

## **Dinâmica da liberação de nutrientes de um fertilizante organo-mineral em diferentes tipos de solos**

*Dynamics of the release of nutrients from organo-mineral fertilizer in different soil type*

*Dinámica de la liberación de nutrientes a partir de fertilizantes organominerales en diferentes tipos de suelos*

### **Lucas Raimundo Bento**

Mestrando, UNESP, Brasil.  
bento\_rai@hotmail.com

### **Camila de Almeida Melo**

Pós doutoranda, UNESP, Brasil.  
camila.sjrp@gmail.com

### **Altair Benedito Moreira**

Professor Assistente Doutor, UNESP, Brasil.  
altair@ibilce.unesp.br

### **Márcia Cristina Bisinoti**

Professora Doutora, UNESP, Brasil.  
mbisinoti@hotmail.com

# Fórum Ambiental

da Alta Paulista

## RESUMO

A aplicação excessiva de fertilizante pode provocar danos ambientais como a eutrofização. O objetivo deste estudo foi avaliar a dinâmica de liberação de um fertilizante organo-mineral em colunas de solo preenchidas com areia, argissolo e latossolo. A aplicação do fertilizante nos dois tipos de solos majoritários no Brasil (argissolo e latossolo) mostrou que a dinâmica do nutriente depende do tipo de solo em que o fertilizante é aplicado. Em geral, solos mais argilosos tende a reter mais os nutrientes do que solos mais arenosos, onde os nutrientes tendem a ser liberados em maiores concentrações. A presença de óxidos de Fe e Al também interferem na disponibilização de fósforo, sendo este nutriente não disponibilizado nas condições naturais do solo. Com isso, o estudo em questão mostra a importância de ser controlada a aplicação de fertilizante. A aplicação da quantidade adequada de fertilizante faz com que os nutrientes sejam disponibilizados em quantidade adequada as plantas e não de forma excessiva para ocorrer perdas de nutrientes e contaminação dos corpos aquáticos.

**PALAVRAS-CHAVE:** coluna de solo, liberação de nutrientes, fertilizante.

## ABSTRACT

Excessive application of fertilizer can cause environmental damage such as eutrophication. The objective of this study was to evaluate the dynamics of release of an organo-mineral fertilizer in soil columns filled with sand, ultisol and oxisol. The application of fertilizer on the two types of soils in Brazil (ultisol and oxisol) showed that the nutrient dynamics depends on the type of soil in which the fertilizer is applied. Generally, soils rich in clay retain more nutrients than sand soils, so the nutrients tend to be released in higher concentrations. The presence of Fe and Al oxides also interfere in the availability of phosphorus, and these nutrients are not available in natural soil conditions. Thus, the study in question shows the importance of controlling the application of fertilizer and applying only the amount necessary to provide the adequate amount for the plants and no happen loss of nutrients and contamination of aquatic bodies.

**KEY-WORDS:** soil columns, release of nutrients, fertilizer.

## RESUMEN

La aplicación excesiva y el fertilizante puede provocar daños ambientales como la eutrofización. El objetivo de este estudio fue evaluar la dinámica de liberación de un fertilizante organo-mineral en columnas de suelo llenas de arena, argissolo y latosol. La aplicación del fertilizante en los dos tipos de suelos mayoritarios en Brasil (argissolo y latosol) mostró que la dinámica del nutriente depende del tipo de suelo en que se aplica el fertilizante. En general, los suelos más arcillosos tienden a retener más los nutrientes que los suelos más arenoso, donde los nutrientes tienden a ser liberados en mayores concentraciones. La presencia de óxidos de Fe y Al también interfieren en la disponibilidad de fósforo, siendo este nutrientes no disponibles en las condiciones naturales del suelo. El estudio en cuestión muestra la importancia de ser controlada la aplicación de fertilizante y hacer aplicación solamente de la cantidad necesaria para que disponibilice la cantidad adecuada para las plantas y que no haya pérdidas de nutrientes y contaminación de los cuerpos acuáticos.

