de efluentes líquidos, durante o fluxo de funcionamento normal da indústria. A metodologia de coleta, transporte e amostragem foram realizados de acordo com Braile & Cavalcante (1979). Após a coleta, a água residuária foi acondicionada em barricas de PVC hermeticamente fechadas para o transporte e armazenada em geladeira, com temperatura de 2º a 8ºC, com o objetivo de evitar-se a alteração dos parâmetros químicos até sua utilização no experimento.

O preparo dos tratamentos foi realizado no dia 17 de setembro de 2007, nas seguintes proporções: T0 (100% de água destilada = testemunha), T1 (25% de água residuária), T2 (50% de água residuária), T3 (75% de água residuária) e T4 (100% de água residuária). Após a diluição da água residuária em água destilada, retirou-se uma amostra de cada vaso para posterior análise de caracterização do efluente líquido (Quadro 4). Durante o período do experimento a água evapotranspirada de cada vaso foi repostada, com a solução correspondente.

Realizaram-se leituras diárias de pH, temperatura e condutividade elétrica. Semanalmente as plantas foram pesadas (massa fresca) e posteriormente devolvidas as suas respectivas unidades experimentais. Antes de efetuar a pesagem (balança semi-analítica GEHAKA modelo BG2000) o excesso de água retido nas raízes dos vegetais foi retirado, deixando a água escorrer por aproximadamente cinco minutos e colocadas sob papel filtro para absorver o restante da água.

Quadro 4. Composição físico-química da água residuária da indústria farmoquímica

Parâmetros	Tratamentos					Unidades.
	T0	T1	T2	T3	T4	
CE*	0	3,1	5,5	7,9	10,5	mS/cm
pH	6,6	7,9	8,0	8,0	8,0	-
Cloretos	0	887,0	1561,3	2413,7	3127,0	mg L ⁻¹
N total**	0	57,4	80,90	119,9	222,8	mg L ⁻¹
Sulfatos	0	149	298	447	596	mg L ⁻¹
P	0	1,0	1,3	2,0	2,7	mg L ⁻¹
K	0	23,7	35,4	63,9	57,2	mg L ⁻¹
Ca	0	12,8	21,1	33,7	39,7	mg L ⁻¹
Mg	0	13,9	16,8	19,9	25,1	mg L ⁻¹
Na	0	349,1	614,5	950,0	1230,8	mg L ⁻¹

* Condutividade elétrica da solução

** Kjeldhal

Análises realizadas segundo metodologia do Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater (Apha, 1997) e Horwitz, 1980 (AOAC).

Os dados obtidos neste experimento foram submetidos à análise de variância (ANOVA) a 5% de probabilidade. As variáveis quantitativas foram discriminadas pela análise de regressão. Para a análise estatística utilizaram-se os programas de Análises Estatísticas e Genéticas SAEG (versão 5.0) e Sistema de Análise de Variância SISVAR (versão 5.0), este último programa pertence à Universidade Federal de Lavras – UFLA Minas Gerais. Patente no Exterior Nº 828459851.

Encerrado o período de experimentação, determinada através da pesagem a matéria fresca da parte aérea (folha + caule) e raízes de todas as parcelas.

Após a pesagem, as partes das plantas foram acondicionadas em sacos de papel e dispostas para secagem em estufa de renovação e circulação de ar (MARCONI modelo MA037) com temperatura ajustada a 65°C até obtenção de peso constante (mínimo de 72 horas). A massa seca da parte aérea (MSPA) e do sistema radicular (MSSR) foi obtida após pesagem em balança analítica com precisão de 1 mg, (marca TOLEDO modelo AB204-S).

O processo de lavagem, secagem, moagem e armazenamento das amostras foram realizados de acordo com o descrito por Malavolta et al. (1997). As amostras foram moídas em moinho tipo Wiley de aço inoxidável e acondicionadas em frascos de vidro com tampa plástica. Estas amostras foram utilizadas para determinar o teor e o conteúdo dos nutrientes das partes do vegetal.

Para a determinação do nitrogênio total (Kjeldahl), secaram-se as amostra de tecido vegetal em estufa de renovação e circulação de ar (MARCONI modelo MA037) com temperatura de $110^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$, durante 3 horas. Em seguida foram colocadas em dessecador de amostras (MARCONI modelo LJ16) por 20 minutos, quando foram pesadas em balança analítica com precisão de 1 mg (TOLEDO modelo AB204-S).

O nitrogênio total (Kjeldahl) foi obtido através de digestão sulfúrica destas amostras secas, seguida de destilação e titulação, de acordo com Malavolta et al. (1997). O Destilador utilizado (MARCONI modelo MA036) e o bloco digestor (MARCONI modelo Ero eletronic LMS).

Os demais elementos contidos nas amostras de tecido vegetal foram obtidos por meio de digestão nítrico-perclórica (MALAVOLTA et al., 1989). O preparo das amostras e as análises da digestão dos extratos e as leituras foram realizados no Laboratório de Agroquímica, Departamento de Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR.

Os elementos minerais, com exceção do P, foram analisados com auxílio de espectrofotômetro de absorção atômica, (VARIAN modelo 10 Plus, 1994), modalidade chama. Para as leituras de Ca, Mg e K, utilizaram-se o cloreto de lantânio 0,1% como supressor de ionização, enquanto que a leitura do Na foi realizada diretamente em espectrofotômetro de absorção atômica, na

modalidade chama por emissão. Na leitura do P, utilizou-se a técnica de colorimetria com molibdato de amônio. Para este elemento determinou-se o P total (Malavolta et al. 1997) em espectrômetro (HITACHI, modelo VV-Vis, 2001)

As análises de água residuárias realizadas neste experimento obedeceram a metodologia do Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1997); e Horwitz (1980).

A partir da matéria seca e do conteúdo e teor de nutrientes na planta, foram calculados a EA, ET e EU.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Avaliação de sobrevivência de plantas submetidas aos ensaios preliminares contendo água residuária de indústria farmoquímica

A macrófita aquática *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (Pontederiaceae), conhecida como aguapé, foi a primeira espécie testada.

As plantas do tratamento T0 (testemunha) contendo 0% de água residuária ou seja 100% de água destilada, sobreviveram. Houve crescimento do vegetal, e aumento de matéria fresca, chegando até a produção de flores.

Enquanto que as plantas do Tratamento T1 (25% de água residuária) entraram em ponto de murcha após o período de 24 horas, mas sobreviveram, apresentaram diminuição de matéria fresca, e não houve desenvolvimento do vegetal, apenas permaneceu vivo.

Já os tratamentos T2 (50%), T3 (75%) e T4 (100% de água residuária), ainda nas primeiras 24 horas apresentaram injúrias nas folhas, e entre 48 a 72 horas, as plantas entraram em ponto de murcha permanente, e não sobreviveram.

O mangue-manso *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn, logo que submetidos aos tratamentos, apresentou injúrias nas primeiras 24 horas, e após este tempo, as plantas entraram em ponto de murcha permanente, vindo a não sobreviver.

Já a outra planta aquática, a *Pistia stratiotes* L. (Araceae), conhecida como alface-d'água, não sobreviveu quando submetidas aos tratamentos.

A primeira gramínea a ser testada foi a *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick. É uma espécie bastante adaptada a ambientes relativamente úmidos. Durante os estudos prévios, as plantas sobreviveram, mas não se desenvolveram nos tratamentos T0 e T1. Nos tratamentos T2, T3 e T4 as plantas não sobreviveram.

Outra gramínea testada foi a *Chloris gayana* Kunth, conhecido como Capim de Rhodes, esta planta apresentou injúria quando submetidas aos tratamentos e após o tempo de 24 horas, entraram em ponto de murcha permanente e não sobrevivendo a nenhum tratamentos analisados.

4.2. Características físico-químicas da água residuária

No presente estudo observou-se que somente o pH da testemunha (T0) com 6,6 apresenta-se adequada para cultivo hidropônico, de acordo com Hoagland & Arnon (1950), Epstein e Bloom (2006) e Prado (2006). Verificou-se que o tratamento T1 possui pH 7,9 e nos tratamentos T2, T3, T4 chega a 8,0 (Quadro 4).

Quanto à condutividade elétrica, o tratamento T1 enquadra-se no intervalo adequado para as soluções nutritivas que varia de 1,5 a 4,0 mS/cm conforme Prado (2006), ressaltando que 1 mS/cm corresponde a 640 ppm de nutrientes.

Com exceção da testemunha, os demais tratamentos encontram-se em condições de suprir as exigências nutricionais das plantas, quanto aos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg) requeridos pelas gramíneas conforme Raij et al. (1996).

4.3. Produção de matéria fresca pelas plantas

O teor de matéria fresca (MF) de gramínea do gênero *Cynodon* foi influenciado pelas diluições de água residuária de Indústria farmoquímica em função do tempo (Figura 1).

As plantas submetidas aos tratamentos T0, T1 e T2 apresentaram incremento linear nos valores de matéria fresca em relação ao tempo,

respectivamente 4,7; 4,8 e 3,6. A produção de matéria fresca T1 foi maior em relação à testemunha.

Os tratamentos T3 e T4 foram ajustados segundo uma equação quadrática, com a máxima produtividade de matéria fresca, 186,8g e 147,2g aos 22 e 15 dias respectivamente. Observa-se, desta forma, que na medida em que se aumenta a porcentagem de água residuária na solução, há inibição na expressão da matéria fresca. (Figura 1).

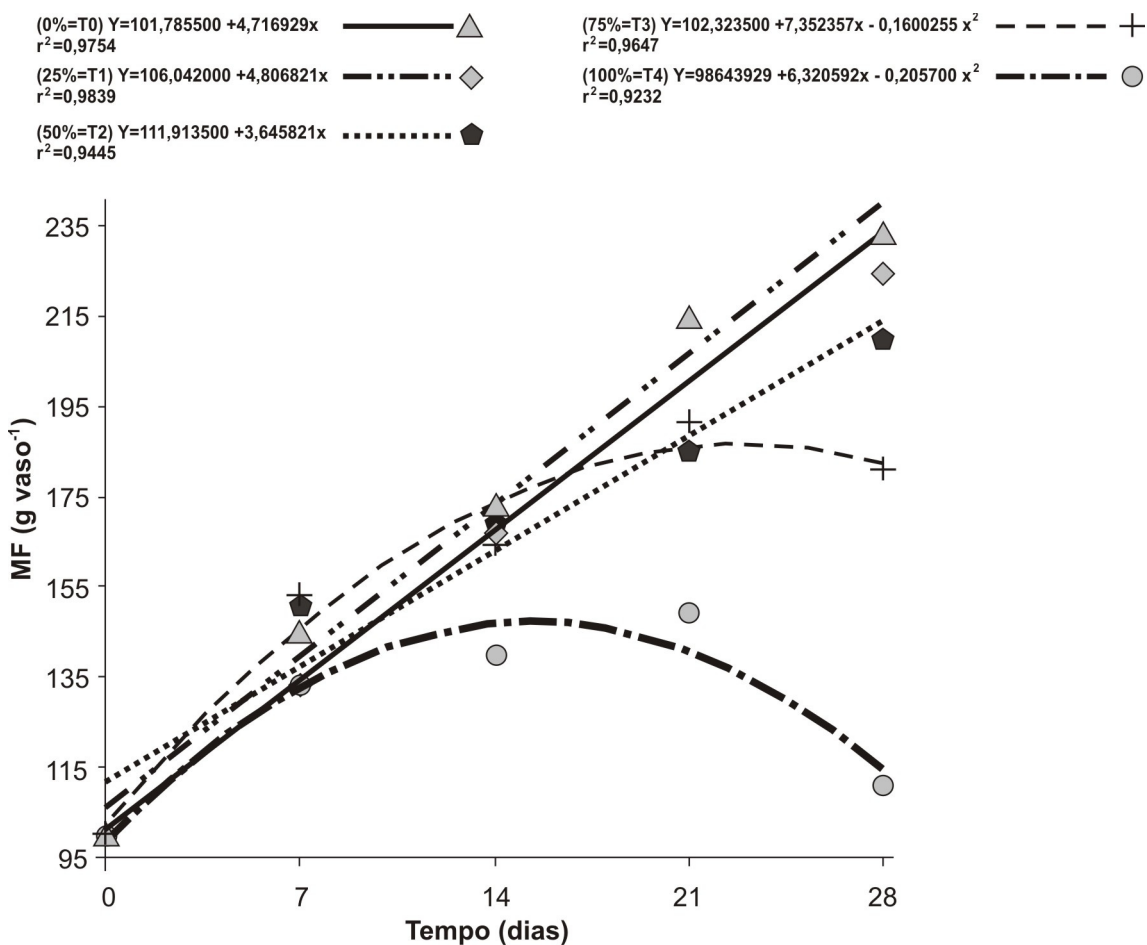


Figura 1. Produção de MF (g vaso⁻¹) de gramínea do gênero *Cynodon* submetida a diferentes tempos, dentro de diferentes porcentagens de diluições de água residuária.

