

PEDRO RODRIGUES DE OLIVEIRA

**APLICAÇÃO DE CRÔMIO VIA ÁGUA RESIDUÁRIA DE CURTUME EM
SOLO CULTIVADO COM CAPIM MOMBAÇA (*Panicum Maximum* CV.)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2010

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

T

O48a
2010

Oliveira, Pedro Rodrigues de, 1966-

Aplicação de crômio via água residuária de cultura em solo cultivado com capim mombaça (*Panicum maximum* cv.) / Pedro Rodrigues de Oliveira. – Viçosa, MG, 2010. xiv, 59f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Orientador: Antonio Teixeira de Matos.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 49-59.

1. Águas residuais - Aspectos ambientais. 2. Impacto ambiental. 3. Resíduos industriais. 4. Meio ambiente. 5. Irrigação com águas residuais. 6. *Panicum maximum* - Irrigação. 7. Poluição industrial - Controle. 8. Curtumes. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 628.3

PEDRO RODRIGUES DE OLIVEIRA

APLICAÇÃO DE CRÔMIO VIA ÁGUA RESIDUÁRIA DE CURTUME EM SOLO CULTIVADO COM CAPIM MOMBAÇA (*Panicum Maximum* CV.)

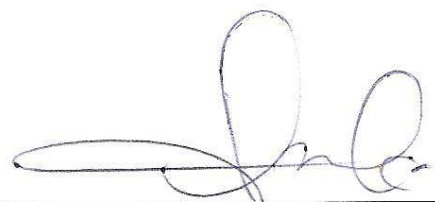
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 28 de julho de 2010.


Paola Alfonsa Vieira Lo Mônico


Marcos Alves de Magalhães


Roberto Precci Lopes


Paulo César de Lima


Antonio Teixeira de Matos
(Orientador)

À minha esposa Damiana.
Aos meus filhos Carlos André e Maria Eduarda.
À minha mãe Joaquina.
Ao meu pai Ernesto Rodrigues de Oliveira (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

A Deus, Pai e Criador, pelo dom da vida.

Ao professor Antonio Teixeira de Matos, pela valiosa orientação e pelo acompanhamento, mesmo à distância.

À professora Conceição Aparecida Previero, pela coorientação e pelo incentivo nos momentos difíceis.

Ao professor Alisson Carraro Borges, pela coorientação na pesquisa.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização do curso.

À Universidade Luterana do Brasil – Centro Universitário Luterano de Palmas, pela iniciativa de oferecer o mestrado integrado (MINTER) em parceria com a UFV.

A todos os professores da Universidade Federal de Viçosa, que se dispuseram vir a Palmas-TO para ministrar as aulas.

Ao Instituto Natureza do Tocantins (NATURATINS), pela flexibilização do meu horário de trabalho e pelo auxílio financeiro.

Ao Governo do Estado do Tocantins, através da Secretaria Estadual de Ciência e Tecnologia, pelo auxílio financeiro oferecido no âmbito do Programa de Apoio à Pós-Graduação *Stricto Sensu*.

Ao Curtume Nacional, pela gentileza em fornecer a água residuária utilizada no experimento.

Ao Osmar, Gilson e Paulo, funcionários do Centro Universitário Luterano de Palmas, pela ajuda na montagem do experimento.

Aos colegas do curso de pós-graduação em Engenharia Agrícola, pelo convívio e pela amizade.

Ao colega José Geraldo, pelo auxílio nos cálculos, na compreensão e tabulação dos resultados das análises laboratoriais.

Aos estagiários Rafael e Bruno, pelo auxílio na condução do experimento em campo.

A Simão, técnico do laboratório do Departamento de Engenharia Agrícola, pela realização de todas as análises laboratoriais.

Ao professor Cecon e ao José Maria, pelo auxílio na elaboração dos cálculos estatísticos.

Ao professor Daniel, da UNITINS, pela ajuda nos cálculos estatísticos, na interpretação dos dados e demais orientações.

A Júlio Delvaux, pela valiosa colaboração no encaminhamento das amostras para o Laboratório de Solos.

A Sônia do Carmo Almeida, pelo auxílio na busca de materiais de consulta junto à biblioteca do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

PEDRO RODRIGUES DE OLIVEIRA, filho de Joaquina Barreto de Oliveira e Ernesto Rodrigues de Oliveira (*in memoriam*), nasceu em Arraias, TO, no dia 4 de novembro de 1966.

Em março de 1992, iniciou o curso de Engenharia Ambiental na Fundação Universidade do Tocantins, concluindo-o em dezembro de 1996.

Em fevereiro de 2008, iniciou o curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, na área de concentração em Recursos Hídricos e Ambientais, na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa de dissertação em julho de 2010.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE QUADROS	viii
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMO	xi
ABSTRACT	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Aplicação de águas residuárias na agricultura	4
2.1.1. Histórico do tratamento de águas residuárias por disposição no solo	5
2.1.2. Possíveis alterações nas características físicas e químicas do solo em função da aplicação de águas residuárias	6
2.1.2.1. Matéria orgânica no solo	8
2.1.2.2. Nitrogênio orgânico no solo	9
2.1.2.3. Concentração de metais pesados no sistema solo-planta-percolado	11
2.2. Características das águas residuárias de curtume	11

Página

2.3. Poluição ambiental com cromo	13
2.4. Espécies vegetais fertirrigadas com águas residuárias	16
2.5. Capim mombaça (<i>Panicum maximum</i> cv.)	17
3. MATERIAIS E MÉTODOS	20
3.1. Estação experimental	20
3.2. Análises químicas dos solos	21
3.3. Análises físicas e químicas da água residuária	22
3.4. Preparo do solo utilizado nos vasos e plantio do capim	23
3.5. Tratamentos aplicados	24
3.6. Delineamento experimental e análise estatística dos dados	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1. Caracterização da água residuária utilizada no experimento	28
4.2. Alterações químicas no solo após a fertirrigação com água residuária de curtume (ARC).....	28
4.3. Produtividade de matéria seca	30
4.4. Produtividade de proteína bruta	33
4.5. Estado nutricional do capim mombaça	38
4.6. Contaminação do solo e da planta com cromo	43
5. RESUMO E CONCLUSÕES	47
REFERÊNCIAS	49

LISTA DE QUADROS

		Página
1	Características físicas, químicas e bioquímicas das águas residuárias de curtumes.....	13
2	Características químicas do solo utilizado no experimento	22
3	Resultado da análise física e química da água residuária de curtume	23
4	Doses dos nutrientes ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) contidos na água residuária de curtume, de acordo com as lâminas aplicadas	26
5	Caracterização química do solo coletado após o período de aplicação da água residuária da indústria do curtume em diferentes doses	29
6	Valores médios de matéria seca, em função das doses de aplicação da ARC	30
7	Produtividade de matéria seca ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em função da dose de crômio ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) aplicada ao solo via água residuária	32
8	Valores médios da produtividade de proteína bruta, em função das doses de aplicação da ARC	34
9	Teor de proteína bruta ($\text{dag}\cdot\text{kg}^{-1}$) em função da dose aplicada de crômio ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) ao solo via água residuária	36

Página

10	Produtividade de proteína bruta ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em função da concentração de cromo aplicado ao solo ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) via água residuária.....	38
11	Teor de macronutrientes ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e sódio presente nas folhas do capim mombaça submetido a diferentes doses de aplicação de ARC	39
12	Teor de alguns macro e micronutrientes e Cr nas folhas do capim mombaça submetido a diferentes doses de aplicação de ARC, em três cortes	42
13	Valores médios de cromo removidos do solo pelo capim mombaça	43

LISTA DE FIGURAS

		Página
1	Vista geral da casa de vegetação implantada	21
2	Esquema de distribuição dos tratamentos nas parcelas experimentais	25
3	Produtividade de matéria seca, parte aérea do capim mombaça em três cortes em função da dose de aplicação da ARC	32
4	Teor de proteína bruta nas folhas do capim mombaça, em três cortes, em função da dose de ARC aplicada	35
5	Produtividade de proteína bruta pelo capim mombaça submetido à aplicação de diferentes doses de Cr, aplicadas via ARC	37
6	Detalhe da deficiência nutricional da planta que não recebeu água residuária	40
7	Vista do capim mombaça após o primeiro corte	45
8	Detalhe do capim, após o segundo corte	46

RESUMO

OLIVEIRA, Pedro Rodrigues, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2010. **Aplicação de crômio via água residuária de curtume em solo cultivado com capim mombaça (*Panicum Maximum CV.*)**. Orientador: Antonio Teixeira de Matos. Coorientadores: Alisson Carraro Borges e Conceição Aparecida Previero.

A pressão sobre os recursos naturais, em especial os recursos hídricos, tem exigido o desenvolvimento de formas alternativas de tratamento dos efluentes, sendo que a disposição no solo por intermédio da fertirrigação tem sido considerada bastante viável. Com a fertirrigação, possibilita-se o aproveitamento dos nutrientes existentes nas águas residuárias, proporcionando incremento na produtividade agrícola, sendo uma ferramenta de controle ambiental importante, uma vez que, mesmo tratados de forma convencional, os efluentes lançados em corpos hídricos trazem problemas para os ecossistemas aquáticos e, em segundo plano, para os seres humanos. A aplicação de águas residuárias na agricultura requer, no entanto, conhecimentos técnicos acerca das características da água residuária, dos vegetais cultivados e do solo, também o uso deve ser planejado, controlado e bem manejado a fim de que sejam evitadas a contaminação das águas subterrâneas e alterações prejudiciais nas propriedades e características físicas e químicas do solo. Nesse sentido, no presente trabalho, objetivou-se

avaliar os efeitos da fertirrigação com água residuária de curtume (ARC) no solo e no capim mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça). Para a condução dos trabalhos, montou-se um experimento em casa de vegetação, onde o capim foi plantado em vasos, em esquema de delineamento inteiramente casualizado, constituído de seis tratamentos e quatro repetições. No tratamento T₁, o solo recebeu irrigação com água limpa e adubação completa (NPK + calagem), nos tratamentos T₂, T₃, T₄, T₅ e T₆ o solo recebeu adubação completa (NPK + calagem) e foi fertirrigado com ARC em lâminas de 44, 103, 147, 294 e 441 mm, respectivamente, aplicada utilizando-se um regador manual. Foram realizados 3 cortes no capim para quantificação da produtividade de matéria verde e seca e para quantificação dos teores de nutrientes e cromo nas folhas. Os teores de macronutrientes e do metal cromo no solo foram quantificados no início e final do experimento. As taxas de aplicação crescentes da ARC proporcionaram aumento na condutividade elétrica do solo, quando comparado ao que foi obtido no tratamento testemunha, além de pequeno incremento no pH e nas concentrações de P_{disponível} e K_{disponível}. Não ocorreram alterações na concentração de matéria orgânica e Cr_{disponível} no solo. A análise das folhas indicou aumento nos teores de nitrogênio e, apesar de ter sido observado alto coeficiente de variação dos dados, ocorreu pequena alteração na concentração de cromo na parte aérea das plantas.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Pedro Rodrigues, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2010. **Application of chromium via tannery wastewater in soil cultivated with grass mombaça (*Panicum Maximum CV.*)**. Adviser: Antonio Teixeira de Matos. Co-advisers: Alisson Carraro Borges and Conceição Aparecida Previero.

The pressure on natural resources, especially water, has required the development of alternative forms of treatment of effluent, with the provision in the soil through fertigation has been considered quite feasible. With fertigation, allows to use the nutrients available in wastewater, providing an increase in agricultural productivity, and an important tool for environmental control, since, even if treated conventionally, the effluents discharged into water bodies bring problems to the aquatic ecosystems, and the background to humans. The application of wastewater in agriculture requires, however, technical knowledge about the characteristics of the wastewater, of plants grown and soil, also the use must be planned, controlled and well managed so that avoidance of groundwater contamination and adverse changes in properties and physical and chemical characteristics of soil. Accordingly, the present study aimed to evaluate the effects of irrigation with tannery wastewater (ARC) in soil and the grass *Panicum maximum* (*Panicum maximum* cv. Mombasa). To conduct the work, was set up an experiment in a greenhouse where grass was planted in pots in a randomized design scheme, consisting of six treatments and four

replications. In T₁, the soil was irrigated with clean water and complete fertilization (NPK + lime) in treatments T₂, T₃, T₄, T₅ and T₆ soil received complete fertilizer (NPK + lime) and was fertilized with 44 of ARC on slides, 103, 147, 294 and 441 mm, respectively, applied using a watering guide. Three cuts were carried out on the grass to quantify the productivity of fresh and dry and to quantify the levels of nutrients and chromium in the leaves. The macronutrient and metal chromium in soil were quantified at the beginning and end of the experiment. The increasing application rates of ARC promoted increased soil electrical conductivity when compared to what was obtained in the control treatment, and slight increase in pH and concentrations of available P and exchangeable K. No changes in concentration of organic matter and Cr in the soil. There was an increase in grass productivity with increasing applied dose of ARC. Analysis of leaves showed increased levels of nitrogen and, although it was observed high coefficient of variation of data, little change in the concentration of chromium in the shoots.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico de uma nação está vinculado ao seu grau de industrialização que, por sua vez, está associado à geração de impactos positivos e, ou, negativos ao meio ambiente. Dentre os impactos negativos, podem ser citados aqueles provocados por lançamentos de resíduos sólidos e líquidos provenientes dos processos de transformação da matéria prima nas diversas atividades industriais.

Os resíduos agroindustriais são gerados no processamento de alimentos, fibras, couro, madeira, produção de açúcar e álcool, dentre outros. São constituídos pelas sobras de processo, descartes e lixo provenientes de embalagens, lodos de sistemas de tratamento de águas residuárias, além do lixo gerado em refeitórios, pátio e escritório da agroindústria. As águas residuárias são geradas na lavagem do produto, escaldamento, cozimento, pasteurização, resfriamento e lavagem do equipamento de processamento e das instalações (MATOS, 2007a).

Dentre as atividades citadas, pode se afirmar que o processamento de peles bovinas (curtumes) está entre os mais importantes, considerando-se o grau de impacto por ele proporcionado ao meio ambiente (MATOS, 2007a; JORDÃO et al., 1999). Para Dallago e Smaniotto (2005), parte considerável desse couro é perdida na forma de “serragens” e “aparas” que devem ser descartadas em aterros especiais, para evitar a lixiviação do crômio para o meio ambiente.

Em estados em que a atividade econômica está baseada na agropecuária, como o é o caso do Tocantins, pode-se afirmar que a agroindústria de processamento de peles é uma das mais importantes, não só em relação ao valor agregado ao couro, mas, sobretudo devido ao grau de comprometimento ambiental dela decorrente. Para Yendo (2002), os efluentes líquidos de curtumes representam grande fonte de preocupação ambiental, devido ao seu grande potencial poluidor, determinado tanto por suas características qualitativas quanto pelo grande volume em que sempre é gerado.

O Brasil possui o maior rebanho comercial bovino do mundo, estimado em 204,5 milhões de cabeças, sendo o maior exportador mundial de couros bovinos (KOPKE; MAUCH, 2009). O estado do Tocantins possui um rebanho superior a 7,5 milhões de cabeças (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA – IBGE, 2006) e possui atualmente cinco curtumes em funcionamento, processando somente o produto pré-fabricado denominado *wet-blue*. O couro *wet-blue* é aquele curtido com crômio, que o torna de coloração azulada, e processado até o estágio de curtimento que permite o armazenamento por longos períodos em estado úmido, sem que o material se decomponha (FREITAS, 2006). Durante o processamento, a pele é tratada com produtos químicos tais como hidróxido de sódio, hidróxido de amônio, tenso-ativos não iônicos, bactericidas, enzimas proteolíticas, cal hidratada, sulfeto de sódio, cloreto de amônio, sulfato de amônio, ácido sulfúrico, ácido fórmico e sais de crômio (MARTINES, 2009). Atualmente, os efluentes líquidos provenientes das diversas etapas do processamento de peles passaram a ser reciclados ou tratados em separado em estação de tratamento de efluentes, gerando em média 4,5 kg (base seca) de diferentes lodos por pele processada (CLAAS; MAIA, 1994). Isso propiciou, segundo Oliveira et al. (2008), uma redução na concentração do metal crômio no efluente gerado.

