

# SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

## PRODUÇÃO, ACÚMULO E EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES EM GRAMA ESMERALDA ADUBADA COM LODO DE ESGOTO <sup>(1)</sup>

CLARICE BACKES <sup>(2\*)</sup>; CLAUDINEI PAULO DE LIMA <sup>(3)</sup>; LEANDRO JOSÉ GRAVA DE GODOY <sup>(4)</sup>;  
ALESSANDRO JOSÉ MARQUES SANTOS <sup>(5)</sup>; ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS <sup>(6)</sup>;  
LEONARDO THEODORO BÜLL <sup>(6)</sup>

### RESUMO

Objetivou-se com o trabalho avaliar a extração total de macronutrientes pela grama esmeralda em função de doses de lodo de esgoto. O experimento foi instalado em área comercial de produção de grama esmeralda, localizada na cidade de Itapetininga (SP). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso; em parcelas subdivididas, com quatro repetições, sendo as parcelas principais constituídas de cinco doses de lodo (0, 10, 20, 30 e 40 Mg ha<sup>-1</sup>, base seca), e as subparcelas com dois sistemas de manejo (com e sem o uso de escarificador utilizado para romper uma camada superficial compactada). As doses de lodo aplicadas correspondem às doses de 100, 200, 300 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio. O aumento das doses de lodo de esgoto promoveu maior remoção de nutrientes pela grama esmeralda. As doses mais elevadas de N fornecido com o lodo de esgoto promoveram excessivo crescimento da grama e a redução do sistema radicular. Doses intermediárias entre 20 e 30 Mg ha<sup>-1</sup> foram mais interessantes, pois reduziram a quantidade de aparas acumuladas, e promoveram um bom desenvolvimento dos rizomas + estolões e raízes, permitindo a formação de tapetes com maior resistência.

**Palavras-chave:** *Zoysia japonica*; adubação; nitrogênio; aparas; extração.

### ABSTRACT

#### PRODUCTION, ACCUMULATION AND NUTRIENT EXPORT IN ZOYSIAGRASS FERTILIZED WITH SEWAGE SLUDGE

The present study aimed at the evaluation of the total macronutrient extraction by Esmeralda grass as influenced by different dosis of sewage sludge added to the soil. The experimental site was set up on a commercial grass production area in Itapetininga, Sao Paulo State, Brazil. A split plot design with four replicates was used in which the main treatment was the amount of sewage sludge (0, 10, 20, 30, and 40 Mg/ha) and the subtreatment was the type of soil tillage (with or without chisel plowing). The amount of sewage sludge applied were equivalent to 100, 200, 300, and 400 kg/ha nitrogen. Increasing amounts of sewage sludge to the soil led to larger levels of nutrients taken up by Esmeralda grass. The highest levels of nitrogen added as sewage sludge led to grass overgrowing and diminution of plant rooting. Intermediate amounts such as 20-30 Mg/ha were reasonable as they caused decrease on plant shootings and resulted in the development of roots and plant shoots thus forming a resistant soil cover.

**Key words:** *Zoysia japonica*; fertilization; nitrogen; clippings; extraction.

<sup>(1)</sup> Projeto financiado pela FAPESP. Recebido para publicação em 31outubro de 2008 e aceito em 3 de dezembro de 2009.

<sup>(2)</sup> Departamento de Produção Vegetal/Horticultura, Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP, Caixa Postal 237, 18610-907 Botucatu (SP). E-mail: claricebackes@hotmail.com <sup>(\*)</sup> Autora correspondente.

<sup>(3)</sup> Doutorando do Departamento de Produção Vegetal/Agricultura, Faculdade de Ciências Agronômicas- UNESP, Botucatu (SP).

<sup>(4)</sup> Unidade Diferenciada de Registro, UNESP, Rua Tamekishi Takano, 195, 11900-000 Registro (SP).

<sup>(5)</sup> Doutorando do Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agronômicas-UNESP.

<sup>(6)</sup> Departamento de Recursos Naturais/ Ciência do Solo, Faculdade de Ciências Agronômicas-UNESP.

## 1. INTRODUÇÃO

As áreas de produção de grama possuem elevada compactação, sendo utilizadas por vários anos após sua implantação sem que se mobilize o solo de modo efetivo. Dessa forma, a quantidade de fertilizantes adicionada neste sistema deve ser alta para elevar a concentração de nutrientes no solo e suprir a redução de aeração nas raízes e absorção ativa de nutrientes já que a compactação acaba diminuindo a eficiência de absorção desses nutrientes pelas plantas (GODOY e VILLAS BÓAS, 2003).

O nitrogênio (N) é o nutriente requerido em maiores quantidades pelas gramas e, segundo EASTON e PETROVIC (2004), é o agente limitante do crescimento influenciando também na qualidade do gramado. No entanto, a quantidade de N disponível no solo é insuficiente para atender a alta exigência do gramado a este nutriente e, portanto, aplicações regulares de fertilizante nitrogenado são necessárias (BOWMAN et al., 2002).

A qualidade ótima de um gramado requer um programa intensivo de adubação nitrogenada com altas doses e irrigação (EXNER et al., 1991; QUIROGA-GARZA et al., 2001).

Doses elevadas de N e maior frequência de aplicação podem reduzir o tempo de produção da grama, entretanto, doses excessivas forçam o crescimento da parte aérea em detrimento do sistema radicular, reduzindo a capacidade do tapete ser manuseado após o corte (*liftability*) (CHRISTIANS, 1998; CARROW et al., 2001). Na produção de gramas em tapete, o crescimento de raízes e de rizomas é mais importante que o crescimento da parte aérea, pois influenciará na resistência do tapete durante a colheita e o manuseio, aumentando o rendimento da área (GODOY, 2005).

Esse maior crescimento da parte aérea da grama proporcionada por doses excessivas de N é indesejável por causa do corte mais frequente requerido, causando aumento dos custos de produção (QUIROGA-GARZA et al., 2001). Juntamente com as aparas (*clippings*) são retiradas do sistema parte dos nutrientes aplicados que, segundo BOWMAN et al. (2002), é uma perda a ser considerada.

Além das aparas cortadas durante o ciclo de produção, o tapete é retirado da área com os nutrientes absorvidos pela planta e os contidos no próprio solo, que são removidos juntamente com o tapete, aumentando a exportação dos nutrientes.

A adubação representa 21,5% dos custos da produção de gramas (AGRIANUAL, 2006), portanto devem-se procurar fontes alternativas para reduzir esses custos.

