COLEÇÃO UNIVERSITÁRIA

CIÊNCIAS AGRÁRIAS MEIO AMBIENTE



VOLUME II

ALEXANDRE MACHADO FERNANDES
FREDERICO FONSECA DA SILVA
JOSÉ AGUIRRE
LUIZ PANHOCA
PAULINHO RENE STEFANELLO



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



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

Editor-Chefe: Dr. Roberto Ari Guindani

Lattes iD - http://lattes.cnpq.br/2938746639609983 Orcid iD - https://orcid.org/0000-0002-5600-5869

24-189524

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

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

> CDD-630 Índices para catálogo sistemático:

1. Ciências agrárias 630

Aline Graziele Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129





Sumário

Pretacio
Fertilizer market: the relevance of the port of Paranaguá (Paraná, Brazil) in the import of chemical fertilizers 8 DOI 10.29327/5345677.2-1 Giseli Szychta Frederico Fonseca da Silva Alexandre Machado Fernandes Luiz Panhoca Paulinho Rene Stefanello Eduardo Joakinson
Adsorção de íons Cr³+ e Cu²+ em solos de uma toposequencia derivados de basalto na presença e ausência de matéria orgânica
Evidenciação ambiental com base na <i>Global Reporting Initiative -</i> GRI:
Remineralizador: o efeito de basalto em propriedades química de solos distintos

Impactos da implantação de placas fotovoltaicas em uma empresa de agronegócio no Sudoeste goiano
Efeitos da taxa de natalidade em bovinos sobre a produção de carne
Saúde e segurança ocupacional na aquicultura - um roteiro para análise
Análise da pecuária de corte brasileira: modelos de produção e compensações ambientais

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 sequencia, 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 aqüicultura; 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 Szychta¹ Frederico Fonseca da Silva² Alexandre Machado Fernandes³ Luiz Panhoca⁴ Paulinho Rene Stefanello⁵ Eduardo Joakinson6

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 Paranagua, in the State of Parana, 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 Sao 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 Paranagua is the main entry point for fertilizers in Brazil, representing more than 27% of all volume imported.

Key words: Fertilizer, Agribusiness, Import, Ports, Paranagua.

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 comodities 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

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

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

^{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

^{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

^{4 -} Professor of Accounting Sciences, PhD in Controllership and Accounting. ORCID: 0000-0002-0839-1611. Lattes: http://lattes.cnpq.br/4079189813081968. Email: panhoca@ufpr.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

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 Paranagua in imports of chemical fertilizers for the Brazilian market?

This article aimed to highlight the strategic and economic importance of the Port of Paranagua, 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 Paranagua.

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).

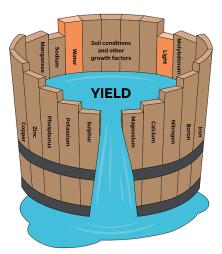
Parallel to the Industrial Revolution, the German scientist Justus Von Liebig (1803-1873) began the era of chemical fertilizers, when he stated that plant growth is determined by the elements present in the soil in adequate amounts (ECOAGRI, 2022).

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 "tables" 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	Р	Component of phosphate sugars, nucleic acids, nucleotides, coenzymes, phospholipids, etc. Important in reactions involving ATP1. Reduction in expansion, a and number of leaves; da green coloring.		Dark red spots on older leaves.	
Potassium	К	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.	Interveinal 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	CI	Necessary for photosynthetic reactions involved in the evolution of CO ²	Wilting, chlorosis and brow- ning of leaves.	Necrosis of tips and margins, yellowing and leaf drop	
Iron	Fe	Constituent of proteins involved in photosynthesis, N2 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, decarbo-xylases, kinases, oxidases.	Yellow streaks along the veins. Thinner leaves	Induced iron deficiency, then necrotic patches along conductive tissue	

^{1 -} Adenosine Tri-Phosphate

Zinc	Zn	Constituent of alcohol dehydrogenase, glutamic dehydrogenase, carbonic anhydrase.	Chlorosis on the veins of younger leaves.	Induction of phosphorus and/ or copper deficiency
Boron	В	Constituents of cell walls. Involved in cell elongation and DNA metabolism.	Leaves dry and curl, becoming brittle Terminal bud death.	Reticulated chlorosis and scorching of leaf margins from apex to base
Copper	Cu	Component of ascorbic acid oxidase, cytochrome oxidase, plastocyanin, etc.	Mosaic dark green spots.	Yellowing of the leaf apex, from the base to the extreme, following the midrib
Molybde- num	Мо	Constituent of nitrogenase, nitrate reductase and xanthine dehydrogenase.	Short, chlorotic longitudinal streaks on upper third of older leaves.	Globular yellow spots on plant apex.
Nickel	Ni	Constituent of urease and hydrogenases. Important in N2-fixing bacteria	-	-

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

From an industrial point of view, nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) are the most important, originating the usual classification of NPK industry products (ANDRADE et al., 1995).

2.2 Consumption of fertilizers in Brazil

Fertilizers are a basic and important resource for crop production (PAULETTI and MOTTA, 2017), in addition to promoting increased agricultural productivity, they protect and preserve forests and native forests, as well as fauna and flora.

Mineral fertilizers are among the inputs with the greatest contribution to increasing agricultural productivity in Brazil (OGINO et al., 2021).

According to Camargo (2012), the proper use of mineral fertilizers is one of the main factors to promote global food security in current times. More than 48% of the 7 billion people today are living because of the increased crop yields achieved by applying nitrogen fertilizers. The extent to which world food production depends on fertilizer use will inevitably increase in the future (REETZ, 2017).

Despite being a major demander of fertilizers, the domestic production of inputs is insufficient to meet consumption. The national production of fertilizers is, according to EMBRAPA (2018), historically, much lower than the domestic demand and has not shown growth similar to that of demand.

As a result, Brazil depends on imported fertilizers (SANCHES, 2022). Thus, dependence on imports has been increasing year after year, and, in 2015, between 65% and 70% of total consumption was supplied by imports (HEFFER; PRUD'HOMME, 2015; CRUZ et al., 2017).

According to the National Association for the Diffusion of Fertilizers (ANDA, 2022), 85% of the fertilizers used in 2021 were imported. At the same time as Ghiraldelli and Freua (2022) claim that fertilizer imports by Brazil increased by 440% from 1998 to 2021.

In a shorter period of time, contained in the comprehensive interval between 2000 and 2015, according to EMBRAPA (2018), the use of fertilizers in the country grew by 87%, contributing, in part, to the significant increase of 150% in the production of grains over the same period.