Uma medida de controle ambiental que vem sendo praticada atualmente em grande escala para tratamento de efluentes de empreendimentos agroindustriais é a disposição no solo por intermédio da fertirrigação. Essa prática tem sido cada vez mais freqüente em diversos países e também no Brasil, trazendo como benefício o aproveitamento, por parte da cultura, dos nutrientes presentes no efluente, bem como a

preservação dos cursos d'água que deixarão de receber essas cargas poluentes. Porém, para Alcântara e Camargo (2001a), a utilização agrícola desses resíduos que se dá, muitas vezes, sem nenhum critério, torna preocupantes os riscos de contaminação ambiental, especificamente no que se refere à água subterrânea.

O problema mais significativo e associado à indústria de curtume é a contaminação do solo e da água subterrânea pelo crômio hexavalente, cátion muito tóxico e que é mutagênico e carcinogênico (SALA et al., 1995). Esse cátion é também muito solúvel e, por esta razão, se movimenta em velocidades próximas à da água em percolação. O crômio trivalente, ao contrário, apresenta toxicidade relativamente baixa, permanecendo imóvel em ambientes moderadamente alcalinos e levemente ácidos (FACHIN et al., 2006). Segundo Araújo et al. (2008), a adição de resíduos de curtume pode elevar a concentração de sais no solo, sobretudo quando o material disposto é o lodo da etapa de processamento denominada caleiro, o qual é rico em cálcio e sódio.

Com a realização do presente trabalho objetivou-se, de forma geral, avaliar os efeitos da fertirrigação com água residuária de curtumes no solo e no capim mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça). Para o cumprimento do objetivo geral, foram estabelecidos, ainda, os seguintes objetivos específicos:

- Avaliar as alterações químicas no solo proporcionadas pela aplicação de diferentes doses de ARC;
- Avaliar a produtividade e a concentração de N, P e K nas folhas do capim mombaça fertirrigado com a ARC;
- Avaliar os níveis de contaminação do solo e do capim mombaça com crômio, sob diferentes doses de água residuária de curtume (ARC).

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Aplicação de águas residuárias na agricultura

A agricultura é atividade humana em que mais se consome água, sendo, pois necessária a urgente adoção de procedimentos tecnológicos e econômicos para otimizar o uso da água, melhorar a eficiência na sua aplicação, proporcionar ganhos de produtividade baseados na resposta da cultura à aplicação de água e outros insumos, sem que se comprometa a disponibilidade e a qualidade do recurso (PAZ et al., 2000).

Nas regiões áridas e semi-áridas, a água se tornou fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola. Mesmo áreas com recursos hídricos abundantes, mas insuficientes para atender às demandas elevadas, experimentam conflitos de uso e sofrem restrições de consumo que afetam o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida (HESPANHOL, 2008).

Estudos demonstraram que, nos próximos anos, a situação global das reservas hídricas tenderá a crises tanto no aspecto quantitativo quanto no qualitativo, caso não sejam implementadas ações que visem à flexibilização da gestão dos recursos hídricos nos seus diferentes potenciais usos (SILVA et al., 2008).

A aplicação de água residuária no solo resolve, em parte, um dos problemas, que é o tratamento dos efluentes (FERREIRA, 2008), porém a disposição descontrolada no solo pode causar expressiva poluição de aquíferos e do próprio solo, quando os efluentes são depositados ou utilizados

em fertirrigação e, ou, como insumo agrícola (CASTILHOS et al., 2001), sem obedecer a critérios técnicos.

A aplicação de água residuária de curtume no solo pode ser benéfica no que se refere às características químicas, porém, há que se ter cautela. Alvarez-Bernal et al. (2006) estudaram as alterações ocorridas no solo fertirrigado por cerca de 25 anos com água de um rio que recebia água residuária de curtume sem tratamento e observaram que, embora aparentemente não tenham ocorrido impactos desfavoráveis em diversas características de solo e na biomassa microbiana, houve inibição na oxidação de NO_2^- , o que indica que o funcionamento biológico do solo pode ter sido afetado.

A recomendação para o descarte de resíduos no meio ambiente deve ser precedida de estudos detalhados nos efeitos decorrentes da adsorção de íons pela fração coloidal do solo e da mobilidade desses íons no perfil (ALCÂNTARA; CAMARGO, 2001a).

2.1.1. Histórico do tratamento de águas residuárias por disposição no solo

Há evidências da utilização de sistemas de aplicação de águas residuárias em áreas agrícolas desde os tempos da civilização ocidental, na antiga Atenas. Em 1910, em Berlim, Alemanha, eram tratados cerca de $310.000 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$ de esgoto doméstico e as principais culturas fertirrigadas eram o centeio, o trigo, a cevada, a aveia, o milho, a batata, a beterraba e a cenoura. Também eram cultivadas forrageiras para pastejo de bovinos. Parte do efluente de sistemas de tratamento por disposição no solo abastecia tanques de piscicultura que, em 1910, cobriam uma área de 16 ha (FONSECA, 2005; SANTOS, 2004).

No Brasil, existem registros de tratamento de esgoto por disposição no solo, pelo método de escoamento superficial e da utilização de águas residuárias diversas na fertirrigação de culturas agrícolas (MATOS et al., 2003; QUEIROZ et al., 2004; FONSECA, 2005; DRUMOND et al., 2006; MATOS et al., 2008; ERTHAL et al., 2010). A partir da década de 1980, as companhias de saneamento em parceria com as universidades brasileiras passaram a

pesquisar essa alternativa de tratamento e fertirrigação, principalmente, de forrageiras (FONSECA, 2005).

Devido à grande quantidade gerada de águas residuárias, sua utilização na agricultura pode ser uma forma efetiva de controle da poluição, aumento na disponibilidade hídrica, trazendo benefícios econômicos, sociais, ambientais e de saúde pública (FERREIRA, 2008), além de economia de fertilizantes. Com isso, uma forma racional é a adoção de tratamentos que usam o solo como meio de depuração de esgotos no qual ocorre a combinação de mecanismos físicos, químicos e biológicos (CORRÊA et al., 2000).

Terada et al. (1985) realizaram estudo para implantação de unidade piloto de tratamento de efluentes domésticos por disposição no solo e concluíram que o sistema é viável para aplicação em grande número de comunidades. Matos et al. (2003) estudaram o tratamento por escoamento superficial de água residuária da lavagem e despolpa de frutos de cafeeiro em rampas cultivadas com três forrageiras de outono-inverno (azevém, aveia preta e milheto) e concluíram que as forrageiras que receberam ARC apresentaram rendimento de matéria seca e de proteína bruta muito próximos aos obtidos com a aplicação de água de boa qualidade, complementada com adubação convencional, o que, segundo os autores, torna a aplicação da ARC no solo opção interessante sob o ponto de vista econômico e ambiental.

2.1.2. Possíveis alterações nas características físicas e químicas do solo em função da aplicação de águas residuárias

Segundo Bernardo et al. (2008), a qualidade da água para aplicação no solo deve ser analisada em relação a cinco variáveis básicas: concentração total de sais, proporção relativa de sódio em relação a outros cátions, concentração de carbonatos e bicarbonatos, concentração de elementos tóxicos e aspectos sanitários.

A principal consequência do aumento na concentração de sais solúveis no solo é a elevação do potencial osmótico da água. Em razão da facilidade e rapidez de determinação, a condutividade elétrica (CE) passou a ser o procedimento padrão para expressão da concentração total de sais para a

classificação e diagnose das águas destinadas à aplicação no solo (BERNARDO et al., 2008).

A água, quando salina, traz dois tipos de problemas: um direto, que é a deposição e acúmulo de sais no solo, com a evaporação da água e, ou, consumo pelas plantas; e outro indireto, acarretado pela redução na disponibilidade de água para as plantas, em decorrência do incremento no potencial osmótico, que vem a afetar a produtividade das culturas. Para que sejam evitadas essas perdas de rendimento, é necessário que os sais sejam mantidos numa concentração inferior àquelas que afetariam o rendimento das plantas, para isso, um manejo adequado dessas águas é fundamental (MORAIS et al., 1998).

Em relação ao solo, deve-se analisar riscos de diminuição na permeabilidade e do potencial de salinização do solo, o que pode ser monitorado por meio da condutividade elétrica, a Razão de Adsorção de Sódio (RAS) em extrato da pasta de saturação do solo e a Porcentagem de Sódio Trocável (PST).

Lo Mônaco et al. (2009) avaliaram as alterações químicas do solo, provocadas pela aplicação de águas residuárias da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro e concluíram que a aplicação da água residuária, além de fornecer nutrientes, proporcionou lixiviação geral de macronutrientes e aumento do pH no perfil do solo, em todas as doses avaliadas.

Erthal et al. (2010) avaliaram os efeitos da aplicação da água residuária de bovinocultura (ARB) sobre as propriedades físicas e químicas de um Argissolo Vermelho Eutrófico e concluíram que não ocorreu salinização no perfil do solo, embora a porcentagem de argila dispersa em água tenha aumentado, o que conduziu à conclusão de que a aplicação continuada de ARB pode proporcionar riscos de redução na permeabilidade do solo.

O pH é um índice que caracteriza o grau de acidez ou alcalinidade de um ambiente. No caso da aplicação de águas residuárias no solo, o pH pode ser severamente alterado, criando desequilíbrios nutricionais e/ou disponibilização de íons tóxicos (AYERS; WESTCOT, 1991).

2.1.2.1. Matéria orgânica no solo

A matéria orgânica do solo pode ser definida, em sentido amplo, como organismos vivos, resíduos de plantas e animais pouco ou bem decompostos, que variam consideravelmente em estabilidade, susceptibilidade ou estágio de alteração. Nos solos tropicais, os atributos físico-químicos da matéria orgânica são essenciais para a manutenção da saúde dos ecossistemas dos quais fazem parte (SILVA et al., 1999).

A matéria orgânica produz muitos benefícios para o solo, melhorando suas propriedades químicas, físicas e biológicas. Apesar dos aspectos extremamente relevantes relacionados à sua dinâmica, pode-se dizer que no Brasil os estudos sobre o tema são incipientes. Isso se deve, em parte, a complexidade e dificuldade em estudar a matéria orgânica e suas macromoléculas constituintes.

A matéria orgânica, viva ou morta, além da proteção mecânica contra os danos causados pela água, é agente de importância na formação e estabilização dos agregados do solo, base essencial, juntamente com os poros, na formação da estrutura do solo. Segundo Bastos et al. (2005), substâncias orgânicas podem favorecer o aumento da estabilidade de agregados, reduzindo, de acordo com seu grau de hidrofobicidade, a velocidade de infiltração de água nos agregados.

A matéria orgânica afeta diretamente as características biológicas do solo, pois atua como fonte de carbono, energia e nutrientes para os microrganismos quimioautotróficos e, através da mineralização de N e S orgânico atua como fonte de energia aos microrganismos quimioautotróficos. Também a presença de crômio no solo inibe a mineralização do nitrogênio (MIELNICZUK, 1999; ALCÂNTARA et al., 2007).

A maior parte dos resíduos vegetais, quando chegam ao solo, é rapidamente transformada, podendo ainda sofrer adsorção pela fração mineral ou transformação bioquímica por meio do processo genericamente conhecido como humificação. Tanto a mineralização como a humificação são dependentes da atividade biológica.

As diferentes frações de carbono orgânico humificado do solo apresentam características químicas, físicas e morfológicas distintas e a

distribuição dessas frações pode indicar a qualidade da matéria orgânica do solo, que depende de condições adequadas de pH, temperatura, umidade, disponibilidade de nutrientes, que favorecem o desenvolvimento de microrganismos (LIMA, 2004; COSTA et al., 2009).

O solo é um sistema aberto e concentra resíduos orgânicos de origem vegetal, animal e os produtos das transformações destes resíduos; a vegetação é a principal responsável pela deposição de materiais orgânicos no solo. O tipo de vegetação e as condições ambientais são fatores que determinam a quantidade e a qualidade do material que se deposita no solo, influenciando a heterogeneidade e a taxa de decomposição do material depositado na superfície (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002). A decomposição destes materiais depende dos processos de transformação da matéria orgânica pelos microrganismos do solo, por meio dos quais se pode mensurar a qualidade do solo, determinando-se os valores do carbono da biomassa microbiana (SPARLING, 1992).

A produtividade em sistemas agrícolas de subsistência ou de baixos insumos depende do fornecimento de nutrientes provenientes da mineralização da matéria orgânica do solo. Portanto, a quantidade e a qualidade da matéria orgânica são duas variáveis fundamentais associadas à sustentabilidade da produção agropecuária de subsistência (GALVÃO et al., 2005).

A quantificação da matéria orgânica de um solo pode ser feita utilizando-se vários métodos. Silva et al. (1999) realizaram estudos comparativos com cinco métodos de análise e concluíram que os métodos de calcinação (mufla 250 e 500°C) superestimam, enquanto o método adotado nos laboratórios do Brasil (Walkley-Black) subestima os teores de matéria orgânica do solo. Os mesmos autores citam que o método do pirofosfato se mostrou adequado para amostras com teores de matéria orgânica acima de 2,95 dag·kg⁻¹.

2.1.2.2. Nitrogênio no solo

O nitrogênio é componente essencial de aminoácidos e proteínas, de ácidos nucléicos, de hormônios e clorofila, dentre os compostos orgânicos

essenciais à vida das plantas, além de ser um dos nutrientes mais extraídos pelas plantas (LAVRES JÚNIOR, 2001).

O ciclo do nitrogênio terrestre compreende o solo, plantas e animais que contêm quantidades relativamente pequenas de nitrogênio biologicamente ativo, em comparação com a grande disponibilidade de nitrogênio relativamente inerte na litosfera e atmosfera, o qual exerce influência significativa na dinâmica global do ciclo biogeoquímico de nitrogênio. O nitrogênio orgânico, adicionado ao solo via resíduos, pode sofrer diversas transformações (amonificação, nitrificação e desnitrificação), com envolvimento de várias populações de microrganismos (McNEILL; UNKOVICH, 2007).

Yagi et al. (2009) avaliaram a mineralização potencial e líquida do nitrogênio orgânico em solos e relacionaram este processo à disponibilidade de nitrogênio para as plantas, concluindo que as quantidades de nitrogênio potencialmente mineralizáveis obtidas com a incubação aeróbia refletiram na mineralização e na disponibilidade de nitrogênio em longo prazo. Além disso, afirmaram que a incubação anaeróbia de curta duração pode ser utilizada para o cálculo da estimativa do nitrogênio potencialmente mineralizável do solo.

Os resíduos da indústria de processamento de peles podem ser utilizados como fonte para suprimento de nitrogênio para as plantas. Oliveira et al. (2008) procederam estudo de retirada do Cr^{3+} presente no resíduo de curtume, objetivando a utilização do colágeno como fonte nitrogenada e concluíram que a aplicação do colágeno supriu a necessidade de nitrogênio para plantas de capim-elefante, semelhantemente à adubação com nitrogênio mineral. Concluíram, também, que o colágeno apresentou-se como boa fonte nitrogenada alternativa para o crescimento do capim-elefante, quando aplicado em doses de até $16 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Barajas-Aceves e Dendooven (2001), também observaram aumento na concentração de nitrogênio em solos de regiões semi-áridas do México, que receberam aplicações de lodo de curtume contendo cromo. Por outro lado, Alvarez-Bernal et al. (2006), ao estudarem solos agrícolas que receberam águas residuárias de curtumes durante 25 anos, verificaram inibição na oxidação de NO_2^- , o que indica que o funcionamento biológico do solo pode ter sido afetado.