Analisando-se a produção de MF, verifica-se que esta foi também influenciada pelo aumento no teor de água residuária na solução, nos diferentes tempos considerados (Figura 2). Os valores de máxima estimados de produção de massa fresca foram de 152,6g, 173,6g, e 232,1g,

respectivamente para 52,2%, 32%, e 20,2% de água residuária na solução, nos tempos 7, 14 e 28 dias.

(0 D) $Y=100,018286 + 0,003877x - 0,000073x^2$ $r^2=0,3585$	◆	(21 D) $Y=214,749357 + 0,754724x - 0,018687 x^2$ $r^2=0,8767$	+
(7 D) $Y=131,822643 + 0,798159x - 0,007640x^2$ $r^2=0,9047$	▲	(28 D) $Y=224,460571 + 0,754724x - 0,018687 x^2$ $r^2=0,9934$	●
(14 D) $Y=166,510857 + 0,451271x - 0,007030x^2$ $r^2=0,9691$	◆		

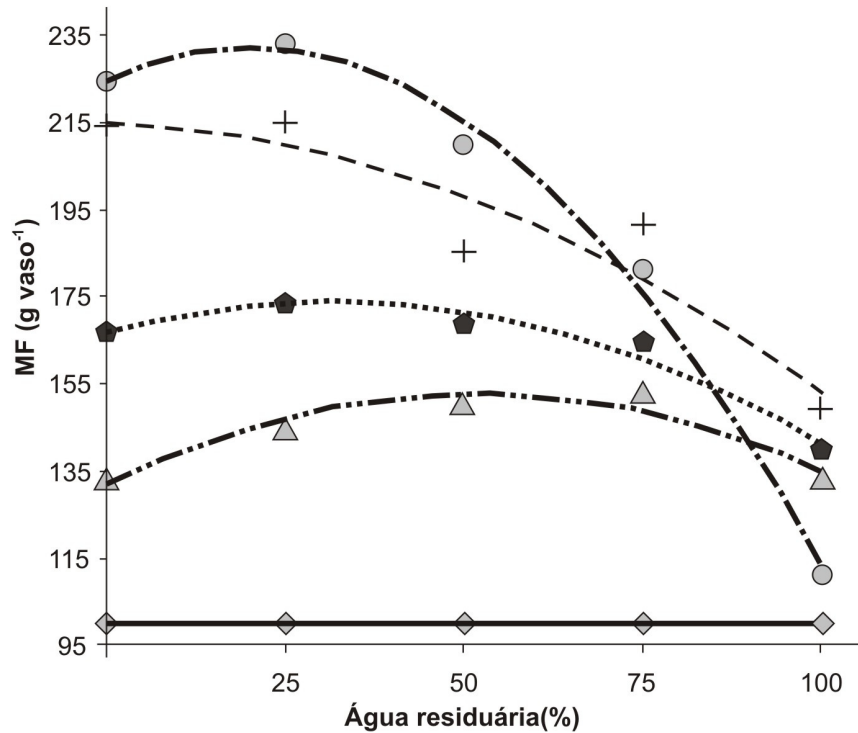


Figura 2. Produção de MF (g vaso⁻¹) de gramínea do gênero *Cynodon* submetida a diferentes porcentagens de diluições de água residuária, no intervalo de 28 dias.

4.4. Produção de matéria seca

A produção de MSPA e MSSR por vaso foi influenciada significativamente pelas diferentes porcentagens de água residuária testadas (Figura 3).

Houve incremento máximo de MSPA e MSSR com valores de 17,4g em 2,1% e 6,4g em 0,7% de água residuária, respectivamente.

Observa-se que os valores máximos de expressão de massa fresca foram verificados em magnitudes maiores do que aos observados para a massa seca. Isto sugere que o efeito osmótico da solução contendo água residuária apresentou-se mais intenso na bioacumulação de massa fresca do que nos valores de massa seca das plantas de gramínea do gênero *Cynodon*.

A partir das porcentagens de água residuária descritas acima os valores de matéria seca caíram acentuadamente e com maior intensidade para a parte aérea.

Resultados semelhantes foram obtidos, por Monteiro et al. (1995) que, trabalhando com a *Brachiaria brizantha* Stapf. cv. Marandu cultivadas em solução nutritiva com idade de 50 dias, após transplante, verificaram que a produção de matéria seca foi de 14,3 g vaso⁻¹ na MSPA e com 5,90 g vaso⁻¹ na MSSR.

Os resultados deste trabalho mostram-se maiores que os encontrados por Monteiro et al. (1995), que obtiveram matéria seca total de *Brachiaria brizantha* Stapf. cv. Marandu com valor de 20,2 g vaso⁻¹, e enquanto que gramínea do gênero *Cynodon* encontrou-se 24,2 g vaso⁻¹.

A água residuária possui elevado pH, causando maior disponibilidade de alguns elementos e diminuindo a de outros. Geralmente, Fe, Cu, Mn e Zn possuem maior disponibilidade em soluções com pH mais baixos. Já, Cl e Mo têm maior disponibilidade em pH alto. Assim, neste experimento a não absorção de alguns elementos devido ao pH alto das soluções, principalmente, Fe, Cu, Mn e Zn, pode ter contribuído de maneira acentuada na limitação da produção de massa seca e fresca das plantas de *Cynodon*. Por outro lado, a absorção e/ou presença em excesso de Cl, pode também ter limitado a absorção de N, em especial NO₃⁻ (inibição competitiva), elemento esse fundamental para a produção de massa seca das plantas.

O aumento da produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) foi maior em relação ao aumento de produção de matéria seca das raízes (Figura 3), conforme também observado por Accioly et al. (2000).

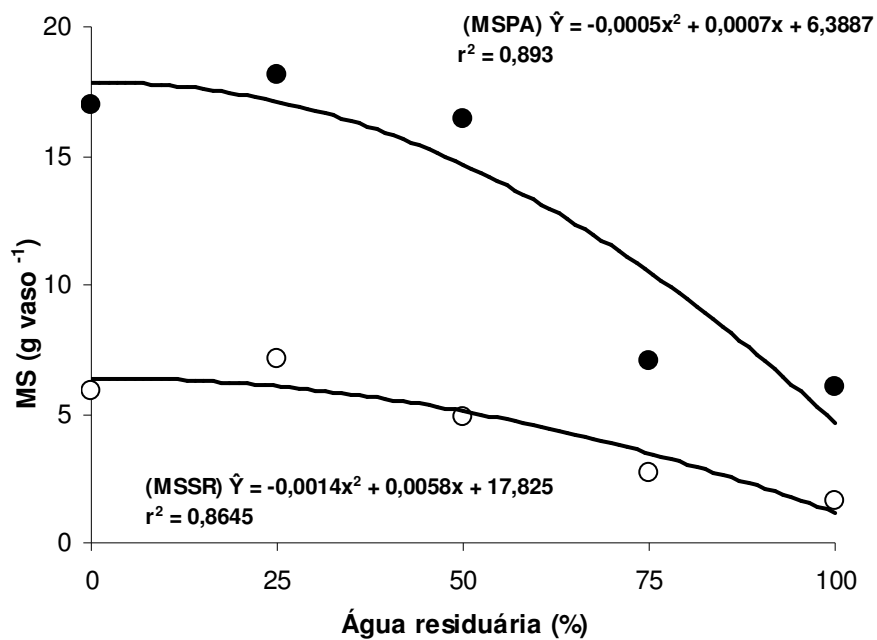


Figura 3. Produção de MS (g vaso⁻¹) da parte aérea (MSPA) e do sistema radicular (MSSR) submetidas a diferentes porcentagens de diluições de água residuária, no intervalo de 28 dias.

4.5. Avaliação nutricional da planta

4.5.1. Teor de nitrogênio

O teor de nitrogênio da MSPA e da MSSR de gramínea do gênero *Cynodon* foi influenciado significativamente pelas diluições de água residuária de indústria farmoquímica (Figura 4).

Observa-se que houve incremento no teor de N na parte aérea até atingir o ponto de máximo de 25475,5 mg kg⁻¹ MS na diluição de 64,8% de água residuária. Já, para o sistema radicular, os valores foram de 27857,1 mg kg⁻¹ MS na diluição de 48,2% de água residuária. Nota-se ainda, que os teores de nitrogênios na matéria seca do sistema radicular foram maiores em relação

aos obtidos na parte aérea, respectivamente 2,54% de nitrogênio na MSPA e 2,78% na MSSR.

Estes dados diferem dos encontrados na *Brachiaria brizantha* Stapf. cv. Marandu cultivadas em solução nutritiva (SARRUGE, 1975), na concentração de 2,68% na MSPA e 2,27 % na MSSR (MONTEIRO et al., 1995).

Constata-se que os teores de nitrogênio obtidos na gramínea *Cynodon* apresentam-se maiores aos determinados por Coward-Lord et al. (1974) que obtiveram teores de 1,47% de nitrogênio na matéria seca da parte aérea (MSPA) de plantas com 60 dias de crescimento após o corte e a adubação nitrogenada. E, também aos encontrados Sotomayor-Ríos et al. (1974), que detectaram 1,74% de nitrogênio na matéria seca da parte aérea aos 45 dias.

Os teores de nitrogênio encontrados neste trabalho estão dentro da faixa considerada adequada por Raij et al. (1996), aos níveis deste nutriente exigido pelas forrageiras, apresentando teor de 25 g kg⁻¹ na parte aérea e 27 g k⁻¹ no sistema radicular.

Observa-se através dos resultados obtidos neste experimento, que as diluições da água residuária afetaram de forma significativa a absorção deste elemento pelas plantas, mas pode afirmar que as gramíneas do gênero *Cynodon*, apresentaram níveis de nitrogênio dentro da faixa considerada adequada às forrageiras.

