

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**UTILIZAÇÃO DE URINA HUMANA COMO FONTE DE NITROGÊNIO PARA  
BRACHIARIA DECUMBENS E CYNODON DACTYLON**

**ORLANDO COELHO ALVES BATISTA**

**MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**BRASÍLIA/DF**

**JULHO/2011**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**UTILIZAÇÃO DE URINA HUMANA COMO FONTE DE NITROGÊNIO PARA  
BRACHIARIA DECUMBENS E CYNODON DACTYLON**

**ORLANDO COELHO ALVES BATISTA**

**ORIENTADOR: PROF. DR. CARLOS ALBERTO DA SILVA OLIVEIRA**

**BRASÍLIA/DF**  
**JULHO/2011**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB**

**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**UTILIZAÇÃO DA URINA HUMANA COMO FONTE DE NITROGÊNIO PARA  
BRACHIARIA DECUMBENS E CYNODON DACTYLON**

**ORLANDO COELHO ALVES BATISTA**

**MATRÍCULA: 06/92751**

**GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**DISSERTAÇÃO DE GRADUAÇÃO DO ESTÁGIO SUPERVISIONADO  
SUBMETIDA À FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA  
VETERINÁRIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS  
REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO  
AGRÔNOMO.**

**APROVADA POR:**

**ANTÔNIO XAVIER DE CAMPOS**

**(COORDENADOR)**

**Professor Adjunto FAV/UnB CPF: 011.630.862-15**

---

**FÁBIO ALEXANDRO PADILHA VIANA**

**Professor Visitante FAV/UnB CPF: 954.511.886-53**

---

**FERNANDA DE SOUSA BARBOSA**

**ENGENHEIRA AGRÔNOMA CPF: 077.448.056-40**

---

**BRASÍLIA/DF, 19 de julho de 2011.**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Batista, Orlando Coelho Alves

Utilização da urina humana como fonte de nitrogênio para *Brachiaria decumbens* e *Cynodon dactylon*. Orlando Coelho Alves Batista; orientação de Carlos A. S. Oliveira – Brasília, 2011. 28p. : il.

Dissertação de Graduação (G) – Universidade de Brasília/ Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2011.

1. Urina humana como fertilizante; 2. Produção de matéria seca/fresca; 3 *Brachiaria decumbens*; 4 *Cynodon dactylon*

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATISTA, O. C. A. **Utilização de urina humana como fonte de nitrogênio para *Brachiaria decumbens* e *Cynodon dactylon*. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2011, 28p. Dissertação de Graduação.**

## CESSÃO DE DIREITO

NOME DO AUTOR: Orlando Coelho Alves Batista

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE GRADUAÇÃO: Utilização de urina humana como fonte de nitrogênio para *Brachiaria decumbens* e *Cynodon dactylon*.

GRAU: 3º ANO: 2011

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de graduação pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

Orlando Coelho Alves Batista

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por ter guiado meu caminho, por ter me dado força e por ter me abençoado.

A toda a nação brasileira, por ter investido de alguma forma seu trabalho e impostos na minha educação.

A Universidade de Brasília, por ter me acolhido durante todos esses anos.

Aos Mestres, minha eterna gratidão àqueles que repartiram comigo os seus conhecimentos, depositando em minhas mãos suas esperanças de tornar este mundo um lugar melhor de se viver.

Ao meu orientador, por ter compartilhado comigo o seu conhecimento para a realização desse incomum experimento.

Ao professor Gilberto, por ter me orientado com os seus conhecimentos de toda uma vida dedicada ao estudo de pastagens, os quais foram fundamentais para a realização do experimento.

A todos os funcionários da Fazenda Água Limpa – UnB, em especial ao agrônomo Gustavo, aos técnicos do laboratório Labstratos e a todos aqueles que muito ajudaram a colocar em prática este experimento.

A todos os funcionários da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, os quais muito me ajudaram durante a minha vida acadêmica.

Aos meus progenitores, Isabel e Ozéas, por ter depositado em mim todo o amor que pode-se esperar.

Aos meus irmãos, Olavo e Otávio, por terem muito me ajudado com seu companheirismo durante toda a minha vida.

A minha namorada Danielle, sempre me presenteando à vida com sua companhia desde o momento que nos conhecemos.

Ao meu irmão Otávio, minha namorada Danielle, meus amigos Felipe e Marcos Túlio, por ter me ajudado nos intermináveis dias de colheita das amostras.

Aos meus amigos e colegas de curso, responsáveis pelo meu engrandecimento como pessoa.

Obrigado.

# ÍNDICE

## Capítulos

Capítulos	Página
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVO	3
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
4 MATERIAL E MÉTODOS	13
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
6 CONCLUSÕES	17
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18

## ÍNDICE DE TABELAS

### Tabela

1. Quantidade de nutrientes da urina humana encontrados por diversos autores.	5
2. Patógenos que podem ser excretados na urina e a importância da urina como meio de transmissão (SCHÖNNING et al., 2004).	5
3. Norma sueca para utilização de urina humana na agricultura em grandes sistemas (SCHÖNNING, 2004).	7
4. Resultado da análise de solo nas áreas experimentais de <i>Brachiaria Decumbens</i> e <i>Cynodon Dactylon</i> . Análise realizada em Dezembro de 2010.	13
5. Médias mensais de temperatura máxima, mínima e média diária, precipitação pluvial total mensal e umidade relativa do ar (média mensal), durante o período de dezembro a abril dos anos de 2010 e 2011.	13

## ÍNDICE DE FIGURAS

### Figura

<b>1. Mictório feminino (esquerda), mictório masculino (centro) e vaso compartimentado (direita).</b>	<b>4</b>
<b>2. Caminhão de transporte de urina.</b>	<b>7</b>
<b>3. Recipientes para armazenamento de urina em larga escala (esquerda) e pequena escala (direita).</b>	<b>8</b>
<b>4. Média de produção de fresca (esquerda) e seca (direita) de <i>Cynodon Dactylon</i> após três cortes em função da dose e fonte de nitrogênio.</b>	<b>15</b>
<b>5. Média de produção de fresca (esquerda) e seca (direita) de <i>Brachiaria Decumbens</i> após três cortes em função da dose e fonte de nitrogênio.</b>	<b>15</b>
<b>6. Produção total de matéria fresca (esquerda) e seca (direita) de <i>Brachiaria Decumbens</i> após 120 dias e três cortes em função da dose de nitrogênio.</b>	<b>16</b>
<b>7. Produção total de matéria fresca (esquerda) e seca (direita) de <i>Cynodon Dactylon</i> após 105 dias e três cortes em função da dose de nitrogênio.</b>	<b>16</b>



## RESUMO

O nitrogênio representa um fator limitante na produção da maioria das pastagens do Brasil. Ao mesmo tempo, a sua obtenção é onerosa, principalmente para pequenos agricultores. O experimento foi realizado com o objetivo de provar a capacidade da urina humana ser usada como fonte de nitrogênio. As forrageiras escolhidas foram o *Brachiaria decumbens* e o *Cynodon dactylon* em cultivos já estabelecidos. Os cultivos foram realizados durante o período de Dezembro e Abril de 2010/2011. Foram feitos três cortes com período de 40 e 35 dias para o *Brachiaria decumbens* e o *Cynodon dactylon* respectivamente. Foram aplicadas doses de nitrogênio de 0, 50, 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de uréia e urina humana. A concentração de nitrogênio na urina para fins de dimensão da adubação foi de 7,5 g L<sup>-1</sup>. A produção obtida foi semelhante para as duas fontes de nitrogênio.

