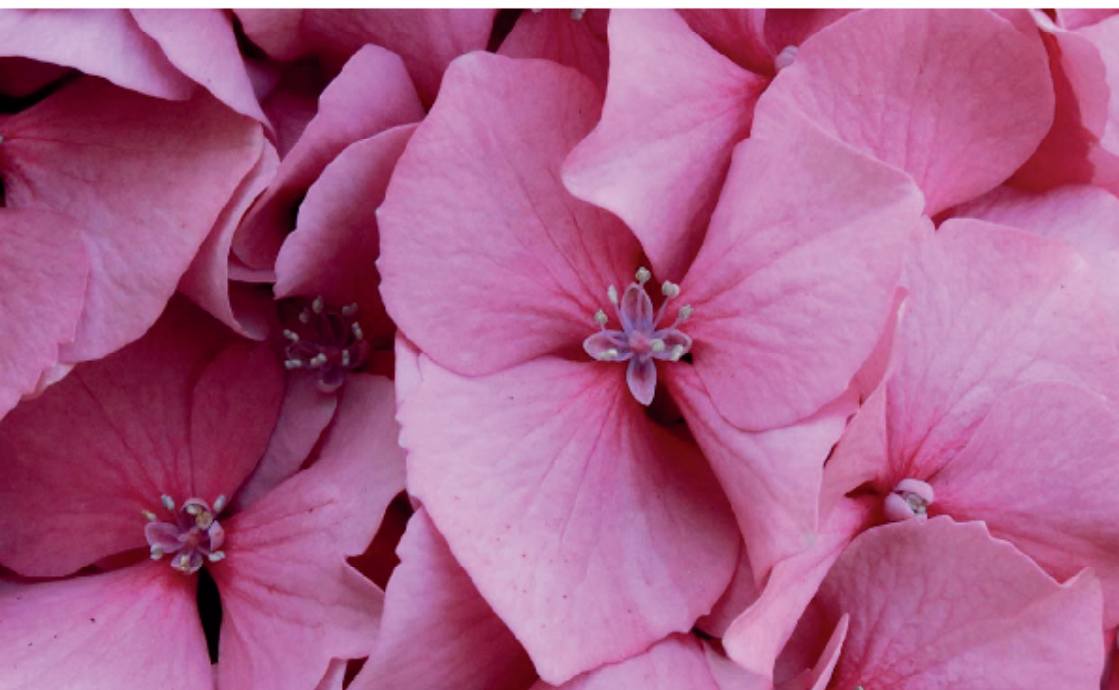


COLEÇÃO UNIVERSITÁRIA

# CIÊNCIAS AGRÁRIAS E MEIO AMBIENTE



VOLUME II

ALEXANDRE MACHADO FERNANDES

FREDERICO FONSECA DA SILVA

JOSÉ AGUIRRE

LUIZ PANHOCA

PAULINHO RENE STEFANELLO

EDITORA



FaCiência

**Organizadores:**

*Alexandre Machado Fernandes - IFPR*

*Frederico Fonseca da Silva - IFPR*

*José Aguirre - UCM (Madri / Espanha)*

*Luiz Panhoca - UFPR*

*Paulinho Rene Stefanello - IFPR*

# Ciências Agrárias e Meio Ambiente

Volume 2 - janeiro de 2024

EDITORA



FaCiência

Todos direitos reservados. Proibida a tradução, versão ou reprodução, mesmo que parcial, por quaisquer processos mecânicos, eletrônico, reprográfico etc., sem a autorização por escrito do autor do artigo.

volume 2 - janeiro de 2024

Registro de Direito Autoral DOI 10.29327/5345677 (por artigo)

ISBN - 978-65-89779-12-4

Capa: Roberto Ari Guindani - <https://www.faciencia.edu.br/editora-faciencia>

Produção Editorial: *Ricardo Sterchele* - [www.frontis.com.br](http://www.frontis.com.br)

Editor-Chefe: Dr. Roberto Ari Guindani

Lattes iD - <http://lattes.cnpq.br/2938746639609983>

Orcid iD - <https://orcid.org/0000-0002-5600-5869>

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Ciências agrárias e meio ambiente [livro eletrônico] / organização Alexandre Machado Fernandes...[et al.]. -- 2. ed. -- Curitiba, PR : Editora FaCiência, 2023. -- (Coleção universitária ; 2) PDF

Vários autores.  
Outros organizadores: Frederico Fonseca da Silva, Paulinho Rene Stefanello, Luiz Panhoca, José Aguirre.

