

FILIPPE HENRIQUE GENTIL

**LIXIVIAÇÃO DE NUTRIENTES E ALTERAÇÃO DE PROPRIEDADES
QUÍMICAS DO SOLO SUBMETIDO À APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA
DE GRAXARIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

RIO PARANAÍBA
MINAS GERAIS – BRASIL
2016

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca da Universidade Federal de Viçosa - Câmpus Rio Paranaíba

T

G3381
2016
Gentil, Filipe Henrique, 1990-
Lixiviação de nutrientes e alteração de propriedades químicas do solo submetido à aplicação de água residuária de graxaria / Filipe Henrique Gentil. – Rio Paranaíba, MG, 2016. vi,17f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Luis César Dias Drumond.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa. Inclui bibliografia.

1. ARA. 2. Efluente. 3. Fertirrigação. I. Universidade Federal de Viçosa. Campus UFV - Rio Paranaíba. Mestrado em Agronomia-Produção Vegetal (Campus CRP). II. Título.

631.4

FILIPPE HENRIQUE GENTIL

**LIXIVIAÇÃO DE NUTRIENTES E ALTERAÇÃO DE PROPRIEDADES
QUÍMICAS DO SOLO SUBMETIDO À APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA
DE GRAXARIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Aprovada: 05 de agosto de 2016.

André Mundstock Xavier de Carvalho
(Coorientador)

Éder Matsuo

Luís César Dias Drumond
(Orientador)

“A ciência nunca resolve um problema sem criar pelo menos outros dez”.
(George Bernard Shaw)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e a Nossa Senhora pelo dom da vida e pelas bênçãos e graças concedidas durante essa caminhada.

Aos meus pais, Elias e Sandra pela intensa dedicação, carinho e apoio.

A minha namorada Camila, pela paciência, compreensão, respeito e pelos incentivos.

Aos meus irmãos, Gustavo e Talita pela compreensão, amizade e apoio em todos os momentos.

A todos meus familiares que me incentivaram e me ajudaram de alguma forma.

A Universidade Federal de Viçosa – Campus Rio Paranaíba, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

Aos professores, técnicos e colegas da Universidade Federal de Viçosa – Campus Rio Paranaíba pelos ensinamentos e apoio.

A todos os funcionários da Secretaria Municipal de Agricultura, Pecuária, Abastecimento e Meio Ambiente de São Gotardo - MG, pela amizade, apoio e compreensão.

Aos professores Luis César Dias Drumond, André Mundstock Xavier de Carvalho e Vinícius Ribeiro Faria, pelos ensinamentos, incentivos, orientações e ajudas.

A indústria de rações Patense, pela contribuição para pesquisas científicas.

E a todos que de certa forma contribuíram para esta conquista, meus sinceros agradecimentos.

Sumário

RESUMO	v
ABSTRACT	vi
1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	3
2.1. Local do Experimento	3
2.2. Solo.....	4
2.3. Montagem das colunas de solo	5
2.4. ARA – GRAXARIA: Origem, características e aplicação.....	6
2.5. Simulação de chuva e irrigação	7
2.6. Coleta das soluções lixiviadas	8
2.7. Produção da forrageira	8
2.8. Análises químicas do lixiviado, da forrageira e do solo.....	9
2.9. Análises estatísticas.....	9
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	10
4. CONCLUSÕES	15
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	16

RESUMO

GENTIL, Filipe Henrique, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Agosto, 2016. **Lixiviação de nutrientes e alteração de propriedades químicas do solo submetido à aplicação de água residuária de graxaria.** Orientador: Luis César Dias Drumond. Coorientadores: André Mundstock Xavier de Carvalho e Vinícius Ribeiro Faria.

A Água Residuária de Agroindústria – Graxaria (ARA-Graxaria) se caracteriza principalmente pelos altos teores de nutrientes, como fósforo e nitrogênio, apresentando grande potencial de ser utilizada através da fertirrigação. As plantas forrageiras, quando bem manejadas se destacam pela alta capacidade produtiva e pela extração de nutrientes do solo. A aplicação de ARA-Graxaria no solo, através da fertirrigação reduz custos com fertilizantes químicos, contudo é essencial o monitoramento dos elementos químicos no solo nos locais onde se faz essa fertirrigação, minimizando riscos de contaminações ambientais. Diante disso, propõe-se avaliar a lixiviação de nutrientes e alteração de propriedades químicas do solo submetido a aplicação de água residuária de graxaria. Foi realizado experimento em colunas de solo plantadas com capim Vaquero, sob um delineamento inteiramente casualizado, com dois tipos de solo e quatro doses de ARA-Graxaria com três repetições. Foram feitas irrigações e simulação de chuvas. O lixiviado gerado foi coletado e analisado em laboratório para determinar nitrato e fósforo total, no solo foi determinado o fósforo e nitrogênio total. Para a forragem foi determinado o parâmetro de massa de forragem. As aplicações de ARA-Graxaria contribuíram com aumento na produção do Capim Vaquero, os teores de nitrato ficaram abaixo do nível crítico de contaminação das águas, evidenciando potencial do uso de ARA-Graxaria em fertirrigação de pastagens. Os teores fósforo total e nitrogênio total no solo e nos lixiviados, de forma geral, não representam riscos para contaminação das águas subsuperficiais.