O lodo de esgoto, resíduo de maior volume gerado durante os processos de tratamento de efluentes, tem o N como o mais valioso constituinte. Segundo GALDO et al. (2004), o uso de lodo de esgoto na agricultura contribui para reduzir o consumo de fertilizantes inorgânicos, devido à presença de nutrientes essenciais às plantas e matéria orgânica, denotando assim uma redução de custos e diminuição do acúmulo desses resíduos nos centros de produção.

Entretanto, em alguns lodos podem ocorrer restrições ao uso agrícola, dependendo de sua composição com metais pesados ou compostos orgânicos tóxicos. Quando não ocorrem tais restrições, as quantidades de lodo a serem aplicadas, visando à nutrição nitrogenada das culturas, devem satisfazer as necessidades de N das plantas (BOEIRA et al., 2002).

Comparativamente aos fertilizantes químicos tradicionais, as diferenças desfavoráveis aos lodos, inerentes aos custos de transporte, manuseio, aplicação e monitoramento, decrescem ao longo dos anos, em virtude do incremento dos custos da energia necessária à produção dos fertilizantes comerciais (CHAGAS, 2000).

No Brasil, não existem valores de referência da extração de nutrientes pela grama esmeralda, principalmente utilizando como fonte o lodo de esgoto. O conhecimento da extração de nutrientes pela grama pode possibilitar o entendimento de fatores relacionados à nutrição mineral da cultura e, conseqüentemente, permitir calibrar as doses de adubos para cada espécie, evitando, assim, desperdícios durante a adubação.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a extração de macronutrientes e a produção de grama esmeralda, em função da aplicação de doses de lodo de esgoto na superfície do solo, em sistema de produção de tapetes de grama.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em propriedade de grama no município de Itapetininga (SP), localizada nas coordenadas geográficas 23° 91' de latitude sul e 48° 03' de longitude oeste de Greenwich e altitude média de 636 m.

A área vinha sendo utilizada para a produção comercial de grama, colhida mecanicamente em tapetes, há cerca de 10 anos, e o início do experimento ocorreu em uma área onde os tapetes haviam sido colhidos há 20 dias. O solo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico textura argilosa (EMBRAPA, 2006). Os dados de precipitação pluvial indicaram 277 mm de chuva entre outubro de 2005 e

maio de 2006, sendo notado déficit hídrico em novembro, janeiro e maio avaliado por meio da relação precipitação/evapotranspiração real. A temperatura média do ar ficou em 23 °C, sendo a mínima de 18 °C obtida em maio, e as máximas de 26 e 25 °C obtidas em janeiro e março.

De acordo com os resultados da análise, o solo possuía os seguintes atributos químicos antes da instalação do experimento: pH (CaCl<sub>2</sub>) de 4,6; 38 g dm<sup>-3</sup> de M.O.; 3 mg dm<sup>-3</sup> de P (resina); 54; 0,9; 26 e 7 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de H+Al, K, Ca e Mg respectivamente; e saturação por bases (V) de 36%. A composição granulométrica do solo foi, respectivamente, de 90, 671 e 239 g kg<sup>-1</sup> de areia, argila e silte.

Foi utilizada a espécie *Zoysia japonica* Steud., conhecida como grama esmeralda que tem hábito de crescimento rizomatoso e, portanto, pode ser colhida em área total, visto que após a colheita ficam rizomas subsuperficiais capazes de brotarem e cobrir novamente o solo.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso em parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas principais foram constituídas de cinco doses de lodo (0, 10, 20, 30 e 40 Mg ha<sup>-1</sup>, base seca) e as subparcelas de dois sistemas de manejo (com e sem o uso de escarificador superficial). O escarificador superficial denominado "estrelinha" consiste de grade de discos recortados em forma de estrela, contendo 10 discos distanciados entre si em 10 cm, que acoplado a um trator é utilizado para romper uma camada superficial compactada. Foram realizadas quatro passagens do escarificador a uma profundidade de, aproximadamente, 2,0 cm, em um único sentido nas parcelas que receberam este tratamento. As parcelas experimentais foram de 4,4 x 5 m, e as subparcelas 2,2 x 5 m. A bordadura foi de 0,5 m em cada extremidade da subparcela.

O lodo de esgoto utilizado foi proveniente da estação de tratamento de esgoto da cidade de Jundiaí (SP), que utiliza o processo de lagoas aeradas de mistura completa, seguida lagoa de decantação para sua higienização. A composição do lodo utilizado apresentou as seguintes concentrações: 32; 18; 2,1; 13,1; 2,8; 24; 520 e 289 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente, de N, P, K, Ca, Mg, S, M.O. e carbono orgânico; 722; 28.800; 674; 500; 0,59; 7,21; 152,7; <0,1; 34,5 e 184,4 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente, de Cu, Fe, Mn, Zn, As, Cd, Cr, Hg, Ni e Pb; umidade de 68%; relação C/N 9; e pH 5,9. As quantidades de metais presentes no lodo de esgoto utilizados estão bem abaixo do limite estabelecido pela norma do CONAMA (2006) que regulamenta a utilização do lodo de esgoto na agricultura.

As doses de lodo aplicadas correspondem a 100, 200, 300 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de N disponível, calculadas com base no teor de N presente no lodo, umidade do lodo, taxa de mineralização de 30% ao ano e necessidade da cultura (dose de N de 300 kg ha<sup>-1</sup>, segundo GODOY, 2005).

A calagem foi realizada na área total, aplicando-se sobre a superfície do solo 1,2 Mg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico (PRNT de 91%), considerando a saturação por bases desejada igual a 60%. O lodo de esgoto foi aplicado em uma única vez, 20 dias após a colheita dos tapetes, espalhado sobre a superfície do solo, imediatamente após a aplicação do calcário. Devido ao baixo teor de potássio presente no lodo de esgoto, foi aplicada a dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O, na forma de KCl, parcelada em três vezes.

A grama foi mantida a uma altura aproximada de 2,5 cm, sendo o corte realizado conforme a necessidade, utilizando-se uma roçadeira à gasolina com coletor recolhendo as aparas (*clipping*) para determinação da fitomassa seca. Os cortes foram removidos e amostrados em quatro épocas (janeiro, fevereiro, março e abril de 2006) para os tratamentos que receberam as maiores doses de lodo (20, 30 e 40 Mg ha<sup>-1</sup>), em duas épocas (janeiro e março de 2006) para os tratamentos que receberam 10 Mg ha<sup>-1</sup> e apenas em uma época (janeiro de 2006) para a testemunha, antes da colheita dos tapetes. A matéria fresca dos cortes para cada parcela foi mensurada e uma amostra aleatória removida e pesada antes e após a secagem. As amostras foram secas em estufa de circulação e renovação de ar forçada por 72 horas na temperatura de 65 °C. Após esse período, determinou-se a matéria seca das amostras e, por regra de três, obteve-se a quantidade de massa seca total coletada na parcela. A quantidade de material coletado em cada data foi somada durante o ciclo, obtendo-se o total de aparas retirada do local. Coletou-se uma amostra para a determinação da concentração de nutrientes de acordo com método de MALAVOLTA et al. (1997). A extração de nutrientes pelas aparas foi obtida através do produto da quantidade de nutrientes contidos na aparas pela massa da matéria seca coletada.