2.1.2.3. Concentração de metais pesados no sistema solo-planta-percolado

A preocupação com o nível de metais pesados no ambiente advém da capacidade de sua retenção pelo solo, na sua movimentação no perfil deste, da possibilidade de atingirem o lençol freático e, sobretudo, da sua absorção pelas plantas, podendo atingir, assim, a cadeia alimentar. Nos seres vivos, tais elementos reagem com ligantes presentes em membranas, o que, muitas vezes, lhes conferem propriedades de bioacumulação na cadeia alimentar, persistindo no ambiente e provocando distúrbios nos processos metabólicos (FIALHO, 2003).

Embora alguns metais pesados sejam essenciais para permitir o funcionamento normal de algumas rotas metabólicas, se ingeridos em grandes quantidades passam a ser tóxicos (MOREIRA, 2008), razão porque torna-se necessário o monitoramento de sua disponibilidade no solo.

2.2. Características das águas residuárias de curtume

As águas residuárias de curtumes caracterizam-se por apresentarem elevado pH, alta carga orgânica, grande quantidade de sólidos suspensos (pêlos e carcaças) intensa cor, grande dureza, elevadas concentrações de sulfetos, crômio, sódio e areia, solo, gordura e sangue. Elas são turvas, esbranquiçadas (devido à aplicação de cal) e também podem apresentar, em solução, sulfeto de sódio, cloreto de sódio, aminoácidos e albumina, presentes em decorrência dos tratamentos químicos a que o couro é submetido (MATOS, 2010). O efluente de curtume tem um potencial tóxico muito elevado quando despejado sem tratamento em corpos receptores. Um fato que colabora para a sua toxicidade é a grande quantidade de produtos químicos que são utilizados nas diversas etapas do processamento do couro (BEAL, 2004). No Quadro 1 estão apresentadas algumas características físicas, químicas e bioquímicas de águas residuárias de curtumes.

Pereira e Lima (2007), em estudo realizado para verificação da qualidade da água subterrânea de uma área localizada próxima a um antigo lixão e a um curtume, constataram alterações nas concentrações de crômio

trivalente, demandas química e bioquímica de oxigênio (DBO e DQO), amônia, nitrogênio total e fósforo, sólidos suspensos e dissolvidos, dos cátions sódio, potássio, magnésio e cálcio e dos ânions cloreto e sulfato, estando os valores obtidos muitas vezes acima dos limites fixados na legislação ambiental.

Embora nos despejos de curtumes predominem os compostos de crômio trivalente, dependendo de algumas variáveis características do corpo receptor, a oxidação de Cr^{3+} a Cr^{6+} pode ser favorecida, colocando em risco a fauna, a flora e a população que utilizam estas águas (JORDÃO et al., 1999).

O descarte de efluentes de curtumes no meio ambiente, especificamente em cursos d'água, só poderá ocorrer mediante a passagem deste por um sistema de tratamento. Técnicas eletroquímicas como a eletrodialise têm sido largamente usadas no tratamento de diversos tipos de efluentes, principalmente nos que contém metais pesados. Esta técnica apresenta, como principal vantagem, a possibilidade do aproveitamento do efluente tratado no processo (XAVIER, 2006).

Jordão et al. (1999) investigaram a remoção quantitativa de Cr^{6+} , presente em quantidade elevada, e de matéria orgânica em amostras sintéticas representativas de efluentes de curtume, fazendo uso da fotocatalise heterogênea e concluíram que este processo pode ser aplicado no polimento final de efluentes industriais com significativas concentrações de material orgânico e de Cr^{6+} . Concluíram, também, que as fases de redução e oxidação da fotocatalise heterogênea possuem melhor desempenho quando a fonte luminosa é o sol, visto que as constantes cinéticas obtidas mostraram resultados mais elevados quando a radiação ultravioleta foi de origem solar.

Streit (2006) estudou a aplicação da fotoeletrooxidação e da eletrodialise no tratamento de efluentes de curtume e concluiu que os resultados dessa associação de tecnologias ao tratamento convencional de efluente de curtume mostraram uma redução de mais de 87% nas variáveis avaliadas, como DQO, DBO_5 , sólidos totais, nitrogênio e fósforo, entre outros. Segundo Korzenowski (2007), a purificação de banhos de crômio hexavalente contaminados por meio da técnica de eletrodialise é possível, desde que cuidados como o controle do pH e a escolha da membrana adequada sejam efetuados.

Quadro 1 – Características físicas, químicas e bioquímicas das águas residuárias de curtumes

Variável	Intervalo encontrado
pH	8,4 – 11,8
DBO (mg L ⁻¹)	532 – 1.500
DQO (mg L ⁻¹)	2.500 – 3.500
Materiais em suspensão (mg L ⁻¹)	2.490 – 21.530
Oxidabilidade (mg L ⁻¹)	246 – 2.300
N _{Total} (mg L ⁻¹)	190 – 260
N _{Amoniacal} (mg L ⁻¹)	65 – 216
Cloreto (mg L ⁻¹)	400 – 3.200
Sulfato (mg L ⁻¹)	246 – 1.650
Sulfeto (mg L ⁻¹)	40 – 303
Substâncias graxas (mg L ⁻¹)	154 - 976

Fonte: Foresti (1973).

2.3. Poluição ambiental com crômio

Os metais pesados são conjuntos de elementos químicos e suas formas iônicas que apresentam densidade elevada (maior que 6,0 kg dm⁻³) e pertencem aos grupos de transição e não-transição da tabela periódica de elementos químicos (OLIVEIRA; MATTIAZZO, 2001).

O crômio é usado na produção de ligas (aço inox) e outros produtos especializados, na fabricação de tijolos refratários, na indústria têxtil, fotográfica e de vidros, na manufatura de ácido crômico e como pigmentos e agentes tânicos para couro. A concentração média na crosta terrestre é de 100 mg·kg⁻¹, sendo normal encontrar no solo de 2 a 60 mg·kg⁻¹. Sedimentos de material rico em Cr podem conter acima de 665 mg·kg⁻¹ do elemento químico, enquanto em vegetais terrestres as concentrações podem ser de 0,1 a 45,2 mg·kg⁻¹, com média de 2,7 mg·kg⁻¹ (MATOS, 2007).

O crômio ainda não teve sua essencialidade comprovada para os vegetais, mas, no caso de seres humanos, a ingestão recomendada de crômio trivalente (Cr³⁺) é de 10 a 40 µg·dia⁻¹ para crianças de menos de 7 anos e de

50 a 200 $\mu\text{g}\cdot\text{dia}^{-1}$ para os demais. Entretanto, há de se ter cuidado com a contaminação ambiental com este elemento químico porque o Cr^{3+} pode ser carcinogênico a animais e seres humanos, com DL_{50} variando de 1.900 a 3.300 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (MATOS, 2007a).

Compostos de cromato (Cr^{6+}) são mais tóxicos do que os de crômio trivalente (Cr^{3+}), pois o cátion cromato é muito mais solúvel e penetra facilmente através da membrana celular, possuindo ação tóxica aguda nos vegetais e animais, por ser forte agente oxidante. O Cr^{6+} possui efeito carcinogênico e letal, com DL_{50} variando de 50 a 100 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Nessas condições pode causar câncer no trato digestivo e nos pulmões, podendo causar, também, dermatites e úlceras na pele e nas narinas. Em níveis de 10 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de massa corporal, o Cr^{6+} pode causar necroses no fígado, nefrites e morte e, em níveis inferiores, podem causar irritações na mucosa gastrointestinal (MATOS, 2007a).

A poluição do meio ambiente por metais pesados, em especial o crômio, não ocorre somente em locais onde são desenvolvidas atividades de processamento de peles. A poluição por metais pode ocorrer em sítios onde se desenvolve indústrias de galvanoplastia e até mesmo próximos a aterros sanitários. Segundo consta na Resolução CONAMA 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, o limite máximo de crômio em efluentes a serem lançados em corpos hídricos é de 0,5 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (BRASIL, 2005).

Jordão et al. (1999) realizaram estudo para verificar o nível de contaminação em sistemas aquáticos fluviais próximos a indústrias de curtimento de couros e concluíram que as águas dos mananciais adjacentes a essas indústrias estavam contaminadas por crômio e com presença de material em suspensão.

Rodrigues (2007) avaliou a ocorrência de metais pesados em ambiente fluvial sob influência de curtumes, tentando identificar sua origem, distribuição e mobilidade potencial e conclui que, mesmo não sendo detectado nos peixes, o considerável aumento no teor de crômio nos sedimentos do trecho inferior da

bacia sugeriu a possibilidade de ocorrerem, localmente, outros efeitos prejudiciais à biota aquática.

Atualmente, para a remediação de ambientes contaminados com Cr^{6+} , tem sido proposta a utilização de microrganismos (CERVANTES et al., 2001, citados por CONCEIÇÃO et al., 2007).

A forma crômio trivalente é a predominantemente encontrada no lodo gerado no tratamento primário das águas residuárias de curtume. Essa forma de crômio é fortemente adsorvida pelas caulinitas e montmorilonitas em condições de pH de solo menor que 3,6. Acima do pH 5,5, o elemento químico poderá formar óxidos e hidróxidos estáveis de baixíssima solubilidade (RAY et al., 1989 e RUTLAND, 1991, citados por CAVALLET et al., 2007). Os compostos orgânicos podem complexar o Cr^{3+} em pH acima de 5,5, fazendo com que o metal continue solúvel, até que encontre condições para que ocorra sua precipitação. As formas não complexadas precipitam quase que completamente como $\text{Cr}(\text{OH})_3$, hidróxido de baixa solubilidade, em valores de pH entre 5,5 e 12,0 (RAY et al., 1989, citados por CAVALLET et al., 2007).

Os lodos residuais da indústria curtumeira podem ter o solo como uma via de descarte e ao mesmo tempo melhorar suas características de fertilidade pela reciclagem de nutrientes. Vários trabalhos comprovam a eficiência de resíduos de curtume como bons fertilizantes e corretivos da acidez do solo. Assim, aplicações bem monitoradas no solo possibilitam sua utilização agrícola sem proporcionar acúmulo de crômio no solo (KONRAD; CASTILHOS, 2001; SELBACH et al., 1991; CASTILHOS, 1998).

As plantas diferem na sua habilidade em retirar, acumular e tolerar metais pesados. Diferenças marcantes podem ocorrer entre as espécies, entre variedades de uma mesma espécie e também nos tecidos da planta. Assim, as plantas apresentam diferente grau de susceptibilidade aos metais pesados e respondem seus efeitos por diferentes mecanismos, dependendo do tipo e concentração do íon e da espécie e estágio de desenvolvimento da planta (SANTOS et al., 2006).

Araújo et al. (2008) avaliaram as alterações químicas no solo e crescimento de plantas de milho após aplicação de lodo de curtume e fosfato natural e constataram que a concentração total de crômio no solo ficou abaixo de $1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ em todos os tratamentos, valor este muito inferior ao valor de

intervenção ($150 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de peso seco) indicado pela Resolução CONAMA n.º 420/2009 (BRASIL, 2010). Cavallet et al. (2007) avaliaram a concentração de cromo em solo cultivado com sorgo, planta e no percolado após a aplicação de dois tipos de lodo gerados no tratamento primário de água residuária de curtume e concluíram que a maior concentração de cromo ocorreu nas raízes da planta. Konrad e Castilhos (2001), em trabalho com aveia e tratamento com adição de cromo mineral, também não constataram significativa translocação deste metal para a parte aérea das plantas.

2.4. Espécies vegetais fertirrigadas com águas residuárias

Matos et al. (2003), objetivando selecionar espécies para serem utilizadas como cobertura vegetal em rampas de tratamento de águas residuárias por escoamento superficial, submetem as forrageiras azevém comum, aveia preta e milheto à aplicação de águas residuárias da despolpa de frutos de cafeeiro (ARC) sob uma taxa de $250 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ de DBO_5 e concluíram que o azevém se mostrou mais adequado para ser utilizado em rampas de tratamento de ARC por disposição sobre o solo, pois apresentou maior rendimento acumulado de matéria seca e proteína bruta, maior número de cortes, maior período de utilização, rápida recuperação após o corte, boa cobertura do solo e ocorrência de poucas plantas invasoras.

Matos et al. (2008) estudaram o desempenho do capim tifton 85 (*Cynodon* spp.), cultivados em Sistemas Alagados Construídos (SACs) submetidos a diferentes taxas de aplicação de carga orgânica (TCOs), proporcionadas pela aplicação de misturas de águas residuárias da indústria de laticínios (ARL) com água de manancial e concluíram que o capim tifton 85 se adaptou bem aos SACs, apresentando bom enraizamento, alta produtividade e grande capacidade de remover nutrientes (N, P e K) e sódio da ARL.

Brasil et al. (2005) avaliaram o desempenho de quatro sistemas alagados construídos cultivados com taboa no tratamento de esgoto doméstico e concluíram que o efluente apresenta grande potencial para o uso em fertirrigação de culturas agrícolas.

Drumond et al. (2006) estudaram o comportamento do tifton 85 quando fertirrigado com diferentes lâminas de água residuária da suinocultura e

concluíram que houve efeito significativo das doses de água residuária em relação à produção de matéria seca pré-pastejo, ocorrendo acréscimos de produção com o aumento das doses da água residuária.

Queiroz et al. (2004) avaliaram o efeito da aplicação de água residuária da suinocultura (ARS) em rampas, nas características químicas do solo e na capacidade de remoção de nutrientes por quatro espécies forrageiras (quicuío da Amazônia, braquiária, coastcross e tifton 85); e constataram que ocorreu o aumento de P, K, Na e Zn no solo cultivado com as gramíneas forrageiras, enquanto as concentrações de Mg e Cu reduziram e as de cálcio mantiveram os mesmos valores.

Fonseca et al. (2001) determinaram os teores de proteína bruta e fósforo na forragem verde do capim capim-coastcross cultivado com esgoto doméstico (aplicação de 0,24 e 0,36 m³.h⁻¹.m⁻¹) e constataram que estes foram maiores que os encontrados no mesmo capim que recebeu água “limpa”. Constataram, também, que as concentrações de Ca, Mg e K nas folhas do capim cultivado em rampas que receberam esgoto doméstico não diferiram das obtidas nas rampas que receberam água “limpa”.

2.5. Capim mombaça (*Panicum maximum* cv.)

A introdução de capins originários das regiões tropicais do continente africano em regiões de pecuária no Brasil sempre foi revestida de grande importância; e cada vez mais assume destaque pelo fato deles apresentarem boa adaptação às condições edáficas dos solos brasileiros e às condições climáticas semelhantes ao seu centro de origem, como também por serem a base principal do fornecimento de alimento para o rebanho (LAVRES JÚNIOR, 2001).

A espécie *Panicum maximum* sempre esteve em destaque no Brasil, por ser uma forrageira altamente produtiva, de ótima qualidade e adaptada a várias regiões do país. Os primeiros exemplares desta espécie, introduzidos no Brasil, vieram da África Ocidental nos navios negreiros, onde eram utilizados como cama para os escravos, e uma vez aqui, se alastraram rapidamente, dando origem à primeira cultivar, o Colômbio (JANK, 1995). Após isso, um grande número de cultivares foi lançado como Tobiatã, Tanzânia, Centenário,

Mombaça, Vencedor, Massai, entre outros. Todas essas cultivares foram lançadas com a mesma recomendação de utilização do capim-colonião, a cultivar inicialmente introduzida e mais tradicional e conhecida da espécie. Contudo, existem diferenças morfológicas, fisiológicas e fenológicas entre cultivares que devem ser criteriosamente estudadas para determinação de combinações entre frequência e intensidade de pastejo específicas para cada planta forrageira.

O capim Mombaça foi lançado no Brasil em 1993, pela Embrapa, no Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (JANK et al., 1994; JANK, 1995). É um cultivar de alta produtividade, apresenta elevada porcentagem de folhas, principalmente no período de seca, destacando-se, também, por apresentar menor estacionalidade de produção do que o cultivar Colonião (MÜLLER et al., 2002).

Müller et al. (2002) realizaram estudo para avaliar a produtividade do capim mombaça e concluíram que a produção de matéria seca durante a primavera foi maior do que durante o inverno. Concluíram, também, que houve aumento na produção de matéria seca de capim mombaça, com o aumento da temperatura mínima, bem como do período de descanso e da área foliar inicial.