ABSTRACT

GENTIL, Filipe Henrique, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, August, 2016. **Leaching of nutrients and change the chemical properties of the soil under the application of wastewater rendering plant.** Adviser: Luis César Dias Drumond. Co-advisers: André Mundstock Xavier de Carvalho and Vinícius Ribeiro Faria.

Agroindustry Wastewater - Graxaria (ARA-Graxaria) is characterized mainly by high levels of nutrients, such as phosphorus and nitrogen, presenting great potential to be used through fertigation. Forage plants, when well managed, are distinguished by their high productive capacity and the extraction of nutrients from the soil. The application of ARA-Graxaria in the soil, through fertigation reduces costs with chemical fertilizers, however it is essential the monitoring of the chemical elements in the soil in the places where this fertirrigation is done, minimizing risks of environmental contaminations. Therefore, it is proposed to evaluate the leaching of nutrients and alteration of chemical properties of the soil submitted to the application of wastewater from grease. An experiment was carried out in soil columns planted with Vaquero grass under a completely randomized design with two soil types and four ARA-Graxaria doses with three replications. Irrigations and simulation of rain were done. The leachate generated was collected and analyzed in the laboratory to determine nitrate and total phosphorus, in the soil was determined the phosphorus and total nitrogen. For forage, the forage mass parameter was determined. The applications of ARA-Graxaria contributed with an increase in the production of Capim Vaquero, the nitrate levels were below the critical level of water contamination, evidencing the potential of the use of ARA-Graxaria in pasture fertirrigation. The total phosphorus and total nitrogen contents in the soil and in the leachates, in general, do not present risks for contamination of subsurface waters.

1. INTRODUÇÃO

A intensificação das atividades agroindustriais está associada ao aumento na geração de resíduos orgânicos. Estes quando misturados na água são denominados efluentes líquidos ou Água Residuária de Agroindústria (ARA) e podem ter alta carga poluidora. Deste modo representam um risco potencial de poluição do ambiente, sendo necessário que a ARA tenha uma gestão eficiente, para evitar poluição e contaminação do solo e da água.

As graxarias são agroindústrias que processam subprodutos e/ou resíduos animais dos abatedouros ou frigoríficos e de açougues. A ARA–Graxaria caracteriza-se principalmente por alta carga orgânica, variação da matéria prima e altos conteúdos de Nitrogênio (N) e Fósforo (P) (Pacheco, 2006).

Os resíduos gerados por uma atividade, podem se transformar em insumo para outra (Konzen, 2002). A ARA – Graxaria pode e deve ser utilizada como fonte de fertilizantes para um grande número de culturas através da fertirrigação, principalmente para plantas forrageiras, que devido a sua alta produção de massa, 40 a 70 toneladas de matéria seca por hectare por ano ($t\ MS.ha^{-1}.ano^{-1}$), podem extrair mais de $900\ kg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ de N e $100\ kg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ de P em sistemas de pastejo intensivo (Andrade e Drumond, 2012).

A fertirrigação com a ARA reduz os custos com tratamentos químicos e apresenta menor risco de contaminação ambiental uma vez que nas condições tropicais a ação dos microrganismos no solo é intensa. Utilizam a matéria orgânica contida nos despejos como substrato energético e o solo funciona como uma camada filtrante possibilitando ações de adsorção e atividades da microbiota (Matos e Sedyama, 1995) citado por (Oliveira, 2014).

O maior benefício desta prática é o menor risco de eutrofização dos recursos hídricos destinados ao consumo humano, garantia da disponibilidade permanente de água para a produção agrícola e economia de fertilizantes químicos.

Com o uso da fertirrigação com ARA, é essencial o monitoramento dos elementos químicos, principalmente o N e o P. A lixiviação de elementos através do perfil do solo e o transporte por escoamento superficial são os principais caminhos de transferências de elementos para águas superficiais e subsuperficiais, sendo nitrogênio e

fósforo os elementos chaves para desencadear a eutrofização de águas superficiais e subterrâneas (Costa et al., 2010).

Existem alguns métodos de monitoramento da movimentação de elementos químicos no solo, entre eles, se destaca a utilização de extratores da solução de solo, que são tubos de PVC soldável de ½” com cápsula porosa em cerâmica de 3/4”, borrachas de vedação em silicone e tampão de proteção, que com o auxílio de uma bomba de vácuo, permite coletar amostras da solução de solo e realizar as análises pertinentes (Andrade; Drumond, 2012).

Já as colunas de solo são utilizadas nos estudos com aplicações de ARA para minimizar o risco de contaminação ambiental, possibilitando experimentos com altas doses, vários tipos de plantas e solos. Com as colunas pode-se analisar o solo submetido a aplicações de ARA de diversas profundidades com mais facilidade, assim como as soluções lixiviadas coletadas ao longo do tempo.

Dessa forma, o objetivou-se foi avaliar a lixiviação de nutrientes e alterações de propriedades químicas do solo submetido a aplicação de Água Residuária de Agroindústria-Graxaria.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local do Experimento

O experimento foi realizado em colunas de solo dispostas em casa de vegetação, localizada na Universidade Federal de Viçosa – Campus Rio Paranaíba (UFV/CRP), Rio Paranaíba – MG (Figura 1).