Bibliografia.  
ISBN 978-65-89779-12-4

I. Agricultura 2. Agropecuária 3. Ciências agrárias 4. Meio ambiente I. Fernandes, Alexandre Machado. II. Silva, Frederico Fonseca da. III. Stefanello, Paulinho René. IV. Panhoca, Luiz. V. Aguirre, José. VI. Série.

24-189524

CDD-630

Índices para catálogo sistemático:

1. Ciências agrárias 630

Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

Apoio:



## Sumário

|                                                                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Prefácio . . . . .                                                                                                                                                 | 6  |
| Fertilizer market: the relevance of the port of Paranaguá<br>(Paraná, Brazil) in the import of chemical fertilizers . . . . .                                      | 8  |
| DOI 10.29327/5345677.2-1                                                                                                                                           |    |
| <i>Giseli Szychta</i>                                                                                                                                              |    |
| <i>Frederico Fonseca da Silva</i>                                                                                                                                  |    |
| <i>Alexandre Machado Fernandes</i>                                                                                                                                 |    |
| <i>Luiz Panhoca</i>                                                                                                                                                |    |
| <i>Paulinho Rene Stefanello</i>                                                                                                                                    |    |
| <i>Eduardo Joakinson</i>                                                                                                                                           |    |
| Adsorção de íons $\text{Cr}^{3+}$ e $\text{Cu}^{2+}$ em solos de uma<br>toposequencia derivados de basalto na presença e ausência<br>de matéria orgânica . . . . . | 23 |
| DOI 10.29327/5345677.2-2                                                                                                                                           |    |
| <i>Wilson Sacchi Peternella</i>                                                                                                                                    |    |
| <i>Antônio Carlos Saraiva da Costa</i>                                                                                                                             |    |
| Evidenciação ambiental com base na <i>Global Reporting<br/>Initiative - GRI</i> : . . . . .                                                                        | 44 |
| DOI 10.29327/5345677.2-3                                                                                                                                           |    |
| <i>Regiane Valejo Maciel</i>                                                                                                                                       |    |
| <i>Carlos Jaelso Albanese Chaves</i>                                                                                                                               |    |
| <i>Giuliano Oliveira de Macedo</i>                                                                                                                                 |    |
| Remineralizador: o efeito de basalto em propriedades<br>química de solos distintos . . . . .                                                                       | 58 |
| DOI 10.29327/5345677.2-4                                                                                                                                           |    |
| <i>Augusto Vaggetti Luchese</i>                                                                                                                                    |    |
| <i>Robson Fernando Missio</i>                                                                                                                                      |    |
| <i>Alessandra Algeri</i>                                                                                                                                           |    |
| <i>Amanda Luiza Ludwig</i>                                                                                                                                         |    |
| <i>Guilherme Potrich</i>                                                                                                                                           |    |

Impactos da implantação de placas fotovoltaicas em uma  
empresa de agronegócio no Sudoeste goiano . . . . .72

DOI 10.29327/5345677.2-5

*Juliano Vieira Almeida*  
*Frederico Fonseca da Silva*  
*Alexandre Machado Fernandes*

Efeitos da taxa de natalidade em bovinos sobre a produção  
de carne . . . . .83

DOI 10.29327/5345677.2-6

*Benedito Dias de Oliveira Filho*  
*Aline França Dias Oliveira*  
*Maria Lúcia Gambarini Meirinhos*

Saúde e segurança ocupacional na aquicultura - um roteiro  
para análise . . . . .93

DOI 10.29327/5345677.2-7

*Antonio Nunes Barbosa Filho*

Análise da pecuária de corte brasileira: modelos de produção  
e compensações ambientais . . . . .100

DOI 10.29327/5345677.2-8

*Nathan Gabriel Presotto*  
*Alexandre Magno de Melo Faria*

## Prefácio

E, a expectativa acabou!

O Livro 2 de Agro e Meio Ambiente está aqui, trazendo trabalhos de diferentes locais desse país produtivo, consolidando assim a série Agro da Editora FaCiência que vem publicizando pesquisas nessa e em outras áreas do conhecimento.

A viagem que essa série traz se inicia pela importância do Porto de Paranaguá (PR) na importação de fertilizantes químicos, capítulo escrito em inglês, a nível de Pós Graduação; Em seguida, passa para o Estudo do processo de adsorção de íons em solução e as diferentes reações químicas que ocorrem e sua movimentação no solo, de autores da UEM - Universidade Estadual de Maringá e UFRO - Universidade Federal de Rondônia.