Corrêa et al. (1997) estudaram quatro cultivares de *Panicum maximum* (Tanzânia 1, Mombaça, Vencedor e T21), submetidos a doses de fósforo aplicadas no plantio, o cultivar Mombaça foi o mais produtivo, seguido pelo T21 e do Tanzânia-1, ao passo que o cultivar Vencedor foi o menos produtivo.

O *Panicum maximum* é uma gramínea que possui alta produção de massa seca, tolerância a pragas e enfermidades, além de apresentar alto valor nutritivo (VALLEJOS et al., 1989).

Pinto et al. (1994) realizaram estudos para avaliar a taxa de expansão foliar do *Panicum maximum* cv. Guiné e *Setaria anceps* cv. Kazungula cultivadas com nitrogênio e concluíram que o capim-Guiné apresentou mais lenta emissão de folhas e menor número de folhas em crescimento simultâneo em cada colmo. Para o capim-Setária, a emissão de folhas foi mais intensa com maior número de folhas crescendo simultaneamente em cada colmo, porém sendo a duração do crescimento e as taxas de expansão foliar menores, resultando em folhas menores em relação ao capim-Guiné. Silva (2010), em estudo realizado com o capim mombaça na região do Cerrado do Tocantins,

verificou uma tendência de decréscimo na concentração de nitrogênio nas folhas do capim no último corte, o qual apontou como possível causa a maior velocidade de expansão foliar do capim no período de verão que, por conseguinte, proporcionou diluição da proteína bruta na folha.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Estação experimental

O experimento foi realizado na área experimental do Departamento de Recursos Hídricos da Engenharia Agrícola do CEULP-ULBRA, em Palmas-TO, latitude 10°12'46"S, longitude 48°21'37"W, em altitude de 230 metros e clima segundo a classificação de Köepen Cw, mesotérmico, com estação seca e chuvosa definidas. Foi desenvolvido em casa de vegetação telada, de 5,0 m x 4,0 m, não climatizada (Figura 1). Nela foi instalada uma linha de derivação para captação de água de rede, para irrigação do capim.

No planejamento do experimento optou-se pelo capim mombaça para ser a cultura receptora da água residuária devido o mesmo exigir solo fértil, profundo, bem drenado, clima quente e precipitação anual superior a 1.000 mm. Sob o aspecto físico, o solo escolhido, latossolo, atende essas exigências. No aspecto climático, o recomendável também foi atendido, pois o clima de Palmas-TO é quente e a precipitação média anual está em torno de 2.600 mm. Com isso, efetuaram-se as correções em relação ao aspecto químico, em especial em relação à fertilidade do solo. Para tanto, realizou-se a correção do pH, a adubação e a aplicação da água residuária de curtume, objeto desta pesquisa.

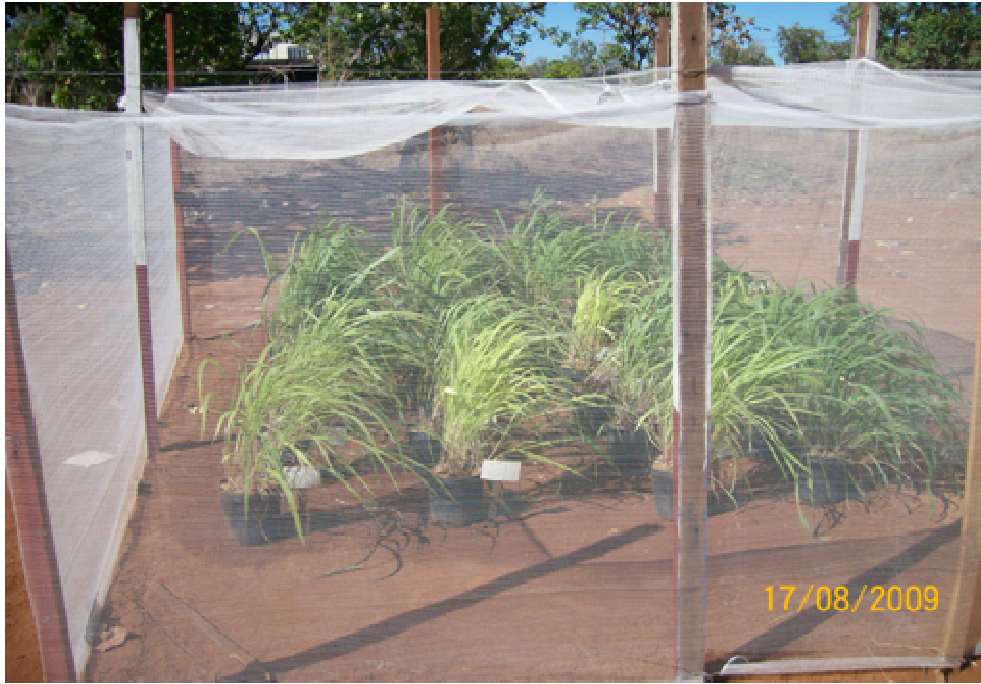


Figura 1 – Vista geral da casa de vegetação implantada.

O material de solo utilizado no experimento foi coletado na camada arável (0-20 cm). Procedeu-se a coleta de amostras do solo da camada arável em uma área de cerrado virgem, portando sem registro de utilização agrícola anterior. O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico, segundo o sistema de classificação de solos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (1997). Os pontos amostrais foram definidos formando “zig-zag” ao longo de uma área de 0,50 ha. As amostras simples de solo coletadas foram, posteriormente, misturadas formando uma amostra composta.

3.2. Análises químicas dos solos

Após a coleta, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Fertilidade do Solo e Física do Solo, do DPS/UFV, respectivamente para análises químicas e físicas, obedecendo-se metodologia proposta pela Embrapa (1997). No laboratório, foram determinados as seguintes variáveis: pH em água, matéria orgânica, nitrogênio total, fósforo, cromo e potássio

disponíveis, cálcio, magnésio e alumínio trocáveis; além da acidez potencial (Quadro 2).

Quadro 2 – Características químicas do solo utilizado no experimento

Atributo	Unidade	Profundidade de 0 – 20 cm
pH		5,13
P	mg dm ⁻³	1,10
K		9,00
Cr		N.D.
N _{Total}	dag kg ⁻¹	0,13
M.O.		4,13
Ca ²⁺	cmol _c dm ⁻³	0,15
Mg ²⁺		0,03
Al ³⁺		0,19
H + Al		9,20

pH em água (1:2,5); P, K e Cr: extrator Mehlich 1 e quantificação por fotometria em chama e absorção atômica; N: quantificação utilizando-se o método semi-micro Kjeldahl; M.O.: C.O. x 1,724, sendo C.O. quantificado pelo método Walkley-Black; Ca, Mg, Al: extrator: KCl 1 mol L⁻¹ e determinação por titulometria; e (H+Al): extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol L⁻¹, pH 7,0 e quantificação por titulometria. ND - não detectado.

3.3. Análises físicas e químicas da água residuária

As análises da água residuária foram realizadas nos Laboratórios de Qualidade da Água e de Química dos Resíduos do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade de Viçosa-MG, em conformidade com a metodologia descrita no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA, 2005). As concentrações de micronutrientes e metais pesados foram quantificadas por meio de espectrofotometria por absorção atômica no Laboratório de Espectrofotometria Atômica do DPS/UFV (Quadro 3).

Quadro 3 – Resultado da análise física e química da água residuária de curtume

Variáveis	Resultado
pH	9,04
Cond. Elétrica	21,89 dS·m ⁻¹
DQO	9.240 mg·L ⁻¹
DBO	5.028 mg·L ⁻¹
N _{Total}	1.367 mg·L ⁻¹
N _{Amon}	1.192 mg·L ⁻¹
P _{Total}	2,00 mg·L ⁻¹
Ca _{Total}	153 mg·L ⁻¹
Mg _{Total}	275 mg·L ⁻¹
K _{Total}	52 mg·L ⁻¹
Cr _{Total}	3,40 mg·L ⁻¹
Na _{Total}	9.812 mg·L ⁻¹
Al _{Total}	ND
Fe _{Total}	ND
Cu _{Total}	ND
Mn _{Total}	ND
Zn _{Total}	ND
Cd _{Total}	ND
Pb _{Total}	ND
Ni _{Total}	ND

ND – não detectado.

3.4. Preparo do solo utilizado nos vasos e plantio do capim

Para o preparo do solo dos vasos, foi utilizado calcário dolomítico na proporção de 2,5 t·ha⁻¹ (PRNT 85%), objetivando elevar a 6 o pH do solo. A adubação foi realizada utilizando-se a formulação NPK 4-14-8, na proporção de 50 kg·ha⁻¹, conforme orientações do órgão de extensão rural do Estado do Tocantins. Os solos foram acondicionados em vasos de 5 L e o plantio do capim mombaça feito por semente, num total aproximado de 30 sementes por vaso.

Decorrido um período de 18 dias após o plantio, efetuou-se um desbaste nos vasos, deixando-se 12 mudas de capim em cada um deles. Os

vasos foram dispostos em fileiras distanciadas por 1 metro e com 0,50 m entre eles, na fileira. A água utilizada para efetuar a irrigação das plantas foi proveniente de um poço tubular profundo o qual abastece todas as instalações do Centro Universitário Luterano de Palmas.

A água residuária utilizada na fertirrigação das plantas foi proveniente de um curtume no qual ocorre o processamento de peles em nível *wet blue*, localizado no município de Porto Nacional, TO. A água residuária do curtume (ARC) foi armazenada em um reservatório de PVC, com capacidade de 0,35 m³, instalado próximo ao local do experimento e ao abrigo da luz.

3.5. Tratamentos aplicados

Com base na composição química da água residuária (3,4 mg·L⁻¹ de crômio), foram estabelecidas as taxas de aplicação da ARC: T₁: 0 kg·ha⁻¹ de crômio, T₂: 1,5 kg·ha⁻¹ de crômio, T₃: 3,0 kg·ha⁻¹.de crômio, T₄: 5,0 kg·ha⁻¹ de crômio, T₅: 10 kg·ha⁻¹ de crômio e T₆: 15 kg·ha⁻¹ de crômio (Figura 2). Com base nisso, as lâminas de água residuária aplicadas foram 44, 103, 147, 294 e 441 mm, respectivamente para os tratamentos T₂, T₃, T₄, T₅ e T₆. No Quadro 3 estão apresentadas as cargas de macro e micronutrientes aplicadas ao solo, de acordo com as doses de ARC aplicadas.

A aplicação da água residuária foi feita utilizando-se de um regador manual, onde se buscava propiciar o contato da água residuária com as folhas do capim, simulando-se a aplicação utilizando-se sistemas de aspersão. A primeira dose de água residuária foi aplicada 20 dias após o plantio do capim e as aplicações subseqüentes foram feitas uma vez por semana.

Para definir a quantidade de água a ser aplicada e garantir o conteúdo de água adequado para atingir a capacidade de campo, considerou-se um volume de 50% de poros no solo de cada vaso e que a capacidade de campo do solo correspondia a 50% de ocupação desses poros com água. Assim, a determinação foi feita por meio da pesagem de todos os vasos, anotando-se a massa inicial de cada um. Em seguida, adicionou-se água de rede, objetivando preencher 50% do volume de poros do vaso, ou seja, 1,25 litros de água. Após esse procedimento, pesou-se novamente os vasos, determinando-se a massa

final de cada vaso. Agindo desta forma, procurou-se manter o solo com conteúdo de água próximo ao da capacidade de campo, com a aplicação diária da água de rede de distribuição de água e semanal da água residuária.

0,0 kg.ha ⁻¹ de Cr	15,0 kg ha ⁻¹ de Cr	1,5 kg ha ⁻¹ de Cr	5,0 kg ha ⁻¹ de Cr	3,0 kg ha ⁻¹ de Cr	10,0 kg ha ⁻¹ de Cr
5,0 kg ha ⁻¹ de Cr	0,0 kg ha ⁻¹ de Cr	3,5 kg ha ⁻¹ de Cr	1,5 kg ha ⁻¹ de Cr	10,0 kg ha ⁻¹ de Cr	15,0 kg ha ⁻¹ de Cr
1,5 kg ha ⁻¹ de Cr	10,0 kg ha ⁻¹ de Cr	15,0 kg ha ⁻¹ de Cr	3,5 kg ha ⁻¹ de Cr	0,0 kg ha ⁻¹ de Cr	5,0 kg ha ⁻¹ de Cr
15,0 kg ha ⁻¹ de Cr	5,0 kg ha ⁻¹ de Cr	10,0 kg ha ⁻¹ de Cr	0,0 kg ha ⁻¹ de Cr	1,5 kg ha ⁻¹ de Cr	3,5 kg ha ⁻¹ de Cr

Figura 2 – Esquema de distribuição dos tratamentos nas parcelas experimentais.

Os vasos com as plantas foram irrigados duas vezes ao dia, pela manhã e à tarde, porém nos meses de agosto e setembro, devido à baixa umidade relativa do ar onde o volume evapotranspirado era muito grande, sendo necessário irrigá-los também ao meio dia. Na aplicação da água residuária e da água limpa em cada vaso levou-se em conta a massa dos conjuntos de vasos que era restabelecida pelo menos duas vezes por dia, adicionando-se só água da rede de abastecimento público, seguida ou não da aplicação de água residuária. Nos vasos submetidos aos tratamentos T₂, T₃, T₄, T₅ e T₆ foram aplicados os seguintes volumes totais de água residuária: 1,45 L; 3,43 L; 4,85 L; 9,71 L e 14,56 L, respectivamente. Esses volumes foram divididos em 10 aplicações semanais, durante o período de 24 de junho a 07 de setembro de 2009. As menores lâminas de ARC (44, 103 e 147 mm), foram aplicadas de uma só vez, enquanto as maiores lâminas (294 e 441 mm) foram aplicadas em duas e três vezes respectivamente, ao longo do mesmo dia.

O primeiro corte do capim ocorreu após a quarta aplicação da ARC, o segundo corte ocorreu após a sétima aplicação e o último corte, dois dias após a décima aplicação.

Após cada corte, as amostras de capim foram pesadas e, em seguida, levadas para secagem em estufa com recirculação de ar e sob temperatura de 65°C, onde permaneceram por 72 horas. Decorrido esse tempo, o capim foi novamente pesado, sendo posteriormente retirada uma nova amostra de aproximadamente de 5 g de cada material, que foi moída, acondicionada em saco plástico e enviada para análise no Laboratório de Solo e Resíduos Sólidos do DEA/UFV.

Ao final do experimento, procedeu-se outra coleta de amostra composta de solo, sendo homogeneizado todo o solo contido nos vasos de igual tratamento, perfazendo-se, assim, um total de seis amostras compostas. As análises efetuadas foram as mesmas realizadas no solo antes da aplicação da ARC e fertirrigação, seguindo-se idênticos métodos de análise, sendo que a análise da condutividade (CE), foi realizada no extrato da pasta de saturação, obtida na proporção de 1:5.