**Palabra-clave:** columna de suelo, liberación de nutrientes, fertilizante.

## 1. INTRODUÇÃO

A produção mundial de alimentos só é possível graças às tecnologias implantadas nos alimentos e a aplicação de fertilizantes. Com isso a demanda de fertilizante é crescente. De acordo com a “International Plant Nutrition Institute” o consumo de fertilizantes no ano de 2016 no Brasil foi de 32.781.267 toneladas (IPNI, 2016). Com o crescimento populacional e a atual demanda agrícola, a perspectiva de consumo de fertilizante só tende a aumentar, o que gera uma estimativa de consumo para o ano de 2018 em torno de 200.500.000 toneladas (FAO, 2015). A aplicação excessiva de fertilizantes causa uma alta liberação de nutrientes, pois nem toda a quantidade liberada é assimilada pelas plantas, o que causa perda dos nutrientes na forma de ânions e cátions por lixiviação, podendo contaminar a água superficial e subterrânea, principalmente por nitrato (HALLBERG, 1987; MINET et al., 2017; ROMSHOO et al., 2017). O escoamento superficial é responsável por carrear esses íons até os corpos aquáticos e depende principalmente da geografia do terreno, cobertura vegetal, taxa de precipitação e tipo de solo (BRADY; WEIL, 2016).

O solo é constituído por água, ar, matéria orgânica e minerais (BRADY; WEIL, 2016; MANAHAN, 2000). Entretanto, as características de cada componente do solo variam de acordo com o horizonte e são dependentes dos processos de formação envolvidos. No Brasil, que é um país tropical, cada tipo de solo possui propriedades comuns bem específicas, com composição mineralógica simples (quartzo, caulinita, oxi-hidróxidos de ferro e de alumínio). Os solos argissolo juntamente com o latossolo, são os mais expressivos do Brasil, presente praticamente em todas as regiões.

O argissolo apresenta textura arenosa no horizonte A enquanto no horizonte B argilosa. O horizonte A contém maior teor de matéria orgânica, que consiste em material orgânico decomposto misturado com quartzo e o horizonte E, que se encontra sob o horizonte A, geralmente é empobrecido de partículas argilosas devido sua migração para o horizonte B. Os horizontes A e E apresentam alta taxa de infiltração o que está associado as partículas arenosas presentes facilitando a lixiviação dos nutrientes (IAC, 2015a; BATISTA; PAIVA; MARCOLINO, 2014).

Os latossolos possuem em geral textura média ou argilosa, sendo solos minerais e caracterizados pela homogeneidade de coloração independente da profundidade, além de

serem bem drenados e possuem baixa capacidade de troca de cátions (IAC, 2015b; KER, 2013). Estão distribuídos pelo território nacional diferenciando pela cor e teores de óxido de ferro (IBGE, 2007). Os solos brasileiros latossolo e argissolo são solos muito intemperizados, na qual geralmente apresenta pouca fertilidade e certa acidez. Os problemas de fertilidade são resolvidos pela adubação e a acidez pela calagem. O latossolo vermelho é de grande importância para a agricultura, sendo no estado de São Paulo utilizado para a produção de cana-de-açúcar e na Região Sul para a produção de grãos (IBGE, 2007).

Com isso, o objetivo deste estudo foi avaliar a liberação de nutrientes empregando um fertilizante organo-mineral em colunas de solo contendo argissolo e latossolo, avaliando a influência da aplicação do fertilizante em cada tipo de solo.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 AMOSTRAGEM E PREPARAÇÃO DA AMOSTRA**

As amostras de solos foram coletadas superficialmente na camada de 0 a 20 cm de profundidade, sendo coletados dois tipos de solo. O argissolo vermelho-amarelo foi coletado na cidade de São José do Rio Preto – SP (20°48'19.79"S and 49°19'43.51"W) e o latossolo vermelho foi coletado em Maringá – PR (23°23'16.63"S and 51°59'29.37"W). A areia foi adquirida em empresa de construção civil. Os solos foram peneirados em peneira de 2 mm para remoção de folhas e raízes. Após isso, foi seco em temperatura ambiente.