Depois, mostra O impacto que o setor hidrelétrico causa no ambiente, sob a ótica da sustentabilidade ambiental, escrito por colegas da UEMS – Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul; Na sequência, o capítulo analisa O efeito do basalto em propriedade química de solos distintos, escrito por pesquisadores da UFPR - Universidade Federal do Paraná;

O Capítulo 5 aborda uma importante pesquisa desenvolvida no estado de Goiás sobre a descoberta de novas fontes de energia, principalmente de origem limpa, importantíssima para o crescimento econômico de uma empresa do Agronegócio onde as redes convencionais de energia não atendem com a demanda requerida. Trabalho esse também a nível de Pós Graduação.

No capítulo 6, novamente o estado de Goiás se faz presente através de uma pesquisa desenvolvida por um professor titular da

UFG – Universidade Federal de Goiás, falando sobre os Efeitos da taxa de natalidade em bovinos sobre a produção de carne

Logo em seguida, um importante trabalho de um pesquisador da UFPE – Universidade Federal de Pernambuco, sobre a relevância da saúde e de segurança ocupacional na aquicultura; e, a última parada dessa viagem consiste na análise da pecuária de corte brasileira, com modelos de produção e compensações ambientais, de colegas da UFMT - Universidade Federal do Mato Grosso, orientando o trabalho de mestrado de um economista na discussão de desafios da compensação ambiental na pecuária de corte brasileira.

Uma verdadeira viagem pelo Brasil unindo professores, acadêmicos e pesquisadores de várias instituições.

Dessa forma, Passageiros: cintos afivelados e portas no automático! A todos, uma excelente “viagem” e, de forma, já redundante, parabéns aos organizadores.

*Danielle Fonseca*  
(fã desses pilotos!)

# Fertilizer market: the relevance of the port of Paranaguá (Paraná, Brazil) in the import of chemical fertilizers

DOI 10.29327/5345677.2-1

*Giseli Szychta<sup>1</sup>*  
*Frederico Fonseca da Silva<sup>2</sup>*  
*Alexandre Machado Fernandes<sup>3</sup>*  
*Luiz Panhoca<sup>4</sup>*  
*Paulinho Rene Stefanello<sup>5</sup>*  
*Eduardo Joakinson<sup>6</sup>*

**Abstract:** Brazil has become one of the world's largest producers and exporters of agricultural commodities. In addition to being a major food producer, Brazil is also a major consumer of fertilizers. However, the domestic production of inputs is insufficient to meet consumption. As a result, Brazil depends on imported fertilizers. In this sense, this article aimed to analyze the national production of fertilizers in relation to domestic demand, and to highlight the relevance of the Port of Paranaguá, in the State of Paraná, for the fertilizer logistics chain. For this, an explanatory, bibliographical and documentary research was carried out, using technical bulletins and official data from the National Association for the Diffusion of Fertilizers (ANDA) and the Union of the Fertilizer and Agricultural Correctives Industry, in the State of São Paulo (SIACESP), in addition to field research in the port itself. It found that between 2019 and 2022, more than 80% of all fertilizer consumed in the country comes from abroad, and that the Port of Paranaguá is the main entry point for fertilizers in Brazil, representing more than 27% of all volume imported.

**Key words:** Fertilizer, Agribusiness, Import, Ports, Paranaguá.

## MERCADO DE FERTILIZANTES: A RELEVÂNCIA DO PORTO DE PARANAGUÁ NA IMPORTAÇÃO DE FERTILIZANTES QUÍMICOS

**Resumo:** O Brasil se tornou um dos maiores produtores e exportadores mundiais de commodities agrícolas. Além de um grande produtor de alimentos o Brasil é também grande consumidor de fertilizantes. No entanto, a produção interna de insumos é insuficiente para atender ao consumo. Com isso o Brasil depende de fertilizantes importados. Nesse sentido, o presente artigo teve como objetivo analisar a produção nacional de fertilizantes em relação a demanda interna, e evidenciar a relevância do Porto de Paranaguá, no Estado do Paraná, para a cadeia logística de fertilizantes. Para isso, foi realizada uma pesquisa descritiva e bibliográfica, utilizando-se boletins técnicos e dados oficiais da Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA) e Sindicato da Indústria de Adubos e Corretivos Agrícolas, no Estado de São Paulo (SIACESP), além de pesquisa documental sobre o Porto de