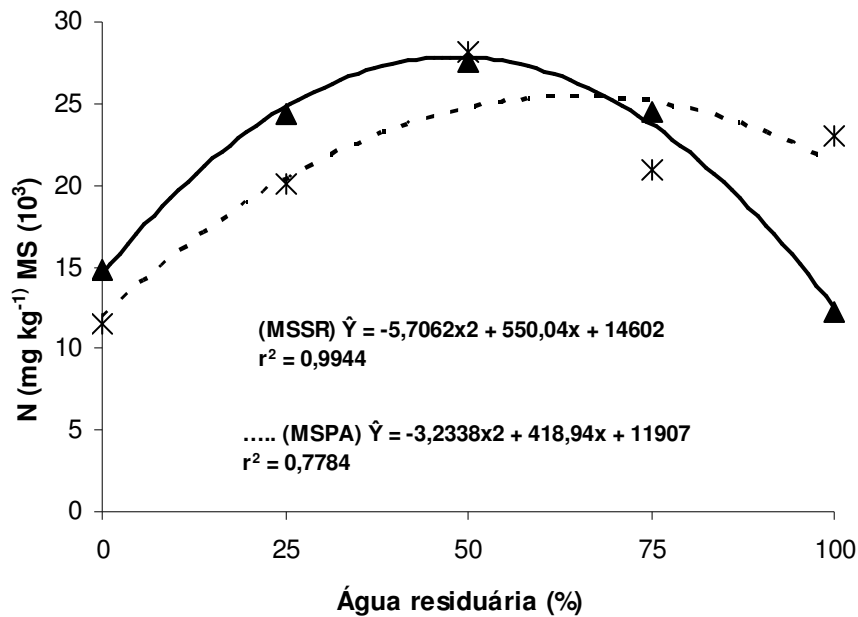


Figura 4. Teores de N (mg kg^{-1}) da MSPA e da MSSR submetidos a porcentagens de diluições de água residuária.

4.5.2. Teor de fósforo

Os teores de P na MSPA e na MSSR de gramínea do gênero *Cynodon* foram influenciados significativamente pelas porcentagens de diluições de água residuária (Figura 5).

Na MSPA o teor de P atingiu seu ponto de máximo em $3244,7 \text{ mg kg}^{-1}$ de matéria seca na diluição de 41,2%.

Já MSSR atingiu seu teor máximo em $1573,98 \text{ mg kg}^{-1}$ na solução de 48,7% de água residuária.

Nas duas partes do vegetal, ocorreu a mesma tendência, houve acréscimo de teor de P apenas com magnitudes diferentes. No entanto, o teor de P na MSPA mostrou-se maior em relação à MSSR.

Este comportamento do elemento P é semelhante ao observado na produção de matéria seca (MS), que também foi maior na parte aérea e menor no

sistema radicular. Esta relação pode ser explicada através do mecanismo de absorção, transporte e redistribuição do P na planta.

O P presente na solução nutritiva ao entrar em contato com a raiz é absorvido na forma de H_2PO_4^- . No interior da raiz é transportado pelo xilema ainda na forma de H_2PO_4^- até a parte aérea, nesta o metabolismo ocorre sem redução (H_2PO_4^-) e o P é incorporado no esqueleto de carbono (ADP e ATP), desempenhando funções de estrutura do vegetal, de armazenamento e transferência de elétrons). O P é um elemento móvel e sua redistribuição ocorre no floema do P-ingorâncio ou P-orgânico (fosforil colina) que acontece entre folhas e frutos e folhas velhas com novas e vice-versa; este pode ser o motivo do maior acúmulo de P na MSPA, o que justifica uma maior produção de MSPA em relação à MSSR, segundo Prado (2006).

Os resultados deste trabalho confirmam-se com os encontrados por Furlani & Filho (1990), Arroyo-Aguilú & Coward-Lord (1974) e Monteiro et al. (1995) que obtiveram a mesma tendência de comportamento.

As diferentes diluições de água residuária afetaram as plantas, ao passo que se aumentava a porcentagem de água residuária, obtinha-se maior efeito negativo sobre os teores de P. Este elemento também teve sua absorção comprometida pelos valores de pH acima de 6,5, entretanto mesmo nestas condições os teores de P encontrados na MS, estão dentro da faixa considerada adequada aos níveis de P na gramínea do gênero *Cynodon*, conforme proposto por Raij et al. (1996) apresentado no (Quadro 1).

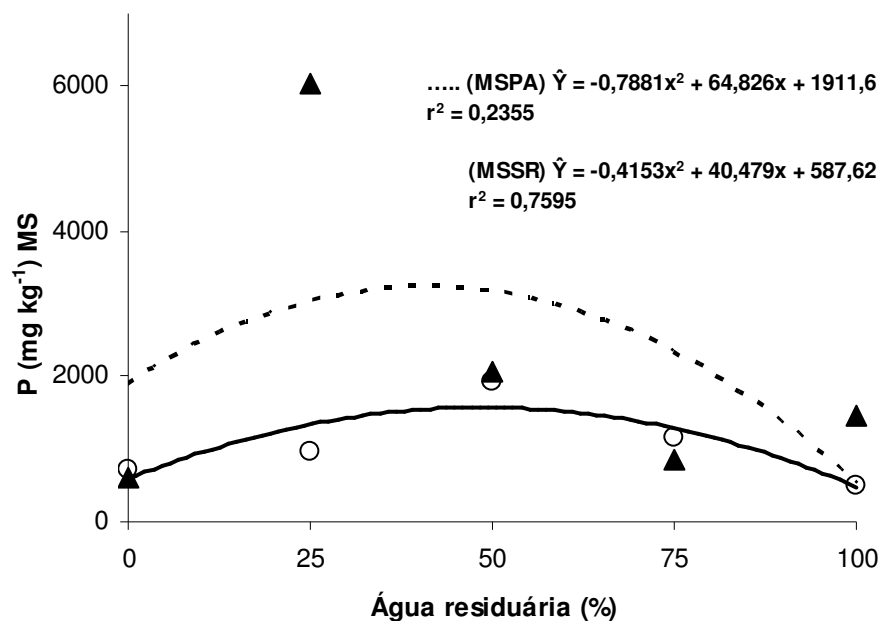


Figura 5. Teores de P (mg kg^{-1}) na MSPA e na MSSR submetidos a porcentagens de diluições de água residuária.

4.5.3. Teor de potássio

Os teores de K na MSPA e na MSSR foram influenciados significativamente pelas diluições de água residuária (Figura 6).

Na MSPA o teor de K apresentou decréscimo linear em relação ao aumento das diluições de água residuária com coeficiente angular de 9,2.

Quanto ao teor de K MSSR houve incremento até atingir a produção máxima de $4819,1 \text{ mg kg}^{-1}$ de matéria na diluição de 53%, após este ponto ocorreu decréscimo.

A diminuição do K na MSPA provavelmente pode estar associada a perda da permeabilidade da membrana plasmática que é mais seletiva em relação ao íon K^+ , mas que na presença de outros íons (Na^+ , Cl^-) pode perder esta seletividade fazendo com o íon K^+ sai de dentro da célula, permitindo-se assim a entrada de outros íons. Segundo Martin & Matocha (1973) todo fator

que limite o crescimento da planta e inibe a ação de algum elemento, pode levar ao acúmulo de outros nutrientes na planta. Muito provavelmente o Na, inibiu a absorção K, da mesma forma que o Ca e o Mg, justificando-se seu acúmulo na parte aérea e nas raízes.

No entanto os resultados deste estudo diferem-se de Monteiro et al. (1995) que encontraram teores de K em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu na presença de solução nutritiva, com maiores valores na MSPA e menores MSSR.

Contudo estes resultados demonstram que os teores de K determinados na gramínea *Cynodon*, encontram-se com níveis muito baixos, onde a planta apresentou deficiência nutricional deste elemento, quando comparadas aos teores considerados adequados para algumas forrageiras (Quadro 1) de acordo com Raij et al. (1996).

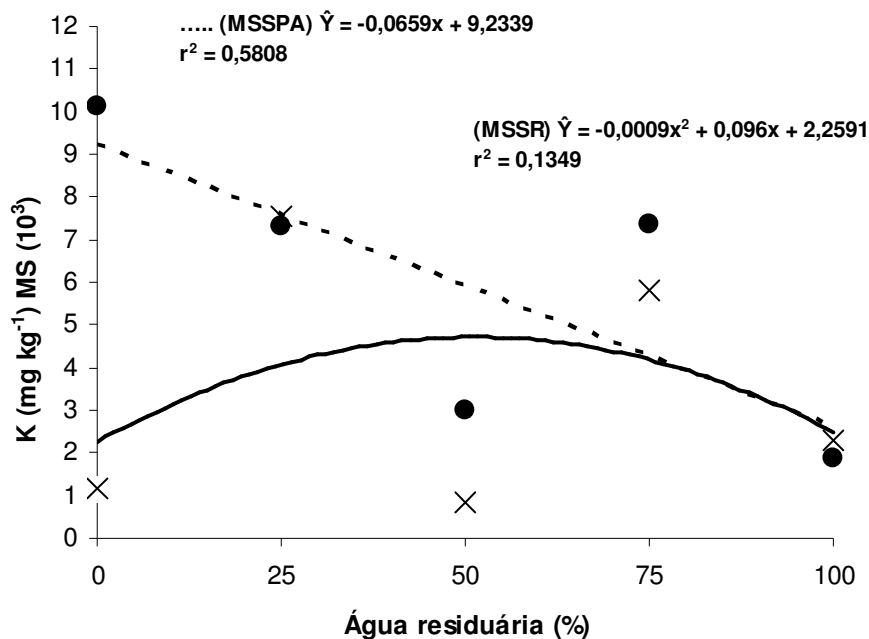


Figura 6. Teores de K (mg kg⁻¹) na MSPA e na MSSR submetidos a porcentagens de diluições de água residuária.

4.5.4. Teor de cálcio

Os teores de Ca na MSPA e na MSSR foram afetados significativamente pelas diluições de água residuária (Figura 7).

O teor de Ca na MSPA apresentou incremento até ponto de máximo em 2333,17 mg k⁻¹ de matéria seca na solução de 51,0%.

Enquanto que na MSSR aumentou até o ponto de máximo, em 3004,1 mg k⁻¹ de matéria seca na diluição 56,2%.

O teor de Ca em ambas as partes de tecido da planta ocorreu a mesma tendência, a MSPA apresentando menor quantidade, quando relacionada com a do sistema radicular.

Os resultados dos teores Ca diferem-se do encontrados por Monteiro et al. (1995) que apresentaram maiores teores na MSPA e menores na MSSR, em *Brachiaria Brizantha*.Stapf. cv. Marandu, em solução nutritiva.

Os resultados dos teores de Ca mostram que na gramínea do gênero *Cynodon*, este elemento encontra-se fora da faixa considerada adequada as exigências nutricionais das forrageiras, as plantas estão deficientes de Ca (Quadro 1) segundo Raij et al. (1996).

Esta deficiência pode estar associada a presença de outros cátions na água residuária tais como (K⁺, Mg⁺⁺ e NH₄⁺) que diminuem a absorção do Ca.