Quadro 4 – Doses dos nutrientes ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) contidos na água residuária de curtume, de acordo com as lâminas aplicadas

Nutrientes	Lâminas (mm)				
	44	103	147	294	441
K	22,80	54,00	76,42	153,00	229,43
N	600,60	1.420,85	2.009,07	4.022,29	6.031,37
P	0,88	2,08	2,94	5,88	8,82
Ca	67,30	159,03	224,86	450,19	675,05
Mg	120,80	285,83	404,17	809,17	1.213,34
Cr	1,50	3,50	5,00	10,0	15,00
Na	4.311,30	10.198,50	14.420,60	28.871,07	43.290,90

3.6. Delineamento experimental e análise estatística dos dados

O delineamento experimental usado foi o inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições e cinco doses de crômio. Na análise estatística, os dados foram analisados utilizando-se o programa de estatística SAEG 9.1 (UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV, 2006) para realização da análise de variância (Anova) e, posteriormente, as médias foram comparadas utilizando-se o teste de Dunnett, com 5% de significância, sendo ajustados modelos de regressão para massa verde e massa seca como função da dose de Cr, estabelecendo-se um nível de significância de 5% de probabilidade para os coeficientes.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização da água residuária utilizada no experimento

As características físicas e químicas da água residuária de curtume utilizada indicam elevada concentração de matéria orgânica e nitrogênio, bem acima da faixa típica para esse tipo de água residuária, que é de $1.500 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ e de $260 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ respectivamente (MATOS, 2007). Essa elevada concentração de matéria orgânica está certamente relacionada aos procedimentos de reciclagem da água tanto da linha de crômio quanto da linha de caleiro, prática que vem sendo adotada atualmente pelas empresas de curtimento de peles. Em relação ao fósforo, os valores encontrados indicam que essa água residuária tem grande viabilidade de ser utilizada para fertirrigação de culturas agrícolas. O valor do pH 9,04, alcalino, é decorrente da operação de retirada dos pêlos (caleiro) onde se adiciona a cal, bem como da aplicação de outros produtos químicos como sulfetos e aminas, além da salga do couro, que proporcionam aumento no pH da água residuária (Quadro 3).

4.2. Alterações químicas no solo após a fertirrigação com água residuária de curtume (ARC)

Foram realizadas análises laboratoriais para determinação de propriedades químicas do solo. No Quadro 5 estão apresentados os resultados

de análise química do solo coletado em cada parcela experimental, após a aplicação dos tratamentos.

Quadro 5 – Caracterização química do solo coletado após o período de aplicação da água residuária da indústria do curtume em diferentes doses

Tratamentos kg.ha ⁻¹ de Cr	N (dag.kg ⁻¹)	P (mg.dm ⁻³)	K (mg.dm ⁻³)	Cr (mg.dm ⁻³)	pH	CE (dS.m ⁻¹)	MO (mg.dm ⁻³)
0	0,10	6,1	106	N.D.	6,76	0,085	4,61
1,5	0,09	3,5*	45*	N.D.	6,59	0,126*	4,48
3,0	0,10	2,3*	41*	N.D.	6,76	0,135*	4,09
5,0	0,10	2,3*	39*	N.D.	6,56	0,152*	4,09
10,0	0,11	2,1*	42*	N.D.	6,38	0,234*	4,35
15,0	0,11	3,1*	38*	N.D.	6,46	0,236*	4,48

Em cada variável, médias que diferiram do tratamento controle pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

Com base nos resultados obtidos (Quadro 5), observa-se que algumas variáveis diferiram significativamente ($P < 0,05$) das obtidas no tratamento controle em que não foi aplicada a ARC. No caso do fósforo e do potássio disponíveis, observou-se influência negativa, ou seja, decréscimo na concentração no solo após a aplicação da ARC, isso ocorreu, possivelmente, em decorrência da intensiva absorção pelas plantas proporcionada com a aplicação da ARC.

Em relação à condutividade elétrica, verificou-se que a adição de sais presentes na ARC proporcionou aumento nessa variável, quando comparado aos valores medidos em amostras de solo coletadas no tratamento testemunha. Já em relação ao cromo, devido à grande capacidade de adsorção do mesmo ao solo, ele não foi detectado quando extraído com Mehlich 1, o que indicou que, mesmo nas maiores doses que a capacidade adsorptiva do solo não foi ultrapassada.

Em relação ao teor de matéria orgânica no solo, não foi observada diferença significativa entre os tratamentos de aplicação da ARC, o que comprova que a quantidade de ARC aplicada não foi suficiente para adicionar quantidades apreciáveis de matéria orgânica ao solo e também não ocorreu recomposição.

4.3. Produtividade de matéria seca

Com base na análise de variância, verifica-se que a aplicação de ARC proporcionou maior ($P < 0,05$) produtividade de matéria seca do capim mombaça que no tratamento controle, que não recebeu a ARC (Quadro 6).

Quadro 6 – Valores médios de matéria seca, em função das doses de aplicação da ARC

Tratamentos (kg·ha ⁻¹ de Cr)	Dose de ARC (m ³ ·ha ⁻¹)	Massa verde (kg·ha ⁻¹)	Massa seca (kg·ha ⁻¹)
1.º CORTE			
0	0,0	15.006,1	4.336,4
1,5	454,5	26.903,0	8.106,1
3,0	909,1	44.621,2	14.806,1*
5,0	1.515,2	42.681,8*	14.103,0*
10,0	3.030,3	54.872,7*	16.342,4
15,0	4.545,5	53.942,4*	15.533,3*
2.º CORTE			
0	0,0	7.606,1	2.409,1
1,5	454,5	37.372,7*	10.948,5*
3,0	909,1	56.348,5*	16.403,0*
5,0	1.515,2	60.318,2*	16.630,3*
10,0	3.030,3	80.287,9*	22.303,0*
15,0	4.545,5	58.372,7*	15.045,5*
3.º CORTE			
0	0,0	3.460,6	1.124,2
1,5	454,5	25.000,0	6.036,4*
3,0	909,1	45.151,5*	10.857,6*
5,0	1.515,2	47.803,0*	11.175,8*
10,0	3.030,3	82.424,2*	15.239,4*
15,0	4.545,5	80.530,3*	16.484,9*

* Em cada corte nas colunas as médias diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

A análise de regressão, realizada para que se pudesse verificar o comportamento da produtividade de matéria seca em função da dose de Cr aplicada, indicou resposta quadrática para esta variável (Figura 3), tendo à dose de aplicação de $3.055 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ($10,08 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Cr) no corte 1, de $2.734 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ($9,02 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Cr) no corte 2 e de $3.375 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ($12,46 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de Cr) no corte 3, as que proporcionaram as maiores produtividades de matéria seca.

A maior taxa de aplicação de ARC ($15 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) proporcionou leve estresse nas plantas, o que ficou evidenciado pela redução na produtividade de matéria seca. Esse fato confirma o resultado do trabalho conduzido por Castilhos et al. (2001), que observaram redução de 36% na produtividade de matéria seca total das plantas de soja cultivadas sob doses crescentes de Cr^{3+} . Entretanto, o possível efeito do crômio pode ter sido potencializado pelo maior aporte de sódio ao solo, decorrente da aplicação das doses crescentes de ARC.

Matos et al. (2008), em estudo com capim tifton 85 cultivados em SACs, submetidos à aplicação de água residuária de laticínios, obtiveram uma produtividade estimada de $15,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ de matéria seca, para uma taxa de aplicação de água residuária de $469 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Queiroz et al. (2004) obtiveram produtividade de $17,7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ para o capim tifton 85 fertirrigado com água residuária da suinocultura a uma taxa de aplicação de $800 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$ de DBO. No presente trabalho, a produtividade máxima estimada foi de $22,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, portanto, bem acima dos valores anteriormente citados, isto pode estar relacionado às características do capim mombaça, à água residuária ou mesmo a fatores ligados à luminosidade.

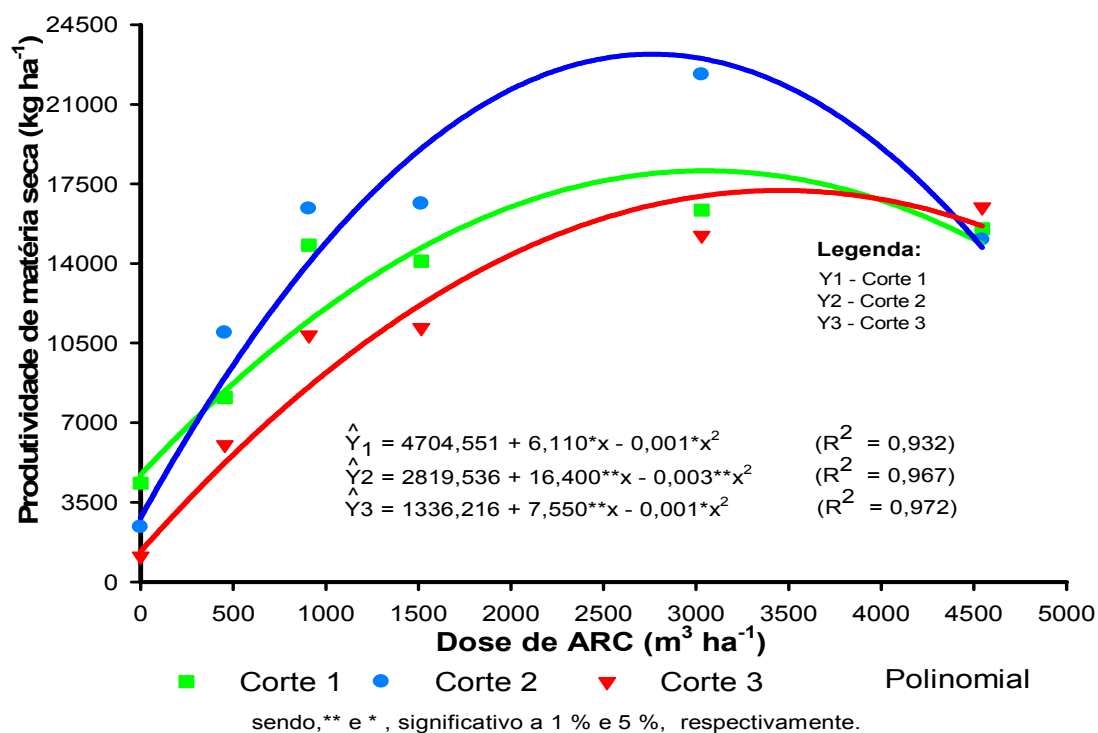


Figura 3 – Produtividade de matéria seca, parte aérea do capim mombaça em três cortes em função da dose de aplicação da ARC.

No Quadro 7 estão apresentadas as equações ajustadas da produtividade de matéria seca do capim mombaça, em função da dose de cromo aplicada ao solo via ARC.

Quadro 7 – Produtividade de matéria seca (kg ha^{-1}) em função da dose de cromo (kg ha^{-1}) aplicada ao solo via água residuária

Corte	Equações Ajustadas	Correlação
1º	$\hat{Y}_1 = 4704,543 + 2655,820*x - 131,898*x^2$	$R^2 = 0,932$
2º	$\hat{Y}_2 = 2819,518 + 4472,619**x - 245,353**x^2$	$R^2 = 0,967$
3º	$\hat{Y}_3 = 1336,212 + 2781,044**x - 121,799*x^2$	$R^2 = 0,972$

Sendo, ** e * , significativo a 1% e 5%, respectivamente

4.4. Produtividade de proteína bruta

A produtividade de proteína bruta do capim mombaça sofreu influência ($P < 0,05$) da interação entre tratamentos e cortes. Os resultados apresentados no Quadro 8 indicam que os conteúdos de proteína bruta obtidos nos tratamentos em que foi aplicada ARC em dose superior ou igual a $3,0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ foram sempre superiores aos obtidos no tratamento testemunha, em todos os cortes. Em termos de percentual de proteína bruta, os valores médios encontrados foram de 9,76% para o capim que foi fertirrigado com ARC e 5,5% para o capim que recebeu somente água da rede de abastecimento. Os valores encontrados nesse trabalho diferem dos encontrados por Mota et al. (1997), que fertirrigaram o capim-elefante com esgoto doméstico, sem citação da dose ou taxa de aplicação, encontraram valores menores (1,45%) para o capim que recebeu água residuária doméstica e 1,49% para o capim que não recebeu água residuária. Os valores encontrados no presente trabalho foram inferiores aos obtidos por Fonseca (2000), que utilizou esgoto doméstico para a fertirrigação de capim-coastcross (*Cynodon dactylon*), nas taxas de aplicação de $0,24$ e $0,36 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$ e encontrou valores de 19,15% no capim que recebeu água residuária doméstica e 11% naquele que recebeu apenas água de rede hidráulica da UFV.

Segundo Rosa e Borges (1987), com o passar do tempo de cultivo das plantas forrageiras normalmente ocorre aumento no teor de matéria seca, em virtude de mudanças em sua composição química, provocando elevação nos teores de fibra bruta (FB) e decréscimo nos teores de proteína bruta (PB). No presente trabalho, verificou-se leve tendência de aumento na produtividade de matéria seca do capim mombaça com a sua idade, já que essa produtividade aumentou do primeiro para o terceiro corte. Estes resultados foram semelhantes aos obtidos por Queiroz Filho et al. (2000) que trabalharam com capim elefante roxo, avaliando a qualidade da forrageira em quatro idades de corte. Os resultados obtidos indicaram que houve diminuição nos teores de proteína bruta e conteúdo celular, enquanto os teores de fibra bruta (FB) aumentaram linearmente à medida que se aumentou a idade das plantas, por ocasião dos cortes.

Quadro 8 – Valores médios da produtividade de proteína bruta, em função das doses de aplicação da ARC

Tratamentos (kg·ha ⁻¹ de Cr)	Dose de ARC (m ³ ·ha ⁻¹)	Proteína bruta (kg·ha ⁻¹)
1.º CORTE		
0	0,0	210,3
1,5	454,5	52,8*
3,0	909,1	1.072,0*
5,0	1.515,2	1.150,8*
10,0	3.030,3	2.505,3*
15,0	4.545,5	2.407,7*
2.º CORTE		
0	0,0	103,6
1,5	454,5	739,0*
3,0	909,1	1.502,5*
5,0	1.515,2	1.503,4*
10,0	3.030,3	2.718,7*
15,0	4.545,5	2.541,2*
3.º CORTE		
0	0,0	83,6
1,5	454,5	407,5*
3,0	909,1	744,8*
5,0	1.515,5	774,5*
10,0	3.030,3	1.245,1*
15,0	4.545,5	1.735,9*

* Em cada corte nas colunas as médias diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

Na Figura 4 estão apresentados os teores de proteína bruta no capim mombaça como função das doses de Cr aplicadas via ARC, tendo sido ajustados três modelos polinomiais de segundo grau para associação entre as referidas variáveis, um para cada corte do capim.

Com base nos valores obtidos nos três cortes, foi possível estabelecer uma relação quadrática entre os teores de PB e as doses de ARC aplicadas, havendo aumento nos teores de PB com o aumento na dose de ARC aplicada. O aumento no conteúdo de PB com a dose de ARC está associado à maior absorção de nitrogênio pelo capim, já que esses teores estão diretamente associados. Resultado semelhante foi encontrado por Corrêa (1996), em estudo realizado com o capim Vencedor, no qual constataram que, nas folhas

pré-expandidas, a concentração de nitrogênio e, conseqüentemente, de PB aumentou linearmente com o incremento de nitrogênio na solução nutritiva.

Sabe-se que os teores de PB inferiores a $7 \text{ dag}\cdot\text{kg}^{-1}$ são limitantes à produção animal, trazendo, como conseqüência, menor consumo voluntário, redução na digestibilidade e balanço nitrogenado negativo (VAN SOEST, 1994, citado por SILVA et al., 2009). Os teores obtidos de PB no capim mombaça obtidos neste trabalho foram superiores aos apresentados por Erthal (2008), que encontrou valor médio de $2,75 \text{ dag}\cdot\text{kg}^{-1}$ no capim Tifton 85, aplicando água residuária de bovinocultura. Os valores encontrados, neste trabalho, quando da aplicação das maiores doses de Cr, via ARC, estão próximos aos obtidos por Menegatti et al. (2002), que encontraram $15 \text{ dag}\cdot\text{kg}^{-1}$.