In 2022, the amount of fertilizers delivered to the national market totaled 41 million tons, with 84% of this volume being imported, according to ANDA (2022), shown in Table 1.

Table 1. Main indicators of the fertilizer sector (in ton. of product)

Year	Fertilizers delivered to the market	Importation of fertilizers	Representativeness of imports on deliveries (in %)
2016	34.083.415	24.481.088	72
2017	34.438.840	26.324.628	76
2018	35.506.301	27.496.625	77
2019	36.238.381	29.578.620	82
2020	40.564.138	32.872.543	81
2021	45.855.071	39.258.338	86
2022	41.077.519	34.606.843	84

Source: Anda (2016 - 2022), adapted by the authors

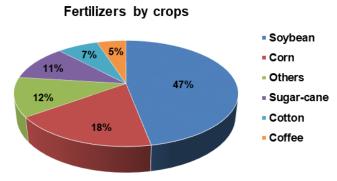
Table 1 shows a significant dependence on imported fertilizers, where this condition directly impacts the competitiveness of Brazilian agribusiness and increases the country's vulnerability to exchange rates, directly impacting various segments of agribusiness and the Brazilian economy, such as such as cost of production of commodities, trade balance and exchange reserves, among others.

Fertilizers account for more than 40% of the total production cost of the main crops in Brazil (EM-BRAPA, 2018).

Brazil competes with the United States for the position of the world's largest consumer of fertilizers (VILARINO, 2022).

Regarding the consumption of fertilizers by commodity, soybean is the largest Brazilian crop and demands 47% of the fertilizers purchased, imported, used and applied, as shown in Graph 1.

Graph 1. Consumption of fertilizers, by crop, in 2022



Source: GlobalFert (2022), adapted by the authors

According to ANDA (2022), there was a 10% drop in fertilizer consumption in 2022, as a result of the increase in fertilizer prices caused by the war in Ukraine.

In 2023, fertilizer consumption should recover, with the drop in international prices and the increase in planted area for the main crops, such as soybean and corn.

For the 2023-24 crop year, as a result of below-average world stocks and the real expectation of an increase in planted area, the demand for fertilizers for soybean may exceed 21 million tons; As for the corn crop, it may exceed 8 million tons, as shown in Graph 2.

Perspective of demand for fertilizers in 2023
(in Thousand Tons)

25
21,83

8,31

Soybean Corn

Graph 2. Perspective of demand for fertilizers in corn and soybeans in 2023

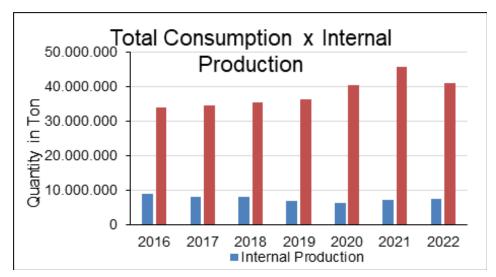
Source: GlobalFert (2023), adapted by the authors

2.3 Production of fertilizers in Brazil

Brazilian agribusiness is an important supplier of food to the entire world. Currently, the country leads the production of 34 agricultural commodities (RECH, 2022) among these, soy, coffee, sugar, orange juice, ethanol (from sugar cane).

The National Supply Company (CONAB, 2022) estimates that grain production will exceed 312 million tons in the 2022/23 harvest, which represents an increase of 15% compared to the previous harvest.

Despite being a major demander of fertilizers, domestic production is insufficient to meet consumption. As a result, Brazil depends on imported fertilizers (SANCHES, 2022). In this context, it is possible to observe that the national production of fertilizers is, historically, lower than the domestic demand, as shown in Graph 3.



Graph 3. Fertilizer consumption and national production (in tons.)

Source: Anda (2016 - 2022) adapted by the authors

Although Brazil has vast raw material to promote local production, mainly potassium, the lack of infrastructure does not contribute (VILARINO, 2022). In the case of urea and other nitrogenous components, the cost of natural gas in Brazil is one of the most expensive in the world, which logically ends up making its production unfeasible (VILARINO, 2022).

In order to reduce national dependence on fertilizers, Embrapa (2018) pointed out as strategies the implementation of National Industrial Production Incentive Policies and expansion of investments in Research, Development and Innovation Projects.

Brazil needs to invest in research and infrastructure to reduce foreign dependence on fertilizers (FRAGOSO, 2022).

2.4 Importation of fertilizers through the port of Paranagua

The Port of Paranagua has a privileged location and qualified workforce. Currently, it is the second most important terminal in Brazil and the main one in the South region (BRFERTIL, 2022).

According to the State News Agency (AEN, 2022), the ports of Paranagua and Antonina, both located on the coast of the state of Parana, achieved the maximum score in the Port Authority Management Index, being recognized for the third consecutive year for the best port management from the country.

The highlight of the State of Paraná in agriculture is mainly due to the importance of the Port of Paranagua in the fertilizer logistics chain (BRFERTIL, 2022). Thus, of the total inputs imported by Brazilian agribusiness, 44% are made up of fertilizers (INSPER, 2023).

In 2022, almost 10 million tons of fertilizers were imported through the Paranagua and Antonina terminals. The volume represents 27.5% of all that the country receives in fertilizers (AEN, 2023). The Port of Paranagua is the main entry terminal for fertilizers in Brazil and represents 30% of the entire volume imported into national territory (BRFERTIL, 2022).

Table 2 shows the importance of the Port of Paranagua in importing chemical fertilizers.

Port	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Total/ port	%
Paranagua	8.223	8.477	9.095	8.521	9.614	11.004	9.429	64.364	30%
Santos	3.540	4.083	4.626	5.657	6.709	8.246	7.648	40.509	19%
Rio Grande	4.446	4.313	4.211	4.394	5.009	5.971	4.450	32.793	15%
Vitoria	1.926	2.086	1.633	1.783	1.937	2.283	1.943	13.590	6%
Itaqui	1.454	1.734	1.984	2.217	2.772	3.240	2.860	16.261	8%
Sao Francisco	2.113	2.018	1.737	1.986	1.665	2.220	2.383	14.122	7%
Aratu	758	1.050	1.135	1.295	1.426	1.839	1.437	8.940	4%
Vila Conde	564	965	1.364	1.267	1.312	1.663	1.640	8.775	4%
Santarem	275	269	469	732	828	1.061	1.276	4.910	2%
Porto Alegre	581	695	572	600	549	557	306	3.860	2%
Others	601	635	669	1.059	1.029	1.118	1.058	6.170	3%
Total/Year	24.481	26.325	27.497	29.512	32.850	39.202	34.429	214.294	100%

Source: Siacesp (2016-2022) adapted by the authors.