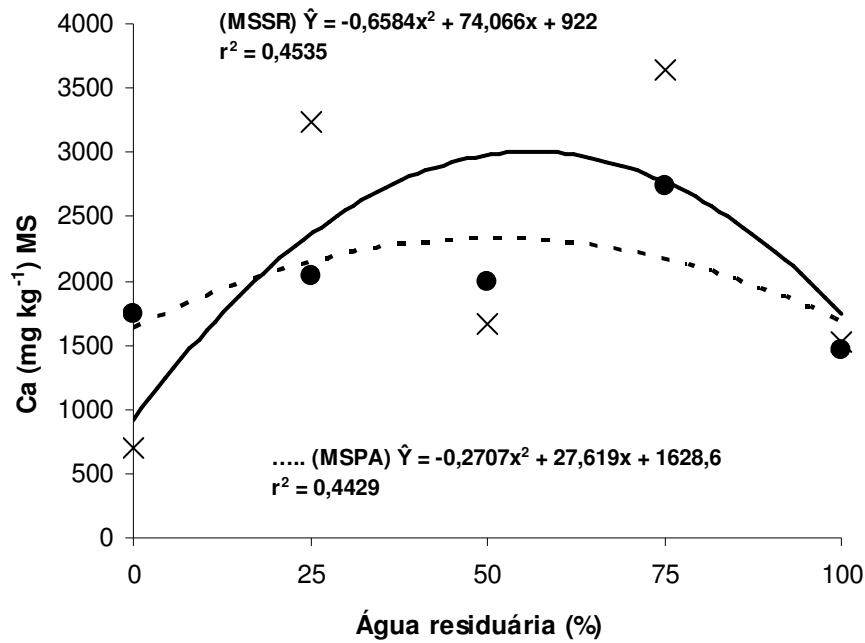


Figura 7. Teores de Ca (mg kg^{-1}) na MSPA e na MSSR submetidos a porcentagens de diluições de água residuária.

4.5.5. Teor de magnésio

Os teores de Mg na MSPA e na MSSR foram influenciados significativamente pelas diluições de água residuária (Figura 8).

O teor de Mg contida na MSPA aumentou até atingir o ponto de máximo em $1501,3 \text{ mg kg}^{-1}$ de matéria seca na diluição de 46,9%, após este ponto houve diminuição.

No entanto, o teor Mg na MSSR, mostrou-se muito semelhante em relação a parte aérea, ocorrendo incremento até o ponto de máximo $1502,5 \text{ mg kg}^{-1}$ de matéria seca na solução de 46,9%, após este patamar, apresentou decréscimo.

Estes dados da gramínea *Cynodon* diferem-se dos encontrados por Monteiro et al. (1995), que constataram maiores valores MSPA e menores na MSSR, em cultivos de *Brachiaria brizantha*, em soluções nutritivas.

Os resultados dos teores de Mg encontrados na gramínea do gênero *Cynodon* em diluições de água residuária, encontram-se fora da faixa considerada adequada às exigências nutricionais de gramíneas (Quadro 1) conforme estudos de Raji et al. (1996).

A gramínea do gênero *Cynodon*, apresentou sintomas de deficiência nutricional por falta de Mg a partir dos 14 dias, as lâminas foliares apresentaram clorose internerval, além de mostrarem-se prostadas até o final do experimento, estes resultados são similares aos encontrados por Monteiro et al. (1995) que estudaram braquiárias em soluções nutritivas e por Werner (1971) com capim-colonião. As deficiências de Mg na planta, pode estar associada aos teores mais elevados de outros dos nutrientes na matéria seca, como o Na e também pelos valores de pH da água residuária que se encontravam acima da faixa preconizada, afetando-se desta forma a absorção deste nutriente pela planta.

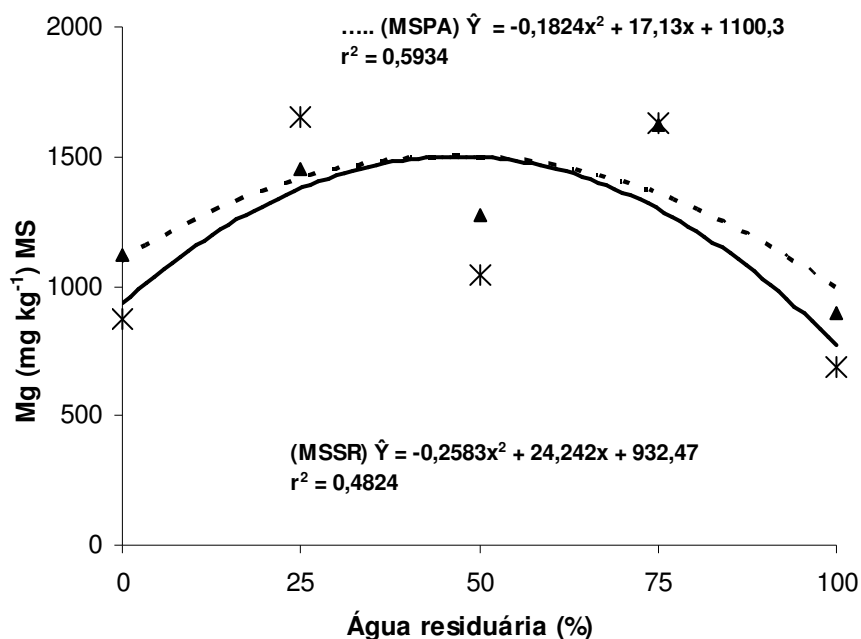


Figura 8. Teores de Mg (mg kg⁻¹) na MSPA e na MSSR submetidos a porcentagens de diluições de água residuária.

4.5.6. Teor de sódio

Os teores de Na na MSPA e na MSSR foram influenciados significativamente pelas diluições de água residuária de indústria farmoquímica (Figura 9).

Na MSPA houve acréscimo no teor de Na com ponto de máximo 2374,6 mg kg⁻¹ de matéria seca na diluição de 63,2%. E na MSSR ocorreu a mesma tendência, apenas com magnitude menor. Houve acréscimo no teor de Na até o ponto de máximo 1550,5 mg kg⁻¹ de matéria seca na diluição de 67,1% de água residuária.

O teor de Na na MSPA, mostrou-se maior em relação à MSSR, este fato está associado a grande quantidade de Na presente na solução nutritiva, onde observou também à medida que se aumenta as concentrações de água residuária, maiores foram os efeitos do Na sobre as plantas.

Fazendo uma relação das quantidades de Na encontradas nas duas partes do vegetal, constata-se que os valores são elevados, uma vez a que gramínea do gênero *Cynodon*, sendo planta C₄, necessita de Na em pequenas quantidades em seu metabolismo. Segundo Brownell (1979) reportado por Epstein & Bloom (2006) em plantas com vias C₄ e CAM de fixação de carbono, o elemento Na é considerado um micronutriente, sendo essencial para a regeneração do fosfoenolpiruvato, o substrato da primeira carboxilação nessas vias. Já Prado (2006) relata que o Na desempenha funções não específicas, ou seja, servindo de contra-íons, para cargas positivas e negativas, como agente osmótico celular.

A concentração adequada do Na nos tecidos é de 0,40 μmol g⁻¹ ou 10 ppp (10%), neste experimento encontrou-se valores aproximados em 196 vezes acima da concentração descrita por Stout (1961).

Nas porcentagens de diluições de água residuária, na faixa entre 25 e 50%, as plantas apresentaram deficiências nutricionais de K, Ca e Mg, este fato pode estar associado às reações provocadas pelo efeito osmótico do Na, porém,

verificou-se que as plantas tiveram seu desenvolvimento afetado, fato confirmado nos teores de MS.

Constatou-se neste estudo que a gramínea do gênero *Cynodon*, cultivadas nas porcentagens de diluições de 75% (T3) e 100% (T4) apresentaram sintomas de injúrias logo após o segundo dia de experimento. Após este processo as plantas entraram em senescência precoce, que permaneceu até ao final dos 28 dias. A característica que permaneceu durante este período de senescência precoce foi que os caules mantinham-se verdes e as plantas apresentavam apenas algumas folhas, o que pode ser constatado no descrésimo da produção de matéria seca, e no aumento do teor de Na nas duas partes do vegetal. Muito provavelmente isto ocasionou comprometimento à sobrevivência da planta.

A concentração de sais nos vegetais restringe o crescimento da parte aérea e do sistema radicular, em decorrência de efeitos osmóticos, que podem acarretar o déficit hídrico, e efeitos específicos de íons, que resultam em toxidez ou desordens nutricionais (MUNNS, 2002).

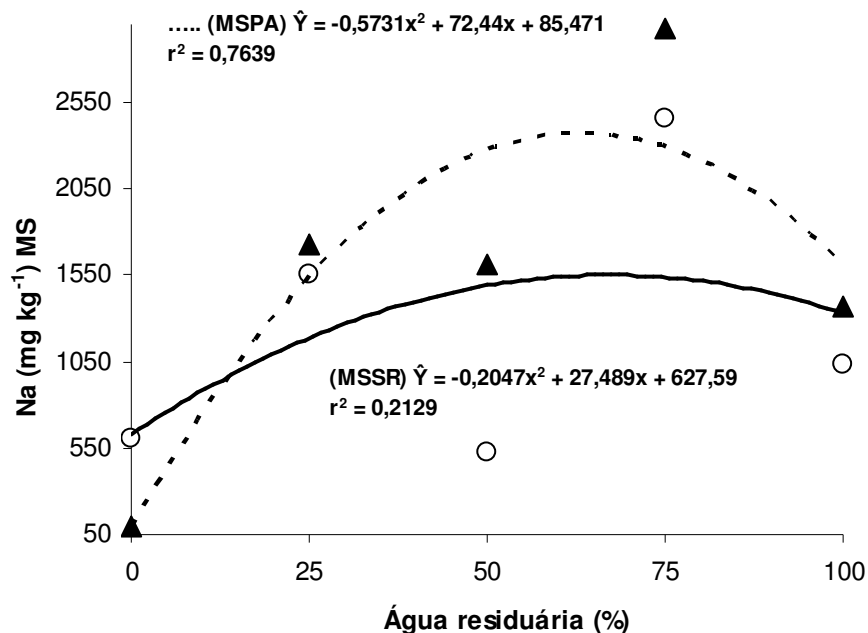


Figura 9. Teores de Na (mg kg⁻¹) na MSPA e na MSSR submetidos a porcentagens de diluições de água residuária.

4.6. Eficiências nutricionais

4.6.1. Eficiência de absorção

As eficiências de absorção de nitrogênio (EA N), potássio (EA K), fósforo (EA P), cálcio (EA Ca), magnésio (EA Mg) e sódio (EA Na) determinados na matéria seca de gramínea do gênero *Cynodon* foram influenciadas significativamente pelas diferentes porcentagens de diluições de água residuária de Indústria farmoquímica (Figura 10 e 11) respectivamente.

Quanto à EA N aumentou até 104,6 mg g⁻¹ de matéria seca de raízes na diluição de 68,4% de água residuária. Após este ponto, houve decréscimo na absorção deste nutriente.

Enquanto que a EA K houve decréscimo linear apresentando coeficiente angular 35,3.

A EA P aumentou até atingir ponto de máxima de 5,9 mg g⁻¹ de matéria seca de raízes na solução de água residuária de 69%, após este patamar ocorreu diminuição.

Quanto à EA Ca teve incremento até atingir o ponto de 9,8 mg g⁻¹ de matéria seca de raízes na diluição de 59,2%, depois deste ponto houve diminuição.