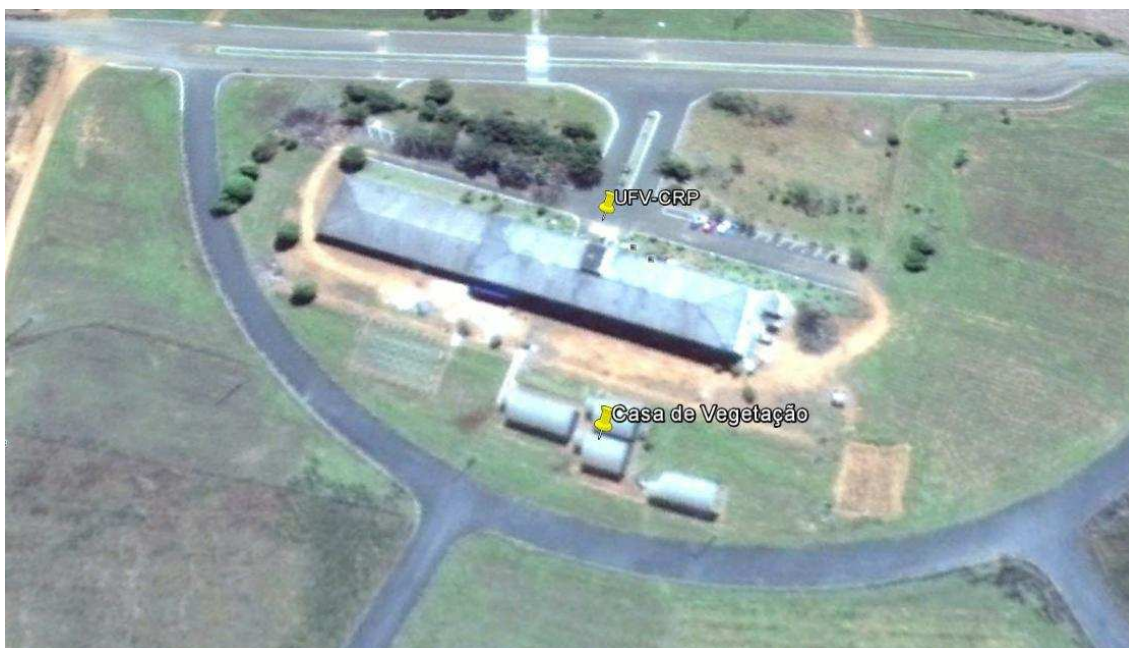


Figura 1 – Imagem da Universidade Federal de Viçosa – Campus Rio Paranaíba, local onde foi realizado o experimento (Fonte: Google Earth®).

O delineamento estatístico utilizado no experimento foi o inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 4 x 3, sendo 4 doses de ARA – Graxaria aplicadas em 3 tipos de solo com 3 repetições (Figura 2). As parcelas foram montadas em tubos de PVC de 100 mm sobre uma plataforma, cerca de 30 cm acima do chão e espaçado em 10 cm aproximadamente um do outro.

As doses de ARA – Graxaria utilizadas foram equivalentes a aplicação de 0, 800, 1600 e 2400 m³ ha⁻¹ ano⁻¹.

O experimento foi conduzido no período de julho de 2015 a fevereiro de 2016 e as análises químicas foram feitas de abril a junho de 2016.

D800 LVA R1	D2400 CX R2	D2400 CX R1	D2400 RQ R1	D2400 LVA R1	D0 RQ R2
D1600 LVA R2	D0 LVA R1	D1600 LVA R1	D2400 LVA R3	D1600 CX R3	D0 LVA R2
D2400 CX R3	D2400 RQ R2	D800 CX R3	D1600 RQ R2	D800 CX R2	D1600 CX R2
D2400 LVA R2	D1600 LVA R3	D0 CX R1	D800 RQ R1	D0 CX R3	D2400 RQ R3
D0 CX R2	D1600 RQ R3	D0 RQ R1	D1600 RQ R1	D0 RQ R3	D800 RQ R2
D800 LVA R2	D0 LVA R3	D800 RQ R3	D1600 CX R1	D800 LVA R3	D800 RQ R2





	D0	LVA: Latossolo Vermelho-Amarelo	R1: Repetição 1
	D800	CX: Cambissolo Háplico	R2: Repetição 2
	T1600	RQ: Neossolo Quartzarênico	R3: Repetição 3
	T2400		

Figura 2 – Esquema do experimento com distribuição dos tratamentos:

2.2. Solo

Foram utilizados no experimento, três solos de textura distinta (argilosa, média e arenosa). O solo de textura argilosa foi coletado em uma trincheira aberta na BR - 354 próximo ao trevo da UFV/CRP, o solo de textura média foi coletado em uma área de pastagem de uma fazenda comercial de Rio Paranaíba - MG, nas coordenadas 19°14'29.18" S e 46°12'20.49" O e o solo de textura arenosa foi coletado no município de São Gotardo- MG, nas coordenadas 19°22'29.98" Sul e 45°56'28.40" Oeste, classificados como Latossolo Vermelho Amarelo (LVA), Cambissolo Háplico (CX) e Neossolo Quartzarênico (RQ) (EMBRAPA, 2006), respectivamente. Para coletar o solo, foram abertas trincheiras de 120 cm e o solo retirado de 30 em 30 cm de profundidade e armazenado em sacos plásticos separadamente para cada camada. (Figura 3).