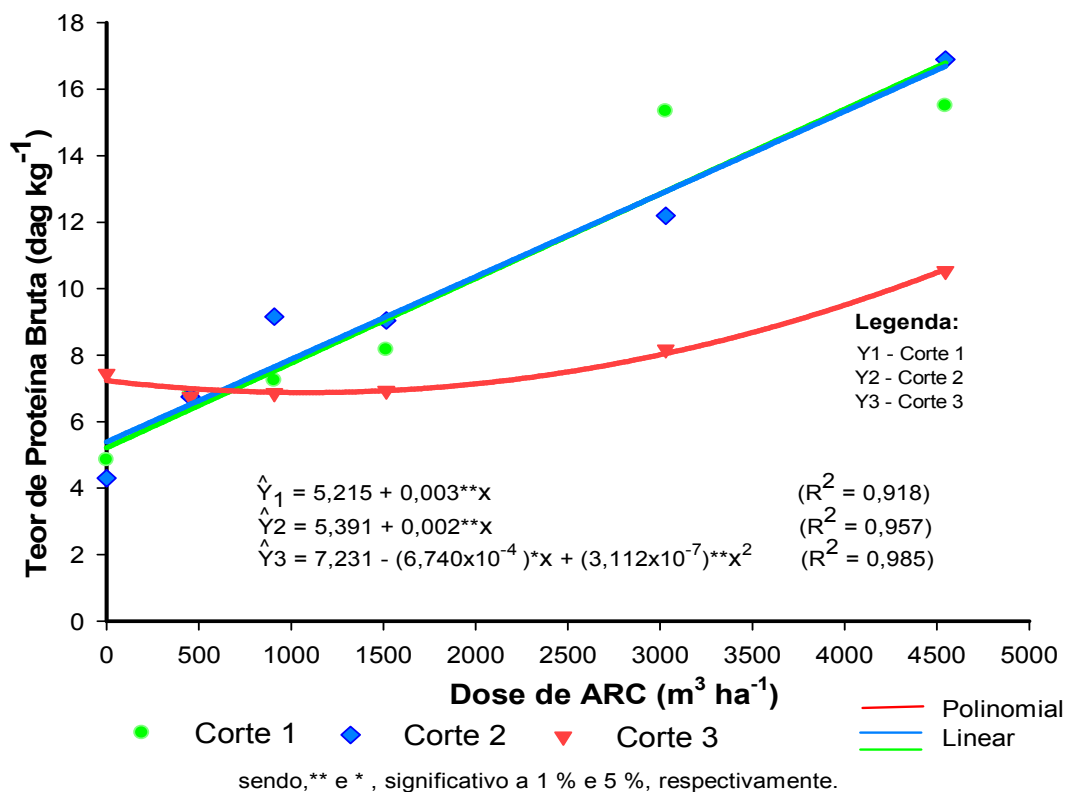


Figura 4 – Teor de proteína bruta nas folhas do capim mombaça, em três cortes, em função da dose de ARC aplicada.

No Quadro 9 estão apresentadas as equações ajustadas para teor de proteína bruta do capim mombaça em função da dose de crômio aplicada ao solo via ARC.

Quadro 9 – Teor de proteína bruta (dag kg⁻¹) em função da dose aplicada de crômio (kg ha⁻¹) ao solo via água residuária

Corte	Equações Ajustadas	Correlação
1º	$\hat{Y}_1 = 5,215 + 0,771^{**}x$	$R^2 = 0,918$
2º	$\hat{Y}_2 = 5,391 + 0,753^{**}x$	$R^2 = 0,957$
3º	$\hat{Y}_3 = 7,231 - 0,204^*x + 0,029^{**}x^2$	$R^2 = 0,985$

Sendo, **, e *, significativo a 1% e 5%, respectivamente

Analisando-se os dados apresentados na Figura 4, verifica-se, também, decréscimo nos teores médios de PB com a idade da planta (época do corte). Sabe-se que teores de PB variam inversamente com a idade de planta, sendo este decréscimo explicado pelas alterações fisiológicas que caracterizam o desenvolvimento das mesmas, havendo mudanças no citoplasma das células com decréscimos nas concentrações de proteínas, lipídios e carboidratos solúveis (COWARD-LORD et al., 1974, citados por ROSA; BORGES, 1987). Por outro lado, Silva et al. (2009), em experimento realizado para caracterização e identificação das frações protéicas do capim mombaça, submetido a quatro doses de nitrogênio, com cortes efetuados no período seco e chuvoso, constataram que, quando a adubação nitrogenada é realizada no terço final do período chuvoso ocorre aumento nos teores médios de proteína bruta no capim. Constataram também que a dose de nitrogênio e a altura do corte influenciaram na composição das frações protéicas.

A produtividade de proteína bruta pelo capim mombaça quando nele foram aplicadas diferentes doses de Cr, via ARC, está apresentada na Figura 5.

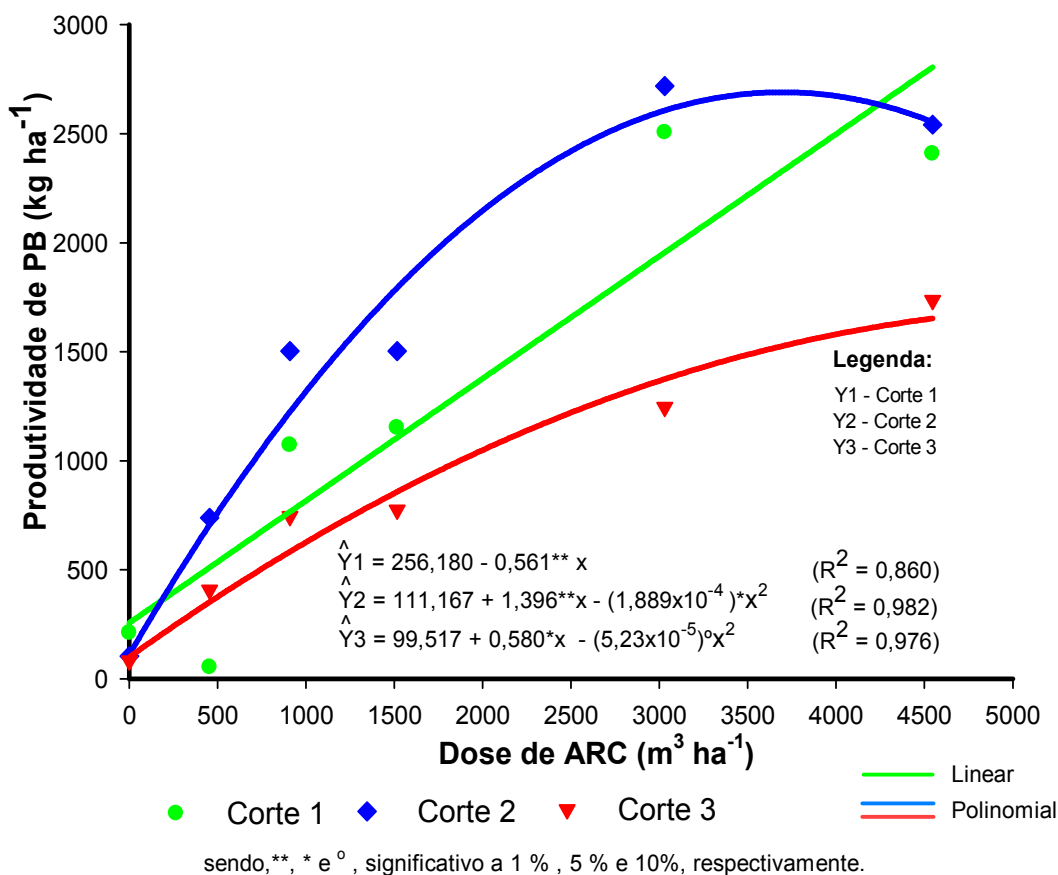


Figura 5 – Produtividade de proteína bruta pelo capim mombaça submetido à aplicação de diferentes doses de Cr, aplicadas via ARC.

Verifica-se efeito positivo da ARC na produtividade de PB com o capim mombaça. No presente trabalho os conteúdos proteína bruta obtidos variaram de 6,75 a 16,90 dag·kg⁻¹, esses valores foram inferiores aos obtidos por Matos et al. (2008), que estudaram o capim tifton 85 cultivados em SACs, submetidos à aplicação de água residuária de laticínios cujos valores encontrados variaram de 18 a 25 dag·kg⁻¹. Também estão inferiores aos valores encontrados por Matos et al. (2008) que estudaram a produção de proteína bruta do azevém fertirrigado com água residuária da despolda dos frutos do cafeeiro e obtiveram valores variando de 13,83 a 18,79 dag·kg⁻¹. Em estudo realizado com o objetivo de verificar o efeito de diferentes alturas de corte sobre a produtividade do capim-elefante cv. Roxo, em épocas de seca e chuva, Santos et al. (2001),

constataram que a produção de proteína bruta foi de 0,32 t.ha⁻¹ no período seco e de 0,17 t.ha⁻¹ no período chuvoso.

No Quadro 10 apresentam-se as equações ajustadas para a produtividade de proteína bruta do capim mombaça em função da concentração de crômio aplicado ao solo via ARC.

Quadro 10 – Produtividade de proteína bruta (kg ha⁻¹) em função da concentração de crômio aplicado ao solo (kg ha⁻¹) via água residuária

Corte	Equações Ajustadas	Correlação
1º	$\hat{Y}_1 = 256,170 + 169,910^{**}x$	$R^2 = 0,860$
2º	$\hat{Y}_2 = 111,175 + 423,013^{**}x - 17,347^*x^2$	$R^2 = 0,982$
3º	$\hat{Y}_3 = 99,476 + 175,626^*x - 4,807^{\circ}x^2$	$R^2 = 0,976$

Sendo, **, * e °, significativo a 1%, 5% e 10%, respectivamente.

4.5. Estado nutricional do capim mombaça

A concentração de nutrientes na planta forrageira é influenciada pelo genótipo, idade, estágio fenológico, ritmo de crescimento, disponibilidade de nutrientes e fração da planta considerada, Corsi e Silva (1985, citados por DIAS FILHO, 2007). No Quadro 11 estão apresentados os teores de macro e micronutrientes nas folhas do capim mombaça obtidos no presente trabalho.

Observa-se que, em relação aos macronutrientes N e P, ocorreu diferença significativa ($P < 0,05$) entre os tratamentos, ou seja, entre as doses de ARC aplicadas.

Quadro 11 – Teor de macronutrientes e sódio presente nas folhas do capim mombaça submetido a diferentes doses de aplicação de ARC

Tratamentos (kg·ha ⁻¹ de Cr)	Macronutrientes e sódio (dag·kg ⁻¹)			
	K	P	N	Na
1.º CORTE				
0 (controle)	0,69	1,32	0,76	0,09
1,5	0,45	1,01*	1,05	0,20
3,0	0,55	0,82*	1,13*	0,38*
5,0	0,42	0,73*	1,27*	0,69*
10,0	0,43	0,82*	2,41*	0,85*
15,0	0,45	0,91*	2,41*	1,13*
2.º CORTE				
0 (controle)	0,75	1,07	0,66	0,06
1,5	0,65	0,76*	1,03*	0,28*
3,0	0,53	0,65*	1,40*	0,57*
5,0	0,86	0,80*	1,38*	0,77*
10,0	0,52	0,74*	1,86*	1,21*
15,0	0,50	0,71*	2,58*	1,76*
3.º CORTE				
0 (controle)	2,14	1,91	1,14	0,02
1,5	1,76*	1,30*	1,04	0,11
3,0	1,28*	1,15*	1,15	0,28*
5,0	1,18*	1,29*	1,05	0,74*
10,0	0,77	0,90*	1,36*	0,62*
15,0	0,91	0,92*	1,61*	0,68*

* Em cada corte nas colunas as médias diferem do tratamento controle pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

Verificou-se, também, que a aplicação da ARC proporcionou grande acúmulo de nitrogênio na planta e melhor desenvolvimento do capim mombaça em todos os tratamentos, quando comparado ao obtido no tratamento testemunha (sem aplicação da ARC). Na Figura 6, está apresentado detalhe do amarelecimento das folhas do capim mombaça, o que pode ser tomado como indicativo de deficiência nutricional nas plantas. Isso se dá, de acordo com Matos (2007b), em decorrência da deficiência de nitrogênio, que causa a clorose ou amarelecimento das folhas e que este amarelecimento começa primeiro nas folhas mais velhas, aparecendo, posteriormente, nas folhas jovens, à medida que a deficiência se torna mais severa.



Figura 6 – Detalhe da deficiência nutricional da planta que não recebeu água residuária.

Em razão do grande coeficiente de variação dos dados, superior a 15%, não foi possível verificar qualquer tendência em relação à concentração dos micronutrientes Zn, Cu, Fe e Mn nas folhas do capim.

As altas concentrações encontradas de sódio na parte aérea do capim mombaça se devem, provavelmente, à alta concentração encontrada na ARC, conforme pode ser verificado no Quadro 3. A alta concentração de sódio na ARC é decorrente do fato do curtume trabalhar quase que exclusivamente com couro salgado, sendo aplicados cerca de 12,5 kg de sal em cada peça de couro bruto. Sendo o sódio muito solúvel e disponível no solo, as plantas o absorveram em grande quantidade.

A Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG (1999) traz para a forrageira Capim Colonião as seguintes faixas de concentração para N, P, K, Ca, Mg, Cu, Mn e Zn nas folhas de forrageiras: 1,1 a 1,5 dag·kg⁻¹; 0,08 a 0,11 dag·kg⁻¹; 1,43 a 1,84 dag·kg⁻¹; 0,40 a 1,02 dag·kg⁻¹; 0,12 a 0,22 dag·kg⁻¹; 7 a 10 mg·kg⁻¹; 80 a 100 mg·kg⁻¹ e 20 a 25 mg·kg⁻¹, respectivamente.

Em relação ao N, os teores encontrados nas folhas estão acima dos valores reportados por Malavolta et al. (1997), que citam a faixa normal como sendo de 1,13 a 1,5 dag·kg⁻¹. Os valores mais altos, encontrados no presente trabalho (1,03 a 2,58 dag·kg⁻¹), podem estar relacionados à relativamente alta concentração de N na água residuária aplicada.

Na análise foliar foram obtidos valores médios de concentração de P, que variaram de 0,65 a 1,91 dag·kg⁻¹, para as diferentes doses de ARC aplicadas. Esses valores foram superiores aos encontrados por Silva (2010), em estudo realizado com capim mombaça em iguais condições de clima e solo, porém, fertirrigado com esgoto doméstico, que encontrou valores variando de 0,35 a 1,78 dag·kg⁻¹. Os resultados também foram superiores aos encontrados por Rossi e Monteiro (1999), em estudo realizado com capim-braquiária com aplicação de três diferentes doses de fósforo, nos quais foram obtidos valores que variaram de 0,07 a 0,68 dag·kg⁻¹.

As concentrações de K na folha do capim para o primeiro e segundo cortes não variaram muito, ao passo que no terceiro corte, houve aumento, em todos os tratamentos. A média dos valores de concentração de K na folha de capim encontrada no presente trabalho está menor que a faixa considerada normal por Malavolta et al. (1997), que é de 1,43 a 1,84 dag·kg⁻¹.

Em relação à concentração de sódio na folha do capim, observou-se que todas as doses de ARC aplicadas (à exceção da de 1,5 kg·ha⁻¹, no primeiro e terceiro cortes) proporcionaram aumento na concentração de sódio na folha do capim mombaça, em relação ao tratamento testemunha; em que o capim recebeu apenas água da rede de abastecimento (Quadro 11), tendo sido obtida uma relação linear com a dose aplicada.

Silva et al. (2008) observaram que a concentração de sódio aumentou linearmente no capim tifton 85 com a taxa de aplicação do percolato de resíduo sólido urbano (RSU), sabidamente rico em sódio, tendo a concentração atingido o seu valor máximo (0,25 dag·kg⁻¹) no seu primeiro corte. Esse comportamento também foi observado no presente trabalho, porém o valor máximo aqui encontrado no primeiro corte foi de 1,13 dag·kg⁻¹, muito maior, porém, possível, tendo em vista da ARC apresentar alta concentração de Na (9.812 mg·L⁻¹) (Quadro 11).