It is estimated that nitrogen fertilizers alone are responsible for an increase of about 40% in the world's food supply (ERISMAN et al., 2008). In January 2023, the Port of Paranagua received the largest load of fertilizers in its history. A total of 73,310 thousand tons, of ammonium sulfate alone, to supply the required nitrogen demand (DUARTE, 2023).

Unloading capacity at the Port of Paranagua will increase by 63%, as a result of investments of R\$ 592 million by the Government of the State of Paraná. This venture known as Moegão1, will have around 600 thousand m2, and will enable the simultaneous unloading of 180 wagons, which will allow an increase from 550 to 900 wagons a day (AEN, 2023).

^{1 -} In English can be understood as big storage or big hopper

3 Research methodology

Research can be understood as the systemic ordering of procedures that allows the discovery of new facts or data, in any field of knowledge (MARCONI and LAKATOS, 2010).

According to Gil (2008) research is defined as a rational and systematic process that aims to provide answers to problems that are proposed from established methods.

It is through the method that the researcher uses knowledge instruments to guide and plan the research, coordinate investigations, carry out experiments and interpret the results obtained. The method is the set of ordered and logical activities that allow reaching the established objective, starting from the traced path, eliminating errors and helping the researcher's decisions (MARCONI and LAKATOS, 2010).

In this sense, this research was characterized by the qualitative methodology, without the use of statistical methods, with emphasis on the secondary treatment carried out by the researchers, seeking to understand the nature of a phenomenon from the interaction between the variables and their interactions and interrelations.

Qualitative research (MACK et al., 2005) uses different knowledge claims, investigative strategies and data collection and analysis methods, being fundamentally interpretive (CRESWELL, 2007).

Regarding the objectives, the present study was characterized as descriptive research (MANJU-NATHA, 2019), as it aimed to describe the characteristics of the studied phenomenon, as well as the relationships between the variables and their nature (VERGARA, 2000). And, according to Gil (2008), this research aims to identify the factors that determine or contribute to the occurrence of phenomena.

As for data collection procedures, it was decided to use telematized bibliographic and documentary research, in which they were developed based on material published in books, magazines, theses, dissertations, scientific articles, newspapers, electronic networks and websites on the internet, accessible to the general public (MORESI, 2003; VERGARA, 1998; GIL, 2008).

For the present work, analyzes of the Brazilian fertilizer market were carried out between the years 2016 and 2022, addressing the total national consumption, domestic production and dependence on imported fertilizers, as well as the representativeness in imports of these inputs by the Port of Paranagua, in the state of Parana.

In addition, the bulletins of the National Association for the Diffusion of Fertilizers (ANDA), materials from the Union of the Agricultural Fertilizer and Corrective Industry in the State of São Paulo (SIACESP), content from the Center for Advanced Studies in Applied Economics (CEPEA) and statistical materials on foreign trade from COMEX STAT were used as materials.

4 Results and discussion

In 2022, the sum of goods and services generated in agribusiness in Brazil reached BRL 2.46 trillion, corresponding to 24.8% of the Brazilian GDP1 (CEPEA 2023).

Among the Agribusiness segments, the largest share is in the agricultural segment, which corresponds to 72.7% (R\$ 1.78 trillion). Next, livestock, which corresponds to 27.3% (R\$ 671.9 billion).

Table 3 shows the representativeness of Agribusiness in the Brazilian GDP, that is, the participation of the agricultural and livestock segment in the total scenario of the Country.

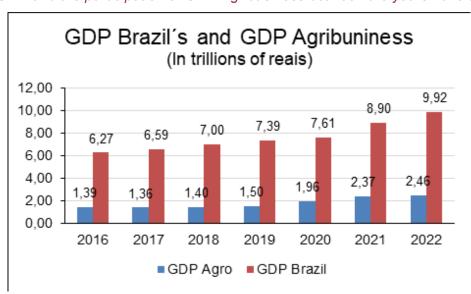
Table 3. Brazilian Agribusiness GDP in relation to the total GDP of Brazil (in trillions of reais)

Year	GDP_BR (In Trillions of reais)	Agro_GDP (in Trillions of reais)	% GDP Agro in relation of GDP_ BR	Change compared to the previous year (in %)
2016	6,27	1,39	22,1%	2,1%
2017	6,59	1,36	20,6%	-1,5%
2018	7,00	1,40	20,0%	-0,6%
2019	7,39	1,50	20,4%	0,3%
2020	7,61	1,96	25,7%	5,4%
2021	8,90	2,37	26,6%	0,9%
2022	9,92	2,46	24,8%	-1,8%

Source: CEPEA (2016-2022), adapted by the authors.

The share of agribusiness in GDP fell from 26.6% in 2021 to 24.8% in 2022. This decline was mainly influenced by the increase in fertilizer costs due to several factors, mainly external, which increased production costs, as evidenced by Graph 4.

Graph 4. Brazil's GDP and the participation of GDP Agribusiness between the years 2016 and 2022



Source: CEPEA (2016-2022), adapted by the authors

Fertilizers are fundamental for the development of plants and in increasing the productivity of crops of commercial interest. Amidst the world's growing demand for food, the consumption of fertilizers will inevitably increase in the future.

For soybean, corn and wheat crops, the percentage share of fertilizers in costs is between 30 and 40% (CONAB 2023).

Data from the Confederation of Agriculture and Livestock of Brazil (CNA, 2022), show that nominal prices, in dollars, of the main fertilizers increased by 288% considering the period from January 2020 to March 2022.

The price of Urea, the base fertilizer in the N nutrient supply, was US\$ 245.00/ton. to US\$ 519.00/ton., representing an increase of 111.8%.

Triple Superphosphate, fertilizer based on the P nutrient, increased by 82.5%. The price practiced in 2020 went from US\$ 320.00/ton to US\$ 584.00/ton in 2022.

The price of Potassium Chloride, fertilizer based on the K nutrient, jumped from U\$\$ 203.00/ton. in 2020 to US\$ 514.00/ton. in 2022, representing an increase of 153.2% (INDEX MUND, 2022). Logi-

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.

Price of Fertilizers 1000,00 890,00 900.00 800.00 686.67 700,00 584.38 600.00 519,38 500,00 513,75 <u>ω</u>400.00 320.00 300.00 245,00 200,00 202.50 221,00 100,00 0.00 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022

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&I1 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.