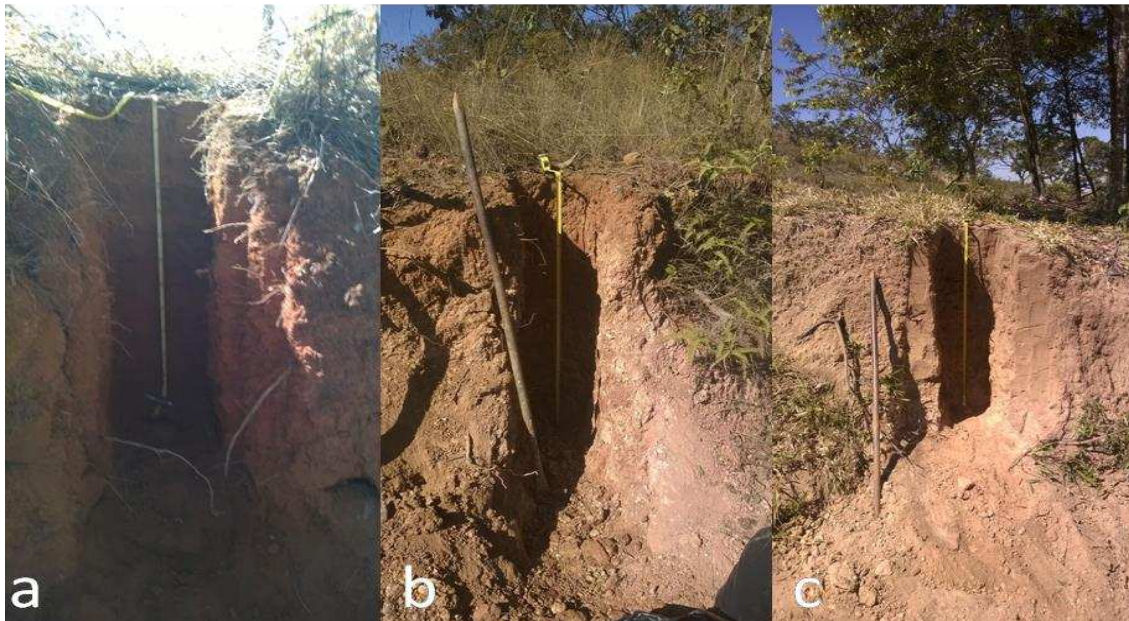


Figura 3 – Coleta de solos, a) Latossolo Vermelho Amarelo (LVA), b) Cambissolo Háplico (CX) e c) Neossolo Quartzarênico (RQ)

Com auxílio de uma sonda, amostras simples de solo na profundidade de 0 a 30 cm foram retiradas dos solos e acondicionadas em recipientes de plástico, com posterior homogeneização formando uma amostra composta que foi enviada para laboratório para determinação das características químicas. Com os resultados da análise química foi calculada e realizada uma calagem nos primeiros 30 cm elevando a saturação de bases (V%) para 60%, na montagem das colunas de solo, um mês antes da aplicação dos tratamentos.

2.3. Montagem das colunas de solo

Foi montada uma plataforma a 30 cm do chão para servir como suporte para as colunas de solo. Para a confecção das colunas de solo, foram utilizados tubos de PVC de 100 mm de diâmetro e 125 cm de altura, cortados a 90, 60 e 30 cm, totalizando 4 partes. Em cada parte, do lado interno, foi feito um anel com cola de silicone, para evitar o fluxo preferencial da água pela parede interna do tubo, posteriormente no fundo do tubo foi colocado um tampão de PVC com uma abertura de 5 mm de diâmetro no centro e as partes foram montadas sendo unidas com fita adesiva impermeável.

Para colocar a coluna de solo sobre a plataforma e facilitar a coleta do lixiviado, foi instalado no CAP um funil com uma mangueira para escoamento da solução

lixiviada (Figura 4). Para evitar a presença de partículas sólidas nessa solução foi colocado na parte interna do tampão de PVC um filtro.



Figura 4 – Colunas de solo montadas com funil e mangueira para coletar o lixiviado na garrafa.

As colunas foram preenchidas com os solos já secos e peneirados em uma peneira de malha de aproximadamente 4 mm, seguindo a mesma posição encontrada no perfil de origem. Após o preenchimento dos tubos, o solo foi levemente compactado de modo que os primeiros 5 cm do tubo ficou livre.

O plantio das mudas do Capim Vaquero, cerca de 25 gramas, foi realizado no dia 15 setembro de 2015.

2.4. ARA – GRAXARIA: Origem, características e aplicação

A ARA – Graxaria utilizada no experimento foi coletada na Indústria de Rações Patense, que possui um sistema de tratamento para a água residuária gerada em seu processo industrial composto pelas seguintes unidades: grade, tanque de resfriamento, lagoa anaeróbica, lagoa facultativa e fertirrigação.

As características dos efluentes da indústria variam amplamente entre as plantas de processamento. Esta variação é devido a diferenças tais como tipo de material e quantidade de água consumida, bem como da coleta separada, ou não, do sangue. As características gerais dos efluentes, após tratamento primário são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização da água residuária de agroindústria (ARA - Graxaria) utilizada durante o experimento.