Quadro 12 – Teor de alguns macro e micronutrientes e Cr nas folhas do capim mombaça submetido a diferentes doses de aplicação de ARC, em três cortes

Tratamento (kg.ha ⁻¹ de Cr)	Concentração na folha (mg.kg ⁻¹)					
	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn

0,0	5811,27 _{+1149,69}	4044,92 _{+1749,49}	2,73 _{+1,23}	58,04 _{+17,58}	209,92 _{+69,83}	19,13 _{+10,87}	24,70 _{+11,85}
1,5	5054,02 _{+1095,82}	3715,81 _{+1620,72}	3,75 _{+1,49}	43,79 _{+19,65}	282,40 _{+101,68}	16,71 _{+7,33}	23,38 _{+15,26}
3,5	5094,79 _{+984,00}	3655,71 _{+1232,33}	3,52 _{+1,72}	42,75 _{+25,65}	291,98 _{+235,81}	27,15 _{+ 31,51}	23,70 _{+13,63}
5,0	5140,33 _{+1204,22}	3544,33 _{+1253,85}	3,33 _{+1,24}	47,35 _{+33,78}	315,42 _{+188,22}	18,56 _{+10,21}	12,50 _{+12,99}
10,0	5170,73 _{+1463,46}	3149,85 _{+1424,98}	2,93 _{+1,11}	35,00 _{+15,02}	277,40 _{+140,38}	17,43 _{+8,25}	17,89 _{+11,52}
15,0	5691,90 _{+836,57}	3449,63 _{+1425,98}	2,96 _{+1,50}	40,19 _{+12,40}	256,85 _{+112,64}	16,58 _{+4,67}	18,52 _{+14,17}

Quadro 13 – Valores médios de crômio removidos do solo pelo capim mombaça

Tratamentos (kg ha ⁻¹)	Crômio removido pelas plantas (kg ha ⁻¹)
0	0,065
1,5	0,196
3,5	0,332
5,0	0,175
10,0	0,321
15,0	0,291

4.6. Contaminação do solo e da planta com crômio

Os metais podem ser retidos de diferentes formas no solo. Os solos possuem sítios negativos de adsorção onde os metais são adsorvidos por forças eletrostáticas ou por forças maiores associadas a ligações covalentes, no caso da adsorção específica. Além disso, os metais podem ser complexados com compostos orgânicos, adsorvidos ou oclusos em carbonatos ou óxidos de Fe, Al e Mn (MATOS et al., 1996).

Para avaliar o comportamento do solo e da planta frente à presença do metal crômio, Ferreira et al. (2003) realizaram estudos objetivando avaliar o efeito da adição de resíduos de curtume e rejeito carbonífero sobre características químicas do solo e sobre as plantas cultivadas em um argissolo vermelho distrófico; e concluíram que os teores de Cr, Ni, Cd e Zn, determinados na parte aérea nos grãos e no solo, não foram influenciados pela adição dos resíduos quando comparados os resultados com os da testemunha.

As análises do solo realizadas no presente trabalho indicaram ausência de crômio na forma disponível no solo, antes da implantação do experimento e também após a conclusão do mesmo. A não detecção de crômio disponível na análise final do solo indica que o crômio deve ficar fortemente adsorvido no solo, não sendo removível por extratores ácidos fracos, tal como o Mehlich 1. A não detecção do metal não é indicativo que não esteja presente no solo, mas apenas de que não esteja disponível para plantas ou ser lixiviado para águas

subterrâneas. Ao analisar o comportamento da adsorção do cromo considerando-se os diferentes solos e horizontes, Alcântara e Camargo (2001b), constataram que o aumento no pH do solo propiciado pela adição de carbonato de cálcio resultou em aumento na adsorção de cromo ao solo.

Em relação às plantas, a concentração média Cr encontrada nas folhas do capim mombaça variou de 18,52 a 23,38 mg·kg⁻¹, um valor bem acima daquele encontrado por Oliveira et al. (2008) no capim-elefante, tratado com resíduos da indústria de couro como fonte nitrogenada (3,8 a 4,5 mg·kg⁻¹), isso ocorreu possivelmente devido a um erro de análise, porém esse erro foi sistemático o que possibilitou verificar a diferença entre os efeitos dos tratamentos, embora os valores em si não devam ser considerados.

Oliveira e Mattiazzi (2001) estudaram a movimentação dos metais Cr, Cu, e Zn em latossolo tratado com aplicações sucessivas de lodo de esgoto e concluíram que, em relação ao Cr e Cu, não houve evidências de mobilidade.

A absorção de cromo pelas plantas está diretamente associada à presença de formas solúveis do elemento no meio em que são cultivadas. Castilhos et al. (2001) encontraram concentrações maiores que 3,4 mg·kg⁻¹ de Cr na parte aérea de plantas de soja quando submetidas ao cultivo em solução nutritiva específica para cultura da soja.

Soares et al. (2001) avaliaram o acúmulo e a distribuição de metais pesados nas raízes, caule e folhas de mudas de espécies arbóreas tropicais cultivadas em solo contaminado com metais pesados e constataram que grande parte das espécies apresentou elevado acúmulo de Zn e Cd nas raízes, indicando baixa translocação desses elementos para a parte aérea da planta.

Oliveira et al. (2009) avaliaram os teores de metais pesados (zinco, cromo e cobre) em plantas de maracujá doce em dois tipos de solos tratados com lodo de esgoto, taxa de aplicação de 5 t·ha⁻¹. Os resultados indicaram que a aplicação de lodo nos solos não proporcionou toxicidade ou contaminação das plantas por nenhum dos metais estudados. Schmidt et al. (2009) quantificaram os teores de metais pesados em amostras de grãos de café, provenientes de lavouras implantadas em solos oriundos do basalto e do arenito Caiuá do Estado do Paraná e constataram que os valores médios encontrados nos grãos foram maiores que 0,19 mg·kg⁻¹ e maiores que os

geralmente observados em plantas; sendo que tais valores podem até ocasionar problemas de toxicidade nas plantas.

Pereira et al. (2010) realizaram estudos objetivando avaliar os teores de metais pesados (Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni e Zn) em folhas de *Brachiaria decumbens* Stapf., em áreas sob influência de rodovias com diferentes fluxos de veículos e em uma área testemunha, no Estado de Goiás e constataram que os valores encontrados não caracterizaram contaminação ambiental, especificamente para o Cr, o valor máximo encontrado foi de $0,23 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$.

Ramos e Geraldo (2007), ao analisarem a concentração de cromo na parte aérea de plantas em desenvolvimento na área de mangues, encontraram valores de $2,05$ a $8,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Aquino Neto e Camargo (2000) encontraram concentrações de até $8,81 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ nas folhas de alface adubado com lodo de esgoto a uma dose aplicada de $57 \text{ mg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

No presente trabalho, as plantas não apresentaram sinais de intoxicação com cromo. Segundo Matos (2007b), não há estudos científicos que indiquem os níveis máximos desse elemento em plantas.



Figura 7 – Vista do capim mombaça após o primeiro corte.



Figura 8 – Detalhe do capim, após o segundo corte.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

A utilização de águas residuárias na agricultura por intermédio da disposição no solo tem sido uma forma alternativa de minimizar problemas ambientais e também de propiciar incrementos na produção agrícola. Para a utilização de águas residuárias na agricultura é necessário conhecer suas características, bem como definir o elemento referência cuja concentração no efluente irá indicar a lâmina a ser aplicada.

Os tratamentos avaliados foram adubação química (NPK + calagem) e aplicação de água da rede hidráulica de abastecimento público complementar às lâminas de 44, 103, 147, 294 e 441 mm de água residuária de curtume, referindo-se aos tratamentos T₂, T₃, T₄, T₅ e T₆. Essas lâminas foram estabelecidas para que fossem aplicadas as doses de 1,5 kg·ha⁻¹; 3,0 kg·ha⁻¹; 5,0 kg·ha⁻¹; 10 kg·ha⁻¹ e 15 kg·ha⁻¹ de crômio.

Realizaram-se análises do solo antes e após o término do experimento e também da água residuária de curtume, quantificadas as massas fresca e seca produzidas e analisados os teores de macro e micronutrientes nas folhas do capim.

A água residuária de curtume proporcionou diminuição nas concentrações de P e K disponíveis no solo, o que foi decorrente, provavelmente, da maior absorção desse elemento por parte das plantas. Já em relação ao N, as concentrações se mantiveram praticamente inalteradas.

O capim mombaça demonstrou boa persistência, alta capacidade de extração de nutrientes, alta produção de matéria seca, o que permitiu cortes

freqüentes e sucessivos ao longo do ano, boa adaptação às condições de clima do estado do Tocantins e também tolerância à toxicidade de íons específicos.

A aplicação da água residuária foi responsável pelo aumento no teor de proteína bruta do capim nos dois primeiros cortes e também na produtividade de matéria seca. No caso da matéria seca, observou-se que a maior produtividade ocorreu no corte 2, sendo esta alcançada quando da aplicação de uma dose de $2.734 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de ARC.

Em relação ao comportamento do metal crômio, não foi possível detectar seu acúmulo, na forma disponível, no solo. Não foi observado, também, influência dos tratamentos na sua concentração nas folhas do capim mombaça. Com base no que foi exposto, doses de até $15 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ de Cr proporcionaram reduzido risco de contaminação ambiental, recomendando-se, no entanto, monitoramento da concentração acumulada de Cr no solo.

No caso específico da água residuária estudada, em vista de se utilizar muito NaCl na salga das peles, o aumento da concentração de sódio nas plantas é aparentemente problema maior do que propriamente do crômio.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, M.A.K.; AQUINO NETO, V.; CAMARGO, O.A.; CANTARELLA, H. Mineralização do nitrogênio em solos tratados com lodos de curtume. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, p. 547-555, 2007.

ALCÂNTARA, M.A.K.; CAMARGO, O.A. Fator de retardamento e coeficiente de dispersão-difusão para o crômio (III) em solos muito intemperizados, influenciados pelo pH, textura e matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, p. 209-216, 2001a.

ALCÂNTARA, M.A.K.; CAMARGO, O.A. Transporte de crômio trivalente influenciado pelo pH, horizonte do solo e fontes do crômio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 5, n. 3, p. 497-501, 2001b.

ALVAREZ-BERNAL, D.; CONTRERAS-RAMOS, S.M.; TRUJILLO-TAPIA, N.; OLALDE-PORTUGAL, V.; FRÍAS-HERNÁNDEZ, J.T.; DENDOOVEN, L. Effects of tanneries wastewater on chemical and biological soil characteristics. **Applied Soil Ecology**, v. 33, p. 269-277, 2006.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. **Standard methods for the examination of water and wastemater**. 21.ed. New York, 2005.

AQUINO NETO, V.; CAMARGO, O.A. Crescimento e acúmulo de crômio em alface cultivada em dois latossolos tratados com CrCl_3 e resíduos de curtume. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, MG, v. 24, p. 225-235, 2000.

ARAÚJO, F.F.; TIRITAN, C.S.; PEREIRA, M.H.; CAETANO JÚNIOR, O. Desenvolvimento do milho e fertilidade do solo após aplicação de lodo de curtume e fosforita. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 5, p. 507-511, 2008.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).

BARAJAS-ACEVES, M.; DENDOOVEN, L. Nitrogen, carbon and phosphorus mineralization in soils from semi-arid highlands of Central Mexico amended with tannery sludge. **Bioresource Technology**, v. 77, p. 121-130, 2001.

BASTOS, R.S.; MENDONÇA, E.S.; ALVAREZ, V.H.; CORRÊA, M.M. Formação e estabilização de agregados do solo decorrentes da adição de compostos orgânicos com diferentes características hidrofóbicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, p. 11-20, 2005.

BEAL, L.L. **Tratamento anaeróbio de efluente de curtume de acabamento associado a membranas de micro e ultrafiltração**. 2004. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

BERNARDO, S.M.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. Viçosa: UFV, 2008. 625 p.

BRAGA, G.J.; PINEDO, L.A.; HERLING, V.R.; LUZ, P.H.C.; LIMA, C.G. Produção de matéria seca e fluxo de tecidos de *Cynodon* spp. Cv. Tifton 85 em resposta a doses de nitrogênio. **Revista Acta Scientiarum**, Maringá, PR, v. 22, p. 851-857, 2000.

BRASIL, M.S.; MATOS, A.T.; SOARES, A.A.; FERREIRA, P.A. Qualidade do efluente de sistemas alagados construídos, utilizados no tratamento de esgoto doméstico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 9, p. 133-137, 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução do CONAMA 357, de 17 março 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, março 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução do CONAMA 420, de 28 de dezembro 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, março 2010.

CASTILHOS, D.D. **Alterações químicas e biológicas devidas à adição de resíduos de curtume e de cromo hexavalente ao solo**. 1998. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

CASTILHOS, D.D.; COSTA, C.N.; PASSIANOTO, C.C.; LIMA, A.C.R.; LIMA, C.L.R.; MÜLLER, V. Adição de cromo hexavalente no crescimento, nodulação e absorção de nutrientes em soja. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 31, n. 6, p. 969-972, 2001.

CAVALLET, L.E.; SELBACH, P.A.; GIANELLO, C. Concentração de crômio no sistema solo-planta-percolado em função da aplicação de resíduos de curtume em um argissolo de estância velha (RS). **Scientia Agraria**, v. 8, n. 1, p. 87-93, 2007.

CLAAS, I.C.; MAIA, R.A.M. **Manual básico de resíduos industriais de curtume**. Porto Alegre: SENAI, 1994. 664 p. (Memória Técnica do IBICT, 951).

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS – CFSEMG. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5.^a Aproximação, 1999. 359 p.

CONCEIÇÃO, D.; RODRIGO, J.; BENTO, F.; SIMONETTI, A.; SELBACH, P.; CAMARGO, F. Redução de cromo hexavalente por bactérias isoladas de solos contaminados com cromo. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 37, n. 6, p. 1661-1667, 2007.

CORRÊA, B.D. **Doses de nitrogênio e magnésio afetando aspectos produtivos e biogeoquímicos dos capins Colômbio, Tanzânia-1 e Vencedor**. 1996. 76 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

CORRÊA, L.A.; FREITAS, A.R.; VITTI, G.C. Resposta de *Panicum maximum* cv. Tanzânia a fontes e doses de fósforo no estabelecimento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Viçosa: SBZ, 1997. v. 2, p. 190-192.

CORRÊA, R.S.; MELO FILHO, B.; BERNARDES, R.S. Deposição de esgoto doméstico para controle de poluição e revegetação induzida em área degradada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 4, n. 2, p. 252-256, 2000.

COSTA, C.N.; CASTILHOS, D.D.; CASTILHOS, R.V.M.; KONRAD, E.E.; PASSIANOTO, C.C.; RODRIGUES, C.G. Efeito da adição de lodos de curtume sobre as alterações químicas do solo, rendimento de matéria seca e absorção de nutrientes em soja. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 7, n. 3, p. 189-191, 2001.

COSTA, O.V.; CANTARUTTI, R.B.; FONTES, L.E.F.; COSTA, L.M.; NACIF, P.G.S.; FARIA, J.C. Estoque de carbono do solo sob pastagem em área de tabuleiro costeiro no sul da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 5, p.1137-1145, 2009.

DALLAGO, M.R.; SMANIOTTO, A. Resíduos sólidos de curtumes como adsorventes para a remoção de corantes em meio aquoso. **Revista Quím. Nova**, São Paulo, SP, v. 28, n. 3, p. 433-439, 2005.

DIAS FILHO, J.G. **Caracterização biométrica e qualidade dos capins braquiária e áries submetidos a doses de nitrogênio**. 2007. 46 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Marília, Marília, SP.

DRUMOND, L.C.D.; ZANINI, J.R.; AGUIAR, A.P.A.; RODRIGUES, G.P.; FERNANDES, A.L.T. Produção de matéria seca em pastagem de tifton 85 irrigada, com diferentes doses de dejetos líquidos de suíno. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, SP, v. 26, n. 2, p. 426-433, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

ERTHAL, V.J.T. **Fertirrigação de capim-tifton 85 e aveia preta com águas residuárias de bovinocultura**: efeitos no solo e nas plantas. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

ERTHAL, V.J.T.; FERREIRA, P.A.; MATOS, A.T.; PEREIRA, O.G. Alterações físicas e químicas de um argissolo pela aplicação de água residuária de bovinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 14, n. 5, p. 467-477, 2010.