Potassium Chloride ——Urea ——Triple Superphosphate

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

^{1 -} RD&I - portfolio, through Research, Development, and Innovation

Table 4. Representativeness of the Port of Paranagua in the import of fertilizers between the years 2016 and 2022 (in thousand tons.).

Year	All ports	Port of Paranagua	%
2016	24.481	8.223	34%
2017	26.325	8.477	32%
2018	27.497	9.095	33%
2019	29.512	8.521	29%
2020	32.850	9.614	29%
2021	39.202	11.004	28%
2022	34.429	9.429	27%
2016 to 2022	214.294	64.364	30%

Source: Siacesp (2016 - 2022), adapted by the authors

5 Final considerations

This article aimed to highlight the importance of the Port of Paranagua in the import of chemical fertilizers, and compare with the volumes consumed and produced internally in Brazil.

Brazil is a major demander of fertilizers where, in 2022, consumption totaled 41 million tons, of which 34 million tons were imported and 7 million tons were produced nationally. Research results revealed a significant dependence on imported fertilizers, mainly from Eastern Europe or more precisely, from Russia, which impacts the entire planet as it is at war.

The State of Paraná stands out in agriculture and in the logistics chain of fertilizers. From 2016 to 2022, approximately 64 million tons of fertilizers were imported through the port of Paranagua, representing 30% of all fertilizers entering the country. In 2022, the chemical fertilizers segment represented the largest indicator of products imported from Brazil with approximately US\$ 24.8 billion.

Thus, it can be attested that the Port of Paranagua is the main entry point for fertilizers in the country and of vital notoriety to the development and growth of Brazilian agribusiness, in addition to being considered the largest grain port in Latin America.

In addition, the power and representativeness of this port in the Brazilian trade balance can be observed: strength and strength in imports and exports of the agrobusiness segment in Brazil.

Finally, the purpose of this work was not to carry out a critical analysis of government policies to encourage and implement national industrial production or to expand investments in research, development and innovation projects aimed at the production of fertilizers.

However, there is a warning about the impact that this element represents on national production, as well as its effects on costs and on the final price of commodities, in order to encourage studies and specific policies that reduce dependence on imported fertilizers, thus directly impacting the reduction of production costs and the sale price of commodities in the domestic and foreign markets.

6 References

ARCOSA. Liebig's Law of Minimum. 2023. Available in: https://arcosaspecialtymaterials.com/liebigs-law-of-minimum/. Access at: 05 jul.2023.

AEN - AGÊNCIA ESTADUAL DE NOTÍCIAS. Novo Moegão do Porto de Paranaguá fará Paraná dar salto logístico sustentável. 2023. Available in: https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Novo-Moegao-do-Porto-de-Paranagua-fara-Parana-dar-salto-logistico-sustentavel. Access at: 08 jun.2023.

_____. Outlook GlobalFert 2023. Available in: https://globalfert.com.br/outlook-globalfert/. Access at: 03 jun.2023. _____. VISÃO 2030: O Futuro da Agricultura Brasileira. 2018. 214 p. Available in https://www.embrapa.br/documents/10180/9543845/Vis%C3%A3o+2030+-+o+futuro+da+agricultura+brasileira/2a-9a0f27-0ead-991a-8cbf-af8e89d62829?version=1.1 . Access at:16 jun.2023.

- ____. Paraná tem melhor gestão portuária do Brasil pelo terceiro ano seguido. Available in: https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Parana-tem-melhor-gestao-portuaria-do-Brasil-pelo-terceiro-ano=-segui-do#:~:text-A%20Portos%20do%20Paran%C3%A1%20foi,Minist%C3%A9rio%20da%20Infraestrutura%2C%20 em%20Bras%C3%ADlia. Access at: 19 jun. 2023.
- ____. Porto de Paranaguá descarrega o maior volume de fertilizante de um único navio na história. Avai-lable in: https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Porto-de-Paranagua-descarrega-o-maior-volume-de-fertilizante-de-um-unico-navio-na-historia. Access at: 19 jun. 2023.
- ALVAREZ, V.H. Leis gerais da adubação. In: V. H. ALVAREZ V. (coord.) Química e fertilidade do solo. Teoria. Viçosa, Impr. Equipe, 1987. p. 60-72.
- ANDA Associação Nacional para Difusão de Adubos. 2022. Principais indicadores do setor de fertili-zantes. Available in: http://anda.org.br/pesquisa_setorial/. Access at: 18 Feb. 2023.
- ANDRADE, J.E.P.; KOO PAN, S.S.; DANTAS, C.A.D.; MELO, K.C.A. A indústria de fertilizantes. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 1, p. 94-109, jul. 1995.
- BR FERTIL. Porto de Paranaguá é principal porta de entrada de fertilizantes no Brasil. Available in: https://br-fertil.com.br/porto-de-paranagua-e-principal-porta-de-entrada-de-fertilizantes-no-bra-sil/#:~:text=Porto%20de%20Paranagu%C3%A1%20%C3%A9%20o,lidera%20a%20entrada%20de%20fertilizantes. Access at: 19 jun. 2023.
- CAMARGO, M.S. A importância do uso de fertilizantes para o meio ambiente. Pesquisa & Tecnologia, 9(2). 2012. Available in: www.aptaregional.sp.gov.br. Access at: 10 may.2023.
- CASTRO, N.R. Recuo do PIB do Agronegócio em 2022 não gera preocupação. Available in: https://www.ins-per.edu.br/noticias/recuo-do-pib-do-agronegocio-em-2022-nao-gera-preocupa-cao/#:~:text=O%20 PIB%20do%20agroneg%C3%B3cio%20brasileiro,Agricultura%20e%20Pecu%C3%A1ria%20do%20 Brasil). Access at: 10 jun.2023.
- CEPEA. PIB DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO. 2023. Available in: < https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx >. Access at: 23 feb.2023.
- CNA Confederação da Agricultura e Pecuária no Brasil. CNA debate impactos do aumento dos preços dos fertilizantes para o produtor. Available in: https://cnabrasil.org.br/noticias/cna-debate-impactos-do-aumento-dos-precos-dos-fertilizantes-para-o-produtor. Access at: 13 Jun.2023.
- COMEX STAT. Exportação e importação geral. Available in: http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral. Access at: 30 jun.2023.
- CONAB Companhia Nacional de Abastecimento. Produção de grãos está estimada em 312,5 milhões de toneladas na safra 2022/23. Available in: https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/Access at: 08 jun.2023.
- COSTA, L.M.; OLIVEIRA E SILVA, M.F. A indústria química e o setor de fertilizantes. BNDES Seto-rial, Rio de Janeiro, n. 1, p. 94-109, jul. 2022. Available in:https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstre-am/1408/2025/1/A%20ind%c3%bastria%20qu%c3%admica%20e%20o%20setor%20de%20fertilizantes P A.pdf Access at: 08 jun.2023.
- CRESWELL, John W. Projeto de Pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto. Tradução Luciana de Oliveira da Rocha. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.
- CRUZ, A.C.; PEREIRA, F.S.; FIGUEIREDO, V.S. Fertilizantes organominerais de resíduos do agronegó-cio: Avaliação do potencial econômico brasileiro. BNDES Setorial, n. 45, p. 137-187, 2017.
- DUARTE, I. FERTILIZANTES: Porto de Paranaguá recebe 73,310 mil toneladas em carga única. 2023. Available in: http://broadcast.com.br/cadernos/agro/?id=bldNTmlsVTFXUGo3WHl6VFFua0lFdz09. Access at: 09 Jun.2023.
- ECOAGRI A Agricultura no século 20. Available in: http://www.ecoagri.com.br/a-agricultura-no-seculo-20/. Access at: 10 Mai.2023.
- EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Ciência e tecnologia tornaram o Brasil um dos maiores produtores mundiais de alimentos. Available in: https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/75085849/ciencia-e-tecnologia-tornaram-o-brasil-um-dos-maiores-produto-res-mundiais-de-alimen-tos#:~:text=Em%202021%2C%200%20Pa%C3%ADs%20registrou,gerado%2-0aqui%2C%20lideran%C3%A7a%20absoluta%20no. Access at: 10 mai.2023.
- EQUIPEMAISSOJA. A Lei de Liebig (ou Lei do mínimo) e a produtividade das lavouras. 2019. Avai-lable in: https://maissoja.com.br/a-lei-de-liebig-ou-lei-do-minimo-e-a-produtividade-das-lavouras2/. Access at: 21 Feb.2023.
- ERISMAN, J.W.; SUTTON, M.; GALLOWAY, J. How a century of ammonia synthesis changed the world. Nature Geoscience, v. 1, p. 636-639, Sept. 2008. Available in: https://doi.org/10.1038/ngeo325. Access at: 01 jun.2023