Parâmetro	Unidade	Valor	Metodologia
DBO	mg L ⁻¹	409,8	Refluxo Fechado
DQO	mg L ⁻¹	1088	Titulométrico
Óleos e Graxas	mg L ⁻¹	Não detectado	Gravimetria
pH		8,0	Potenciométrico
Alumínio total	mg L ⁻¹	Não detectado	Espectrofotometria de Absorção Atômica
Boro total	mg L ⁻¹	0,3	Espectrometria Ultravioleta
Cálcio	mg L ⁻¹	15,6	Espectrofotometria de Absorção Atômica
Fósforo total	mg L ⁻¹	20,65	Espectrofotometria de Absorção Atômica
Magnésio	mg L ⁻¹	4,5	Espectrofotometria de Absorção Atômica
Manganês total	mg L ⁻¹	0,13	Espectrofotometria de Absorção Atômica
Nitrogênio total	mg L ⁻¹	637,70	Colorimétrico
Potássio Total	mg L ⁻¹	109	Espectrofotometria de Absorção Atômica
Enxofre	mg L ⁻¹	0,076	Colorimétrico
Cobre total	mg L ⁻¹	0,022	Espectrofotometria de Absorção Atômica
Ferro Total	mg L ⁻¹	Não detectado	Espectrofotometria de Absorção Atômica
Nitrato	mg L ⁻¹	10	EPA 300.1

Caracterização realizada conforme metodologia descrita por Standard Methods (APHA, 2006).

A aplicação das doses de ARA - Graxaria foi realizada uma vez por semana, durante treze semanas, sendo as doses de 0,12, 24 e 36 ml equivalentes a aplicação de 0, 800, 1600 e 2400 m³ ha⁻¹ ano⁻¹.

2.5. Simulação de chuva e irrigação

Para a simulação das chuvas foi utilizado o valor da maior média mensal de precipitação dos anos de 2008 a 2014, obtida do histórico da estação meteorológica automática, instalada próxima a casa de vegetação na Universidade Federal de Viçosa – Campus Rio Paranaíba.

Como foi realizada uma simulação de chuva por semana, o valor da maior média mensal de precipitação encontrado (246 mm) foi dividido por 4 e acrescentado cerca de 30%, valor que se aproximou das máximas precipitações encontradas em um dia na média histórica, resultando em uma aplicação de 80 mm dia⁻¹, ou seja, 630 ml de água em cada coluna de solo, durante 13 semanas.

O manejo da irrigação durante o experimento foi realizado de acordo com a evapotranspiração de referência estimada pelo método de Penman-Monteith - FAO 56, conforme proposto por Allen et al. (1998) com dados fornecidos pela estação meteorológica, adotando-se turno de rega fixo de 3 dias e coeficiente de cultura (Kc) também fixo de 0,8 (Drumond e Aguiar, 2005).

2.6. Coleta das soluções lixiviadas

Para a coleta das soluções lixiviadas, foram colocadas garrafas de 500 mL ligadas ao funil por uma mangueira. Uma vez por semana era realizada a coleta e a troca das garrafas, para a conservação das amostras coletadas para as análises posteriores, foi adicionado Formaldeído, cerca de 0,01% do volume de cada amostra.

2.7. Produção da forrageira

A determinação da produção da forrageira foi feita com a Massa de Forragem (MF). Para isso, em cada coluna, toda a forragem foi cortada cerca de 10 cm acima do solo (simulando a altura pré-pastejo) e pesada em balança de precisão. Para a determinação do Teor de Matéria Seca (MS) a forragem já pesada, foi levada para estufa com circulação forçada de ar à 65°C por 72 horas (Gardner, 1986), para a desidratação. Após a secagem foi novamente pesada em balança semi-analítica (precisão de 0,01 g), pela diferença de peso foi calculado o teor de MS (Drumond e Aguiar 2005).

Após da determinação da MS, a MF foi estimada em kg de MS ha⁻¹ e calculada de acordo com a Equação 1.

$$MF = \frac{MS \times Mf \times 10000}{AC} \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:

MF=Massa de Forragem (kg de MS ha⁻¹)

Mf= Massa fresca de forragem (kg)

AC= Área da coluna (m²)

MS= Matéria Seca (decimal)

2.8. Análises químicas do lixiviado, da forrageira e do solo

Nas soluções lixiviadas foram realizadas análises de Fósforo total (Pt) pelo método adaptado de Hedley et al. (1982) e Nitrato segundo Cataldo et al. (1975)

Ao final das coletas da solução lixiviada, as colunas foram desmontadas e o solo correspondente a cada profundidade transferido para saco plástico identificado. Destes foram retiradas amostras de 0,4 gramas, para a determinação de Pt e Nt método adaptado de Malovolta et al. (1997).