### **2.2 CARACTERIZAÇÃO DO FERTILIZANTE**

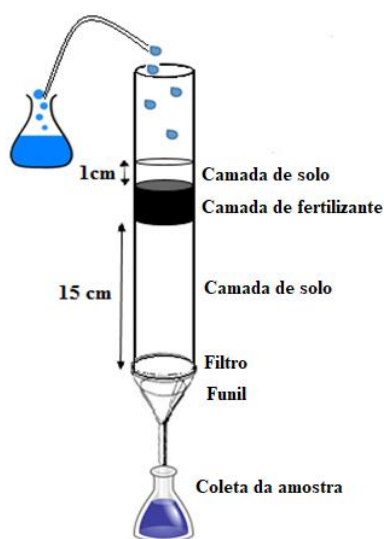
O fertilizante organo-mineral foi submetido a uma digestão ácida com ácido nítrico (Synth, 65%) e posterior adição de peróxido de hidrogênio (Vetec, 30%). Foi feita a quantificação do estoque total de K, Ca, Mg e Fe na amostra digerida por Espectrofotometria de Absorção Atômica com Atomização por Chama, FAAS (Varian, AA240FS). Fósforo total também foi determinado pelo método de amarelo de vanadato utilizando um espectrofotômetro UV-VIS (FEMTO, 700plus). Foi determinado o teor de matéria orgânica e cinzas. Uma massa de 0,1 gramas de fertilizante foi dissolvida em 10 mL de água deionizada e mediu-se o pH.

### **2.3 MONTAGEM DOS EXPERIMENTOS DE COLUNA**

Foram montadas colunas de areia, argissolo e latossolo em triplicata, sendo mantida concomitantemente colunas controles (sem adição de fertilizante) para cada tipo de solo. As colunas foram preenchidas com 245 g de solo em colunas de PVC (tubos de polivinil cloreto)

em tamanho de 30 cm de comprimento e 4 cm de diâmetro. Somente 15 cm da coluna foram preenchidas, a fim de representar a densidade de campo do solo ( $1,3 \text{ g/cm}^3$ ). Foi inserida 2,3 g de fertilizante como uma camada superior ao solo, e foi inserida mais uma camada de 1 cm solo acima do fertilizante. Foi percolada diariamente 115 mL de água do aquífero Bauru, água utilizada para irrigação na região de estudo. Foi feita a coleta do lixiviado das colunas nos dias 1, 2, 4, 6, 8, 10, 15, 20, 25 e 30. A Figura 1 ilustra a montagem das colunas.

**Figura 1.** Demonstração de montagens das colunas de solos com fertilizante organo-mineral.



Fonte: Autoria própria

## 2.4 DETERMINAÇÃO DE NUTRIENTES NO LIXIVIADO

Foi determinado no lixiviado as concentrações de nitrato e ortofosfato por método espectrofotométrico, bem como de Ca, Mg, Fe e K utilizando FAAS como descrito no item 2.2. Foi feita a determinação de carbono orgânico total no lixiviado (COT) utilizando Analisador de Carbono Orgânico Total (TOC-VCSN, Shimadzu). A determinação foi feita em triplicata para cada lixiviado.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 CARACTERÍSTICAS DO FERTILIZANTE E COMPORTAMENTO DE LIBERAÇÃO

O fertilizante empregado foi um fertilizante organo-mineral, logo apresenta uma fração de matéria orgânica (66,4 %) e de minerais (31,8%). Sua maior constituição é de nitrogênio (150,0

g kg<sup>-1</sup>) seguido de fósforo (35,24 g kg<sup>-1</sup>) e potássio (5,56 g kg<sup>-1</sup>) como mostra a Tabela 1. O pH do mesmo é ligeiramente ácido, pois é inferior a 7.

**TABELA 1.** Características do fertilizante empregado nos experimentos de coluna. Desvio padrão relativo inferior a 5% (n=3).

	N	P	K	Ca	Mg	Fe	M.O.	Cinzas	pH
	(g kg <sup>-1</sup> )	(g kg <sup>-1</sup> )	(g kg <sup>-1</sup> )	(g kg <sup>-1</sup> )	(g kg <sup>-1</sup> )	(g kg <sup>-1</sup> )	(%)	(%)	
<b>Fertilizante</b>	150,0	35,24	5,56	5,17	15,14	4,94	66,4	32,8	5,7

Fonte: Autoria própria

### 3.2 CONCENTRAÇÃO TOTAL DE NUTRIENTES LIBERADAS PELO FERTILIZANTE

A Figura 2 mostra o comportamento de liberação dos diferentes nutrientes e COT nas colunas de solo de areia (Figura 2 –a), argissolo (Figura 2 –b) e latossolo (Figura 2 –c). Pode ser observado que a liberação só ocorreu nas colunas de areia, sendo o comportamento de liberação de fósforo crescente de acordo com o volume acumulado. A ausência na liberação de fósforo em argissolo e latossolo, e a liberação deste nutriente nas colunas de areia sugerem que este nutriente está ficando retido nesses tipos de solo. A retenção de fósforo em argissolo e latossolo se deve principalmente a presença de óxi-hidroxi de ferro e alumínio (PARFITT, 1979), sendo a goethita ( $\alpha$ -FeO(OH)) a principal fração de argila responsável pela indisponibilização de fósforo nos solos brasileiros (BAHIA FO et al., 1983). Logo a probabilidade de lixiviação de fósforo para os corpos aquáticos nos dois principais solos brasileiros é baixa, se a dosagem de fertilizante for adequada. A dinâmica de liberação do fósforo pode ser modificada com alteração do pH do solo, devendo ser avaliado cada situação.