## INTRODUÇÃO GERAL

O declínio da produtividade de pastagens com o tempo constitui o maior obstáculo para o desenvolvimento de uma agropecuária bovina sustentável em termos agrônômicos, econômicos, ambientais no Cerrado. Dentre os fatores que explicam a degradação das pastagens, na região, a falta de cuidados com a fertilidade do solo assume posição de destaque (JUNIOR *et al.*, 2007).

O Brasil possui mais de 100 milhões de hectares de pastagens cultivadas, das quais quase 90% estão em solo ácidos e de baixa fertilidade. Devido a essas características a produção de forragem é dependente de corretivos e fertilizantes para a obtenção de produtos agropecuários (JUNIOR *et al.*, 2007).

O N do solo proveniente da mineralização da matéria organomineral é insuficiente para atender à demanda das gramíneas de alto potencial de produção (GUILHERME *et al.*, 1995). Nesse contexto, a urina humana figura como um valioso recurso para o suprimento de nitrogênio em pastagens.

A espécie *Brachiaria decumbens* é uma forrageira de grande importância para a produção animal brasileira. Ela ocupa aproximadamente 55% de toda a área de pastagens da região central do Brasil (MACEDO, 2000). O seu uso se dá principalmente na forma de pastos para criação de gado de modo extensivo de baixo nível tecnológico. A sua ampla utilização ocorre principalmente devido às características desejáveis do gênero.

O *Cynodon dactylon* é uma forrageira que foi recentemente introduzida no Brasil. Ela é utilizada principalmente para alimentação de equinos e bovinos leiteiros em sistemas de médio/alto nível tecnológico. Esse uso se dá devido a sua alta capacidade de produção de forragem em quantidade e qualidade. A adubação dessa forrageira, sobretudo a de nitrogênio, é essencial para obtenção de produtividade.

A urina humana é um valioso recurso existente no esgoto urbano. Esse valor é devido a sua grande quantidade de nutrientes, principalmente de nitrogênio. Sabe-se que a maior parte deles está na urina humana, 80% do nitrogênio, 55% do fósforo e 60% do potássio. Ao mesmo tempo, a urina constitui apenas 1% do volume do esgoto (JOHANSSON, 2000).

A produção *per capita* de urina está em torno de 1,23 l dia<sup>-1</sup> para homens, mulheres e idosos. Essa quantidade de urina contém aproximadamente 7,5 g/L de nitrogênio, 0,5 g/L de fósforo e 1,6 g/L de potássio (ZANCHETA, 2007).

A urina produzida por uma família de cinco adultos pode ser responsável por suprir a demanda de nitrogênio de uma área de até 3500 m<sup>2</sup>. Considerando a produção diária de uma pessoa, a quantidade de nitrogênio produzida e a demanda de nitrogênio mínima da maioria das culturas de aproximadamente (50 kg ha<sup>-1</sup>), o total de nitrogênio excretado por esta família ao final de um ano seria de aproximadamente 17 kg ha<sup>-1</sup> ou cerca de 35% do total.

A reciclagem da urina humana é uma saída para promover o retorno de nutrientes para áreas agrícolas. Atualmente, estes nutrientes seguem um sentido único das áreas agrícolas de produção para as áreas urbanas de consumo. Este meio de produzir alimentos não é sustentável, uma vez que os nutrientes não retornam para o seu lugar de origem e promovem a contaminação do solo e de corpos d'água.

O reaproveitamento da urina como adubo seria responsável pela redução do uso de fertilizantes químicos. Os fertilizantes químicos produzidos para a agricultura são obtidos principalmente por meio de mineração ou através do beneficiamento do gás natural. Independente do meio de obtenção desses fertilizantes ocorre algum tipo de dano ao ambiente.

Para a utilização da urina como fonte de nutrientes é necessário à adaptação dos sistemas de captação nos sanitários urbanos. Seria necessário um único sistema de coleta capaz de separar a urina das fezes e o desenvolvimento de um sistema de tubulações para conduzir esses materiais separadamente (SCHÖNNING, 2004).

## **OBJETIVO**

Estudar os efeitos de doses de urina humana uréia na produção de *Brachiaria decumbens* e *Cynodon dactylon*.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### URINA

A urina humana quando colhida separadamente é classificada como água amarela. Este método de coleta separado pode ser realizado a partir de mictórios ou vasos compartimentados (figura 3). A partir de então obtém-se a urina para uma futura utilização como fertilizante.



**Figura 1. Mictório feminino (esquerda), mictório masculino (centro) e vaso compartimentado (direita).**

**Fonte: adaptado de ZANCHETA, 2007.**

Os mictórios feminino/masculino e o vaso compartimentado são utilizados para a obtenção da urina separadamente das fezes. Esta pode a partir deste dispositivo ser conduzida aos locais de armazenamento para um posterior transporte e aplicação como fertilizante líquido.

**Origem.** A utilização da urina humana como fertilizante é realizada a milhares de anos em países como a China. Atualmente, a Suécia é um dos países pioneiros no desenvolvimento de métodos de coleta de urina humana com o intuito de uso como fertilizante. Na década de 90 foi construído o primeiro sistema separador de urina de porcelana. Em 1995 concluíram as eco-vilas, onde todas as casas possuem sistemas separador, com intuito de facilitar o tratamento, reduzindo a quantidade de água que é desperdiçada com a descarga (JOHANSSON, 2000).

Uma nova abordagem com relação ao uso das excretas humanas vem surgindo, principalmente na Europa e, mais especificamente, em países como Suécia e Dinamarca. A recomendação é que fezes e urina sejam utilizadas como fertilizantes ou complemento nas mais variadas culturas agrícolas, respeitando as suas características diferentes em termos de patogenicidade, conteúdo de nutrientes e benefícios ao solo e plantas (GONÇALVES, 2006).