Depois de formados, os tapetes foram cortados utilizando colhedora acoplada ao trator a uma profundidade de 2,5 cm, sendo determinada a quantidade de fitomassa extraída com os mesmos. Dos tapetes colhidos foram coletados três "plugs" de 6,8 cm de diâmetro por parcela através de um trado amostrador (tubo de aço inox com 50 cm de comprimento e 8 cm de diâmetro afunilado na extremidade com 6,8 cm de diâmetro).

Os “plugs” foram lavados para retirar o solo aderido do material. Posteriormente, o material coletado foi seco em estufa de circulação forçada de ar por 72 horas, na temperatura de 65 °C e, após seco, foi pesado para determinação da fitomassa seca.

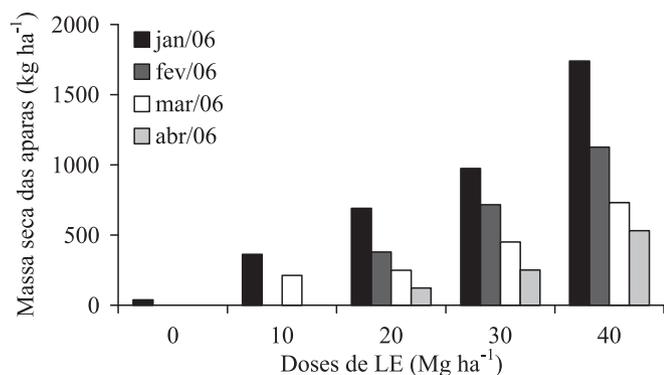
Após a determinação da fitomassa seca, cada material vegetal foi moído e enviado para o Laboratório de Nutrição de Plantas da Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA) para determinação da concentração de nutrientes, de acordo com método de MALAVOLTA et al. (1997). O acúmulo de nutrientes foi calculado multiplicando a fitomassa seca pela concentração de nutrientes de cada parte (folhas + caules e rizomas + estolões + raízes) da grama.

Os resultados foram submetidos à análise estatística, utilizando o software “SISVAR” versão 4.2 (FERREIRA, 2003).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 1 são apresentados os valores de massa seca das aparas coletadas durante o ciclo de produção de tapete de grama esmeralda em função das doses de lodo de esgoto. O crescimento da grama no tratamento que não recebeu lodo foi pequeno, sendo necessário apenas um corte, acumulando a massa seca de 39 kg ha<sup>-1</sup>. Segundo CARROW et al. (2001), o N é o nutriente que mais influencia o crescimento e a densidade das folhas da grama, o que justifica esse resultado.

Quando aplicada a dose de 10 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo, houve acúmulo de 363 kg ha<sup>-1</sup> de aparas em janeiro e 213 kg ha<sup>-1</sup> em março. Para esta dose, dois cortes foram suficientes para manter a grama em uma altura adequada (aproximadamente 2,5 cm). Para os demais tratamentos, foram realizados quatro cortes durante o ciclo da grama.

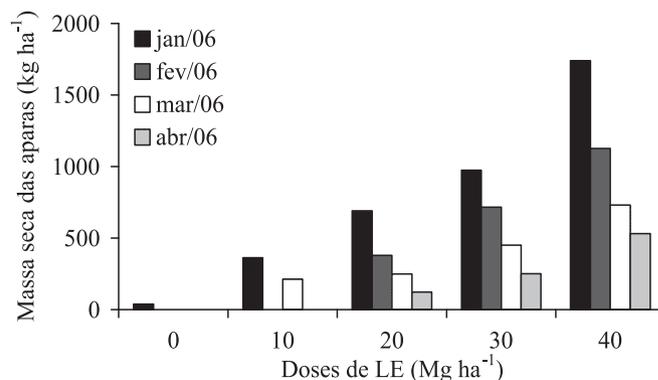


**Figura 1.** Fitomassa seca das aparas cortadas em função dos meses do ano e da aplicação de doses de lodo de esgoto. Cada histograma representa o valor médio de quatro repetições.

Doses maiores de N e maior frequência de aplicação podem reduzir o tempo de produção da grama, entretanto, doses excessivas causam crescimento acelerado e resultam em mais cortes, aumentando os custos de manutenção (QUIROGA-GARZA et al., 2001). Os cortes também podem causar depleção das reservas de carboidratos nos gramados, que podem ser necessários para a manutenção da planta nos períodos de estresse (QIAN e FRY, 1996).

Como o lodo foi aplicado em uma única vez no início do experimento, a maior quantidade de aparas foi coletada no primeiro corte (janeiro de 2006), possivelmente provocado pela adição de grande quantidade de matéria orgânica e nutrientes. As altas temperaturas e também as elevadas precipitações pluviais que ocorreram nos primeiros meses podem ter acelerado a liberação de nutrientes e, conseqüentemente, o crescimento da planta. Com a retirada das aparas no período do experimento, sendo retirado também parte dos nutrientes aplicados, e a redução na temperatura e na quantidade de chuva, houve menor crescimento da planta no decorrer do ciclo, diminuindo assim a quantidade das aparas coletadas nas demais épocas. Segundo BOEIRA (2004), o lodo aplicado em campo pode liberar, à solução do solo, grande quantidade de N mineral nos primeiros dias após a aplicação, se houver condições propícias à mineralização da matéria orgânica. Ainda, segundo o autor, as quantidades mineralizadas vão diminuindo ao longo do tempo, com tendência de estabilização após os três primeiros meses, ou seja, a mineralização torna-se lenta, mas contínua.

Houve aumento no total da massa das aparas com o aumento das doses de lodo de esgoto (Figura 2), e para a maior dose de lodo aplicada (40 Mg ha<sup>-1</sup>) foi retirado da área, 4.153 kg ha<sup>-1</sup> de matéria seca cortada, durante todo o ciclo da cultura.



**Figura 2.** Acúmulo das aparas da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto (LE). \*\*: p<0,01. Cada símbolo representa o valor médio de quatro repetições.

SNYDER e CISAR (2000), aplicando doses crescentes de N na grama bermuda, verificaram que a maior dose aplicada (100 kg ha<sup>-1</sup> de N) proporcionou uma quantidade de 780 kg ha<sup>-1</sup> de aparas cortadas durante um ano.