Houve liberação de nitrato nos três tipos de solo como mostra a Figura 2-d, 2-e e 2-f sendo a maior concentração de nitrato lixiviado pelo fertilizante nas colunas de areia 131,24  $\mu\text{g NO}_3^- \text{g}^{-1}$  solo (Figura 2-d). Para a coluna de argissolo com aplicação fertilizante as concentrações de nitrato lixiviado foram superiores durante todo experimento atingindo concentração máxima de 166,0  $\mu\text{g NO}_3^- \text{g}^{-1}$  solo (Figura 2-e) e para a coluna de latossolo com aplicação de fertilizante as concentrações de nitrato lixiviado atingiram uma concentração máxima no valor de 122,77  $\mu\text{g NO}_3^- \text{g}^{-1}$  de solo (Figura 2-f).

A coluna de areia em que se aplicou o fertilizante apresentou as maiores concentrações de potássio lixiviado, sendo a concentração máxima e mínima no valor de 55,82 e 2,14  $\mu\text{g K g}^{-1}$  de solo como apresentado na Figura 2-g. As concentrações de potássio lixiviadas tendem a aumentar ao decorrer dos dias/volumes coletados. Pode-se verificar que a concentração máxima e mínima de potássio lixiviado no argissolo foi no valor de 62,60 e 1,25  $\mu\text{g K g}^{-1}$  de solo (Figura 2-h), respectivamente. A concentração máxima e mínima da coluna com latossolo que se aplicou fertilizante foi no valor de 31,16 e 4,18  $\mu\text{g K g}^{-1}$  de solo (Figura 2-i). O argissolo por possuir maior quantidade de areia a lixiviação ocorre de maneira mais fácil.

As concentrações máximas e mínimas de cálcio no lixiviado da coluna de areia em que se aplicou fertilizante foi no valor de 67,56 e 8,58  $\mu\text{g Ca g}^{-1}$  de solo (Figura 2-j). A coluna de