**Características qualitativas da urina.** A urina humana é uma solução complexa de água contendo concentrações de sais e nutrientes. O cloreto de sódio (NaCl) e a uréia [CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>] são os principais deles, mas também estão presentes o potássio (K), cálcio (Ca), os sulfatos (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), e o fósforo (P). O fósforo é disponível como superfosfatos (H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> ou HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) e o potássio como um componente iônico (K<sup>+</sup>) (LIND *et al.*, 2001). Em torno de 80% do nitrogênio total da urina, está na forma de uréia [CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>] e o restante está em forma de nitrogênio inorgânico, orgânico e amônia. Diariamente a excreção de uréia em adultos varia entre 11,8 e 23,8 g e a relação entre nitrogênio total e uréia é de aproximadamente 0,8 (FITTSCHE e HAHN, 1998).

A urina é a fração que contém a maior parte de nutrientes do esgoto sanitário, aproximadamente 80% de nitrogênio, 55% de fósforo e 60% de potássio. Ao mesmo tempo constitui menos de 1% do volume desse esgoto convencional (JOHANSSON, 2000).

Diversos autores pesquisaram a quantidades dos principais nutrientes (N, P, K) da urina humana. Os resultados foram sempre parecidos, independente do lugar da pesquisa, tipo de dieta e idade/sexo das pessoas (Tabela 1).

**Tabela 1. Quantidade de nutrientes da urina humana encontrados por diversos**

Parâmetros g L <sup>-1</sup> de urina	Pesquisadores					
	Zancheta (2007)	Bazzarella et al (2005) (modificado)	Udert et al (2003) (modificado)	Johansson et al (2001) (modificado)	Wolgast (1993) e Ganrot (2005) (modificado)	Swedish EPA (1995) e Achönnning (2001) (modificado)
N	7,4	10,8	5,8	7,5	11,2	7,3
P	0,4	0,3	0,3	0,7	0,8	0,7
K	1,6	*	2,1	0,8	2	1,7

autores.

**Características biológicas da urina.** Em um indivíduo saudável a urina é estéril na bexiga. Quando transportada fora do corpo, bactérias do próprio corpo são arrastadas e a urina recentemente excretada contém normalmente <10000 bactérias/ml de bactérias (TORTORA et al., 1992 e SCHÖNNING, 2001).

A urina contém poucos patógenos, enquanto as fezes contêm muito mais. Armazenar urina sem diluição por um mês renderá uma urina segura para o uso na agricultura (ZANCHETA, 2007). A urina sem diluição fornece um ambiente mais árido para microrganismos, o que aumenta a taxa de mortalidade dos patógenos e impedindo produção de mosquitos (ESREY, 1998).

**Tabela 2. Patógenos que podem ser excretados na urina e a importância da urina como meio de transmissão (SCHÖNNING *et al.*, 2004).**

Patógenos	Urina como meio de transmissão	Importância
<i>Leptospira interrogans</i>	Usualmente através da urina animal	Provavelmente baixo
<i>Salmonella typhi</i> e <i>Salmonella paratyphi</i>	Provavelmente incomum, excretada na urina em infecção sistêmica	Baixo comparado com outros meios de transmissão
<i>Schistosoma haematobium</i> (ovos excretados)	Não direta mas indiretamente, a larva infecta os humanos através da água doce	É necessário considerar em áreas endêmicas onde água doce é disponível
Mycobacteria	Incomum, normalmente transportado pelo ar	Baixo
Virus: citomegalovirus (CMV), JCV, BKV, adeno, hepatite e outros	Normalmente não reconhecido, com exceção de casos isolados de hepatite A e sugerido para a hepatite B. Necessita de mais informação	Provavelmente baixo
Microsporidia	Sugerido, mas não reconhecido	Baixo
Causadores das doenças venéreas	Não, não sobrevivem durante períodos significativos fora do corpo	-
Infecções do trato urinário	Não, não há uma transmissão ambiental direta	Baixo

**Volume médio de urina produzido diariamente.** O volume de urina que é excretado pelo corpo humano varia tanto de pessoa para pessoa quanto de um dia para o outro. As razões principais dessa flutuação são devido às quantidades de líquido ingerido e as perdas por transpiração. De acordo com estudos feitos por Raunch *et al.*, (2003) o volume médio de urina diário por pessoa adulta é de aproximadamente 1,5L. Valores próximos também foram obtidos por BAZARELLA *et al.*, (2005) e FITTSCHER e HERMAN (1998) encontrando como volume médio 1,25L e 1,57L respectivamente.

**Tratamento da urina.** A urina humana é totalmente estéril na bexiga, mas quando é eliminada para fora do corpo bactérias são arrastadas, contaminando-a, então como não possui grandes quantidades de microrganismos, pode ser adicionada ao solo. Na Suécia a técnica usada tem sido armazenar a urina por um período de tempo para que não haja nenhum microrganismo, pois a época de sobrevivência desses microrganismos não é muito alta, principalmente em países tropicais onde a temperatura é mais elevada (MITSCHERLICH e MARTH, 1984 e APUD TANSKI, 2003).

Os principais processos de tratamento das águas amarelas, objetivando-se sua reciclagem na agricultura, são a estocagem em reservatórios fechados por períodos de tempo pré-determinados, a concentração para redução de volume e a precipitação de cristais (hidroxiapatita e estruvita). Dentre estes, a prática mais comum é a estocagem da urina, necessária para reduzir os riscos biológicos da sua utilização na agricultura. Embora ao sair dos rins de indivíduos a urina seja desprovida de patógenos, a contaminação é possível na saída da uretra. Durante a estocagem, a liberação da amônia e do bicarbonato causa um importante aumento do pH da urina, podendo ocasionar precipitação de cristais de inorgânicos como estruvita, calcita e hidroxiapatita. Causa ainda a inativação de microrganismos, sobretudo quando os valores atingem pH maior do que 8,5, o que, dependendo da temperatura ambiente, pode ocorrer em poucas semanas. Referente a pesquisas realizadas, constatou-se que houve um crescimento de

coliformes termotolerantes e E.coli na urina até os 20 primeiros dias de estocagem, chegando a praticamente zero ao final dos 30 dias (GONÇALVES, 2006).

O governo Sueco estabeleceu normas quanto à temperatura e o período de estocagem para determinados tipos de cultivos, com o intuito de que a urina humana possa ser utilizada com segurança, minimizando assim o risco de transmissão de doenças infecciosas (Tabela 2).