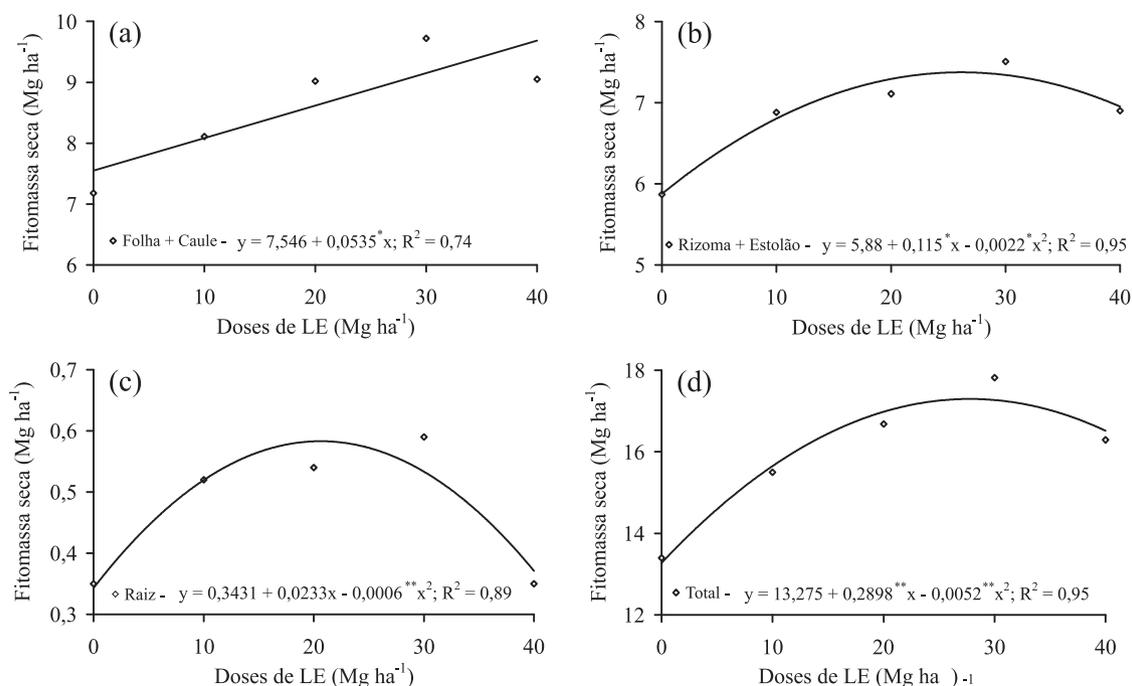
Verifica-se na figura 3 que houve efeito linear crescente para a fitomassa seca de folhas + caule em função das doses de lodo. A produção de rizomas + estolões e raízes atingiram os máximos valores de fitomassa seca (7,38 e 0,60 Mg ha<sup>-1</sup>) com as doses de 26 e 19 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. GODOY (2005), ao estudar a aplicação de N em grama esmeralda verificou que doses de N maiores que 400 kg ha<sup>-1</sup> reduziram o acúmulo de fitomassa seca de raízes e rizomas. Os estolões e rizomas são as partes mais importantes na produção de gramas, por proporcionarem maior estrutura e resistência ao tapete para ser manuseado após a colheita (CHRISTIANS, 1998). Nos estudos sobre formação de tapetes de grama, também deve-se considerar essas estruturas que influenciam significativamente na resistência. Dessa forma, a dose estimada de 26 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo, por proporcionar a máxima quantidade de estolões e rizomas, pode ser indicada para a produção de tapetes de grama esmeralda de boa qualidade.

De acordo com a equação ajustada da fitomassa total em função das doses de lodo, o valor máximo de acúmulo de fitomassa (17,32 Mg ha<sup>-1</sup>) foi alcançado com a dose de 28 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo de esgoto.

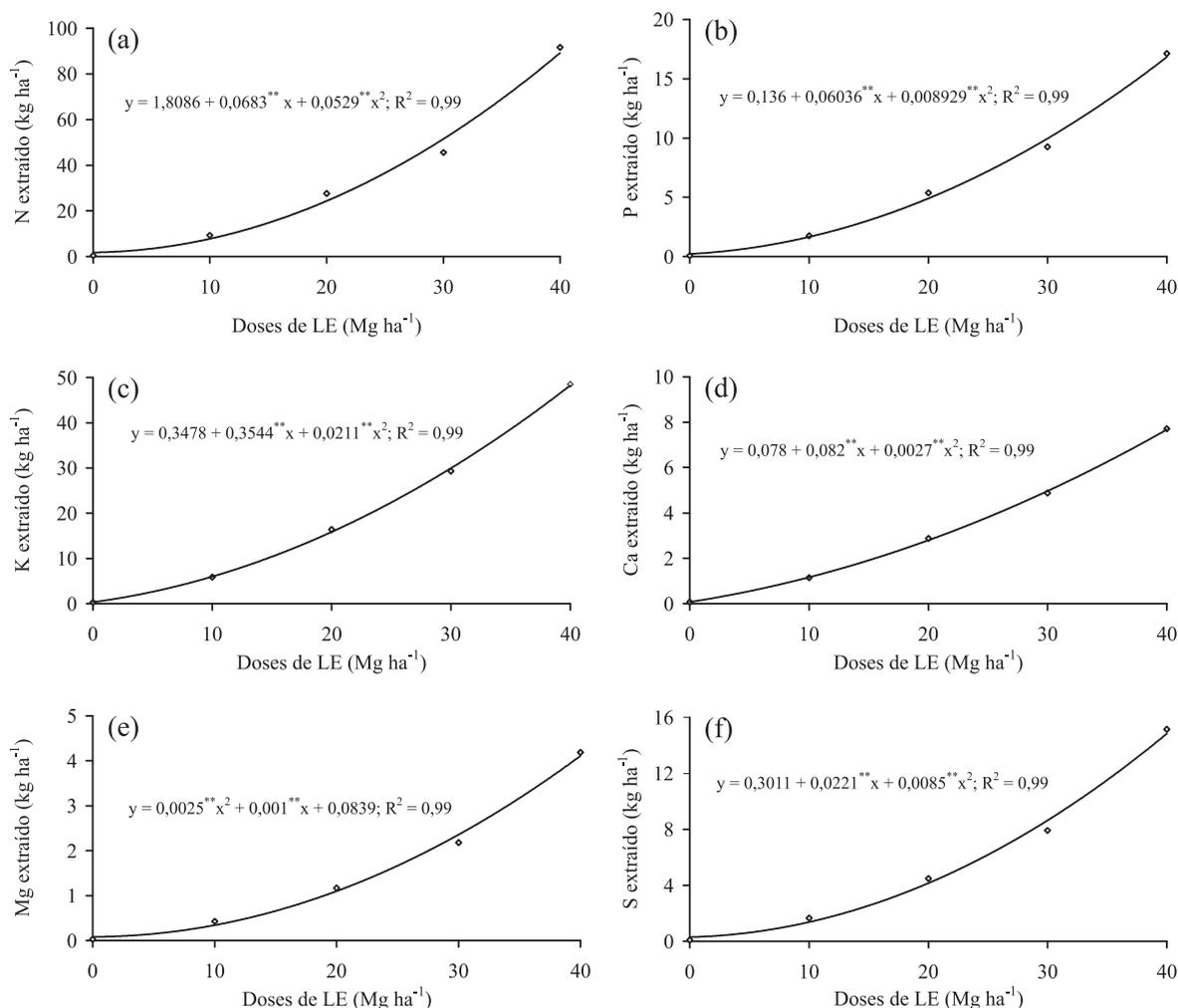
GODOY (2005) observou valor máximo de 17,15 Mg ha<sup>-1</sup> de fitomassa seca total ao aplicar a dose de 600 kg ha<sup>-1</sup> de N.