Em relação a EA Mg aumentou até o ponto de máxima 5,9 mg g⁻¹ de matéria seca de raízes na solução de água residuária de 56%, depois ocorreu decréscimo.

E a EA Na apresentou incremento até atingir o ponto de máxima em 8,5 mg g⁻¹ de matéria seca de raízes na diluição de 69,2%, após este ponto entrou em decréscimo.

Analisando os resultados das eficiências de absorção dos nutrientes (Figuras 10 e 11) verifica-se que à medida que se aumenta as porcentagens de diluições de água residuária diminui a eficiência dos nutrientes.

Observa-se assim, que o elemento nitrogênio apresentou a maior eficiência de absorção (EA N), seguidas pelo cálcio (EA Ca), sódio (EA Na), magnésio e fósforo (EA Mg, EA P), e a menor eficiência de absorção foi a do elemento potássio (EA K).

A EA N apresentou a maior taxa em relação aos outros elementos, isto pode ser observado pelo maior acúmulo de N nas raízes.

Quanto à EA K ocorreu decréscimo, pois o K foi absorvido pela planta em pequenas quantidades, ficando acumulado na raiz, não sendo portanto distribuído para a parte aérea. Provavelmente devido a baixa concentração deste elemento na água residuária, aliada ao fato da perda de permeabilidade de membrana plasmática ocasionada pela competição de outros íons (Na, Cl⁻).

Em relação a EA P mostra que este elemento foi absorvido pelas raízes, sendo auxiliado pelo efeito sinérgico do Mg, que funcionou como carregador de P, no entanto esta eficiência não foi alta, pois ocorreram interferências das variações de pH e também pelo aumento da concentração de outros nutrientes (Na, Cl⁻), segundo Prado (2006).

Obsevando a EA Ca, nota-se que este foi absorvido em baixas quantidades pelas raízes, ficando acumulado neste ógrão, não ocorrendo portanto sua liberação a parte aérea, que mostrou-se limitado devido as diferenças na absorção e do movimento dos nutrientes; isto pode ser verificado no baixo teor de Ca encontrado na MSPA em relação ao sistema radicular, que foi maior.

Já a EA Mg teve aumento, mas este não foi suficiente para suprir as demandas da planta.

Quanto à EA Na foi influenciado pela alta concentração deste elemento na água residuária, que gerou efeito osmótico, inibindo a absorção de outros elementos prociando-se assim, perda da permeabilidade da membrana plasmática, permitindo a entrada e o acúmulo de Na no sistema radicular.

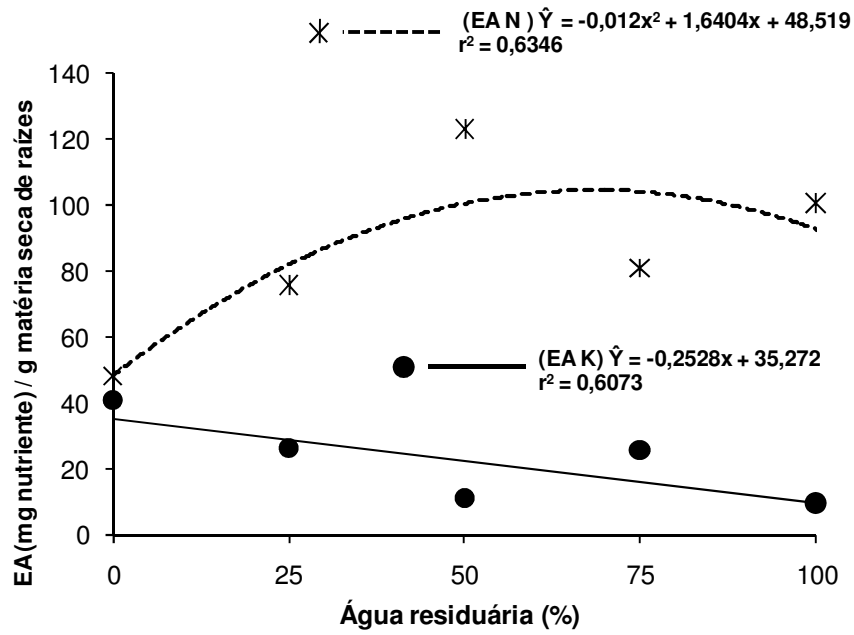


Figura 10. EA de N e K (mg nutriente)/ g de matéria seca raízes submetidas a diferentes diluições de água residuária.

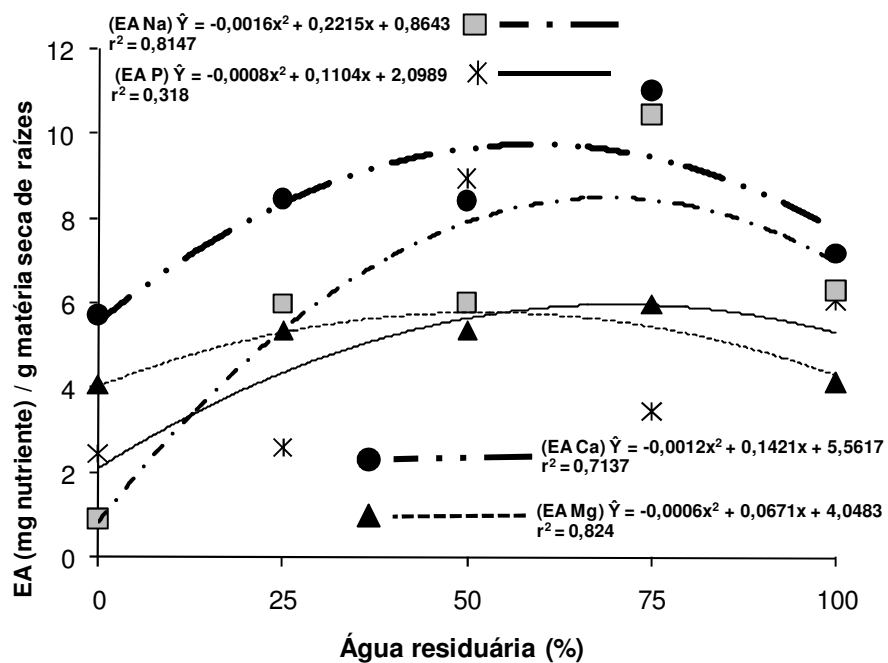


Figura 11. EA de P, Ca, Mg e Na (mg nutriente)/ g de matéria seca de raízes submetidas a diferentes porcentagens de água residuária.

4.6.2. Eficiência de translocação

As eficiências de translocação de nitrogênio (ET N), fósforo (ET P) e magnésio (ET Mg), potássio (ET K), cálcio (ET Ca) e sódio (ET Na) determinados na matéria seca de gramínea do gênero *Cynodon* foram influenciadas significativamente pelas diferentes diluições de água residuária de Indústria farmoquímica (Figuras 12 e 13), respectivamente.

Observou-se que a ET N aumentou linearmente com coeficiente angular de 66,5.

Quanto a ET P ocorreu incremento linear, apresentando coeficiente angular de 64,7.

A ET Mg também aumentou de forma linear e apresentou coeficiente angular de 74,3.

Enquanto a ET K aumentou até atingir o ponto de máxima em 83,9% na diluição de água residuária de 56%, após este ponto ocorreu diminuição da eficiência de translocação.

Quanto a ET Ca apresentou decréscimo linear com coeficiente angular de 77,7.

Na ET Na ocorreu incremento até o ponto de máxima 89,2% na solução de água residuária de 67,9%, após este ponto houve decréscimo.

Verifica-se através destes resultados que ocorreram incrementos na ET até os pontos de máximo para o nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio e sódio e diminuição da eficiência de translocação do cálcio.

O incremento ET N foi ocasionado pelo aumento das concentrações de N na água residuária, entretanto isto não refletiu em altos teores de N na MSPA, que se mostraram menores que as encontradas nas raízes.

Já ET P apresentou aumento, e este foi translocado da raiz para a parte aérea, proporcionando um maior acúmulo deste elemento na MSPA.

Em relação a ET Mg ocorreu acréscimo, isto deve-se ao aumento das concentrações deste nutriente, nas diferentes diluições de água residuária.

Quanto a ET K foi alta, mas não se encontrou resposta em relação a utilização deste elemento na planta. De acordo com Caradus (1992), o baixo teor de nutriente nos tecidos vegetais ou uma elevada eficiência de utilização de nutrientes podem estar associados a ineficiências, como a baixa translocação das raízes para a parte aérea, ou refletirem uma deficiência nutricional.

Quanto a ET Ca apresentou decréscimo, este elemento não foi translocado da raiz para a parte aérea. Estes resultados corroboram com os encontrados por Tomaz et al. (2003) que estudando a eficiência de translocação em mudas de café cultivadas em soluções nutritivas, verificaram que o elemento Ca apresentou ausência de reposição em todas as combinações de enxertia, e afirmam que este fato está associado à baixa mobilidade deste nutriente no floema, comprometendo-se desta forma a sua redistribuição na planta.

Em relação a ET Na apresentou-se maior que a dos outros nutrientes, sendo translocado das raízes para a parte aérea, fato constatado pelos altos teores deste elemento na MSPA.

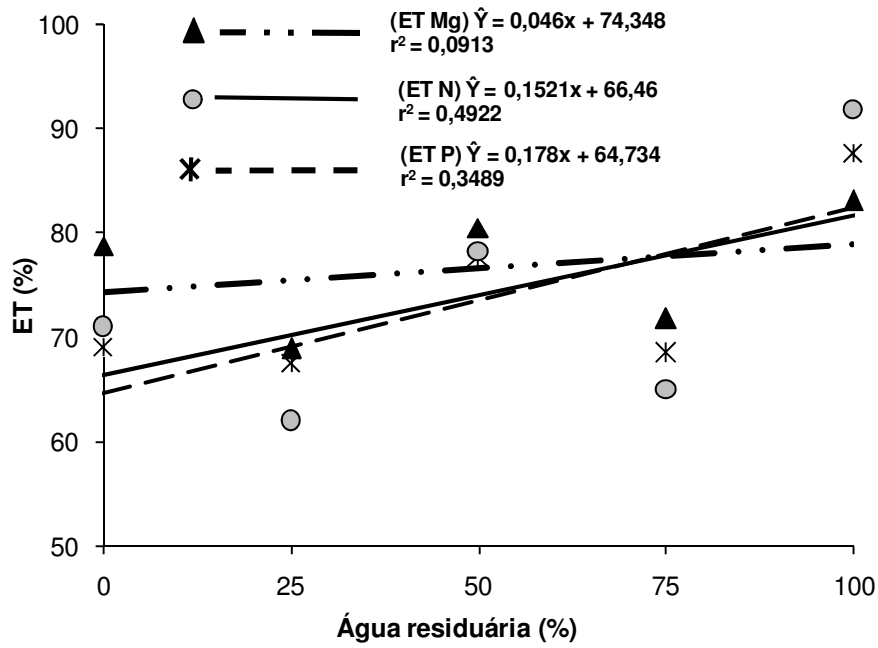


Figura 12. ET de N, P e Mg (%) submetidas a diferentes porcentagens de diluições d e água residuária.