**Tabela 3. Norma sueca para utilização de urina humana na agricultura em grandes sistemas (SCHÖNNING, 2004).**

Temperatura de estocagem (°C).	Tempo de estocagem (meses)	Possíveis patógenos presentes na urina após estocagem <sup>(b)</sup>	Cultivos recomendados
4	≥ 1	Vírus e protozoários	Alimentos cultivados e forragem que serão processados.
4	≥ 6	Vírus	Alimentos cultivados que serão processados, forragem <sup>(c)</sup> .
20	≥ 1	Vírus	Alimentos cultivados que serão processados, forragem <sup>(c)</sup> .
20	≥ 6	Provavelmente nenhum	Todo tipo de cultivo <sup>(d)</sup> .

a) "Grandes sistemas" – significa que a urina humana é utilizada para cultivos que serão consumidos por outras pessoas que não os próprios geradores da mesma.

b) Bactérias gram-positivas e que formam esporos não incluídas.

c) Exceto pastagens para a produção de alimento para animais.

d) No caso de produtos consumidos crus é recomendada a fertilização com urina de forma descontínua, pelo menos um mês antes da colheita, e com a incorporação da urina no solo.

**Transporte.** Na Suécia, onde o sistema é mais desenvolvido, a urina é coletada e depois removida pelos próprios fazendeiros ou por contratantes, através de um caminhão tanque ou caminhão de sucção (Figura 4) (JOHANSSON, 2000).



**Figura 2. Caminhão de transporte de urina.**

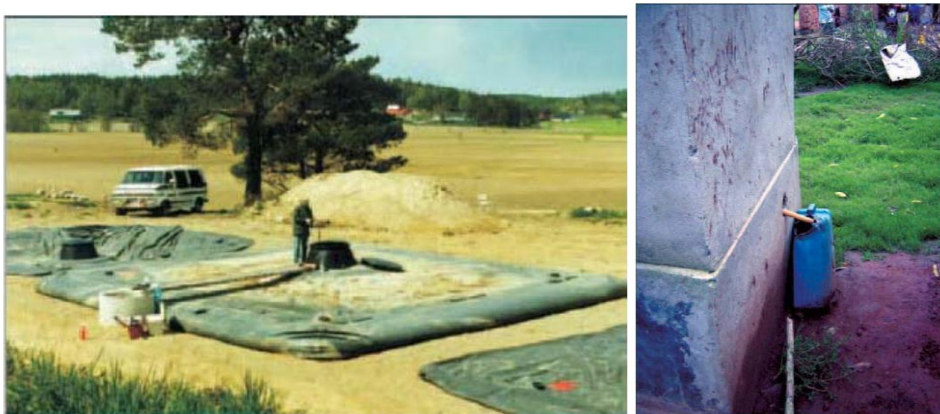


Fonte: JOHANSSON, 2000.

Os sistemas separadores de urina consomem menos energia do que os sistemas convencionais, considerando que a estação de tratamento assegura uma remoção eficiente do nitrogênio e que a urina não vai ser transportada por caminhão por longas distâncias. Sistemas de separação da urina aumentam o consumo de diesel e outros combustíveis, mas reduzem o consumo de eletricidade nas estações de tratamento e da energia utilizada na produção de fertilizante mineral (JOHANSSON, 2000).

Outra forma de transporte bastante eficiente de urina das estações até as propriedades seria o bombeamento. Toda a urina obtida a partir de edificações urbanas e conduzida até as estações de tratamento poderia ser bombeada para as propriedades mais próximas.

**Armazenamento.** As etapas de armazenamento e aplicação de urina são preferencialmente realizadas na propriedade. Toda a urina é armazenada em tanques hermeticamente fechados visando evitar a perda de nitrogênio na forma de amônia (Figura 5). Os materiais destes tanques podem ser preferencialmente de borracha ou material plástico, pois estes são resistentes, de baixo custo e longa duração.



**Figura 3. Recipientes para armazenamento de urina em larga escala (esquerda) e pequena escala (direita).**

Fonte: SCHÖNNING *et al.*, 2004.

**Aplicação.** Sabe-se agora que a urina humana é equivalente a fertilizantes químicos sem causar nenhum efeito adverso significativo ao ambiente. Portanto, a sua aplicação deve ser semelhante a de qualquer outro fertilizante, de maneira uniforme e na quantidade adequada.

Segundo JOHANSSON (2000), o melhor método de aplicação de urina é semelhante a de fertilizantes líquidos. Como se trata de um fertilizante nitrogenado, outros aspectos devem ser levados em conta para diminuição das perdas, são eles: alta humidade do solo, parcelamento das aplicações e evitar horas mais quentes do dia.



Segundo JÖNSON *et al.*, (2004), deve-se evitar a disposição de urina sobre as folhas das plantas, pois estas podem sofrer queimaduras devido a concentração de sais na urina.

**Metais pesados e substâncias de contaminação na urina.** O conteúdo de metais pesados e outras substâncias de contaminação tais como restos de pesticidas são geralmente baixos ou muito baixos na urina, dependendo principalmente da quantidade presente nos produtos consumidos. A urina é filtrada do sangue pelos rins. Contém substâncias que entram no metabolismo e, portanto, o nível de metais pesados na urina é muito baixo (JÖNSON *et al.*, 1997; JÖNSON *et al.*, 1999; JOHANSSON *et al.*, 2001. VINNERAS 2002; PALMIQUIT *et al.*, 2004).

A degradação de hormônios e farmacêuticos presentes na urina não representa risco de contaminação ao ambiente. Ao longo da evolução dos mamíferos, essas substâncias foram constantemente dispostas no ambiente e, portanto, a biota do solo está adaptada a degradar tais substâncias (JÖNSON *et al.*, 2004). Além disso, a maioria das substâncias farmacêuticas, mesmo produzidas sinteticamente, são encontradas da natureza e por isso são passíveis de degradação.

**Nutrientes na urina humana.** Ao contrário de outras fontes de nutrientes de origem orgânica, a urina apresenta rápida disponibilização para a planta. Pois seus nutrientes estão presentes na solução na forma de sais diluídos.

## **PRODUÇÃO FORRAGEIRA**

O Brasil possui mais de 100 milhões de hectares de pastagens cultivadas, das quais quase 90% estão em solo ácidos e de baixa fertilidade. Devido esta característica, a produção de forragem é dependente de fertilizantes e corretivos para a obtenção de resultados.

A produção animal está intimamente ligada ao cultivo de forragens. Os animais dependem deste recurso para ter desempenho. Portanto, é fundamental produzir forragem em quantidade e qualidade para a obtenção de ganhos.

São vários os nutrientes demandados pelas espécies forrageiras ao longo de seu desenvolvimento. Em especial está o nitrogênio, pois exerce papel fundamental para as plantas. O aumento da disponibilidade de nitrogênio no meio interfere positivamente sobre fatores morfofisiológicos das plantas forrageiras, estimulando seu crescimento e consequentemente, concorrendo para o aumento da produtividade da pastagem (JUNIOR; VILELA; SOUSA, 2007).