O N foi o nutriente extraído em maiores quantidades pela grama esmeralda em função das doses de lodo (Figura 4). A quantidade de N extraído pelas aparas variou de 0,49, na dose zero, a 91,67 kg ha<sup>-1</sup>, quando aplicada a dose de 40 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo. Por se tratar do nutriente mais exigido pela cultura, o aumento das doses de lodo e, conseqüentemente, maior quantidade de N aplicada, proporcionou maior crescimento das folhas, aumentando, assim, a produção de matéria seca e a extração de nutrientes. Doses muito elevadas não são interessantes do ponto de vista econômico, pois com o aumento excessivo do crescimento foliar aumenta-se o número de cortes e, conseqüentemente, a extração de nutrientes, e o custo de manutenção do gramado.

Com a retirada das aparas da área de produção da grama esmeralda, houve exportação de 23% do N disponível aplicado, quando considerada a maior dose (40 Mg ha<sup>-1</sup>). VILLAS BÔAS et al. (2008) verificaram exportação de 34% do N aplicado para a grama bermuda quando aplicada a dose de 600 kg ha<sup>-1</sup>. Segundo BOWMAN (2002), uma das perdas de N em sistema de cultivo de grama a ser considerada é a remoção das aparas. As aparas, quando retiradas do gramado, exportam cerca de 25% e 60% do N aplicado (GODOY e VILLAS BÔAS, 2008).



**Figura 3.** Fitomassa seca de folhas + caule (a), rizomas + estolões (b), raízes (c) e total (d) da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto (LE). \*:  $p < 0,05$  e \*\*:  $p < 0,01$ . Cada símbolo representa o valor médio de quatro repetições.



**Figura 4.** Extração de nitrogênio (a), fósforo (b), potássio (c), cálcio (d), magnésio (e) e enxofre (f) pelas retiradas das aparas da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto (LE). \*\*:  $p < 0,01$ . Cada símbolo representa o valor médio de quatro repetições.

HUMMEL e WADDINGTON (1984), em três anos de estudo verificaram a exportação de 46% a 59% do N aplicado quando as aparas foram recolhidas de um gramado de Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.). Dessa forma, quando as aparas são devolvidas à área, pode ocorrer diminuição da adubação nitrogenada nos gramados. Poucos estudos analisaram o efeito do retorno das aparas ao gramado como fonte de N no desenvolvimento e na qualidade da grama. HECKMAN et al. (2000), devolvendo as aparas cortadas a um gramado de Kentucky bluegrass e reduzindo a adubação nitrogenada em 50%, verificaram que não houve diminuição da cor do gramado. Além disso, a liberação lenta dos nutrientes fez com que não houvesse crescimento acelerado, reduzindo o número de cortes.

A maior extração de P em função da retirada das aparas foi de 17,1 kg ha<sup>-1</sup> com a aplicação de 40 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo. Mesmo com aumento proporcionado pelas doses de lodo, a quantidade desse nutriente

extraída pela planta foi baixa, sugerindo que pequenas quantidades de P aplicadas, podem atender a demanda da planta.

A extração de K pela grama esmeralda foi de 0,3 a 48 kg ha<sup>-1</sup> com doses variando de 0 a 40 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo. Considerando a quantidade de K total adicionado pela maior dose de lodo (84 kg ha<sup>-1</sup>) e mais a complementação na forma de cloreto (200 kg ha<sup>-1</sup>), 17% do total aplicado foi removido com as aparas.