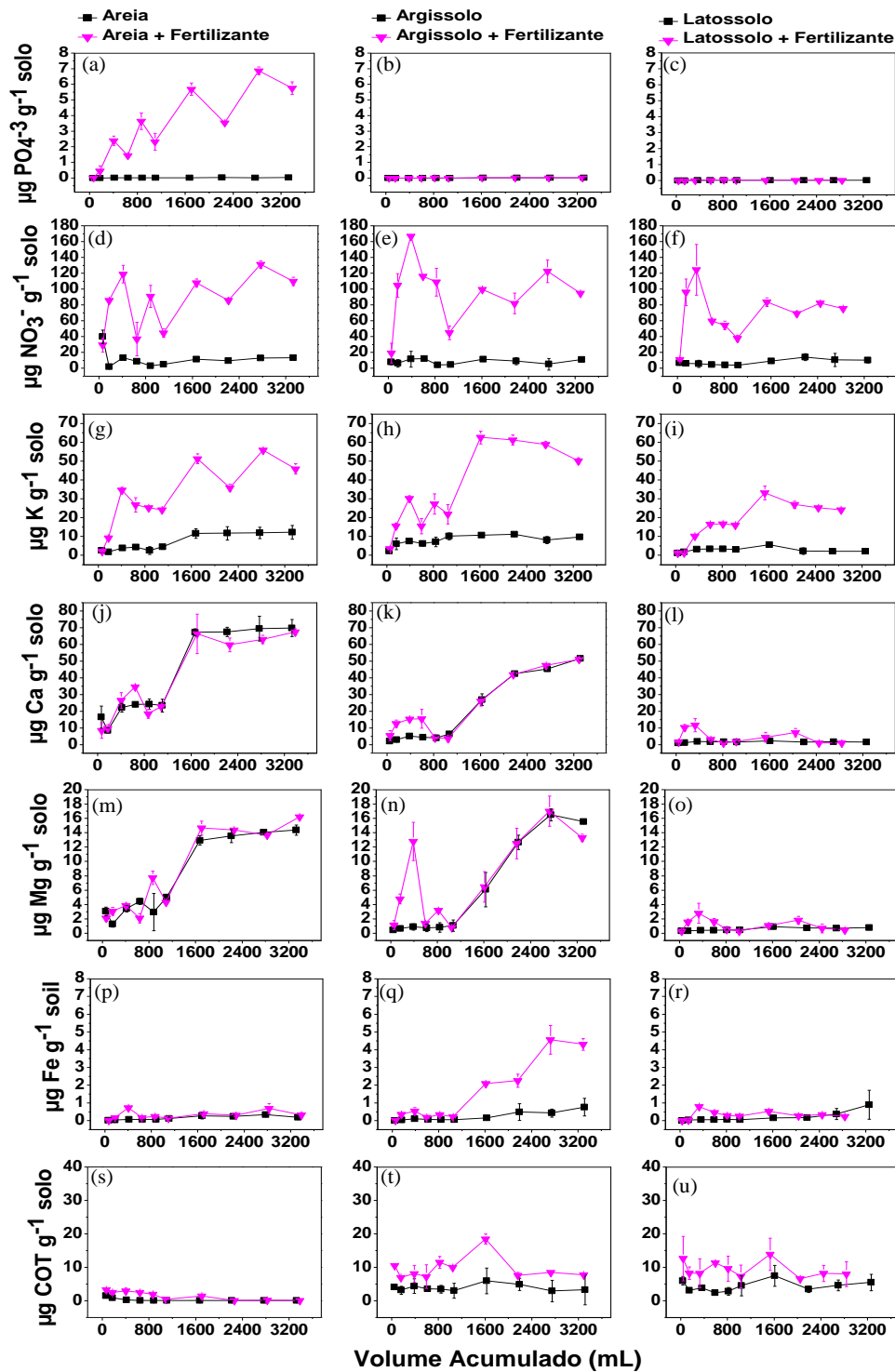
argissolo em que foi aplicado fertilizante teve concentração máxima e mínima de 32,16 e 3,83  $\mu\text{g Ca g}^{-1}$  de solo (Figura 2-k). Para o latossolo a concentração máxima e mínima foi de 10,29 e 0,98  $\mu\text{g Ca g}^{-1}$  de solo para a coluna em que se aplicou fertilizante (Figura 2-l).

A concentração de magnésio lixiviado nas colunas em que aplicou fertilizante, apresentou concentração máxima de 16,22  $\mu\text{g Mg g}^{-1}$  de solo (Figura 2-m). A coluna de argissolo com fertilizante teve concentração máxima e mínima de magnésio lixiviado no valor de 17,01 e 0,79  $\mu\text{g Mg g}^{-1}$  de solo (Figura 2-n). Para as colunas de latossolo em que foi aplicado fertilizante a concentração máxima e mínima de magnésio lixiviado foi de 17,01 e 1,24  $\mu\text{g Mg g}^{-1}$  de solo (Figura 2-o).

As concentrações de ferro lixiviadas para areia e latossolo são semelhantes à concentração das colunas controles, sendo que o ferro foi o nutriente liberado em menor concentração como pode ser visto nas Figuras 2-p,q,r. Nas colunas de argissolo houve liberação de ferro, sendo a concentração máxima e mínima de 4,30 e 0,01  $\mu\text{g Fe g}^{-1}$  de solo (Figura 2-r).

Como podem ser observadas pela Figura 2-s as colunas de areia liberou menor concentração de COT, comportamento inesperado. Possivelmente essa menor concentração liberada foi menor que nas colunas de argissolo e latossolo pela heterogeneidade do fertilizante. A concentração máxima e mínima lixiviada foi de 3,57 e 0,10  $\mu\text{g COT g}^{-1}$  de areia (Figure 2-s). A concentração máxima e mínima nas colunas de argissolo foi de 18,49 e 7,00  $\mu\text{g COT g}^{-1}$  de solo (Figure 2-u) e a concentração máxima e mínima das colunas de latossolo foi de 13,89 e 6,59  $\mu\text{g COT g}^{-1}$  de solo (Figure 2-u).

Figura 2. Gráficos de liberação de nutrientes em colunas de areia, argissolo e latossolo com aplicação de fertilizante.