- FERREIRA, A.F. Produtividade da soja sob adubação mineral e com diferentes dejetos animais. TCC. 35 p. UTFPR Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2021. Available in: https://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/31049/1/produtividadesojaadubacaodejetos.pdf. Access at: 10 may.2023.
- FRAGOSO, R. País precisa investir em pesquisa e infraestrutura para reduzir dependência externa de fertilizantes. Available in: https://www12.senado.leg.br/radio/1/noticia/2022/05/24/pais-precisa-investir-em-pesquisa-e-infraestrutura-para-reduzir-dependencia-externa-de-fertilizantes Access at: 19 jun. 2023.
- GHIRALDELLI, G.; FREUA, S. Importação de fertilizantes pelo Brasil aumenta 440% de 1998 a 2021. Available in: https://www.cnnbrasil.com.br/economia/importacao-de-fertilizantes-pelo-brasil-aumenta-440-de-1998-a-2021/. Access at: 10 mai.2023.
- GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- GLOBALFERT Outlook GlobalFert 2022. Available in: https://globalfert.com.br/outlook-globalfert/. Access at: 03 jun.2023.
- HEFFER, P.; PRUD'HOMME, M. Fertilizer outlook 2015-2019. In: IFA ANNUAL CONFERENCE IS-TANBUL, 83rd, 2015, Istanbul. [Proceendings...] Paris: International Fertilizer Industry Association, 2015. p. 1-8.
- INDEXMUNDI, 2023. Preço mensal da Uréia. Available in: https://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=urea. Access at: 13 jun.2023.
- INSPER, 2023. Exportações do agronegócio brasileiro disparam com novo recorde em 2022. Available in: https://www.insper.edu.br/noticias/exportacoes-do-agronegocio-brasileiro-disparam-com-novo-recorde-em-2022/. Access at: 08 Jun.2023.
- INSTITUTO AGRO. Excelência no Agronegócio. Available in: https://institutoagro.com.br/materiais/fertilidade-quadro-resumo-nutrientes-instituto-agro.pdf. Ac-cess at: 20 Feb.2023.
- LOG COMEX. Estatísticas Do Comércio Exterior: Como Conseguir Dados de Importação e exporta-ção do Brasil? Available in: https://blog.logcomex.com/estatisticas-do-comercio-exterior/?. Access at: 13 jun.2023
- LOPES, A.S. Manual Internacional de Fertilidade de Solo. 2ª edição, revisada e ampliada. 1995. 186 p. Available in: https://www.ufjf.br/baccan/files/2019/04/Manual-Internacional-de-Fertilidade-do-Solo.pdf. Access at 10 may.2023.
- LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. Available in: https://docs.ufpr. br/~nutricaodeplantas/fertisolo.pdf. Access at 23. feb.2023.
- MARCONI, M.A.; LAKATOS, E.M. Fundamentos de metodologia científica. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- MACK, N.; WOODSONG, C.; MACQUEEN, K.M.; GUEST, G.; NAMEY, E. Qualitative Research Me-thods: A data collector's field guide. 2005. ISBN: 0-939704-98-6. Family Health International. Available in: https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNADK310.pdf. Access at: 02 jul.2023.
- MANJUNATHA, N. Descriptive Research. Library Assitant, SRI SIDDHATHA FIRST GRADE COLLEGE. JETIR June 2019, Volume 6, Issue 6. Available in: https://www.jetir.org/papers/JETIR1908597.pdf. Access at: 05 jul.2023.
- MATEUS, M.V.; CERIALLI, L.; GOUVEIA, A.M.S. Lei do mínimo para racionalizar fertilizantes. 2022. Available in: https://revistacampoenegocios.com.br/lei-do-minimo-para-racionalizar-fertilizantes/. Access at: 10 may.2023.
- MENDES, J.T.G.; PADILHA JUNIOR, J.B. Economia do Agronegócio: A força do Brasil. Pinhais. JML. 2022.
- NPV Nutrientes para a Vida. Macronutrientes. Available in: https://www.nutrientesparaavida.org.br/macronutrientes/#:~:text=Os%20elementos%20n%C3%A3o%20minerais%20(elementos,%2C%20cobre%2C%20molibd%C3%AAnio%20e%20n%C3%ADquel. Access at: 21 feb.2023.
- OGINO, C.M.; COSTA JUNIOR, G.; POPOVA, N.D.; MARTINES FILHO, J.G. Poder de compra, preço e consumo de fertilizantes minerais: uma análise para o Centro-Oeste brasileiro. Rev. Econ. Sociol. Rural 59 (1), 2021, https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.220367. Available in: https://www.scielo.br/j/resr/a/YR-XFYCdQnYcqqBzRVxnn5Zd/?format=pdf&lang=pt. Access at 10 may.2023.
- PAULETTI, V.; MOTTA, A.C.V. Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná. Curitiba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Estadual Paraná, 2017.
- PEREIRA, A.M.O. Análise dos custos do adubo químico e orgânico na produção de alface (Lactuca sativa L.) no Distrito Federal. TCC. 48 p. UnB Universidade de Brasília. Faculdade de Agrono-mia e Medicina Veterinária. Programa de Graduação em Agronegócios. Brasília (DF), Feverei-ro/2017. Available in: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/18367/1/2017 AnaMariaOliveiraPereira tcc.pdf. Access at 10 may.2023.
- RAGASSI, C.F. Sistema de preparo profundo de solo e sucessão de gramíneas para o plantio da bata-ta (Solanum tuberosum L.), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Dissertação, 2009. 82 p. Piracicaba SP.