2.9. Análises estatísticas

Previamente foram verificadas as condições de normalidade e homocedasticidade. Em seguida os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F. Quando ocorreu diferença entre as médias dos tipos de solo, essas foram comparadas pelo teste de Newman-Keuls (SNK) à 5 % de probabilidade e as doses de ARA-Graxaria em cada tipo de solo foram submetidas análise de regressão a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O maior valor de concentração de N-NO₃ foi encontrado na maior dose de ARA-Graxaria no Neossolo diferindo das outras doses. Nos demais solos não houve diferenças das doses de ARA - Graxaria nas concentrações de N-NO₃. Houve diferença quanto a concentração de N-NO₃ entre os tipos de solo. Nas doses de 0 e 2400 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ o Latossolo apresentou as menores concentrações (Tabela 2).

Tabela 3 - Concentração de Nitrato (mg L⁻¹) no lixiviado em função das doses de ARA – Graxaria (m³ ha⁻¹ ano⁻¹) aplicadas em colunas de solo.

Solos	Doses de Água Residuária de Agroindústria - Graxaria				Modelo de resposta às doses de ARA - Graxaria	R ²
	0	800	1600	2400		
Latossolo	0,58b	0,70a	0,94a	0,58b	y=0,70	
Cambiossolo	0,80ab	0,85a	0,93a	1,08a	y=0,92	
Neossolo	1,17a	0,80a	1,06a	1,38a	y= 0,0000003X ² -0,0005X+1,149	0,905*
CV(%)					25,6	

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste SNK. *Significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F da Anova da regressão.

Na zona radicular o N é intensamente absorvido pelas plantas, assim, mesmo que o nitrato esteja em níveis altos, desde que não ultrapasse a capacidade de extração das plantas, este elemento possivelmente não será transportado para camadas mais profundas do solo, o que reduz a probabilidade de ser perdido por lixiviação e consequentemente reduz os riscos de contaminação do solo e ou de águas subterrâneas (Primavesi et al., 2004).

De acordo com Correa et al. (2006), em elevadas aplicações de água residuária, a taxa de lixiviação de nitrato é maior e mais rápida em solos arenosos. Por apresentarem maior número de macroporos, facilita o movimento do soluto nesse solo por fluxo de massa, e por serem pobres em matéria orgânica, eles possuem baixa capacidade para reter o N-NO₃, tendendo a permanecer mais em solução, sujeito então ao processo de lixiviação.

A irrigação com lâminas crescentes de água influenciam na lixiviação de NO₃⁻, sendo que a maior e mais rápida mobilidade vertical ocorre em solos arenosos (Mendes et al., 2015).

Não houve diferença estatística para os valores encontrados de Pt no lixiviado, tanto entre as doses de ARA quanto para os tipos de solos. (Tabela 4).

Observa-se que mesmo na maior dose de ARA, as concentrações de Pt no lixiviado não foram maiores do que nos tratamentos que receberam as menores taxas de ARA, no Latossolo e Cambissolo (Tabela 4). Maggi et al., (2011) encontraram as maiores concentrações de Pt no percolado na maior taxa de aplicação de Água Residuária de Suinocultura (ARS) em LVA.

Tabela 4 - Concentração de Fósforo Total (mg L^{-1}) no lixiviado em função das doses de ARA – Graxaria ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) aplicadas em colunas de solo.

Solos	Doses de Água Residuária de Agroindústria - Graxaria				Modelo de resposta às doses de ARA - Graxaria
	0	800	1600	2400	
Latossolo	7,92a	8,09a	7,62a	7,76a	$y = 7,85$
Cambissolo	8,99a	8,35a	7,42a	8,48a	$y = 8,31$
Neossolo	7,88a	7,48a	7,40a	8,19a	$y = 7,74$
CV(%)	12,6				

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste SNK.

Souza et al. (2012) observaram que os valores de Pt na solução do solo chegaram a 9 mg L^{-1} na máxima produção de laranjeiras fertirrigadas, valores semelhantes aos encontrados no presente trabalho em todos os tratamentos.

Não houve diferença estatística para os valores encontrados de Nt na profundidade de 0 – 30, 30 – 60, 60 – 90 e 90 - 120 cm entre as doses de ARA nos três solos. Enquanto que entre os solos houve diferença em todas as profundidades, os maiores valores de Nt foram encontrados no Latossolo em todas as doses de ARA (Tabela 5).

Ceretta et al. (2003) com aplicação $40 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ de dejetos suínos em pastagens nativas do Rio Grande do Sul, em solo de textura média, obteve $0,31 \text{ dag kg}^{-1}$ na profundidade de 0 – 40 cm, valor superiores ao deste trabalho.

Tabela 5 - Concentração de Nitrogênio Total (dag kg^{-1}) no solo em função das doses de ARA – Graxaria ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) aplicadas em colunas de solo.

Solos	Doses de Água Residuária de Agroindústria - Graxaria				Modelo de resposta às doses de ARA - Graxaria
	0	800	1600	2400	
0 - 30 cm					
Latossolo	0,19a	0,18a	0,19a	0,20a	y= 0,19
Cambiossolo	0,12b	0,16a	0,14b	0,15b	y= 0,14
Neossolo	0,06c	0,06b	0,08c	0,07c	y= 0,07
CV(%)	15,2				
30 - 60 cm					
Latossolo	0,21a	0,19a	0,19a	0,18a	y= 0,19
Cambiossolo	0,10b	0,10b	0,12b	0,13b	y= 0,11
Neossolo	0,05c	0,08b	0,08b	0,09c	y= 0,08
CV(%)	18,7				
60 - 90 cm					
Latossolo	0,15a	0,13a	0,15a	0,16a	y= 0,15
Cambiossolo	0,12b	0,08b	0,10b	0,09b	y= 0,10
Neossolo	0,08c	0,06b	0,05c	0,06b	y= 0,06
CV(%)	17,6				
90 - 120 cm					
Latossolo	0,11a	0,13a	0,13a	0,10a	y= 0,12
Cambiossolo	0,08a	0,08b	0,08b	0,07b	y= 0,08
Neossolo	0,05b	0,05b	0,03c	0,05b	y= 0,05
CV(%)	20,8				

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste SNK.