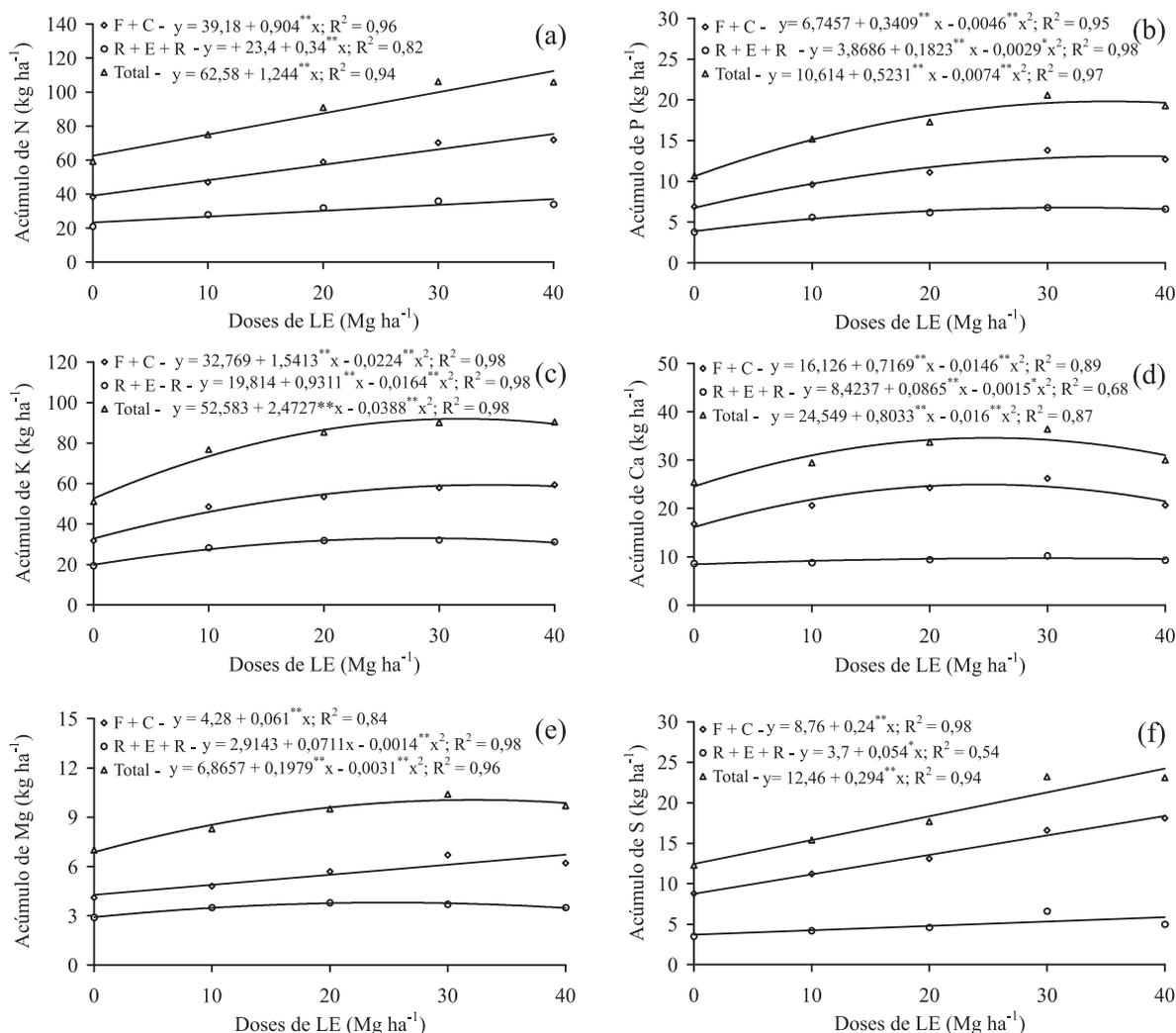
A extração de Ca e Mg pelas aparas também aumentou com as doses de lodo, chegando a 7,71 e 4,19 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, com a maior dose aplicada. Analisando esses valores, verifica-se que a quantidade desses macronutrientes secundários também é baixa, demonstrando a pouca exigência da grama a esses elementos. O aumento da extração desses nutrientes está diretamente relacionado com o aumento da produção de matéria seca proporcionado pela aplicação de doses crescentes de lodo.

A extração de S aumentou de 0,1 a 15,15 kg ha<sup>-1</sup> com as doses de lodo. Pode-se atribuir esse aumento à maior produção de matéria seca com a aplicação das maiores doses e também pela quantidade de S presente no lodo de esgoto utilizado que é considerável (2,4% na base seca). Ao aplicar lodo na cana-de-açúcar, SILVA et al. (1998) verificaram que a adubação com LE proporcionou aumentos na exportação de P, S, Ca, K e Mg, pela parte aérea da cultura. Comparando-se as maiores quantidades de nutrientes exportados com as quantidades adicionadas por 30 Mg ha<sup>-1</sup> de LE, verificaram que o balanço foi positivo em relação aos nutrientes P, Ca, Cu e Mg, mas foi negativo no tocante ao K e S, o que indica, neste caso, a necessidade de complementação do LE com estes dois nutrientes na adubação.

Na figura 5 estão representadas as regressões do acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S nas folhas + caules,

rizomas + estolões + raízes e total de nutrientes acumulados no tapete (folhas, caules, rizomas, estolões e raízes). A quantidade de N acumulada nas folhas + caules e rizomas + estolões + raízes aumentou linearmente com as doses de lodo de esgoto com valores de 71,9 e 34,0 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, quando aplicada a dose de 40 Mg ha<sup>-1</sup>. No total, foi retirado com o tapete 106 kg ha<sup>-1</sup> de N contidos na parte aérea e sistema radicular da grama.

Ao somar com a quantidade retirada pelas aparas, a quantidade total de N extraída pela grama foi de 198 kg ha<sup>-1</sup> quando aplicada a dose de 40 Mg ha<sup>-1</sup>. Aproximadamente 49,5% do N disponível aplicado foi removido. VIETOR et al. (2002), aplicando uma dose de 202 kg ha<sup>-1</sup> de N inorgânico na grama bermuda, verificaram que 122 kg ha<sup>-1</sup>, ou seja, 60% deste nutriente foram removidos do solo com a retirada do tapete.



**Figura 5.** Acúmulo de nitrogênio (a), fósforo (b), potássio (c), cálcio (d), magnésio (e) e enxofre (f) nas folhas + caules (F + C), nos rizomas + estolões + raízes (R + E + R) e o total acumulado no tapete (folhas, caules, rizomas, estolões e raízes) da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto (LE). \*\*: p<0,01. Cada símbolo representa o valor médio de quatro repetições.

A maior quantidade de nutrientes, segundo os autores, é removida pelo solo, seguido pela matéria seca do tapete e em menor quantidade pelas aparas. Neste experimento, a quantidade de N extraída pelas aparas e pela matéria seca removida com o tapete foi semelhante. VILLAS BÔAS et al. (2008) verificaram que 388 kg ha<sup>-1</sup> dos 600 kg de N ha<sup>-1</sup> foram removidos pelas aparas durante o ciclo e pela planta na colheita dos tapetes de grama bermuda correspondendo a 65% do total aplicado, sem considerar o solo.

Para a quantidade de P acumulada nas folhas + caules houve efeito quadrático com o máximo acúmulo de 13,1 kg ha<sup>-1</sup> com a dose de 37 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo, valor próximo à máxima dose aplicada. Nos rizomas + estolões + raízes o máximo acúmulo de P (6,72 kg ha<sup>-1</sup>) foi obtido com a dose de 31 Mg ha<sup>-1</sup>. Doses maiores promoveram menor acúmulo deste nutriente, possivelmente devido ao maior crescimento da parte aérea em detrimento do sistema radicular promovido pelas grandes quantidades de N aplicados. A máxima quantidade de P removida pela grama quando retirado o tapete foi de 20 kg ha<sup>-1</sup>, com a dose de 35 Mg ha<sup>-1</sup>. Para a grama bermuda, a extração pela planta foi de 15,75 kg ha<sup>-1</sup> nos tratamentos que receberam 600 kg ha<sup>-1</sup> de N e 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (VILLAS BÔAS et al., 2008). O P transportado com o tapete, considerando planta e solo, pode melhorar o pegamento, a recuperação e a qualidade dos gramados quando o tapete colhido é transplantado (VIETOR et al., 2002).