- 1 - Graduated in Accounting Sciences. Graduate student in Business, Accounting and Tax Management at IFPR - Federal Institute of Paraná, Campus Curitiba. ORCID 0000-0002-1724-1498. Lattes <http://lattes.cnpq.br/1747623720568783>, E-mail: [gi\\_szychta@hotmail.com](mailto:gi_szychta@hotmail.com)
- 2 - Agricultural Engineering, Professor of Agribusiness, PhD in Irrigation and Environment. Professor and Researcher at IFPR - Federal Institute of Paraná. ORCID 0000-0003-2817-6983. Lattes <http://lattes.cnpq.br/4691454480439777>, E-mail: [prof.frederico.silva@gmail.com](mailto:prof.frederico.silva@gmail.com)
- 3 - Professor of Accounting Sciences, Master Degree in Administration. ORCID: 0000-0002-1005-6169. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7123791883265745>, Email: [alexandre.fernandes@ifpr.edu.br](mailto:alexandre.fernandes@ifpr.edu.br)
- 4 - Professor of Accounting Sciences, PhD in Controllorship and Accounting. ORCID: 0000-0002-0839-1611. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4079189813081968>. Email: [panhoca@ufpr.br](mailto:panhoca@ufpr.br)
- 5 - Professor of Accounting Sciences, Master Degree in Governance and Sustainability. ORCID 0000-0002-0010-1720. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6926273334156786>. E-mail: [paulinho.stefanello@ifpr.edu.br](mailto:paulinho.stefanello@ifpr.edu.br)
- 6 - Professor of Accounting Sciences, Master Degree in Governance and Sustainability. ORCID 0000-0002-0610-0286. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9560813623564329> E-mail: [eduardo.joakinson@ifpr.edu.br](mailto:eduardo.joakinson@ifpr.edu.br)

Paranaguá. Constatou que entre os anos de 2019 e 2022, mais de 80% de todo fertilizante consumido no país é proveniente do exterior, e que o Porto de Paranaguá é o principal ponto de entrada de fertilizantes no Brasil, representando mais de 27% de todo volume importado.

Palavras-chave: Fertilizantes, Agronegócio, Importação, Portos, Paranaguá.

## 1 Introduction

According to EMBRAPA (2022), Brazil has become one of the world's largest producers and exporters of agricultural commodities, being a world leader in several of them, such as soybean, coffee, sugar, orange juice, among many others. Thus, Brazilian agribusiness, being modern, efficient and competitive, is an economically prosperous, safe and profitable activity.

Due to its diversified climate, regular rainfall, abundant solar energy and more than a tenth of all fresh water available on the planet, Brazil has almost 400 million hectares of arable land with high productivity, a quarter of which has yet to be exploited (MENDES and PADILHA JUNIOR, 2022).

These factors make the country a favorable place for agricultural and livestock activities and all businesses related to their respective agrarian production chains. Thus, Brazilian agribusiness has proven to be one of the economic segments with the greatest evolution and capacity to generate wealth and presents a strong potential for expansion in Brazilian agricultural production.

Agribusiness is today the main locomotive of the Brazilian economy and accounts for more than 40% of the total revenue of exports from Brazil, that is, surpassing US\$ 100 billion in recent years. Current grain production in Brazil, around 270 million tons, could easily reach more than 400 million tons in a few years (MENDES and PADILHA JUNIOR, 2022).

According to Raij et al. (2001), Brazil is almost entirely located in tropical areas and, therefore, its soils, when turned mainly to agricultural activity, need nutritional replacement, aimed at the crops to be exploited.

Thus, as a major agricultural producer, Brazil is also a major consumer of fertilizers. Reason why the fertilizer sector is a strategic segment for the country in terms of agricultural productivity and crop profitability (COSTA, OLIVEIRA and SILVA, 2022).

Fertilizers account for approximately half of the world's crop production, providing food, fodder, fiber and alternative/renewable fuel to a global population (REETZ, 2017).

In this sense, the guiding question of the present study is: What is the importance of the Port of Paranaguá in imports of chemical fertilizers for the Brazilian market?

This article aimed to highlight the strategic and economic importance of the Port of Paranaguá, located in the state of Parana, which is characterized by being the main national Port in the importation of fertilizers where, in the year 2022, the participation of the terminal in Paraná reached 27 % according to data from Siacesp (2023), for the Brazilian economy in the import of chemical fertilizers.

## 2 Literature review

The present study is based on four theoretical lines: (1) Fertilizers and their efficient use in vegetables; (2) Consumption of fertilizers in Brazil; (3) Production of Fertilizers in Brazil; and, (4) Importation of fertilizers through the Port of Paranaguá.

### 2.1 Fertilizers and their efficient use in vegetables

The history of agricultural development in Brazil is directly linked to soil fertility. The great cycles of sugarcane and coffee were based, in the beginning, on the natural fertility of forest soils and on migration to new areas when this natural fertility was exhausted (RAGASSI, 2009).