O N do solo, proveniente da mineralização da matéria orgânica, não é suficiente para atender à demanda das gramíneas de alto potencial de produção (GUILHERME *et al.*, 1995).

A deficiência de nitrogênio tem sido apontada como uma das principais causas da degradação das pastagens (WERNER, 1986). Comumente, a prática mais utilizada pelos produtores é a gradagem, pois proporciona melhorias em curto prazo.

A adição de nitrogênio tem como principais resultados o ganho dos seguintes fatores: produção de biomassa, alongamento foliar, fisiologia da planta, estímulo de primórdios foliares e diminuição da senescência (PACIULLO *et al.*, 1998, OLIVEIRA, 2002, GARCEZ NETO *et al.*, 2002).

A produtividade das gramíneas forrageiras decorre da contínua emissão de folhas e perfilhos, importante para a restauração da área foliar após o corte ou pastejo, o que garante a perenidade dessas plantas. Os processos de formação e desenvolvimento de folhas são fundamentais para o crescimento vegetal, uma vez que as folhas são essenciais para a fotossíntese, que é o ponto de partida para a formação de novos tecidos (LEMAIRE e CHAPMAN, 1996). Assim, a produção forrageira, como resultado dos processos de crescimento e desenvolvimento, pode ter sua eficiência substancialmente melhorada com o uso de fertilizantes, sobretudo o nitrogênio, por seu efeito positivo no fluxo de biomassa (DURU e DUCROCQ, 2000).

A urina humana, fonte principalmente de nitrogênio, é um valioso recurso para suprir espécies forrageiras. O seu uso como fertilizante implicaria em benefícios para as forrageiras e geraria renda aos agricultores.

## **BRACHIARIA DECUMBENS**

O gênero *Brachiaria* representou um marco na pecuária nacional com a ocupação de grandes áreas do cerrado na região central do Brasil, bem como em áreas onde cultivares de *Panicum spp.* apresentavam declínio na produtividade, pela baixa fertilidade natural do solo e por manejo inadequado. A utilização de espécies e/ou cultivares de *Brachiaria* foi proporcionada pelo conjunto de características desejáveis dessas forrageiras (FAGUNDES *et al.*, 2006).

A espécie *Brachiaria decumbens* é uma forrageira de grande importância para a produção animal brasileira, ela ocupa aproximadamente 55% de toda a área de pastagens da região central do Brasil (MACEDO, 2000). O seu uso se dá principalmente na forma de pastos para criação de gado de modo extensivo.

A espécie em questão, assim como todas as espécies do gênero *Brachiaria* são amplamente utilizadas nos pastos brasileiros. Isto ocorre principalmente devido as algumas características marcantes do gênero, são elas: rusticidade, agressividade, tolerância a superpastejo, tolerância a seca, baixa resposta a adubações nitrogenadas e exigência baixa/mediana de outros fertilizantes.

Segundo a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, em sua publicação de recomendações de adubos e fertilizantes, a espécie se encaixa no grupo de gramíneas de baixo nível tecnológico. Estas são pouco exigentes em nutrientes.

A adubação nitrogenada em pastagens de *Brachiaria decumbens* é fundamental para uma boa produção. Segundo a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, o nível de nitrogênio recomendado é de no mínimo 50 kg ha<sup>-1</sup> por ciclo para garantir o mínimo utilizado pela cultura.

Segundo PIRES (2006), a espécie *Brachiaria decumbens* possui baixa resposta a adubações nitrogenadas. Entretanto, com a adição de nitrogênio a cultura responde positivamente. Alguns fatores reagem positivamente, são eles: taxa de alongamento foliar, comprimento final da folha, índice de área foliar e porcentagens de colmo e lâmina foliar. Ao contrário, a porcentagem de material morto decresce. (FAGUNDES, *et al.*, 2006).

## CYNODON DACTYLON

O Tifton 85 é uma gramínea forrageira tropical originária da África e da Ásia. Foi resultado de trabalhos de melhoramento realizados nos Estados Unidos, o que desenvolveu híbridos muito produtivos. Apresenta importantes características forrageiras desejadas, como a capacidade para produzir elevada quantidade de forragem de boa qualidade.

As principais características dos híbridos do gênero *Cynodon* são: boa resposta à fertilização nitrogenada, boa produtividade de matéria seca, vigor de rebrota, qualidade da forragem produzida e melhor tolerância a fatores adversos do clima que as linhagens comuns (BURTON, 1951; CECATO *et al.*, 2001; MICKENHAGEN, 1994; HILL *et al.* 1996 e PEDREIRA, 1996).

Segundo a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, em sua publicação de recomendações de adubos e fertilizantes, a espécie se encaixa no grupo de gramíneas de alto nível tecnológico. Estas são muito exigentes em nutrientes.

A produção de matéria seca do *Cynodon dactylon* está diretamente relacionada à aplicação de níveis crescentes de nitrogênio (THOM *et al.*, 1991), mesmo em solos com baixas taxas de umidade (FERNANDEZ *et al.*, 1991).

Entre as adubações, merece destaque a adubação nitrogenada, pois em condições normais de suprimento dos demais nutrientes, o nitrogênio tem influência marcante na produtividade das gramíneas forrageiras (MONTEIRO, 1996), além de propiciar o desenvolvimento de tecidos novos, ricos em proteína e pobres em parede celular e lignina (WHITNEY, 1974).

Segundo a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, o nível de nitrogênio recomendado é de no mínimo 100 kg ha<sup>-1</sup> por ciclo para garantir o mínimo utilizado pela cultura. Dias (1993) observou uma maior eficiência de utilização do nitrogênio aplicado com a dose de 100 kg N ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para a produção de matéria seca.

Segundo Werner *et al.* (1967), a aplicação do nitrogênio de forma parcelada é mais eficiente do que em uma única aplicação. Isto se dá devido a grande demanda de nitrogênio pela cultura e pelo seu baixo valor residual (VALE *et al.*, 1995 e WERNER *et al.* 1967).

A produção forrageira, como resultado dos processos de crescimento e desenvolvimento, pode ter sua eficiência substancialmente melhorada com o uso de fertilizantes, sobretudo o nitrogênio, por seu efeito positivo no fluxo de biomassa (DURU e DUCROCQ, 2000).

A adubação, especialmente a nitrogenada, é fundamental para o aumento da produção de biomassa. Muitos pesquisadores reportam aumento da produtividade de biomassa mediante a utilização de adubação nitrogenada (PACIULLO *et al.*, 1998; OLIVEIRA, 2002; GARCEZ NETO *et al.*, 2002).