As quantidades de K nas folhas + caules e rizomas + estolões + raízes também foram ajustadas de forma quadrática às doses de lodo. Segundo as equações, doses de 34 e 28 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo proporcionaram acúmulos de 59 e 33 kg ha<sup>-1</sup> de K nas folhas + caules e rizomas + estolões respectivamente. A máxima quantidade de K removida pela grama na retirada do tapete foi de 92 kg ha<sup>-1</sup> quando aplicada a dose de 32 Mg ha<sup>-1</sup>. Com uma concentração de 2,1 g kg<sup>-1</sup> de K presente no lodo, a dose de 32 Mg ha<sup>-1</sup> corresponde a uma aplicação de aproximadamente 67,2 kg de K ha<sup>-1</sup>. Considerando ainda a complementação química, a quantidade de K removida pela planta com a retirada com tapete corresponde a 34% do total aplicado.

Por ser o segundo nutriente mais extraído pela grama esmeralda, e considerando que mais de 50% do K aplicado é removido pela planta (tapete + aparas), sem considerar a quantidade presente no solo levado com o tapete, a reposição desse nutriente no solo através da adubação é de grande importância. KIESLING (1980), em experimento realizado em solo com baixo teor de K, verificou que a formação e longevidade de novos rizomas foram diretamente relacionadas com a aplicação deste nutriente. GODOY

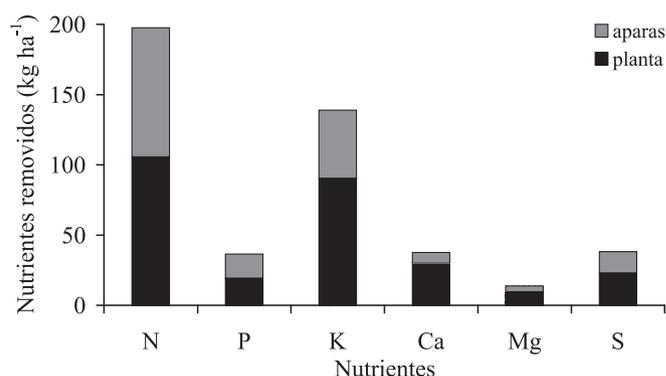
et al. (2007) verificaram que o potássio não influenciou o crescimento da grama nem a velocidade de fechamento do tapete, no entanto o nível de K na planta influenciou outras características da planta como a perda da água por transpiração.

Os máximos valores de Ca e Mg acumulados e removidos pela grama esmeralda pelo tapete foram de 34 e 10 kg ha<sup>-1</sup> quando aplicadas às doses de 25 e 32 Mg ha<sup>-1</sup>. Mesmo sendo extraídos em baixas quantidades é importante observar a reposição desses nutrientes no solo.

O acúmulo de S na grama aumentou linearmente em função das doses de lodo atingindo o máximo de 23 kg ha<sup>-1</sup> quando aplicada a maior dose. A extração máxima de S pela grama esmeralda adubada com doses crescentes de lodo foi de 38 kg ha<sup>-1</sup>, considerado a remoção pelas aparas e pelo tapete. Considerando os valores de extração e a remoção da camada superficial do solo onde há maior concentração de matéria orgânica, fonte de S, deve-se atentar para a reposição desse nutriente nos cultivos subsequentes.

Quando não foi aplicado o lodo (dose zero) a extração de macronutrientes foi baixa, pois produziu pequena quantidade de matéria seca, quase não necessitando de cortes. Também na dose zero não houve fechamento de tapete, sendo dessa forma reduzida a quantidade de folhas + caules e rizomas + estolões + raízes.

Verifica-se na figura 6 que, considerando a aplicação da maior dose de lodo (40 Mg ha<sup>-1</sup>), equivalente a 400 kg ha<sup>-1</sup> de N disponível, a extração dos nutrientes pela grama esmeralda obedeceu a seguinte ordem decrescente: N > K > S > Ca > P > Mg.



**Figura 6.** Nutrientes removidos nas aparas durante a produção do tapete e na planta (parte aérea e sistema radicular) em função da aplicação de 40 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo de esgoto. Cada histograma representa o valor médio de quatro repetições.

**Tabela 1.** Quantidade de nutrientes absorvidos pela grama em relação à quantidade total aplicada com as doses de lodo de esgoto

Nutrientes	Quantidade de nutrientes aplicados no solo com os tratamentos utilizados				Quantidade de nutrientes extraídos pela grama esmeralda em função dos tratamentos				Porcentagem dos nutrientes absorvidos em relação a quantidade aplicada			
	LE (Mg ha <sup>-1</sup> )				LE (Mg ha <sup>-1</sup> )				LE (Mg ha <sup>-1</sup> )			
	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40
	kg ha <sup>-1</sup>				kg ha <sup>-1</sup>				%			
Nitrogênio	320	640	960	1280	84	119	154	198	26,2	18,5	16,0	15,5
Fósforo	180	360	540	720	17	23	30	37	9,4	6,4	5,5	5,1
Potássio*	21	42	63	84	82	101	120	139	44,1	48,8	52,6	55,8
Cálcio	131	262	393	540	31	37	38	38	23,6	14,1	9,6	7,0
Magnésio	28	56	84	112	9	11	13	14	32,1	19,6	15,5	12,5
Enxofre	240	480	720	960	17	22	31	39	7,0	4,6	4,3	3,2

\* A porcentagem de K extraída pela planta foi baseada na quantidade presente no lodo mais a quantidade de K adicionada pela adubação mineral (200 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O).

Pode-se observar também que a planta retirada com o corte do tapete é responsável pela maior remoção de nutrientes quando comparada às aparas. No entanto, principalmente quando se considera o N, nota-se que a remoção pelas aparas é elevada. Segundo KOPP e GIULIARD (2000), a adubação nitrogenada pode ser reduzida em 50% ou mais quando forem devolvidas as aparas ao gramado sem, no entanto, diminuir a qualidade da grama. Portanto, se as aparas forem devolvidas, doses de N devem ser reduzidas.

Ao relacionar a quantidade de nutrientes absorvido em relação à quantidade total aplicada, verifica-se na tabela 1 que quanto maior a dose de lodo aplicada, menor foi a porcentagem de nutrientes extraídos pela grama, indicando haver menor aproveitamento pela planta dos nutrientes aplicados através do lodo. Deve-se considerar, no entanto, que doses menores não atenderam a demanda da planta, uma vez que maior produção de estolões e rizomas foi atingida com a dose de 26 Mg ha<sup>-1</sup>. Esta tendência só não foi verificada para a extração de K, uma vez que houve a complementação de fonte inorgânica em função da baixa concentração deste nutriente no lodo.