Over the years, the use of organic fertilizers, and later minerals, allowed the continued exploitation of rural properties (LOPES and GUILHERME, 2007).

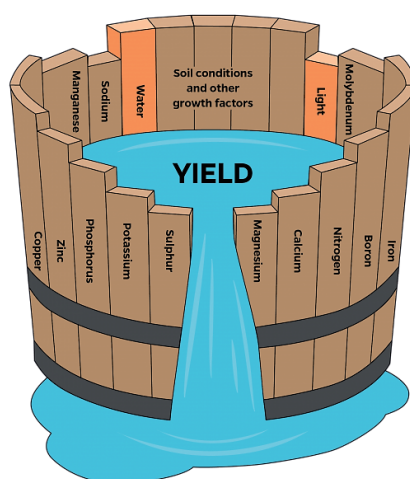
Parallel to the Industrial Revolution, the German scientist Justus Von Liebig (1803-1873) began the era of chemical fertilizers, when he stated that plant growth is determined by the elements present in the soil in adequate amounts (ECOAGRI, 2022).

According to Alvarez (1987), Liebig suggested adding the famous NPK formula to correct the lack of a soil and provide growth for plants, he said that: “The yield of a crop is limited by the element whose concentration is less than a minimum value, below which syntheses can no longer take place” (MATEUS et al., 2022).

According to Lopes (1995), the nutrients provided by fertilizers are essential for plant survival. If the amount of any nutrient is limiting at any one time, there is potential for loss of production.

Liebig's Law or “Law of the Minimum” can be explained in Figure 1, that is, the maximum production of a crop is determined by the minimum required availability of a nutrient, even if all other “boards” or levels are higher (EQUIPEMAISSOJA, 2019). When this “board” or this level is recomposed and aligned with the others, representing efficient fertilization, the water capacity of the barrel increases or, in this case, increases the crops production.

*Figure 1. Representation of the “Law of the Minimum” and influence of fertilization in changing the Productivity Level*



*Source: Arcosa (2023)*

According to Ferreira (2021), mineral nutrition is essential to boost productivity, and soil analysis is essential. By knowing the fragility of the soil, it is possible to build an accurate nutrient recommendation.

Given the cost represented by fertilization in a crop (PEREIRA, 2017), applying the right amount, in the right way and at the right time, are indispensable measures for optimizing expenses and productive gains.

Fertilizers are chemically composed of macronutrients and micronutrients. This division is related to the presence of substances in the plant, where macronutrients are in greater quantity and micronutrients, in smaller quantities. Macronutrients are part of the plant's plant structure and are essential in its metabolism. Micronutrients, in turn, make up enzymes and have a regulatory function.

These are configured into non-mineral and mineral elements. Non-mineral elements are captured in the air or water, such as hydrogen, oxygen and carbon. The essential mineral elements are: nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sulfur, boron, chlorine, iron, manganese, zinc, copper, molybdenum and nickel (NPV, 2021).

The Chart 1 presents the macronutrients, their biochemical functions, deficiency symptoms and symptoms when in excess in plants. At the same time, Chart 2 presents these same functions and symptoms for micronutrients.

*Chart 1. Essential macronutrients for plants*

| Nutrient   | Chemical Symbol | Biochemical Functions                                                                                                                                                                       | deficiency symptom                                                        | Symptoms of excess                                         |
|------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Nitrogen   | N               | Constituent of amino acids, amides, proteins, nucleic acids, nucleotides, coenzymes etc.                                                                                                    | Yellowing and death of the leaves; growth slowdown.                       | Excessive shoot growth, favoring lodging.                  |
| Phosphorus | P               | Component of phosphate sugars, nucleic acids, nucleotides, coenzymes, phospholipids, etc. Important in reactions involving ATP1.                                                            | Reduction in expansion, area and number of leaves; darker green coloring. | Dark red spots on older leaves.                            |
| Potassium  | K               | Required as a cofactor for more than 40 enzymes. Main cation for stabilizing turgor and maintaining old cell electroneutrality.                                                             | Chlorosis and necrosis of older leaves and stems.                         | Necrotic spots on older leaves.                            |
| Calcium    | Ca              | Constituent of the middle lamella of cell walls. Required as a cofactor by some enzymes in the hydrolysis of ATP and phospholipids. Acts as a secondary messenger in regulating metabolism. | Growing points are damaged or killed ("branch drying"); "apical rot".     | Induction of magnesium and/or potassium deficiency likely. |
| Magnesium  | Mg              | Required for many enzymes involved in phosphate transfer. Constituent of the chlorophyll molecule                                                                                           | Chlorosis and necrosis of older leaves                                    | Induction of potassium and/or calcium deficiency probably  |
| Sulfur     | S               | Component of cysteine, cystine, methionine and proteins. Constituent of coenzyme A, thiamine pyrophosphate, biotin, etc.                                                                    | Plants are chlorotic and spiny and grow poorly.                           | Intervinal chlorosis in some species                       |