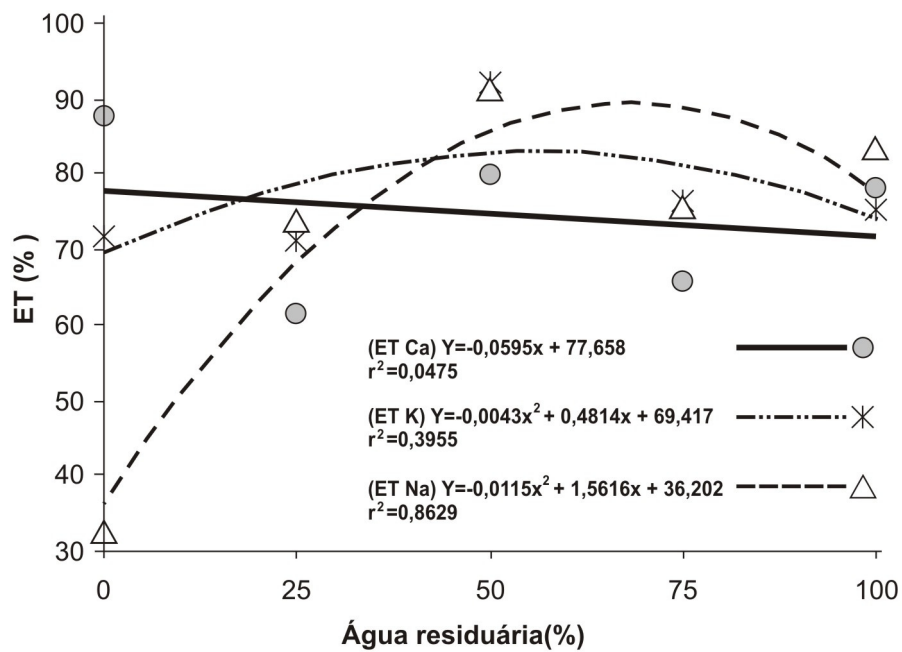


Figura 13. ET de K, Ca e Na (%) submetidas a diferentes porcentagens de diluições de água residuária.

4.6.3. Eficiência de utilização

As eficiências de utilização de nitrogênio (EU N), potássio (EU K), cálcio (EU Ca), fósforo (EU P), magnésio (EU Mg) e sódio determinados na matéria seca de *Brachiaria* do gênero *Cynodon* foram influenciadas significativamente pelas diferentes diluições de água residuária de Indústria farmoquímica (Figuras 14 e 15), respectivamente.

Quanto à (EU N) e EU Ca ocorreram decréscimos lineares com coeficiente angular de 1,7 para o N e 14,8 para o Ca.

Já em relação a EU K houve acréscimo, com ponto de máximo de 5,3 mg⁻¹ com diluição de água residuária de 52,7%.

Em relação às eficiências de utilização de P, Mg e Na, ocorreram decréscimo lineares com coeficientes angulares de (36,6, 21,4 e 67,6) respectivamente.

A EU N apresentou diminuição, apesar de ser absorvida e translocada das raízes para a parte aérea, no entanto não influenciou na utilização deste no incremento da MS.

Quanto ao Ca também houve diminuição da EU, onde se constatou que a gramínea do gênero *Cynodon* não foi capaz de converter o Ca absorvido em MS, portanto o teor deste nutriente mostrou-se em níveis considerados críticos na planta, que conseqüentemente ocasionou a deficiência nutricional. Behling et al. (1989) afirmam que as variações na eficiência de uso de cálcio em tecidos vegetais não são ainda bem compreendidas. A inativação do Ca, devido à ligação e/ou precipitado na forma de oxalato ou fosfato de cálcio tem sido sugerida como causa para a baixa eficiência de utilização do nutriente.

Em relação à EU K apresentou acréscimo quanto a sua utilização, mas isto não refletiu em uso para conversão de MS.

Quanto a EU P foi entanto absorvido e translocado das raízes até a parte aérea, entretanto ocorreu baixa eficiência de utilização, ou seja, o P não foi convertido em teor de MS.

O elemento Mg apresentou baixa EU, mas com altas taxas de translocação, no entanto, seu uso não foi eficiente, resultando em baixos níveis de MS, denotando-se assim, deficiência nutricional.

Já a EU Na, mostrou-se baixa. Entretanto, apesar do Na ser absorvido e translocado em altas taxas, não influenciou na utilização deste elemento no incremento da matéria seca. Este fato pode estar associado aos elevados teores de Na encontrados na planta. No entanto a gramínea do gênero *Cynodon* não incorporou o Na na MS, isto ocorreu provavelmente porque o Na ficou retido no vacúolo.

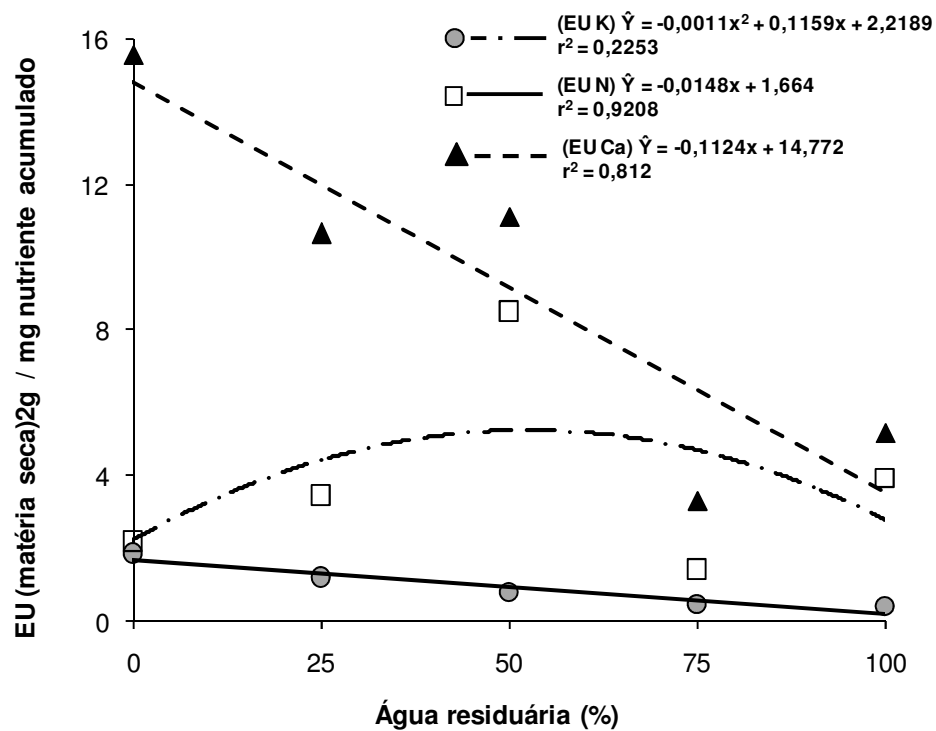


Figura 14. EU de N, K e Ca (matéria seca)²g/mg nutriente acumulado) submetidas a porcentagens de água residuária.

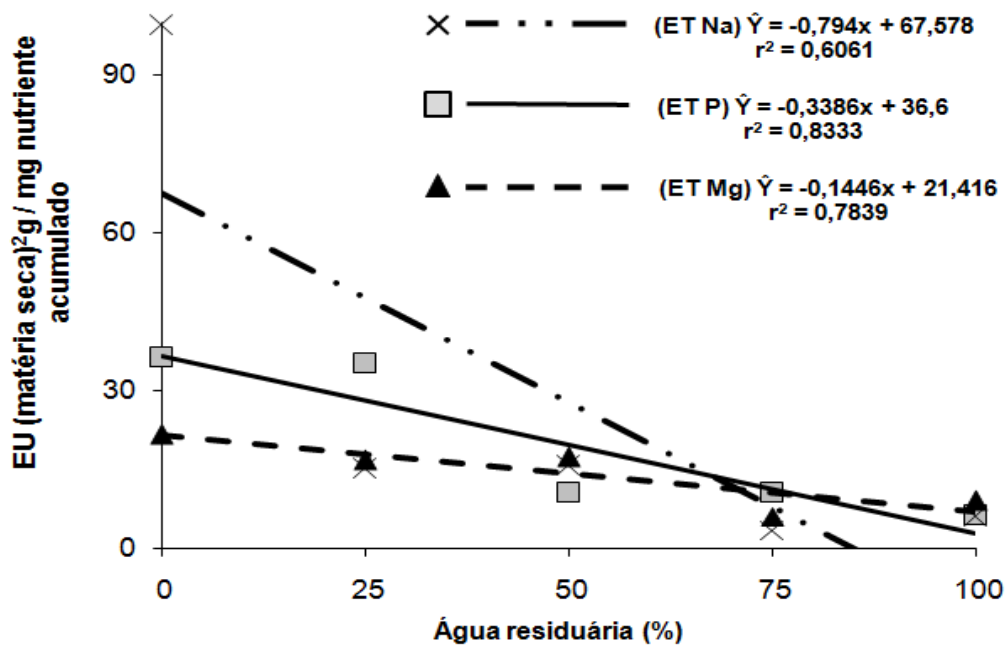


Figura 15. EU de P, Mg e Na (matéria seca)²g/mg nutriente acumulado) submetidas a porcentagens de diluições de água residuária.

5. CONCLUSÕES

Os tratamentos apresentam diferenças significativas ($P < 0,05$) para os valores de matéria fresca, matéria seca da parte aérea, matéria seca do sistema radicular, teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e sódio e na avaliação das eficiências nutricionais (eficiência de absorção, translocação e utilização).

O efeito da água residuária de indústria farmoquímica na produção de matéria fresca, teores de minerais e eficiências nutricionais, torna-se maior a medida que se aumenta a concentração dos nutrientes da água residuária.

Constatou-se que o sódio prejudica o desenvolvimento das plantas, uma vez que este elemento apresentou teores elevados na matéria seca da parte aérea e com menor magnitude no sistema radicular de gramínea do gênero *Cynodon*.

As porcentagens de água residuária dos tratamentos T0 e T1 mostram-se menos interferentes na produção de matéria fresca e nos teores dos minerais, encontrados na gramínea do gênero *Cynodon*.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACCIOLY, A. M. A.; FURTINI NETO, A. E.; MUNIZ, J. A.; FAQUIN, V.; GUEDES, G. A. A. Pó de forno de siderurgia como fonte de micronutrientes e de contaminantes para plantas de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.7, p. 1483-1491, 2000.

AHN, T.; KONG, D.; AHN, T. S.; et al. Application of ecotechnology for nutrients removal. In: AHN, T.; KONG, D.; AHN, T. S.; **Frontiers in biology: The challenges of biodiversity, biotechnology and sustainable agriculture. IUBS SYMPOSIUM**, 1997, Taipei, Taiwan, Proceedings. Taipei: IUBS, p. 209-216, 1998.

AOYAMA, I.; NISHIZAKI, H.; BHAMIDIMARRI, R. Uptake of nitrogen and phosphate, and water purification by water hyacinth *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. In: AOYAMA, I.; NISHIZAKI, H.; BHAMIDIMARRI, R. (Eds.) **Development and water pollution control. ASIAN WATERQUAL 91, IAWPRC REGIONAL CONFERENCE**, 1991, Shanghai, China. Proceedings. **Water Science and Technology**, v. 28, n. 7, p. 47-53, 1993.

APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19 ed. Washington, DC.: American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, 1997.

ARROYO-AGUILÚ, J. A. & COWARD-LORD, J. Mineral composition of 10 tropical forage grasses in Puerto Rico. **The Journal of University of Puerto Rico**, v. 58, n. 4, p. 426-436, 1974.