A recuperação não foi semelhante para os nutrientes avaliados, uma vez que, quando se observa a porcentagem de N em relação a P os valores variaram bastante, sugerindo que os compostos orgânicos presentes no lodo têm diferentes taxas de mineralização, liberando mais N do que P. A dose de lodo também afetou a recuperação dos nutrientes pela planta. Considerando a quantidade de nutrientes extraídos pela planta, a cada 10 Mg de lodo aumentou na planta em média cerca de 38 kg de N, 7 kg de P, 19kg de K, 2 kg de Mg e 7 kg de S. Para o nutriente Ca a contribuição do lodo não mostrou uma tendência específica.

#### 4. CONCLUSÕES

1. A grama esmeralda é mais uma opção para a utilização do lodo de esgoto.

2. Doses de lodo de esgoto entre 20 e 30 Mg ha<sup>-1</sup> são mais interessantes, pois reduzem a quantidade de aparas acumuladas e promovem bom desenvolvimento dos rizomas + estolões e raízes, permitindo a formação de tapetes com maior resistência.

3. A extração dos nutrientes pela grama esmeralda obedece a seguinte ordem decrescente: N > K > S > Ca > P > Mg.

## REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL. **Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira**. São Paulo. Grama em tapetes: custo de produção, 2006. p.314.
- BOWMAN, D.C., CHERNEY, C.T., RUFTY JUNIOR, T.W. Fate and transport of nitrogen applied to six warm-season turfgrasses. **Crop Science**, v.42, p.833-841, 2002.
- BOEIRA, R.C.; LIGO, M.A.V.; DYNIA, J.F. Mineralização de nitrogênio em solo tropical tratado com lodos de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.1639-1647, 2002.
- BOEIRA, R. C. **Uso de lodo de esgoto como fertilizante orgânico: disponibilização de nitrogênio em solo tropical**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. (Comunicado Técnico, 12)
- CARROW, R.N.; WADDINGTON, D.V.; RIEKE, P.E. **Turfgrass soil fertility and chemical problem: assessment and management**. Chelsea, MI: Ann Arbor Press, 2001. 400p.
- CHAGAS, W.F. **Estudo de patógenos e metais em lodo digerido bruto e higienizado para fins agrícolas, das estações de tratamento de esgotos da Ilha do Governador e da Penha no Estado do Rio de Janeiro**. 2000, 96p. Dissertação (Mestrado em Saúde pública) - Fundação Oswaldo Cruz / Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro, 2000.
- CHRISTIANS, N.E. **Fundamental of turfgrass management**. Chelsea, MI: Arbor Press, 1998, 301p.
- CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências**. Brasília: 2006. 41p.
- EASTON, Z.M.; PETROVIC, A.M. Fertilizer source effect on ground and surface water quality in drainage from turfgrass. **Journal of Environmental Quality**, v.33, p.645-655, 2004.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos-CNPS. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 2006. 306 p.
- EXNER, M.E.; BURBACH, M.E.; WATTS, D.G.; SHERMAN, R.C.; SPALDING, R.F. Deep nitrate movement in the unsaturated zone of a simulated urban lawns. **Journal of Environmental Quality**, v.20, p.658-662, 1991.
- FERREIRA, D.F. **Sisvar versão 4.2**. Lavras: DEX/UFLA, 2003.
- GALDO, M.V.; DE MARIA, I.C.; CAMARGO, O.A. Atributos químicos e produção do milho em um Latossolo Vermelho eutroférrico tratado com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.569-577, 2004.
- GODOY, L.J.G.; VILLAS BÔAS, R.L. Nutrição e adubação para gramados. In: SIMPÓSIO SOBRE GRAMADOS, 1., 2003, Botucatu. Produção, implantação e manutenção: **Anais...** Botucatu: Departamento de Recursos Naturais, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, 2003. (CD-ROM)
- GODOY, L.J.G. **Adubação nitrogenada para produção de tapetes de grama santo agostinho e esmeralda**. 2005, 106p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu, SP, 2005.
- GODOY, L.J.G.; VILLAS BÔAS, R.L.; BACKES, C.; LIMA, C.P. Doses de nitrogênio e potássio na produção de grama esmeralda. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, p.1326-1332, 2007.
- GODOY, L.J.G.; VILLAS BÔAS, R.L. Calagem e adubação para gramados: Como potencializar a produção e a manutenção. In: VILLAS BÔAS, R.L.; GODOY, L.J.G.; LIMA, C.P.; BACKES, C. **Tópicos atuais em gramados**. Botucatu: UNESP, 2008, cap.1 p.2-19.
- HECKMAN, J.R.; LIU, H.; HILL, W.; DEMILIA, M.; ANASTASIA, W.L. Kentucky bluegrass responses to mowing practice and nitrogen fertility management. **Journal Sustainable Agriculture**, v.15, p.25-33, 2000.
- HUMMEL, N.W.; WADDINGTON, D.V. Sulfur-coated urea for turfgrass fertilization. **Soil Science Society of America Journal**, v.48, p.191-195, 1984.
- KIESLING, T. C. Bermudagrass rhizome initiation and longevity under differing potassium nutritional levels. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.11, p.629-635, 1980.
- KOPP, K.L.; GUILLARD, K. Clipping management and nitrogen fertilization of turfgrass: growth, nitrogen utilization, and quality. **Crop Science**, v.42, p.1225-1231, 2002.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 317p.
- QIAN, Y.L.; FOLLETT, R.F. Assessing soil carbon sequestration in turfgrass systems using long-term soil testing data. **Agronomy Journal**, v.94, p.930-935, 2002.
- QUIROGA-GARZA, H.M., PICCHIONI, G.A., REMMENG, M.D. Bermudagrass fertilized with slow-release nitrogen sources. I. Nitrogen Uptake and potential leaching losses. **Journal of Environmental Quality**, v.30, p.440-448, 2001.
- SILVA, F.C., BOARETT, A.E., BERTON, R.S., ZOTELLI, H.B., PEIXE, C.A., MENDONÇA, E. Cana de açúcar cultivada em solo adubado com biofósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, p.1-8, 1998.
- SNYDER, G.H.; CISAR, J.L. Nitrogen/potassium fertilization ratios for bermudagrass turf. **Crop Science**, v.40, p.1719-1723, 2000.
- VIETOR, D.M.; GRIFFITH, R.H.; PROVIN, T.L.; MUIR, J.P.; READ, J.C. Export of Manure Phosphorus and Nitrogen in Turfgrass Sod. **Journal of Environmental Quality**, v. 31, p.1731-1738, 2002.
- VILLAS BÔAS, R.L.; LOMA, C.P.; BACKES, C. KIIHL, T.A.M.; OLIVEIRA, M.R.; GODOY, L.J.G. Exportação de macronutrientes pela grama Bermuda em função de doses de nitrogênio. In: FERTBIO 2008, Londrina. **Anais...** Londrina, PR: SBCS, 2008. (CD-ROM)