Independentemente da magnitude, o efeito da adubação nitrogenada sobre a taxa de alongamento foliar pode ser atribuído à grande influência de N nos processos fisiológicos da planta. Entre os benefícios da aplicação de N, destaca-se o estímulo ao desenvolvimento dos primórdios foliares, o aumento do número de folhas vivas por perfilho, a diminuição do intervalo de tempo para aparecimento de folhas, a redução da senescência foliar e o estímulo ao perfilhamento (PACIULLO *et al.*, 1998).

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de campo na Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília, em Brasília – DF (15°56' S; 47°55'W; 1080 m). O estudo foi conduzido no período da safra 2010/2011, iniciou-se os trabalhos no mês de dezembro de 2010 e concluiu-se no mês de abril de 2011.

As forrageiras escolhidas (cultivo já estabelecido) foram dos gêneros *Brachiaria decumbens* Stapf. cv. Basilisk e *Cynodon dactylon* cv. Tifton 85.

O solo da área em questão é um Latossolo Vermelho distrófico, possuindo uma topografia praticamente plana. A área experimental com as duas forrageiras distavam de cerca de 40 metros. As análises de solo foram coletadas nestes dois locais (Tabela 3).

**Tabela 4. Resultados da análise de solo nas áreas experimentais de *Brachiaria decumbens* e *Cynodon Dactylon*. Análise realizada em Dezembro de 2010.**

Parâmetro	Espécie forrageira	
	<i>Brachiaria decumbens</i>	<i>Cynodon dactylon</i>
pH em H <sub>2</sub> O	6,5	6,9
P em mg/dm <sup>3</sup>	1,8	2,9
Ca em cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	2,5	2,7
Mg em cmol <sub>c</sub> / dm <sup>3</sup>	0,9	1,2
K em cmol <sub>c</sub> / dm <sup>3</sup>	0,17	0,33
Na em cmol <sub>c</sub> / dm <sup>3</sup>	0,01	0,04
Acidez (H+Al) em cmol <sub>c</sub> / dm <sup>3</sup>	2,4	2,2
Soma das Bases em cmol <sub>c</sub> / dm <sup>3</sup>	3,58	4,27
CTC em cmol <sub>c</sub> / dm <sup>3</sup>	6,0	6,0
V em %	60	66
Carbono Orgânico em g/kg	24,1	23,8
MO em g/kg	41,5	40,9

Os dados meteorológicos foram obtidos na estação automática da Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília (Tabela 2).

**Tabela 5. Médias mensais de temperatura máxima, mínima e média diária, precipitação pluvial total mensal e umidade relativa do ar (média mensal), durante o período de dezembro a abril dos anos de 2010 e 2011.**

Mês	Temperatura média do ar (°C)			Precipitação	Umidade relativa (%)
	Máxima	Mínima	Média		
Dezembro	30,6	12,6	21,4	245,9	88,7
Janeiro	31,4	14,1	22,7	111,8	87,1
Fevereiro	29,2	15,9	21,9	80,3	82,3
Março	28,8	16,8	21,7	254,7	87,5
Abril	28,0	13,5	20,1	112,8	81,0

O método de coleta de urina humana foi o direto em garrafas PET. O doador da urina foi um homem adulto e saudável. O período de armazenamento da urina no recipiente de coleta foi de no mínimo 30 e no máximo de 60 dias.

A quantidade de nutrientes aplicados na área foi definida a partir da análise de solo e adequação à Tabela de Recomendação Para o Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (5ª aproximação).

A adubação de base com fósforo e potássio foi realizada igualmente para todos os blocos experimentais. A fonte de fósforo utilizada foi o superfosfato simples (SS) e a de potássio foi o cloreto de potássio (KCl). Os blocos do *Brachiaria decumbens* foram adubados com uma dose de SS equivalente a 411 kg ha<sup>-1</sup> e duas doses de KCl totalizando o equivalente a 34,4 kg ha<sup>-1</sup>. Os blocos de *Cynodon dactylon* foram adubados com uma parcela única de SS equivalente a 647 kg ha<sup>-1</sup> e duas doses de cloreto de potássio totalizando 51 kg ha<sup>-1</sup>. O potássio foi parcelado em duas doses, a primeira no corte inicial e a segunda no segundo corte.

Os tratamentos foram constituídos de quatro doses de nitrogênio para cada fonte – 0, 50, 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup> – divididas em três parcelas. Por ocasião do primeiro corte, foi realizada a primeira adubação nitrogenada. As outras duas foram realizadas logo após cada corte para avaliações. O intervalo entre cortes foi de 35 dias para o *Cynodon dactylon* e 40 dias para o *Brachiaria decumbens*. Os adubos nitrogenados utilizados foram urina humana e uréia. A quantidade de uréia foi dimensionada de acordo com a garantia mínima de 44% de N e a quantidade de urina foi dimensionada a partir da concentração de 7,5 g L<sup>-1</sup> para um adulto normal (concentração média encontrada por outros autores). A uréia foi diluída em água afim de promover uma aplicação com menores perdas.

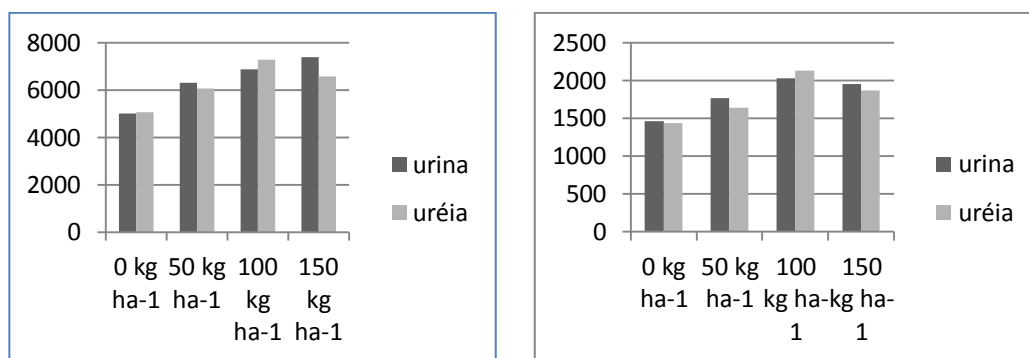
O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com três repetições para cada espécie forrageira e fonte de nitrogênio. Cada repetição foi composta por uma fileira de blocos com as quatro doses distribuídas aleatoriamente dentro da fileira. Os blocos experimentais foram de 1 m<sup>2</sup>.

As alturas de corte do *Cynodon dactylon* e do *Brachiaria decumbens* foram respectivamente 5 e 15 centímetros de altura do solo.