Fonte: Autoria Própria

Na Figura 3 podem ser observadas as concentrações acumuladas dos nutrientes nas colunas de areia, argissolo e latossolo com e sem aplicação do fertilizante. Pode ser observado que não



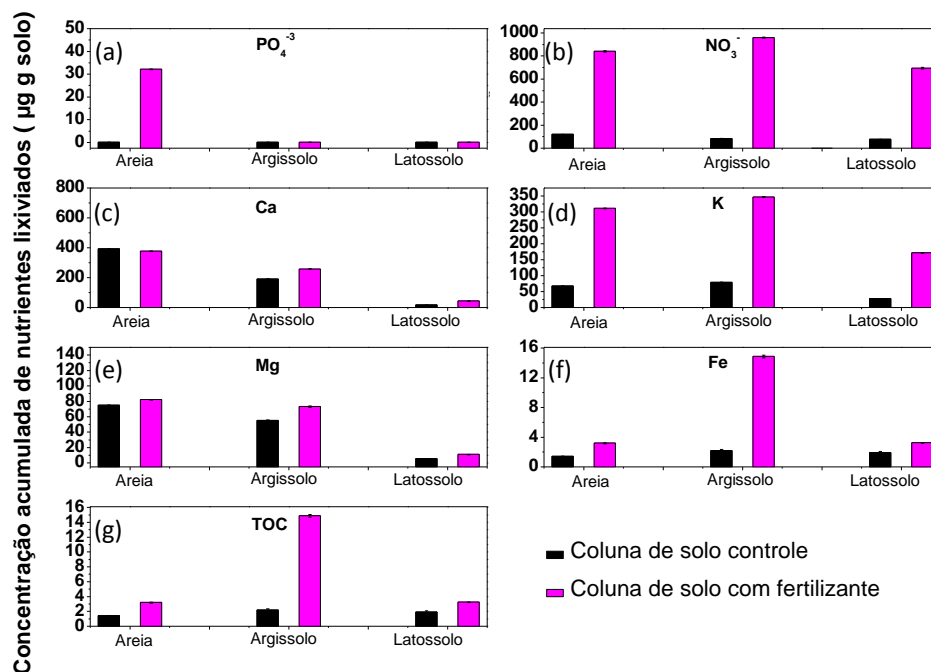
houve diferença para argissolo e latossolo entre coluna controle e coluna com aplicação de fertilizante. A Figura 3-a mostra que o fósforo foi liberado somente em areia. Pode ser observado pela Figura 3-b que uma maior concentração de nitrato foi liberada nas colunas de areia e argissolo em comparação as colunas de latossolo e o nitrato é o nutriente em que teve maior concentração lixiviada. Os nitratos são espécies altamente solúveis e tendem a percolarem com maior facilidade em solos arenosos, por isso essa maior concentração é observada em areia e argissolo, pois o argissolo no horizonte superficial apresenta-se predominantemente como um solo arenoso. Com isso, faz-se necessário a cautela para aplicação excessiva de fertilizante em solos arenosos, pois o nitrato tende a ser lixiviado mais facilmente para os corpos aquáticos. Em condições anaeróbias o nitrato pode ser reduzido a forma nitrito, sendo esta reconhecida responsável pela incidência de tumores em estudos laboratoriais (WHO, 2011).

O cálcio foi lixiviado em maior concentração nas colunas de areia em torno de 378,0  $\mu\text{g g}^{-1}$  de solo, no argissolo a concentração liberada foi de 258,79  $\mu\text{g g}^{-1}$  de solo e em areia foi de 43,39  $\mu\text{g g}^{-1}$  de solo. A tendência de liberação foi maiores concentrações lixiviadas em solos arenosos como mostra a Figura 3-c. O cálcio pode estar sendo precipitado na forma de fosfato de cálcio ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ), já que em argissolo e latossolo o fósforo fica retido.

A concentração de potássio lixiviada foi maior em areia (311,30  $\mu\text{g g}^{-1}$  de solo) e argissolo (346,87  $\mu\text{g g}^{-1}$  de solo), sendo que a menor concentração foi para latossolo (171,55  $\mu\text{g g}^{-1}$  de solo) como mostra a Figura 3-d.