Não houve diferença estatística para os valores encontrados de Pt na profundidade de 0 – 30, 60 – 90 e 90 - 120 cm entre as doses de ARA nos três solos, na profundidade 30 – 60 cm os maiores valores foram encontrados nos tratamentos com ARA-Graxaria, diferindo da dose 0. Já entre os solos houve diferença em todas as profundidades, sendo os maiores valores de Pt encontrados no Latossolo em todas as doses de ARA (Tabela 6). Este fato pode ser explicado pelas características desse solo, possui óxidos de Fe e Al favorecendo a adsorção de P (Novais e Smyth, 1999).

Tabela 6 - Concentração de Fósforo Total (mg kg^{-1}) no solo em função das doses de ARA – Graxaria ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) aplicadas em colunas de solo.

Doses de Água Residuária de Agroindústria - Graxaria							
Solos	Doses de ARA ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$)				Modelo de resposta às doses de ARA - Graxaria		
0 – 30 cm	0	800	1600	2400			
Latossolo	348,9a	381,5a	378,3a	398,7a	$y=0,70$		
Cambissolo	285,2a	330,8a	302,8a	259,6b	$y=0,92$		
Neossolo	36,8b	73,1b	24,7b	32,8c	$y=41,8$		
CV(%)	23,8						
30 – 60 cm	0	800	1600	2400	Modelo de resposta às doses de ARA - Graxaria	R ²	
Latossolo	124,2a	383,1a	310,9a	393,2a	$y=0,00007X^2+0,257X+148,5$	0,75*	
Cambissolo	198,0a	177,6b	177,6b	177,8b	$y=182,7$		
Neossolo	143,9a	152,1b	37,4c	80,3b	$y=103,4$		
CV(%)	36,2						
60 – 90 cm	0	800	1600	2400	Modelo de resposta às doses de ARA - Graxaria		
Latossolo	384,9a	351,4a	287,7a	262,9a	$y=321,7$		
Cambissolo	160,6b	155,0b	98,2b	116,4b	$y=132,5$		
Neossolo	64,3b	46,2c	28,0b	47,1b	$y=46,4$		
CV(%)	37,4						
90 – 120 cm	0	800	1600	2400	Modelo de resposta às doses de ARA - Graxaria		
Latossolo	287,9a	236,5a	321,5a	249,3a	$y=273,8$		
Cambissolo	232,9a	199,6a	141,7a	57,0b	$y=157,8$		
Neossolo	54,4b	67,9a	194,1ab	43,9b	$y=90,1$		
CV(%)	49,8						

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste SNK. *Significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F da Anova da Regressão.

Houve diferença estatística para os valores de produção do capim Vaquero entre as doses de ARA nos três solos, sendo que o aumento da dose de ARA ocasionou incrementos na produção. Entre os solos, na dose $2400 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ observou-se, que o Latossolo obteve produção 90% superior aos demais solos (Tabela 7).

A produção da forrageira no presente trabalho, de modo geral, foi superior à maioria dos trabalhos encontrados na literatura, fato inerente à fertirrigação de pastagem realizada no que se refere a maiores níveis de nutrientes disponíveis na água durante todo o período experimental (Drumond e Aguiar, 2005).

Tabela 7 – Produtividade do Capim Vaquero ($T\ ha^{-1}$) em função das doses de ARA – Graxaria ($m^3\ ha^{-1}\ ano^{-1}$) aplicadas em colunas de solo, no período de novembro/2015 a janeiro/2016.

Solos	Doses de Água Residuária de Agroindústria - Graxaria				Modelo de resposta às doses de ARA - Graxaria	R ²
	0	800	1600	2400		
Latossolo	11,46a	13,34a	15,76a	21,78a	$y = 0,000002X^2 + 10,61$	0,99*
Cambiossolo	10,67a	12,78a	14,31a	14,42c	$y = 0,0000008X^2 + 0,003X + 11,63$	0,99*
Neossolo	11,81a	14,11a	16,18a	18,71b	$y = 0,0000007X^2 + 13,26$	0,99*
CV(%)	9,0					

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste SNK. *Significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F da Anova da Regressão.

Resultados semelhantes a este trabalho foram encontrados por Oliveira (2014), em estudo com efeitos de aplicação de ARA em capim vaquero, que obteve produção de $14,8\ t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ de MS.

Freitas et al. (2005) avaliaram o efeito da aplicação de quatro lâminas de água e águas residuárias de suinocultura, bruta e peneirada, nos componentes de produção da cultura do milho para silagem. Verificaram produtividades médias de matéria verde nos tratamentos equivalentes a 45 e 46 $t\ ha^{-1}$, cerca de 51 e 52 % superiores à testemunha, respectivamente. Também observaram que a aplicação da água residuária de suinocultura aumentou significativamente a altura de plantas, índice de altura de espigas e ainda peso de espigas.