As avaliações foram realizadas na data dos cortes dos blocos experimentais. Foi avaliada a produção por meio da matéria fresca (MF) e matéria seca (MS) das forrageiras.

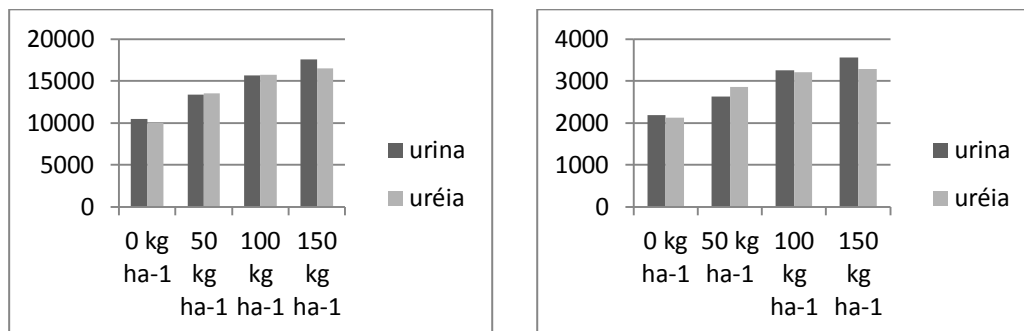
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O *Cynodon dactylon* produziu de acordo com a proporção de nitrogênio aplicada. Resultados semelhantes foram obtidos por Cecato *et al.* (2001)(Figura 6).



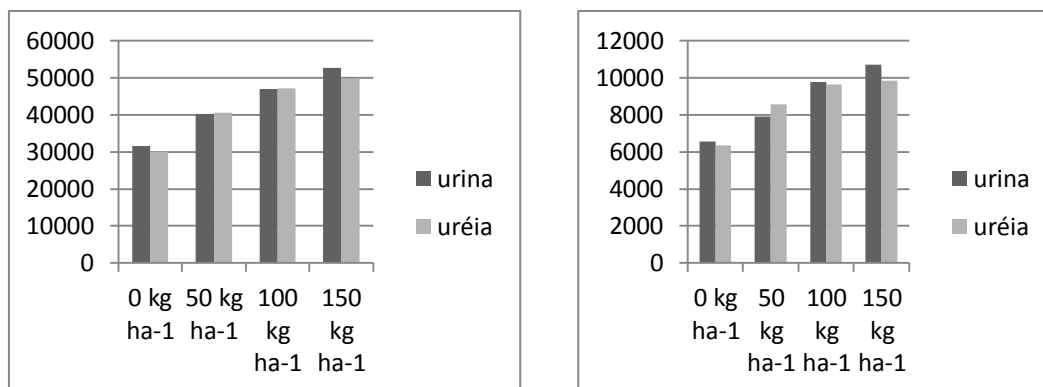
**Figura 4. Média de produção de fresca (esquerda) e seca (direita) de *Cynodon dactylon* após três cortes em função da dose e fonte de nitrogênio.**

O *Brachiaria decumbens* produziu de acordo com a proporção de nitrogênio aplicada. Resultados semelhantes foram obtidos por Fagundes *et al.* (2005) (Figura 7).

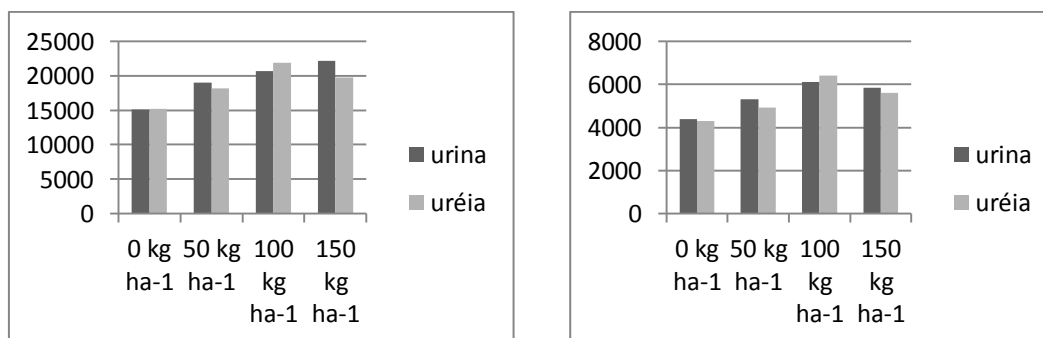


**Figura 5. Média de produção de fresca (esquerda) e seca (direita) de *Brachiaria decumbens* após três cortes em função da dose e fonte de nitrogênio.**

A eficiência de utilização do nitrogênio (kg de MS kg<sup>-1</sup> de N) pelo *Brachiaria decumbens* decresceu com o aumento das doses. Esses resultados de eficiência são semelhantes àqueles reportados por Moojen (1993), Fagundes (*et al* 2005) e Medeiros *et al.* (1978).



**Figura 6. Produção total de matéria fresca (esquerda) e seca (direita) de *Brachiaria decumbens* após 120 dias e três cortes em função da dose de nitrogênio.**



**Figura 7. Produção total de matéria fresca (esquerda) e seca (direita) de *Cynodon dactylon* após 105 dias e três cortes em função da dose de nitrogênio.**

A proporção de matéria seca nas forrageiras se manteve constante. Os valores observados foram respectivamente 22% para o *Brachiaria decumbens* e 28% para o *Cynodon dactylon*.

A produção de matéria das forrageiras foi afetada pela pluviosidade durante o período de crescimento. Observou-se que no mês de fevereiro houve menor pluviosidade, o que afetou negativamente a produção.

O coeficiente de variação dos resultados obtidos foi de quinze por cento e a probabilidade foi de menor de 1%.



## **CONCLUSÕES**

A urina humana é um fertilizante que se assemelha a uréia pelas suas características físico-químicas.

A urina humana propicia os mesmos ganhos de produtividade da uréia.

O uso seguro de urina humana como fertilizante faz o reciclo de nutrientes.