- RAIJ, B.V.; QUAGGIO, A.; CANTARELLA, H.; ABREU, C.A. OS MÉTODOS DE ANÁLISE QUÍMI-CA DO SISTEMA IAC DE ANÁLISE DE SOLO NO CONTEXTO NACIONAL. In. RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C. de; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. Análise Química para Avaliação da Fer-tilidade de Solos Tropicais. Campinas, Instituto Agronômico, 285p. 2001.
- RECH, M. Brasil será o maior produtor mundial de alimentos. Inforel, 2022. Available in: https://inforel.org/2022/11/29/brasil-sera-o-maior-produtor-mundial-de-alimentos/. Access at: 08 jun.2023.
- REETZ, H.F. Fertilizantes e seu uso eficiente. 1. ed. São Paulo: ANDA, 2017. Available in: https://www.ufla.br/dcom/wp-content/uploads/2018/03/Fertilizantes-e-seu-uso-eficiente-WEB-Word-Ouubro-2017x-1.pdf. Access at: 10 may.2023.
- RISMAN, J.W.; SUTTON, M.A.; GALLOWAY, J.; KLIMONT, Z.; WINIWARTER, W. How a century of ammonia synthesis changed the world. Nature Geoscience, v. 1, p. 636-639, Sept. 2008. DOI: 10.1038/ ngeo325
- ROCHA, L. População mundial se aproxima de 8 bilhões; número deve ser atingido na terça (15). Available in: https://www.cnnbrasil.com.br/saude/populacao-mundial-se-aproxima-de-8-bilhoes-numero-deve-ser-atingido-na-terca-15/. Access at: 10 jun.2023.
- SANCHES, N. Agronegócios: por que somos dependentes da importação de fertilizantes? 2022. Avai-lable in: https://veja.abril.com.br/coluna/neuza-sanches/agronegocios-por-que-somos-dependentes-da-importa-cao-de-fertilizantes/. Access at: 10 mai.2023.
- SIACESP Sindicato da Indústria de Adubos e Corretivos Agrícolas no Estado de São Paulo. Brasil Importação de Fertilizantes e de Matérias-Primas Para Fertilizantes. Circular nº 04 SP/30-01-2023.
- VERGARA, Sylvia Constant. Projetos e relatórios de pesquisa em Administração. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1998.
- ____. Projetos e relatórios de pesquisa em Administração. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2000.
- VILARINO, C. Por que Brasil não produz fertilizante suficiente e importa da Rússia? 2022. Available in: https://globorural.globo.com/Noticias/Agricultura/noticia/2022/03/por-que-o-brasil-depende-de-fertilizante-importado-entenda.html. Access at: 09 jun.2023.

Adsorção de íons Cr³+ e Cu²+ em solos de uma toposequencia derivados de basalto na presença e ausência de matéria orgânica

DOI 10.29327/5345677.2-2

Wilson Sacchi Peternella¹ Antônio Carlos Saraiva da Costa²

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 (M+x) ou não, como exemplo NO₃-1, 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 Cr3+ e Cu2+ de solos de uma topossequência derivados de basalto na presença e ausência de matéria orgânica, aplicando o modelo de Langmuir. O processo de adsorção dos íons Cu2+ e Cr3+ líquido/sólido pelos solos da toposseguência, Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf), Nitossolo Vermelho eutroférrico (NVef), Chernossolo Argilúvico férrico (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 CR3+ AND CU2+ 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 (M+x) or not, as an example NO₃-1, 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

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 Cr³+ and Cu²+ 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 Cr³+ and Cu²+ ions, liquid/solid by soils of the toposequence, Dystroferric Red Latosoil (LVdf), Eutroferric Red Nitosoil (NVef), Ferric Argilúvic Chernosoil (MTf) and Ortic Hydromorphic Vertisoil (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 inorgânicos, 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,

esses elementos são acumulativos, onde podem estar se concentrando, mesmo que os níveis em solução sejam baixos, nas espécies vegetais.

Os adubos minerais, adubos orgânicos e os corretivos (calcários, fosfogesso) podem conter metais pesados, micronutrientes e outros (GERLOFF e GABELMAN, 1983). O uso destes produtos pode levar, portanto, a um aumento no teor desses elementos no solo (fase sólida e solução) de onde passariam à planta e desta, como forragem ou alimento, ao animal e aos seres humanos.

A importância dos óxidos de ferro na adsorção de metais tem sido relatada em literatura, conforme citado por Jenne (1998) e Axe e Anderson (1998), que indicam a seguinte ordem de capacidade adsortiva para metais: óxi-hidróxido > substâncias húmicas > argilas silicatadas.

A grande capacidade dos solos em adsorver íons Pb(II), avaliada por meio de isotermas de Langmuir, tem sido bem documentada em solos de clima temperado. Os pesquisadores Basta e Tabatabai (1992) encontraram valores de capacidade máxima de adsorção para o elemento Pb(II) de até 20.720 mg/kg em solos localizados em Iowa (EUA).

Harter (1979), estudando a capacidade de adsorção de Pb(II) de vários solos dos EUA, encontrou valores variando de 1.450 mg/kg a 52.629 mg/kg. Zimdahl e Skogerboe (1977), trabalhando com 18 solos de várias regiões dos EUA, verificaram que a capacidade máxima para Pb(II) variou de 3.108 a 29.008 mg/kg.