Pesquisa desenvolvida por Leite (2009) utilizando dejetos líquidos de suínos na aplicação em cana de açúcar observou que a dose de $40\ m^3\ ha^{-1}$ equivaleu à adubação química, sendo que as aplicações de 80, 120, 160 e 200 $m^3\ ha^{-1}$ apresentaram produtividades agrícolas superiores, de 76,5% a 96,3% maiores que o tratamento testemunha que foi de $58,10\ t\ ha^{-1}$.

4. CONCLUSÕES

As aplicações de ARA - Graxaria contribuíram com aumento na produção do Capim Vaquero.

Os teores de Nitrato ficaram abaixo do nível crítico de contaminação das águas, evidenciando potencial do uso de ARA-Graxaria em fertirrigação de pastagens.

Os teores fósforo total e nitrogênio total no solo e no lixiviado, de forma geral não representam riscos para contaminação de solo ou de águas subsuperficiais.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D.; Smith, M. Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 310 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

Andrade, A. S.; Drumond, L. C. D. Adubação de pastagens irrigadas: princípios e recomendações. **Cerrado Agrociências**, p. 13. 2012.

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION 2006. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Standard Methods on line. 2006. Section 9060. Samples. Disponível em <http://www.standardmethods.org/store/BrowseSM.cfm?PartID=9> . Acesso em 3 de maio de 2016.

Cataldo, D. A.; Haroon, L. V; Schrader, L. E.; Youngs, V. L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. in **Soil Science and Plant Analysis**, v.6, n.1, p.71-80. 1975.

Ceretta, C. A.; Durigon, R.; Basso, C. J.; Barcellos, L. A. R.; Vieira, F. C. B. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.6, p.729-735, 2003.

Correa, R. S.; White, R. E.; Weatherley; A. J. Risk of nitrate leaching from two soils amended with biosolids. **Water Resources**, v. 33, n. 4, p. 453-462, 2006.

Costa, C. N.; Meurer, E. J.; Bissani, C. A.; Selbach, P. A. Contaminantes e poluentes do solo e do ambiente. In: MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**. 4. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2010. p.197-231.

Drumond L. C. D.; Aguiar A. P. A. **Irrigação de Pastagem**. Uberaba: Ed. L.C.D.DRUMOND, 2005. 210p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

Freitas, W. S.; Oliveira, R. A.; Cecon, P. R.; Pinto, F. A.; Galvão, J. C. C. Efeito da aplicação de águas residuárias de suinocultura em solo cultivado com milho. **Engenharia na Agricultura**, v. 13, n. 2, p. 95-102, 2005.

Gardner, A. L. Técnicas de pesquisa em pastagens e aplicabilidade de resultados em sistemas de produção. Brasília, **EMBRAPA – CNPGL**, 1986. 197p.

Hedley, M. J.; Stewart, J. W. B.; Chauhan, B. S. Changes in inorganic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and laboratory incubations. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, 46:970-976, 1982.

Konzen, E. A. Aproveitamento do adubo líquido da suinocultura na produção agropecuária. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 2002,

Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: ABID, 2002

Leite, G. F.; Cunha Neto, F. R.; Resende, A. V. Produtividade agrícola da cana-de-açúcar adubada com dejetos líquidos de suínos. **Ciências Agrotecnicas**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 132-138, 2009.

Maggi, C. F.; Freitas, P. S. L. de; Sampaio, S. C.; Dieter, J. Lixiviação de nutrientes em solo cultivado com aplicação de água residuária de suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 2, p. 170- 177, 2011.

Malavolta, E., Vitti, G. C.; Oliveira, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2ª ed. Piracicaba, Potafos, 1997. 319p

Mendes, W. da C.; Alves Junior, J.; Cunha, P.C.R. da; Silva, A.R. da; Evangelista; A.W.P.; Casaroli, D. Lixiviação de nitrato em função de lâminas de irrigação em solos argiloso e arenoso. **Irriga**, v.1, p.47-56, 2015. DOI: 10.15809/irriga.2015v1n2p47.

Novais, R. F.; Smyth, T. J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.

Oliveira, M.C. **Efeito da aplicação de água residuária de graxaria em elementos químicos do solo e na produção e composição mineral de duas espécies forrageiras.** Jaboticabal, SP. 2014. 48f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014.

Pacheco J.W. **Guia técnico ambiental de graxarias.** São Paulo: CETESB, 2006. 76p. (1 CD) : il. ; 21 cm. - (Série P + L) Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 22 Junho 2016.

Primavesi, A. C.; Primavesi, O.; Corrêa, L. A.; Cantarella, H.; Silva, A. G.; Freitas, A. R.; Vivaldi, L. J. Adubação nitrogenada em capim-coastcross: efeitos na extração de nutrientes e recuperação aparente do nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 1, p. 68-78, 2004

Souza, T. R.; Villas Bôas, R. L.; Quaggio, J. A.; Salomão, L. C.; Foratto, L. C. Dinâmica de nutrientes na solução do solo em pomar fertirrigado de citros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.47, n. 6, p. 846-854, 2012.