O comportamento de liberação do cálcio e do magnésio foram muito semelhante como mostra a Figura 2. A menor concentração liberada de magnésio também ocorreu nas colunas de latossolo, sendo liberada uma concentração acumulada em torno de 11,15  $\mu\text{g g}^{-1}$  de solo e nas colunas controles em torno de 5,55  $\mu\text{g g}^{-1}$  de solo. O ferro foi liberado em baixa concentração, mas em argissolo a aplicação do fertilizante favoreceu a liberação deste nutriente em relação as colunas controles, liberando um valor em torno de 15,00  $\mu\text{g g}^{-1}$  de solo.

**Figura 3.** Concentração de nutrientes acumulados lixiviados nas colunas de areia, argissolo e latossolo com aplicação de fertilizante.



Fonte: Autoria própria

#### 4 CONCLUSÃO

Pode ser observado que a dinâmica dos nutrientes sofre modificação de acordo com o tipo de solo, pois os solos possuem características intrínsecas, como pH e textura que podem influenciar essa liberação. O latossolo que é considerado um solo de textura mais argilosa e de caráter mais ácido que o argissolo tende a indisponibilizar os nutrientes, deixando-os adsorvidos ou precipitados, enquanto que nos solos argissolos teve maior liberação. Devendo ter maior cautela na aplicação de fertilizante em solos com predomínio de areia, pois a lixiviação ocorrerá mais facilmente para os corpos aquáticos.

#### 5 AGRADECIMENTOS

Os Autores gostariam de agradecer a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela bolsa concedida para execução deste trabalho (Processo [2015/00206-3](#)), bem como pelos auxílios financeiros (Processos 2015/22954-1 e 2014/17511-0). M. C. B. também agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) Processos 445487/2014-3 e 307925/2012-9.

#### 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA/AWWA/WEF, 2012. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Stand. Methods 541. ISBN 9780875532356

BAHIA FO, A. F. C. et al. Relação entre adsorção de P e componentes mineralógicos da fração de latossolos do planalto central. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 7, n. 1, p. 221–226, 1983.

BATISTA, M. de A.; PAIVA, D. W. de; MARCOLINO, A. Solos para todos: perguntas e respostas. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, 2014.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **The Nature and Properties of soils**. 15 th ed. [s.l.] Columbus: Pearson, 2016., 2016.

FAO, 2015. World fertilizer trends and outlook to 2018, Food and Agriculture Organization of United Nations.

Hallberg, G., 1987. The impacts of agricultural chemicals on ground water quality. **GeoJournal** 15, 283–295. doi:10.1007/BF00213456

IAC. Instituto Agronômico de Campinas. Solos do estado de São Paulo- Argissolo, disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/solospdf/Argissolos.pdf>. Acesso em 29 de maio de 2018a.

IAC. Instituto Agronômico de Campinas. Solos do estado de São Paulo-Latossolo, disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/solospdf/Latossolos.pdf> . Acesso em 29 de maio de 2018b.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de pedologia**, 2ª ed. Rio de Janeiro, 2007.

IPNI. International Plant Nutrition Institute. Fertilizantes, disponível em: <http://brasil.ipni.net/article/BRS-3132>. Acesso em 29 de maio de 2018.

KER, J. C. Latossolos do Brasil: uma revisão. **Revista Geonomos**, v. 5, n. 1, 2013.

MANAHAN, S.E.; Introducción a la química ambiental. Barcelona: **Reverté**; México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2007.

Minet, E.P., Goodhue, R., Meier-Augenstein, W., Kalin, R.M., Fenton, O., Richards, K.G., Coxon, C.E., 2017. Combining stable isotopes with contamination indicators: A method for improved investigation of nitrate sources and dynamics in aquifers with mixed nitrogen inputs. **Water Resource**. 124, 85–96. doi:10.1016/j.watres.2017.07.041

PARFITT, R.L. The availability of P from phosphate-goethite binding complexes, desorption and uptake by ryegrass. **Plant Soil**, 53:55-65, 1979.

Romshoo, S.A., Dar, R.A., Murtaza, K.O., Rashid, I., Dar, F.A.. Hydrochemical characterization and pollution assessment of groundwater in Jammu Siwaliks. **Environental Monitoring and Assessment**, 189:122, 2017. doi:10.1007/s10661-017-5860-3

World Health Organization, Nitrate and Nitrite in Drinking-water, Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. Disponível em: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/chemicals/nitratenitrite2ndadd.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/nitratenitrite2ndadd.pdf). Acesso em: 29 de maio de 2018.