Source: Instituto Agro (2023), adapted by the authors

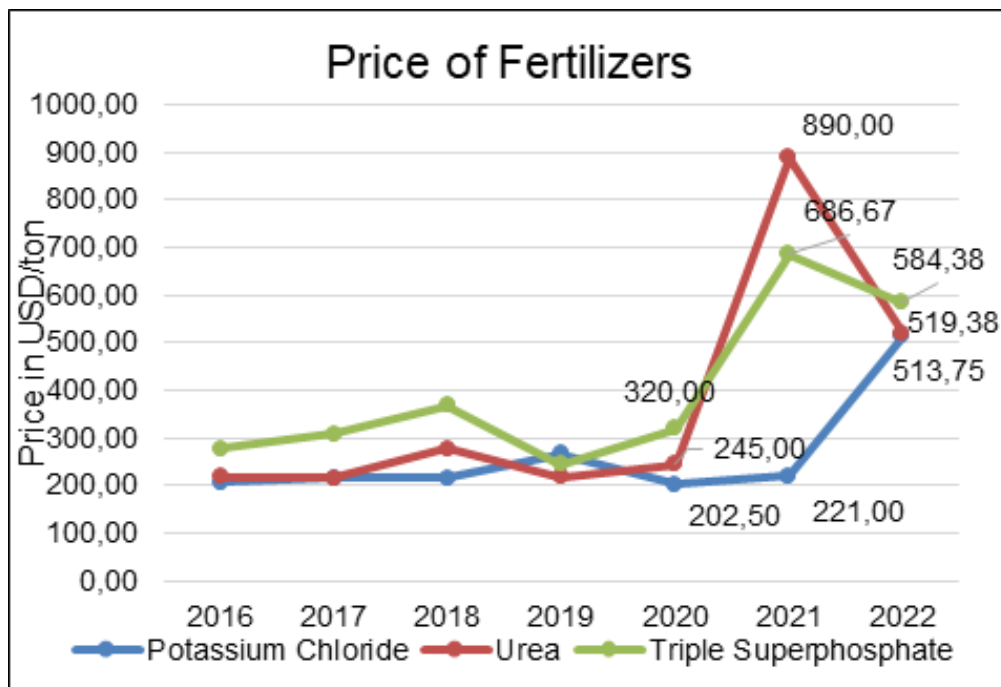
*Chart 2. Essential micronutrients for plants*

| Nutrient  | Chemical Symbol | Biochemical Functions                                                                        | deficiency symptom                                    | Symptoms of excess                                                     |
|-----------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Chlorine  | Cl              | Necessary for photosynthetic reactions involved in the evolution of CO <sup>2</sup>          | Wilting, chlorosis and browning of leaves.            | Necrosis of tips and margins, yellowing and leaf drop                  |
| Iron      | Fe              | Constituent of proteins involved in photosynthesis, N <sub>2</sub> fixation, and respiration | Chlorotic plants. Young leaves with uniform chlorosis | Necrotic spots on leaves, yellow-brown spots                           |
| Manganese | Mn              | Required for activity of some dehydrogenases, decarboxylases, kinases, oxidases.             | Yellow streaks along the veins. Thinner leaves        | Induced iron deficiency, then necrotic patches along conductive tissue |

cally, the component with the highest percentage variation due to dependence on this nutrient, mainly from Russia where, historically, it is the world's largest supplier.

In this way, it is possible to verify the development curve of fertilizer prices in the period between 2016 and 2022, with a certain stability in fertilizer prices between 2016 and 2020, and in 2021 and 2022 there was a significant variation in prices, as represented in Graph 5.

*Graph 5. Price of Commodities between the years 2016 and 2022.*



*Source: INDEX MUND (2022), adapted by the authors*

According to Embrapa (2018), aiming to strengthen sustainable agribusiness and reduce dependence on the import of chemical fertilizers, Brazil has as a major challenge the need to implement a strategic plan, whose pillars should be: (1) a policy incentives to increase national industrial production; and, (2) an RD&I Program for the development of new technologies, products and processes for the tropical and subtropical environment, which increase the efficiency of the use of fertilizers, reduce their participation in the production costs of agricultural crops and livestock and minimize the negative environmental impact.