ATHAYDE, A. A. R.; CARVALHO, R. C. R.; MEDEIROS, L. T.; VALERIANO, A. R.; ROCHA, G. P. **Gramíneas do gênero *Cynodon* – cultivares recentes no Brasil**. Disponível em: http://www.editora.ufla.br/BolTecnico/pdf/bol_73.pdf. Acesso: 10 junho de 2008.

BAVARESCO, A. S. L. **Lagoas de *Eichornia* spp no Tratamento Terciário de Dejetos de Suínos**. Dissertação de M. Sc., UFSC, Florianópolis, SC, Brasil, 1998.

BARRETO, M. C. V. **Degradação de carga orgânica de diferentes resíduos e seus respectivos efeitos em alguns atributos químicos e físicos do solo**. 1995. Dissertação (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

BEHLING, J. P.; GABELMAN, W. H.; GERLOFF, G. C. The distribution and utilization of calcium by two tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) lines differing in calcium efficiency when grown under low-Ca stress. **Plant Soil**, v.113, p. 189-196, 1989.

- BLANCO, F. F. **Tolerância do pepino enxertado à salinidade em ambiente protegido e controlado da salinização do solo.** 1999. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba: São Paulo. 1999.
- BONATO, C. M. et al. **Nutrição mineral de plantas.** Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 1998. Apostila.
- BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, J. E. W. A. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais.** 18 ed. São Paulo: CETESB, 1979.
- BRAZ, L. M. M. S. P. **Estudo sobre metabolismo do nitrogênio relacionado à adaptação de gramíneas forrageiras em condição de baixa disponibilidade do nutriente.** Disponível em: <http://www.forragicultura.com.br/arquivos/nitrogenioXadaptacaodegramineas.pdf>. Acesso: 19/04/2008.
- BROWNEIL, P. E. Sodium as essential micronutrient element for plants and its possible role in metabolism. **Advances in Botanical Research**, v. 7, p. 118-224, 1979.
- BURTON, G. W. The adaptability and breeding of suitable grasses for the southeastern states. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 3, p. 197-240, 1951.
- BURTON, G. W. & HANNA, W. W. Bermudagrass. In: BARNES, R. F.; MILLER, D. A.; NELSON, C. J. **Forages.** Iowa State: Universty Press, p. 421-430, 1995.
- CAINES, A. & SHENNAN, C. Growth and nutrient composition of Ca²⁺ use efficient and Ca²⁺ use inefficient genotypes of tomato. **Plant Physiol. Biochem**, v.37, p. 559-567, 1999.
- CARADUS, J. R. Heritability of, and relationships between phosphorus and nitrogen concentration in shoot, stolon and root of white clover (*Trifolium repens* L.). **Plant Soil**, v. 146, p. 209-217, 1992.
- CHAPMAN, G. P. **The biology of grasses.** Wallingford, CAB International, 1996.
- CHATEAUBRIAND, A. D. **Efeito de dejetos de suínos aplicados em irrigação por sulco na cultura do milho (*Zea mays* L.).** Viçosa: UFV, 61 p., 1988. (Tese Mestrado).
- COOKE, G. W. Maximizing fertilizer efficiency by overcoming constraints to crop growth. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 10, p. 1357-1369, 1987.
- COSTA, N. L. Adubação nitrogenada e consorciação de capim elefante (*Pennisetum purpureum* cv. Camerom) com leguminosas forrageiras tropicais. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 30, p. 401-408, 1995.
- COSTA, P. H. A. SILVA, J. V.; BEZERRA, M. A.; ENÉAS FILHO, J.; PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. Crescimento e níveis de solutos orgânicos em

cultivares de *Vigna unguiculata* submetidos à salinidade. **Rev. Bras. Bot.**, v. 26, n. 3, jul./set., 2003.

COWARD-LORD, J.; ARROYO-AGUILU, J.A.; GARCÍA-MOLINARI, O. Proximate nutrient composition of ten tropical forage grasses. **J. Agric. Univ. Puerto Rico**, v. 58, n. 3, p. 305-311, 426-436, 1974.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Planta, 2006.

FAGERIA, N. K. **Maximizing crop yields**. New York: Marcel Dekker, p. 274, 1992.

FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Bras. Eng. Agr. e Ambiental**, v. 2, n.1, p. 6-16, 1998.

FERNANDES, A. R.; CARVALHO, J. G.; CURI, N. GUIMARÃES, P. T. G.; PINTO, J. E. B. P. Crescimento de mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes* H. B. K.) sob diferentes níveis de salinidade. **Ciência Agrotécnica Lavras**, v. 27, n. 2, p. 278-284, mar./abr.; 2003, (Parte da Tese Doutorado).f

FERREIRA, A. G.; AQUILA, M. E. A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. Londrina, v. 12, n. especial, p. 175-204, 2000.

FERREIRA, D. F. **Sisvar versão 5.0**. Lavras: UFLA, 2003.

FERREIRA, R. G.; TÁVORA, F. J. A. F.; HERNANDEZ, F. F. F. Distribuição da matéria seca e composição química das raízes, caule e folhas de goiabeira submetida a estresse salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 79-88, Janeiro, 2001.

FIORETO, R. A. Uso direto da manipueira em fertirrigação. In: CEREDA, M. P. **Industrialização da mandioca no Brasil**. São Paulo: Paulicéia, p. 51-80. 1994.

FÖHSE, D.; CLAASEEN, N.; JUNK, A. Phosphorus efficiency of plants. **Plant Soil**, v. 110, p. 101-109, 1988.

FREITAS, W. S.; OLIVEIRA, R. A.; PINTO, P. R. C.; CECON, P. R. GALVÃO, J. C. C. Efeito da aplicação de águas residuárias de suinocultura sobre a produção do milho para silagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 120-125, 2004, (Parte da Tese de Mestrado).

FURLANI, A. M. C.; CLARK, R. B.; MARANVILLE, J. W.; ROSS, W. M. Sorghum genotype differences in phosphorus uptake rate distribution in plant parts. **Journal of Plant Nutrition**, v. 7, n. 7, p. 1113-1126, 1984.

FURLANI, A. M. C.; CLARK, R. B.; MARANVILLE, J. W.; ROSS, W. M. Differential phosphorus uptake, distribution and efficiency by sorghum inbred parents and their hybrids. In: GABELMAN, H. W.; LOUGHMAN, B. C. **Genetic**

aspects of plant mineral nutrition. Dordrecht, Martins Nijhoff, p. 287-298. 1987.

FURLANI, A. M. C., FILHO, J. A. U. Capim-colonião: eficiência na absorção e na utilização de fósforo em solução nutritiva. **Bragantia**, v. 49, n. 2, p. 413-423, 1990.

GERLOFF, G. C. & GABELMAN, W. H. Genetics basis of inorganic plant nutrition. In: LAUCHLI, A. & BIELESKI, R. L. **Inorganic plant nutrition.** New York, Springer-Verlag, p. 453-480, 1983.

GOMIDE, J. A. Adubação de pastagens. In: Simpósio sobre manejo de pastagens, 3.; Piracicaba, 1976. **Anais.** P. 73-79.

GOMIDE, J. A. & NOVAIS, R.F. Exigência de fósforo para o estabelecimento de quatro espécies de Brachiaria em solo com características físico-químicas distintas. **Revista Soc. Bras. Zoot.**, v. 19, p. 278-289, 1990.

GRAHAM, R. D. **Breeding for nutritional characteristics in cereals.** In: TINKER, P. B.; LAUCHLI, A. (Ed) *Advances in plant nutrition.* New York: Praeger, p. 57-102, 1984.

GRANATO, M. **Utilização do aguapé no tratamento de efluentes com cianetos.** Rio de Janeiro: CETEM/CNPq, (Série Tecnológica Ambiental, 05). 1995.

GRASWELL, E. T.; GODWIN, D. C. **The efficiency of nitrogen fertilizers applied to cereals in different climates.** In: TINKER, P. B.; LAUCHI, A.; ed. *Advances in plant nutrition.* New York: Praeger, p. 1-55, 1984.

GRECA, M. D.; FIORENTINO, A.; MONACO, P.; PREVITERA, L.; PINTO, G. & POLLO, A. **Release of potential allelochemical from aquatic plants.** In: MACIAS, F. A.; GALINDO, J. C. G.; MOLINILLO, J. M. G.; CUTTER, H. G. (Eds.) *Recent advances in allelopathy.* Cadiz: Ser. Pub. Univ. Cadiz, v. 1, p. 255-262, 1999.

GUERREIRO, D. A. N. S.; CURRAIS, J. P. M. ALLEN, N. A. L. C. Efluentes industriais e seu impacto ambiental. Disponível em: <http://www.fmv.utl.pt/democ/sft/sem9899/G007.htm>. Acesso em: 01/04/2003.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water-culture method form growing plants with out soil.** California Agricultural Experiment Station circular 347. In: College of agriculture, University of California, Berkeley. 1950.

HORWITZ, W. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists.** 13 ed. Washington, DC.: Association of Official Analytical Chemists (AOAC), 1980.

ISRAEL, D. W.; RUFTY JUNIOR, T. W. Influence of phosphorus nutrition on phosphorus and nitrogen utilization efficiencies and associated physiological responses in soybean. **Crop Science**, v. 28, n. 6, p. 954-960, 1988.

KELLOG, E. A. Relationship of cereal crops and other grasses. **Proceedings of the Natural Academy of Science**, v. 95, p. 2005-2010, 1998.

_____. Evolutionary history of the grasses. **Plant Physiology**, v. 125, p. 1198-1205, 2001.

KOTUBY-AMACHER, J.; KOENING, R. KITCHEN B. Salinity and plant tolerance. Utah, State: **Universty Extension Eletronic Publishing**, AG-SO-03, March, 2000.

KOURAA, A. FETHI, F.; FAHDE, F.; LAHLOU, A.; OUZZANI, N.; Reuse of urban wastewater treated by a combined estabilisation pond system in Benslimane (Moroco). **Urban Water**, v. 4, 2002.

KUIPER, D.; SCHUIT, J.; KUIPER, J. C. Actual cytokinin concentrations in plant tissue as na indicator for salt resistance in cereals. **Plant and Soil**, v. 123, n. 2, p. 243-250, Abril, 1990.

LI, B.; MCKEAND, P. J.; ALLEN, H. L. Genetic variation in nitrogen use efficiency of loblolly pine seedlings. **For. Sci**, v. 37, p. 613-626, 1991.

LIMA, D. V.; FAQUIN, V. FURTINI NETO, A. E. Macro e micronutrientes no crescimento do braquiarião e da soja em latossolos sob cerrado da região de Cuiabá-MT. **Cienc. Agrotec.**, v. 24, n. 1, p. 96-104, jan./mar., 2000.

LIMA, M. R.; REISSMANN, C. B.; TAFFAREL, A. D. **Fitorremediação com macrófitas aquáticas flutuantes**. In: Andreoli, C. V.; Carneiro, C. (ed.) Gestão Integrada de mananciais eutrofizados. Curitiba: Gráfica Capital Ltda, p.391-408, 2005.

LIMA, L. A. **Efeitos de sais no solo e na planta**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26., 1997, Campina Grande. Manejo e Controle da Salinidade na Agricultura irrigada. Campina Grande: UFPB/SBEA, Cap. 4, p. 112-136, 1997.