FACHIN, S.J.S.; HUBER, F.; SHIRAIWA, S.; BORGES, W.R.; MIGLIORINI, R.B. Aplicação de métodos geofísicos para identificar áreas contaminadas por resíduos de um curtume. **Rev. Bras. Geof.**, São Paulo, SP, v. 24, n. 1, 2006.

FERREIRA, A.S.; CAMARGO F.A.O.; TEDESCO, M.J.; BISSANI, C.A. Alterações de atributos químicos e biológicos de solo e rendimento de milho e soja pela utilização de resíduos de curtume e carbonífero. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 4, p. 755-763, 2003.

FERREIRA, D.C. **Fertirrigação do cafeeiro com esgoto doméstico**: risco de salinização e contaminação do solo. 2008. 73 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

FIALHO, L.L. **Avaliação de vermicomposto como filtro para retenção de cobre, níquel e zinco de efluentes da indústria de galvanoplastia e sua aplicação no cultivo da alface.** 2003. 87 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

FONSECA, P.P.S. **Tratamento de esgoto doméstico por disposição no solo.** Belo Horizonte: FEAM, 2005. 39 p.

FONSECA, S.P.P. **Tratamento de esgoto doméstico bruto pelo método do escoamento superficial utilizando o capim-coastcross (*Cynodon dactylon* (L) Pers).** 2000. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

FONSECA, S.P.P.; SOARES, A.A.; CHERNICHARO, C.A.L.; VIANA, M.R.; MATOS, A.T. Eficiência de um sistema de escoamento superficial aplicado a tratamento de esgotos brutos do condomínio Bosque do Acamari, em Viçosa-MG. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, 21, 2001, Porto Alegre. **CD-ROM...** Porto Alegre: ABES, 2001.

FORESTI, E. Estudos Preliminares das características de águas residuárias de curtumes In VII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA, **Anais...**, Salvador, Bahia, 1973 34 p.

FREITAS, T.C.M. **O crômio na indústria de curtumes de Mato Grosso do Sul, Brasil:** aspectos ecológicos. 2006. Tese (Doutorado em Ciências da Saúde) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS.

GALVÃO, S.R.S.; SALCEDO, I.H.; SANTOS, A.C. Frações de carbono e nitrogênio em função da textura, do relevo e do uso do solo na microbacia do agreste em Vaca Brava (PB). **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Viçosa, MG, v. 29, n. 6, p. 955-962, 2005.

GUTTERRES, M. Tecnologia da produção do couro. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE ESTUDANTES DE ENGENHARIA QUÍMICA, 1996, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS, 1996.

HESPANHOL, I. Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. **Revista Estudos Avançados**, São Paulo, SP, v. 22, n. 63, p. 131-158, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo agropecuário 2006.** Brasília, 2006.

JANK, L. Melhoramento e seleção de variedades de *Panicum maximum*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12, Piracicaba, 1995. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 21-58, 1995.

JANK, L.; SAVIDAN, Y.H.; SOUZA, M.T.C.; COSTA, J.C.G. Avaliação do germoplasma de *Panicum maximum* introduzida da África. I: Produção forrageira. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Brasília, DF, v. 23, p. 433-440, 1994.

JORDÃO, C.P.; SILVA, A.C.; PEREIRA, J.L.; BRUNE, W. Contaminação por cromo de águas de rios proveniente de curtumes em Minas Gerais. **Revista Quím. Nova**, São Paulo, SP, v. 22, p. 47-52, 1999.

KONRAD, E.E.; CASTILHOS, D.D. Atividade microbiana em um planossolo após a adição de resíduos de curtime. **Rev. Bras. de Agrociência**, Pelotas, RS, v. 7, n. 2, p. 131-135, 2001.

KOPKE, C.R.V.; MAUCH, P.E. **Competitividade das exportações brasileiras de couro**. (Observatório de la Economia Latinoamericana, 71). Disponível em: <<http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/br/06/crvr.htm>>. Acesso em: 12 dez. 2009.

KORZENOWSKI, C. **Estudo da recuperação de soluções de cromo hexavalente contendo íons Al(III) e Fe(III) através da eletrodialise e efeito da incorporação dos íons na degradação de membranas catiônicas**. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

LAVRES JÚNIOR, J. **Combinações de doses de nitrogênio e potássio para o capim-mombaça**. 2001. 103 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2001.

LIMA, A.M.N. **Estoque de carbono e frações da matéria orgânica do solo sob povoamento de eucalipto no Vale do Rio Doce-MG**. 2004. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

LO MONACO, P. A.; MATOS, A. T.; MARTINEZ, H. E. P.; FERREIRA, P. A.; RAMOS, M. M. Características químicas do solo após a fertirrigação do cafeeiro com águas residuárias da lavagem e descascamento de seus frutos. **Irriga, Botucatu**, Botucatu, SP, v. 14, n. 3, p. 348-364, 2009.

LOPES, R.S.; FONSECA, D.M.; OLIVEIRA, R.A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; ANDRADE, A.C.; STOCK, L.A.; MARTINS, C.E. Disponibilidade de matéria seca em pastagens de capim-elefante irrigadas. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, MG, v. 27, n. 6, p. 1388-1394, 2003.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo-Potafós, 1997. 319 p.

MARTINES, A.M. **Avaliação ambiental e agronômica do uso de lodo de curtume no solo**. 2009. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

MATOS, A.T. **Poluição ambiental**: impactos no meio físico. Viçosa: UFV, 2010. 260 p.

MATOS, A.T. **Disposição de águas residuárias no solo**. Viçosa: AEAMG/UFV, 2007a. 141 p. (Caderno Didático, 38).

MATOS, A.T. **Qualidade do meio físico ambiental**. Viçosa: AEAMG/UFV, 2007b. 175 p. (Caderno Didático, 33).

MATOS, A.T.; ABRAHÃO, S.S.; PEREIRA, O.G. Desempenho agronômico de capim tifton 85 (*cynodon spp*) cultivado em sistemas alagados construídos utilizado no tratamento de água residuária de laticínios. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, SP, v. 3, n. 1, p. 43-53, 2008.

MATOS, A.T.; FONTES, M.P.F.; JORDÃO, C.P.; COSTA, L.M. Mobilidade e formas de retenção de metais pesados em latossolo Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 20, n. 3, p. 379-386, 1996.

MATOS, A.T.; PINTO, A.B.; PEREIRA, O.G.; SOARES, A.A.; LO MÔNACO, P. A. Produtividade de forrageiras utilizadas em rampas de tratamento de águas residuárias da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 7, n. 1, p. 154-158, 2003.

McNEILL, A.; UNKOVICH, M. The nitrogen cycle in terrestrial ecosystems. In: MARSCHNER, P.M.; ZDENKO, R. (Eds.). **Nutrient cycling in terrestrial ecosystems**. Springer-Verlag, 2007. p. 37-64.

MENEGATTI, D.P.; ROCHA, G.P.; FURTINI NETO, A.E.; MUNIZ, J.A. Nitrogênio na produção de matéria seca, teor e rendimento de proteína bruta de três gramíneas do gênero *Cynodon*. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 26, n. 3, p. 633-642, 2002.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo, ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, p. 1-8, 1999.

MORAIS, E.R.C.; MAIA, C.E.; OLIVEIRA, M. Qualidade da água para irrigação em amostras analíticas do banco de dados do departamento de solos e geologia da escola superior de agricultura de Mossoró. **Revista Caatinga**, Mossoró-RN, v. 11, p. 75-83, 1998.

MOREIRA, D.A. **Remoção de metais pesados do percolado de aterro sanitário usando resíduos sólidos urbanos e de construção civil**. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2002. 625 p.

MOTA, S.; BEZERRA, F.C.; TOMÉ, L.M. Avaliação do desempenho de culturas irrigadas com esgoto tratado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19, 199, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: ABES, 1997.

MÜLLER, M.S.; FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D.; GARCIA, A.G.; OVEJERO, R.F.L. Produtividade do *panicum maximum* cv. mombaça irrigado, sob pastejo rotacionado. **Scientia Agricola**, Piracicaba, SP, v. 59, n. 3, p. 427-433, 2002.

OLIVEIRA, D.Q.L.; CARVALHO, K.T.G.; BASTOS, A.R.R.; OLIVEIRA, L.C.A.; MARQUES, J.J.G.S.M.; NASCIMENTO, R.S.M.P. Utilização de resíduos da indústria de couro como fonte nitrogenada para o capim-elefante. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, n. 1, 2008.

OLIVEIRA, F.C.; MATTIAZZO, M.E. Mobilidade de metais pesados em um latossolo amarelo distrófico tratado com lodo de esgoto e cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Sci. Agric.**, Piracicaba, SP, v. 58, n. 4, 2001.

OLIVEIRA, J.P.B.; LOPES, J.C.; ALEXANDRE, R.S.; JASPER, A.P.S.; SANTOS, L.N.S.; OLIVEIRA, L.B. Concentração de metais pesados em plantas de maracujá doce cultivadas em dois solos tratados com lodo de esgoto. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, PR, v. 6, n. 2, p. 217-223, 2009.

PACHECO, J.W.F. **Curtumes**. São Paulo: CETESB, 2005. 76 p.

PAZ, V.P.S.; TEODORO, R.E.F.; MENDONÇA, F.C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 4, n. 3, p. 465-473, 2000.

PEREIRA, A.A.; BORGES, J.D.; LEANDRO, W.M. Metais pesados e micronutrientes no solo e em folhas de *Brachiaria decumbens* às margens de rodovias. **Biosci. J.**, Uberlândia, MG, v. 26, n. 3, p. 347-357, 2010.

PEREIRA, P.A.; LIMA, O.A.L. Estrutura elétrica da contaminação hídrica provocada por fluidos provenientes dos depósitos de lixo urbano e de um curtume no município de Alagoinhas – Bahia. **Revista Brasileira de Geofísica**, São Paulo, SP, v. 25, n. 1, p. 5-19, 2007.

PINTO, J.C.; GOMIDE, J.A.; MAESTRI, M. Crescimento de folhas de gramíneas forrageiras tropicais, cultivadas em vasos, com duas doses de nitrogênio. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 23, n. 3, p. 327-332, 1994.

QUEIROZ, F.M.; MATOS, A.T.; PEREIRA, O.G.; OLIVEIRA, R.A.; LEMOS, A.F. Características químicas do solo e absorção de nutrientes por gramíneas em rampas de tratamento de águas residuárias da suinocultura. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 12, n. 2, p. 77-90, 2004.

QUEIROZ FILHO, J.L.; SILVA, D.S.; NASCIMENTO, I.S. Produção de matéria seca e qualidade do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) cultivar roxo em diferentes idades de corte. **Rev. Bras. Zootec.**, Viçosa, MG, v. 29, n. 1, p. 69-74, 2000.

RAMOS, M.G.M.; GERALDO, L.P. Avaliação das espécies de plantas avicennia schaueriana, laguncularia racemosa e rhizophora mangle como bioindicadoras de poluição por metais pesados em ambientes de mangues. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, RJ, v. 12, n. 4, p. 440-445, 2007.

RODRIGUES, M.L.K. **Origem, distribuição e mobilidade potencial de metais pesados em ambiente fluvial impactado por curtumes**. 2007. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

ROSA, B.; BORGES, A.J.S. Composição química e rendimento do capim andropogon (*Andropogon gayanus* var. bisquamulatus cv. Planaltina) em diferentes idades de corte. **Anais Escola de Agronomia e Veterinária**, v. 17, n. 1, p. 49-58, 1987.

ROSSI, C.; MONTEIRO, F.A. Doses de fósforo, épocas de coleta e o crescimento e diagnose nutricional nos capins braquiária e colômbia. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, SP, v. 56, n. 4, p. 1101-1110, 1999.

SALA, L.F.; RIZZOTTO, M.A.; FRASCAROLI, M.I.; PALOPOLI, C.M.; SIGNORELLA, S.R. Contaminación ambiental por el metal de transición. Estamos frente a um serio problema ecológico? **Revista Quím. Nova**, São Paulo, SP, v. 18, n. 5, p. 468-472, 1995.

SANTOS, E.A.; SILVA, D.S.; QUEIROZ FILHO, J.L. Aspectos produtivos do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* schum) cv. roxo no brejo paraibano. **Rev. Bras. Zootec.**, Viçosa, MG, v. 30, n. 1, p. 31-36, 2001.

SANTOS, F.S.; A. SOBRINHO, N.M.B.; MAZUR, N. **Mecanismo de tolerância de plantas a metais pesados**. Viçosa: SBCS, 2006.

SANTOS, S.S. **Influência da aplicação, via irrigação por gotejamento, de esgoto sanitário tratado na cultura do cafeeiro e no solo.** 2004. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2004.

SCHMIDT, C.A.P.; MIGLIORANZA, E.; NAGASHIMA, G.; GRECCO, F. Concentrações de metais pesados em grãos de café produzidos em lavouras sobre solos originados do basalto e do arenito Caiuá. **Ciênc. Rural**, Santa Maria, RS, v. 39, n. 5, p. 1591-1594, 2009.

SELBACH, P.A.; TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; CAVALLET, L.E. Descarte e biodegradação de lodos de curtume no solo. **Revista do Couro**, Estância Velha, RS, v. 4, p. 51-62, 1991.

SILVA, A.C.; TORRADO, P.V.; ABREU JÚNIOR, J.S. Métodos de quantificação da matéria orgânica do solo. **Revista da Universidade de Alfenas**, Alfenas, MG, v. 5, n. 5, p. 21-26, 1999.

SILVA, A.G.; FRANÇA, A.F.S.; MIYAGI, E.S.; MELLO, S.Q.S.; FERREIRA, J.L.; CARVALHO, E.R. Frações protéicas do capim-mombaça submetido a doses de nitrogênio em duas alturas de corte. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Goiânia, GO, v. 61, n. 5, p. 1148-1155, 2009.

SILVA, J.G.D. **Fertirrigação do capim-mombaça com diferentes lâminas de efluente de tratamento primário de esgoto sanitário estabelecidas com base na dose aplicada de sódio.** 2010. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SILVA, W.T.P.; SILVA, L.M.; CHICHORRO, J.F. Gestão de recursos hídricos: perspectivas do consumo per capita de água em Cuiabá. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, RJ, v. 13, n. 1, p. 8-14, 2008.

SOARES, C.R.F.S.; ACCIOLY, A.M.A.; MARQUES, T.C.L.L.S.M.; SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S. Acúmulo e distribuição de metais pesados nas raízes, caule e folhas de mudas de árvores em solo contaminado por rejeitos de indústria de zinco. **Rev. Bras. Fisiol. Veg.**, Lavras, MG, v. 13, n. 3, p. 302-315, 2001.

SPARLING, G.P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as sensitive indicator of changes in soil organic matter. **Australian Journal of Soil Research**, v. 30, p. 195-207, 1992.

STREIT, K.F. **Estudo da aplicação da técnica de eletrodialise no tratamento de efluentes de curtume.** 2006. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

TERADA, M.; ZUCCOLO, A.C.F.; PAGANINI, W.S. Tratamento de esgotos domésticos por disposição no solo com utilização de gramíneas. **Revista DAE**, SP, v. 45, n. 142, p. 249-254, 1985.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **Sistema de análises estatísticas e genéticas – SAEG**: versão 9.1. Viçosa, 2006. 142 p.

VALLEJOS, A.; PIZARRO, E.A.; CHAVES, C.; PEZO, D.; FERREIRA, P. Evaluación agronómica de gramíneas en Guapiles, Costa Rica. 2. Ecotipos de Panicum maximum. **Past Trop**, v. 11, n. 2, p. 10-15, 1989.

XAVIER, J.L.N. **O uso de fotoeletrooxidação no tratamento de efluentes de curtume**. 2006. 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

YAGI, R.; FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; BARBOSA, J. C. Mineralização potencial e líquida de nitrogênio em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n.2 p.385-394, 2009.

YENDO, A.Y. Pós-tratamento de efluente de tratamento anaeróbico de curtume por meio de biofiltro aerado. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITÁRIA Y AMBIENTAL, 28, 2002, Cancun, México. **Anais...** Cancun, México, 2002.