The increase in fertilizer costs reflects a set of factors that occurred in the 2020/2022 period, such as the Covid-19 pandemic and the War in and against Ukraine in 2022.

In 2022, Brazil consumed 41 million tons of fertilizers, and produced only 7 million tons. Dependence on imported fertilizers represents 84% of this amount (ANDA, 2022).

In 2022, Brazil imported US\$ 272.6 billion in products, the fertilizer segment was the main indicator, representing 9.1% of this total, and in values, US\$ 24.7 billion. Graph 6 shows the representativeness, in dollars, of fertilizer imports.

*Graph 6. Import of chemical fertilizers between 2018 and 2022*

*Source: COMEX STAT (2022), adapted by the authors.*

The Port of Paranaguá is considered the largest grain port in Brazil and Latin America. In addition, it is the third largest container port in Brazil (LOG COMEX 2022).

When it comes to fertilizers, the Port of Paranaguá is the leader in fertilizer imports. With a privileged location, good infrastructure and qualified labor, the Port of Paranaguá represents 30% of all fertilizers entering the country, as shown in Table 4.

# Adsorção de íons $\text{Cr}^{3+}$ e $\text{Cu}^{2+}$ em solos de uma toposequencia derivados de basalto na presença e ausência de matéria orgânica

DOI 10.29327/5345677.2-2

Wilson Sacchi Peternella<sup>1</sup>  
Antônio Carlos Saraiva da Costa<sup>2</sup>

**Resumo:** O estudo do processo de adsorção de íons em solução, as diferentes reações químicas que ocorrem e sua movimentação no solo são relevantes para se analisar o comportamento dos minerais presentes na fração argila, ou seja, no sistema coloidal do solo. As mais diferentes reações químicas presentes no sistema coloidal dos solos estão relacionadas com a solubilidade dos minerais e seus íons, mas também com a presença de matéria orgânica e inorgânica, cujos íons e área superficial dos minerais da fração argila propiciam meio adequado para o controle da disponibilidade e movimentação de íons na solução do solo. O controle da disponibilidade dos íons metálicos ( $\text{M}^{+x}$ ) ou não, como exemplo  $\text{NO}_3^{-1}$ , é determinado por fatores físico-químicos e mineralógicos dos solos: como (a) teor e tipo de argila, (b) capacidade de troca catiônica (CTC) e aniônica (CTA), (c) teor de matéria orgânica, (d) pH, (e) força iônica da solução do solo, (f) área superficial dos coloides, entre outros. Estes fatores influenciam diretamente as diferentes reações químicas do tipo: adsorção podendo ser do tipo química ou física, dessorção, precipitação, dissolução, complexação e oxi-redução, que de forma conjunta, controlam as formas de ocorrência dos íons no solo. Como cada solo é único, ou seja, sua identidade mineralógica que por consequência possui uma capacidade de adsorção específica para esta classe. Portanto o presente estudo tem por objetivo avaliar a capacidade de adsorção e oferecer condições de prever a capacidade máxima de adsorção e a força de ligação entre  $\text{Cr}^{3+}$  e  $\text{Cu}^{2+}$  de solos de uma toposequência derivados de basalto na presença e ausência de matéria orgânica, aplicando o modelo de Langmuir. O processo de adsorção dos íons  $\text{Cu}^{2+}$  e  $\text{Cr}^{3+}$  líquido/sólido pelos solos da toposequência, Latossolo Vermelho distroférico (LVdf), Nitossolo Vermelho eutroférico (NVef), Chernossolo Argilúvico férreo (MTf) e Vertissolo Hidromórfico órtico (VGo), é mais afetado pela mineralogia da fração argila dos respectivos solos do que pelo teor de matéria orgânica presente.

**Palavras-chave:** íons metálicos, solos derivados de basalto e processo de adsorção.

## ADSORPTION OF $\text{Cr}^{3+}$ AND $\text{Cu}^{2+}$ IONS IN SOILS OF A TOPOSEQUENCY DERIVATIVES OF BASALT IN THE PRESENCE AND ABSENCE OF ORGANIC MATTER

**Abstract:** The study of the process of adsorption of ions in solution, the different chemical reactions that occur and their movement in the soil are relevant to analyze the behavior of the minerals present in the clay fraction, that is, in the colloidal system of the soil. The most different chemical reactions present in the colloidal system of soils are related to the solubility of the minerals and their ions, but also to the presence of organic and inorganic matter, whose ions and surface area of the minerals of the clay fraction provide an adequate means for controlling the availability and movement of ions in the soil solution. The control of the availability of metallic ions ( $\text{M}^{+x}$ ) or not, as an example  $\text{NO}_3^{-1}$ , is determined by physical-chemical and mineralogical factors of the soils: such as (a) content and type