O cromo na natureza

Em solos, o cromo (III) é relativamente imóvel devido à sua forte capacidade de adsorção nesse meio. Em contraste, o cromo (VI) é altamente instável e móvel no meio físico, visto que não é facilmente adsorvido em solos em condições naturais (MUKHERJEE, 1998).

As reações de redox [(oxidação do Cr(III) para Cr(VI) e redução de Cr(VI) para Cr(III)] são processos importantes que afetam a especificidade e, consequentemente, a fitodisponibilidade e toxicidade do elemento cromo nos solos. A oxidação pode ocorrer na presença de óxidos de manganês e ferro, em solos frescos e úmidos (anaeróbicos), e sob condições levemente ácidas. A redução pode ocorrer na presença de sulfeto e ferro (II) (condições anaeróbicas) e é acelerada pela presença de matéria orgânica no solo (MUKHERJEE, 1998).

O cromo é abundante na crosta terrestre, mais do que Co, Cu, Zn, Mo, Pb, Ni e Cd (NAS, 1974), sendo o 21º mais abundante elemento (KRAUSKOPF, 1979).

Os níveis de Cromo nos solos têm sido relatados variando a partir de traços para níveis elevados como 5,23% (NAS, 1974). Solos derivados de serpentinas usualmente contêm altas concentrações de cromo (CANNON, 1978).

O cobre na natureza

Em solos, o cobre tem uma alta afinidade para a sorção (adsorção e dessorção) por ligantes orgânicos e inorgânicos (exemplos: ácidos húmicos e fúlvicos, hidróxidos de Fe, Al e Mn). No entanto, o cobre pode também existir como íons e complexos solúveis. Em uma forma solúvel, o cobre é muito mais biodisponível, e muito mais provável que ele migre pelo meio ambiente, do que quando estiver ligado à matéria orgânica ou presente como precipitado insolúvel.

Portanto, o cobre nas formas de sulfato ou cloreto, presente na cinza de incineradores de lixo sólido ou em resíduos de minas, é muito mais biodisponível e móvel do que o cobre orgânico encontrado em lodo de esgoto (ALLOWAY, 1990).

O cobre pode ser especificamente adsorvido por argilas do tipo 2:1, óxidos de Fe, Al, e Mn, e também matéria orgânica. Quando associado com a matéria orgânica do solo representa aproximadamente 36% do cobre presente no solo (NRIAGU, 1979).

O cobre faz parte do grupo dos elementos químicos considerados micronutrientes, estando incluído no ciclo bioecológico e apresenta papel essencial na nutrição das plantas. Porém, sua alta concentração na solução do solo pode torná-lo tóxico.

Ele é considerado metal pesado, pois possui densidade superior a 5,0 g/cm³, mais especificamente 8,96 g/cm³ (KING, 1996). O elemento pode estar presente nos corretivos agrícolas, adubos fosfatados, em resíduos municipais e industriais e em organometálicos, como agroquímicos, largamente utilizados na agricultura.

No Brasil, levantamentos do conteúdo total de cobre dos solos foram feitos em diversas regiões, conforme apresentado por diversos autores indicados na Tabela 1.

Teor (mg/ Localização Solo **Autor** kg) Latossolo Roxo 51 - 126 Estado de SP Jacinto et al., 1969 Podzolizado Jacinto et al., 1969 23 Terra Roxa Estruturada 340 Valadares, 1975 Terra Roxa Estruturada 161 Valadares, 1975 Latossolo Roxo eutrófico 220 Valadares, 1975 69 Latossolo Roxo distrófico 95 Valadares, 1975 Latossolo Vermelho escuro 8,8 - 10,8Valadares, 1975 Fase arenosa Solos (Zona da Mata) 2,2 - 79,4 Estado de PE Horowitz e Dantas, 1973

Tabela 1. Teores totais de cobre em solos de acordo com diversos autores.

Extrator: ataque fluorídrico-perclórico

O cobre encontra-se, no solo, quase que exclusivamente na forma cúprica, aparecendo em maior proporção adsorvido aos minerais de argila, aos oxi-hidróxidos de ferro e à matéria orgânica.

Essas formas adsorvidas controlam a concentração desse metal na solução do solo, sendo que a totalidade do cobre solúvel está na forma de complexos com a matéria orgânica em solos ácidos (Sposito, 1989).

Assim, muitos constituintes são responsáveis pela adsorção de íons metálicos, e esse é um dos fatores mais importante para controlar a concentração do cobre na solução do solo e, consequentemente, sua disponibilidade para as plantas (RAGHUPATHI et al., 1993).

Portanto, conhecer o comportamento de adsorções de metais por solos torna-se fundamental para prever os impactos ambientais causados pelos mesmos.

Processo de adsorção

O processo de adsorção é consequência da existência de campos de forças na superfície de um sólido (adsorvente), o qual atrai as moléculas de um gás, vapor, líquido ou ainda íons em solução (o adsorvato). As forças envolvidas neste processo podem ser de dois tipos: físicas ou químicas, resultando, respectivamente, em uma adsorção física e uma adsorção química.

Se o adsorvato e a superfície do adsorvente interagem somente através de forças de Van der Waals, ou seja, forças da ordem de 2 kcal/mol e são consideradas de natureza elétrica. Portanto, a adsorção é dita física e as moléculas adsorvidas estão ligadas fracamente à superfície, ou seja, não ocorre a transferência de elétrons entre a superfície e o ligante. Este processo pode, na maioria das vezes, ser revertido facilmente, sem modificação dos participantes do processo.

Se as moléculas adsorvidas reagem quimicamente com a superfície, o fenômeno denomina--se adsorção química, havendo, portanto, transferência de elétrons, ou seja, uma ligação química. Na adsorção química, dois ou mais tipos de ligações estão envolvidas e por serem ligações fortes, a reversão do processo é muito difícil, o que geralmente implica em modificações nas espécies participantes do processo (GREGG,1987; COOPER,1982).

Tendo em vista a importância do fenômeno da adsorção, torna-se necessário considerar os fatores que o afetam. Assim entre estes fatores, podem ser citados a natureza da fase sólida inorgânica do solo, o pH da solução do solo, o teor de matéria orgânica e a presença de outros íons.

Em relação ao pH do solo, há um consenso de que adsorção de íons metálicos diminui com a redução da magnitude desse atributo eletroquímico, devido ao aumento na densidade superficial de carga positiva (H+) decorrente do abaixamento do pH da solução.

Este fato foi também observado por Zhang e Yu, (1997), que observaram aumento no processo de adsorção de sulfato com o abaixamento do pH da solução, consequentemente aumento da densidade superficial de cargas positivas.