LI, X. WU, Z.; HE, G. Effects of low temperature and physiological age on superoxide dismutase in water hyacinth (*Eichornia crassipes Solms*). **Aquatic Botany**, Amsterdam, v. 50, p. 193-200, 1995.

LOUGMAN, B. C. Metabolic factors and the utilization of phosphorus by plants. In: Phosphorus in the environment: its chemistry and biochemistry. Amsterdam, **Elsevier**, p. 155-173, 1978.

MANFRINATO, E. S. O. **Aguapé**. In: Problemas ambientais brasileiros. São Paulo: Fundação Salim Farah Maluf, p. 109-112, 1991.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, Piracicaba, p 201, 1989.

- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba: Potafos, p 319, 1997.
- MARANVILLE, J. W.; CLARCK, R. B.; ROSS, W. M. Nitrogen efficiency in grain Sorghum. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v. 2, p. 577-589, 1980.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higler plants**. 2ed. San Diego: Academic Press, p. 889. 1986.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higler plants**. Berlin: Academic Press, 1995.
- MARTIN, W. E.; MATOCHA, J. E. Plant analysis as na AID in the fertilization of forage crops. In: WALSH, L. M.; BEATON, J. D. (Ed.). **Soil testing and plant analysis**. Madison: Soil Science Society of America, 1973. p. 393-426.
- MARTINS, C.E.; AMARAL, F. A. L. MONNERAT, P. H. CONDÉ, A. R.; FONTES, L. A. N. Eficiência de utilização de potássio, cálcio e magnésio de 16 híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **R. Ceres**, v. 28, p. 323-332, 1981.
- MELI, S.; PORTO M.; BELLIGNO, A.; BUFO, S. A.; MAZZATURA, A.; SCOPA, A. Influence of irrigation with lagooned urban wasterwater on chemical and microbiological soil parameters in citrus orchard under Mediterranean condition. **The Science of the total environment**, v. 285, p. 69-77, 2002.
- MENEGUETTI, C. F. **Reciclagem agrícola de resíduos orgânicos da Indústria Farmoquímica no cultivo de Tanchagem (*Plantago media*, L.)**. 2006. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2006.
- MONTEIRO, F. A.; RAMOS, A. K. K.; CARVALHO, D. D.; ABREU, J. B. R.; DAIWB, J. A. S.; SILVA, J. E. P.; NATALE, W. Cultivo de *brachiaria brizantha* STAFF. cv. Marandu em solução nutritiva com omissões de macronutrientes. **Sci. Agric.**, v. 52, n. 1, p. 135-141, jan./abr., 1995.
- MOREIRA, J.; VASCONCELOS, V.; PARDAL, S.; Proposal for the use of aquatic macrophytes to reduce eutrophication in park lakes (Porto-Portugal). Actas do 3º Encontro Nacional de Ecologia, Faro, Portugal, 3-5 de dezembro de 1998. **Revista de Biologia**, v.17, p.217-227, 1999.
- MUNNS, R. Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypoteses. **Plant, Cell and Enviroment**, v. 16, 1993.
- MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, v. 25, p. 239-250, 2002.
- NOBLE, C. L. ROGERS, M. E. **Arguments for the use of physiological criteria for improving the salt tolerance in crops**. *Plant Soil*. V. 46, p. 99-107. 1992.

NOLTE, K. D.; HANSON, A. D; GAGE, D. A. Proline accumulation and methylation to proline betaine in citrus: Implications for genetic engineering of stress resistance. **Journal of American Society for Horticultural Science**. V. 122, p. 8-13. 1997.

OLIVEIRA, A. C. L. **Forragem hidropônica de milho: alternativa para o desenvolvimento sustentável do agente produtivo**. Fortaleza: Banco do Nordeste, 1998. Apostila.

OLIVEIRA, L. A. A.; BARRETO, L. P.; BEZZERA NETO, E.; SANTOS, M. V. F.; COSTA, J. C. A. Solutos orgânicos em genótipos de sorgo forrageiro sob estresse salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 1, p. 31-35, jan. 2006.

OLIVEIRA; J. M.; GOMIDE, J. A. Efeitos do método e densidade de semeadura e da adubação com fósforo e micronutrientes sobre a introdução de siratro e centrosema em pastagens de capim gordura. In: 11 Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. **Anais**, p. 339-340. 1974.

PAZ, V. P. S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Eng. Agríc. Ambiental**, v. 4, n. 3., set./dez., 2000.

PEDREIRA, M. E.; ROMANO, A.; TOMSIC, D.; LOZADA, M.; MALDONADO, H. Massed and spaced training build up different components of long-term habituation in the crab *Chasmagnathus*. **Anim. Learn. Behav**, v. 26, p. 34-45, 1998.

PESCOD, M. B. **Wastewater treatment and use in agriculture**. Rome: FAO, 1992.

PIMENTEL, C. **Metabolismo de carbono na agricultura tropical**. Seropédia: Rio de Janeiro, p. 150, 1998.

PINTRO, J. C. **Nutrição mineral de plantas**. Maringá, Universidade Estadual de Maringá: PGA, 2004, (apostila).

POMPÊO, M. L. M. **Culturas hidropônicas, uma alternativa não uma solução**. Anais Sem. Reg. Ecol., São Carlos, SP, 8: 73-80, 1996.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. UNESP. Jaboticabal, 2006, (apostila).

RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H., QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996, p. 39. (Boletim Técnico, 100).

RAMOS, G. M.; ITALIANO, E. C.; LEITE, G. G.; MELO, F. B.; RIBEIRO, V. Q. Doses de fósforo na produção de gramíneas forrageiras em solos ácidos e de baixa fertilidade da região meio-norte do Brasil. **Pasturas Tropicais**, v. 19, n. 3, p. 24-27, 1997.

- REIS, M. S.; SOARES, A. A.; SOARES, P. C.; CORNÉLIO, V. M. O. **Absorção de N, P, K, Ca, Mg e S pelo arroz irrigado influenciado pela adubação nitrogenada.** *Ciência Agrícola*, Lavras, v.29, p. 707-713, jul./ago., 2005.
- RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils.** Washington: United States Salinity Laboratory. (USDA. Agriculture handbook, 60). 1954.
- RUBIO, J.; SCHNEIDER, I. A. H. **Plantas aquáticas: adsorventes naturais para a melhoria da qualidade das águas.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003. (XIX Prêmio Jovem Cientista).
- SALT, D. E.; SMITH, R. D.; RASKIN, I. Phytoremediation. Annual review of plant physiology. **Plant Molecular Biology**, The Netherlands, v.49. p. 643-668, 1998.
- SAMONTE, S. O. P. B.; WILSON, L. T.; MEDLEY, J. C.; PINSON, S. R. M.; MC-CLUNG, A. M.; LALES, J. S. Nitrogen utilization efficiency: relationships with grain yield, grain protein, and yield-related traits in rice. **Agron Journal**, v. 98, p. 168-176, 2006.
- SARRUGE, J. R. Soluções nutritivas. **Summa Phytopathologica**, v. 1, n. 3, p. 231-233, 1975.
- SIDDIQI, M. Y.; GLASS, A. D. M. Utilisation index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilisation efficiency in plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 4, p. 289-302, 1981.
- SILVA, F. C. Da (Org). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS: Campinas: EMBRAPA-CNTIA, p. 370, 1999.
- SILVA, J. V.; LACERDA, C. F.; COSTA, P. H. A.; ENÉAS-FILHO, J.; GOMES-FILHO, E.; PRISCO, J. T. **Respostas fisiológicas do *Sorghum Bicolor* ao estresse salino.** Disponível em: <http://sbbq.iq.resp.br/arquivos/regional/2002/cdresumo/estendido/064.pdf>>. Acesso em: 12/04/2008.
- SILVA JÚNIOR, C. D.; PASSOS, E. E. M. GHEYI, H. R. Aplicação de água salina no desenvolvimento e comportamento fisiológico do coqueiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n.1, p. 39-44, 2002.
- SOTOMAYOR-RÍOS, A. JULIÁ, F.; ARROYO-AGUILÚ, J. A. Effects of harvest intervals on the yield and composition of 10 forage grasses. **J. Agric. Univ. Puerto Rico**, v. 58, n 4, p. 448-455, 1974.
- SOUZA, A.; MORAES, M. G.; RIBEIRO, R. C. L. F. Gramíneas do cerrado: carboidratos não-estruturais e aspectos ecofisiológicos. **Acta bot. bras.**, v. 19, n. 1, p. 81-90, 2005
- SPERLING, von, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias - Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de**

esgotos, Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMG, v.1, 243p. 1996.

SRIVASTAVA, A. K.; AMBASHT, R. S.; RAJU, K.; KUMAR, R. Enhancing effect of pollution on dry matter, nitrogen and phosphorus accumulation in water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in river Ganga at Varanasi. **Indian Journal of Forest**, v. 17, p.279-283, 1994.

STOUT, P. Micronutrient needs for plant growth. **Proceedings of the Ninth Annual California Fertilizer Conference**, 9, p. 21-23, 1961.

SWIADER, J. M.; CHYAN, Y.; FREIJI, F. G. Genotypic differences in nitrate uptake and utilization efficiency in pumpkin hybrids. **Journal of Plant Nutrition**, v. 17, n. 10, p. 1687-1699, 1994.

TOMAZ, M, A.; MARTINEZ, H. E. P.; CRUZ, C. D.; FERRARI, R. B.; PEREIRA, A. A.; SAKIYAMA, N. S. Eficiência de absorção, translocação e uso de cálcio, magnésio e enxofre por mudas enxertadas de *Coffea arabica*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n.5, p.885-892, 2003.

TRIPATHI, B. D.; SHUKLA, S. C. Biological treatment of wastewater by selected aquatic plants. **Environ. Poll.**, v. 69, p. 69-78, 1991.

VICENTE, O. BOSCAIU, M.; NARANJO, M. A.; ESTRELLES, E.; BELLÉS, J. M.; SORIANO, P. Responses to salt stress in the halophyte *Plantago crassifolia* (Plantaginaceae). ELSEVIER. **Journal of Arid Environments**, v. 58, p. 463-481, 2004.

WERNER, J. C.; QUAGLIATO, J. L.; MARTINELLI, D. Ensaio **de fertilização do colômbio com solo do “Nordeste”**. Boletim da Indústria Animal, Nova Odessa, v. 24, n. (único), p. 159-167, 1967.

WERNER, J. C. **Estudo sobre a nutrição mineral de alguns capins tropicais**. Piracicaba, 1971. 95 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Querióz, Universidade de São Paulo.

WERNER, J. C. **Adubação de pastagens**. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1986. (Boletim Técnico, 18).

WERNER, J. C.; HAAG, H. P. Estudos sobre a nutrição mineral de alguns capins tropicais. **Boletim da Indústria Animal**, v. 29, n. 1, p. 191-245, 1972.

YANG, Y. W.; NEWTON, R. J.; MILLER, F. R. Salinity tolerance in Sorghum. I. Whole Plant Response to Sodium Chloride in *S. bicolor* and *S. halepense*. **Crop. Sci**, v. 30, p. 775-781, 1990.

YAHYA, A. Salinity effects on growth and on uptake and distribution of sodium and some essential mineral nutrients in sesame. **Journal of Plant Nutrition**, v. 21, n. 7, 1998.

ZHU, J. K. Salt and drought stress signal transduction in plants. **Annual Review of Plant Biology**. V. 53, p. 247-273. 2002.