1 - Professor do Departamento de Química da Universidade Federal de Rondônia, Campus de Porto Velho, Rod. BR 364 Km 10, CEP 76801-059, Porto Velho - RO. ORCID 0000-0003-3931-515X. E-mail: wpeternella@yahoo.com

2 - Professor do Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Campus Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá - PR. ORCID 0000-0003-0702-5529

of clay, (b) cation exchange capacity (CTC) and anionic (CTA), (c) organic matter content, (d) pH, (e) ionic strength of the soil solution, (f) surface area of colloids, among others. These factors directly influence the different chemical reactions of the type: adsorption, which can be of the chemical or physical type, desorption, precipitation, dissolution, complexation and redox, which together, control the forms of occurrence of ions in the soil. As each soil is unique, that is, its mineralogical identity, which consequently has a specific adsorption capacity for this class. Therefore, the present study aims to evaluate the adsorption capacity and offer conditions to predict the maximum adsorption capacity and the binding force between  $\text{Cr}^{3+}$  and  $\text{Cu}^{2+}$  of soils of a toposequence derived from basalt in the presence and absence of organic matter, applying the model from Langmuir. The process of adsorption of  $\text{Cr}^{3+}$  and  $\text{Cu}^{2+}$  ions, liquid/solid by soils of the toposequence, Dystroferic Red Latosol (LVdf), Eutroferic Red Nitosol (NVef), Ferric Argilúvic Chernosol (MTf) and Ortio Hydromorphic Vertisol (VGo), is more affected by mineralogy of the clay fraction of the respective soils than by the content of organic matter present.

Keywords: metal ions, basalt-derived soils and adsorption process.

## Introdução

Solo é um sistema dinâmico, constituído de complexos constituintes orgânicos e inorgânicos, como por exemplo matéria orgânica e minerais da fração argila os óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio. No solo, a todo instante, a concentração dos elementos em solução de cada sistema é governada por várias reações como equilíbrio ácido-base, complexação com ligantes orgânicas e inorgânicas, precipitação, dissolução de sólidos, oxi-redução e troca iônica (LINDSAY, 1979).

Os principais atributos que afetam as características dos solos são: força iônica do meio, pH, matéria orgânica, óxidos de Fe e Al, capacidade de troca catiônica, área superficial específica e a própria mineralogia, sendo a capacidade de adsorção de metais por solos têm sido estudadas por diversos autores (ALLEONI, 1994; KING, 1988).

Petruzelli et al. (1985) observaram que os atributos do solo que podem apresentar alta correlação com a adsorção são: matéria orgânica e capacidade de troca catiônica, Kort et al. (1976) estudaram a superfície específica e Gray et al. (1999) estudaram o pH da solução. O efeito do pH na adsorção tem sido avaliado tanto em minerais puros como em solos (NAIDU et al., 1994).

O pH da solução do solo tem forte influência na adsorção em solos altamente intemperizados e manifesta-se pela mudança na densidade de carga elétrica da superfície dos minerais de carga variável. A elevação do pH provoca aumento das cargas negativas das superfícies dos minerais, aumentando a afinidade pelo íon metálico (GARCIA-MIRAGAYA e PAGE, 1978).

Os pesquisadores Naidu et al. (1994) mostraram que em solos com carga variáveis, com elevado teor de matéria orgânica ou óxidos de Fe, a concentração de metais na solução do solo pode ser reduzida, com emprego da calagem, onde se tem a precipitação de parte do metal, com consequente redução na fitodisponibilidade e lixiviação do elemento.

## Metais pesados nos solos

Solos férteis provêm às plantas com todos os elementos essenciais para o seu crescimento. Atualmente, os elementos essenciais conhecidos são: Fe, Mn, Zn, B, Cu, Mo e Cl. Esses sete elementos são chamados de micronutrientes, um termo que indica as pequenas quantidades, assim requeridos pelas plantas para o seu bom desenvolvimento. No entanto, as concentrações encontradas não são necessárias entre as desejáveis nos solos tropicais para suprir a planta, devido às baixas concentrações desses elementos ou porque os elementos estão presentes em formas insolúveis, portanto, indisponíveis.

O solo como “meio natural” possui capacidade de reter metais pesados. Se esta capacidade for ultrapassada, eles poderão ser lixiviados e passados ao meio biológico. Como, na maioria das vezes,