A urina humana pode ser utilizada em pastagens com fins de fornecer nitrogênio de forma segura e barata.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAZZARELLA, B. B.; DIAS, G. B.; BASTOS, F.P.; LEE, P.W.; GONÇALVES, R. F.; Caracterização quali-quantitativa da urina humana com vistas ao aproveitamento agrícola. In: Anais do 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande - MS: ABES, 2005. v.1. p. 186-187.
- BURTON, G., W. The Adaptability and Breeding of Suitable Grasses for the Southeastern States. Adv. Agron., San Diego, v.31951. p.197-240.
- CECATO, U. *et al.* Avaliação de cultivares do gênero *Cynodon* com e sem nitrogênio. Maringá. v. 23, n. 4, 2001. p. 781-788.
- DURU, M.; DUCROCQ, H. Growth and senescence of the successive leaves on a Cocksfoot tiller. Ontogenic development and effect of temperature. Annals of Botany, v.85, 2000, p.635-643.
- ESREY, S. *et al.* Ecological sanitation. Sida, Stockholm, 1998. Disponível em: < <http://www.ecosanres.org/PDF%20files/Ecological%20Sanitation.pdf> > Acesso em: 11 maio 2005.
- FAGUNDES, J. L. *et al.* Características morfogênicas e estruturais do capim-braquiária em pastagem adubada com nitrogênio avaliadas nas quatro estações do ano. Revista Brasileira de Zootecnia. v.35, n.1, 2006, p.21-29.
- FERNANDEZ, D. *et al.* Influencia de la fertilization con nitrogen y la frecuencia de corte en bermuda cruzada 1 (*Cynodon dactylon*) con riego y sin riego. I Rendimiento y economia. Hbage Abstract, Wallington, v.61, n.9, 1991. p.14.
- FITTSCHEN, I.; HAHN, H. H. Characterization of the municipal wastewater parameters human urine and preliminary comparison with liquid cattle excretion. Water science technology, Alemanha, v. 38, n. 6, 1998. p. 9-16.
- GARCEZ NETO, A.F.; NASCIMENTO JR., D.; REGAZZI, O. *et al.* Respostas morfogênicas e estruturais de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. Revista Brasileira de Zootecnia, v.31, 2002. p.1890-1900.
- GONÇALVES, Ricardo Franci (Coord.). Uso racional da água em edificações. ABES. Rio de Janeiro, Sermograf, 2006.
- GUILHERME, L.R.G.; VALE, F.R.; GUEDES, G.A.A. Fertilidade do solo: dinâmica e disponibilidade de nutrientes. Lavras: Esal; Faepe, 1995. 171p.
- HILL, G.M.; GATES, R.N.; WEST, J.W.; BURTON, G.W. Tifton 85 bermudagrass utilization in beef, dairy, and hay production. In: WORKSHOP SOBRE O

POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO CYNODON, 1996, Juiz de Fora. Anais. Juiz de Fora: Embrapa-CNPGL, 1996. p.140-150.

JUNIOR, G. B. M.; VILELA, L.; SOUSA, D. M. G. Cerrado: Uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens. Brasília. Embrapa. 2007. 224p.

JOHANSSON, M.; JÖNSSON, H.; HÖGLUND, C.; RICHERT STINTZING, A.; RODHE, L. Urine separation: closing the nutrient cycle. Stockholm Vatten, Stockholmshem. Estocolmo, 2000.

JÖNSSON, K. et al. Composition of urine, faeces, greywater and biowaste. The Mistra Programme Urban Water. Chalmers University of Technology. Gothenburg, Sweden, 2005.

LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D.F. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Eds.). The ecology and management of grazing systems. Oxon: CAB International. 1996. p.3-36.

MACEDO, M. C. M. Sistemas de produção animal em pasto nas savanas tropicais da América: limitações à sustentabilidade. In. REUNIÃO LATINOAMERICANA DE PRODUÇÃO ANIMAL. CONGRESSO URUGUAYO DE PRODUCCIÓN ANIMAL, Montevideo, 2000.

MICKENHAGEN, R. Elementos sobre pastagens das gramíneas tifton 68 e tifton 85. Araçatuba: [s.n.], 1994. 27p.

MONTEIRO, F. A. Cynodon: exigências minerais e adubação. In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO CYNODON, 1996, Juiz de Fora. Anais... Juiz de Fora: EMBRAPA: Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite, 1996. p. 23-45.

OLIVEIRA, M.A. Características morfofisiológicas e valor nutritivo de gramíneas forrageiras do gênero Cynodon sob diferentes condições de irrigação, fotoperíodo, adubação nitrogenada e idades de rebrota. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Dissertação (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, 2002. 2002. 142p.

PACIULLO, D.S.C.; GOMIDE, J.A.; RIBEIRO, K.G. Adubação nitrogenada do capim-elefante cv. Mott: 1- Rendimento forrageiro e características morfofisiológicas ao atingir 80 e 120 cm de altura. Revista Brasileira de Zootecnia, v.27, 1998. p.1069-1075.

PEDREIRA, C.G.S. Avaliação de novas gramíneas do gênero Cynodon para a pecuária do sudeste dos Estados Unidos. In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO CYNODON, 1996, Juiz de Fora. Anais. Juiz de Fora: Embrapa CNPGL, 1996. p.111-125.

SCHÖNNING, C.; STENSTRÖM, T. A. Diretrizes para o uso seguro de urina e fezes nos sistemas de saneamento ecológico. Instituto Sueco de Doenças Infecciosas. Estocolmo, 2004. 44p.

SCHÖNNING, C.; SCHÖNNIG, C. Hygienic aspects on the reuse of source-separated human urine. In: NJF Seminar, n. 327, Copenhagen, 2001. Disponível em: <<http://www.agsci.kvl.dk/njf327/papers/reviewedSchonning.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2005.

THOM, W.O. et al. Effect of applied fertilizer on Tifton 44 [*Cynodon dactylon* (L.) Pers] Bermudagrass. *Herbage Abstract*, Wallingford, v.61, n.91991, p. 376. UDERT, K. M.; LARSEN, T. A.; GUJER, W. Estimating the precipitation potential in urine-collecting systems. *Water Research*. v. 37, p. 2667–2677, 2003.

VALE, F. R. do.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. de A. Fertilidade do solo: dinâmica e disponibilidade de nutrientes. Lavras: FAEPE, 1995. 171 p.

ZANCHETA, P. G. Recuperação e tratamento da urina humana para uso agrícola. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2007. 83p.

WERNER, J. C. Adubação de pastagens. Instituto de Zootecnia. Nova Odessa. Boletim técnico. 1986. 49p.

WERNER, J. C.; PEDREIRA, J. V. S.; CAIELLI, E. L. Estudos de parcelamento e níveis de adubação nitrogenada em capim pangola. *Boletim de Indústria Animal*, Nova Odessa, v. 24, 1967, p. 147-151.

WHITNEY, A. S. Growth of kikuyugrass (*Pennisetum clandestinum*) under clipping. Effects of nitrogen fertilization, cutting, interval, and season on yields and forage characteristics. *Agronomy Journal*, Madison, v. 66, Mar./Apr. 1974. p. 281-187.

WOLGAST, M. Rena vatten. Om tankar i kretslopp (Clean Waters. Thoughts about recirculation). Uppsala, Creamon 1993. 186 p.