A adsorção de íons metálicos por solos varia com o pH do meio, a concentração e o tipo de íon metálico, ou seja, a sua especiação iônica. Uma das formas de avaliar o fenômeno de adsorção é a partir de isotermas de adsorção, como a de Langmuir (SPOSITO, 1984).

As isotermas de adsorção descrevem relações de equilíbrio entre a quantidade adsorvida e a remanescente é útil para quantificar a adsorção de íons por solos. Essa determinação é importante para quantificar os resíduos industriais a serem incorporados em sua superfície (Pombo et al., 1986).

O emprego de isotermas para ajustar resultados de capacidade sortiva de solos vem sendo realizado desde longa data. As isotermas de Langmuir e de Freundlich, são equações matemáticas utilizadas para descrever e auxiliar a interpretação da adsorção de íons por solos desde Olsen e Watanabe (1957).

Apesar de suas limitações, os modelos de Langmuir e Freundlich, são utilizados em diversos estudos de adsorção de cobre (PETRUZZELLI et al., 1985; YUAN e LAVKULICH, 1997), sendo utilizadas para predizer o comportamento de metais no solo.

Schuman (1975), estudou a aplicabilidade da isoterma de Langmuir na adsorção de Zn em quatro Ultisoils, usando, para tanto, soluções, contendo oito diferentes concentrações de Zn. Concluiu que este modelo é adequado para descrever a adsorção de Zn e encontrou duas porções lineares da curva, correspondendo a dois tipos de sítios de adsorção: os sítios para baixas concentrações de Zn na solução de equilíbrio e que têm energias de ligação muito elevadas e baixas capacidades de adsorção, e aqueles sítios para concentrações mais elevadas de Zn na solução de equilíbrio e que têm energias de ligação mais baixas e elevadas capacidades de adsorção.

Para Schuman (1975), solos com elevados conteúdos de matéria orgânica e argila têm capacidade de adsorção mais elevadas e maiores energias de ligação para adsorção, do que solos arenosos com pouca matéria orgânica e argila.

Horizontes superficiais dos solos têm grande capacidade de acumular metal pesado proveniente de deposições atmosféricas ou de fontes industriais e até mesmo produtos agrícolas, como os agroquímicos (KABATA e PENDIAS, 1992).

Isotermas de adsorção

As equações, denominadas isotermas de adsorção, têm sido largamente utilizadas em estudos de adsorção. Várias são as equações propostas para o ajuste dos dados de adsorção, entre os diversos modelos, destacam-se os modelos de Langmuir (1918), Freundlich (1926) e Brunauer-Emmett-Teller (1938).

Cunha et al. (1994) citam que, inicialmente, tais isotermas eram utilizadas para explicar a adsorção de ânions, principalmente fosfato. Fuller e Warrick (1986), observaram que os estudos de adsorção têm sido muito utilizados, entre outros motivos, quando há necessidade de reduzir as variáveis e selecionar qual a concentração mais adequada.

Barrow (1978) cita dois motivos principais para utilizar modelos que descrevam a adsorção em solos: (a) possibilitam expressar as propriedades do solo numericamente; e, (b) permitem conhecer mais a respeito da natureza dos processos de adsorção.

Bolland et al. (1996), consideraram que as duas formas mais comuns de avaliar a capacidade de adsorção de fosfato dos solos são o estudo das isotermas e a determinação de propriedades do solo que apresentam íntima e consistente correlação com o fenômeno.

Essa abordagem é frequentemente utilizada tendo por objetivo principal a melhor compreensão e predição do fenômeno, a partir de determinações mais simples. As correlações assim obtidas não implicam, obrigatoriamente, em uma relação causa/efeito, mas fornecem informações valiosas e de considerável utilidade, mesmo que devam ser consideradas como simples referências ou como tendências verificadas.

O método mais adequado para a efetiva avaliação do fenômeno de adsorção de íons é o que contempla as curvas ou isotermas de adsorção, apesar de sua obtenção ser menos simples que outras estimativas da capacidade adsortiva do solo, como, por exemplo, o enxofre remanescente (AL-VAREZ et al. 1983).

A maior parte dessas equações matemáticas é teórica ou referente a outros fenômenos de adsorção, embora sua aplicação e as possibilidades de uso na ciência do solo sejam por demais reconhecidas. Goldberg e Sposito (1984) destacam a natureza empírica dessas equações, recomendando que sejam consideradas estritamente como tal e que sua utilização seja concebida unicamente como um procedimento de ajuste de curvas.

A equação de Langmuir foi utilizada pela primeira vez por Olsen e Watanabe (1957) para descrever a adsorção de fosfato. Este modelo é o preferido pelos pesquisadores, uma vez que seus parâmetros permitem a estimativa da capacidade máxima de adsorção e da afinidade do adsorvente pelo adsorvato.

As preferências relacionadas com o uso da equação de Langmuir são, em sua maioria, associadas à adsorção de fosfato. Owusu-Bennoah et al. (1997) observaram que, embora a equação de Langmuir tenha apresentado bom ajuste aos dados experimentais, as quantidades estimadas pelo referido modelo tendiam a ser bem maiores que as determinadas para as maiores concentrações de equilíbrio, indicando que a aplicação dessa equação deveria ser considerada restrita a determinadas concentrações.

Quang et al. (1996) utilizaram essa justificativa para usar a equação de Langmuir com duas inclinações, representando dois sítios de adsorção, considerados não como posições de capacidade adsortivas uniformes e sim que incluem larga população de diferentes sítios de adsorção.

Natureza do processo de adsorção

O processo de adsorção depende: da temperatura, da natureza da substância adsorvida (o adsorvato), da natureza do adsorvente e da concentração do adsorvato (Gregg, 1987).

O processo de adsorção em solução pode ocorrer quando a interface em estudo é do tipo sólido-líquido. Este tipo de adsorção ocorre quando uma massa do sólido é colocada em contato com um volume de solução, a uma dada temperatura, até que não haja mais variação na concentração da solução sobrenadante, ou seja, concentração de equilíbrio (Shaw, 1975).

Os três modelos de isotermas de adsorção mais comumente usados são: Langmuir (1918), Freundlich (1926) E Brunauer-Emmett-Teller (1938). Devido a sua simplicidade, a isoterma de Langmuir tem sido aplicada a um grande número de situações.

Informações importantes sobre os mecanismos de adsorção são obtidas a partir da análise das isotermas, como descritos por (PARFITT e ROCHESTER, 1983):

- I) o patamar horizontal encontrado em muitas isotermas fornece a capacidade máxima de adsorção pelo adsorvente;
- II) se a adsorção é monomolecular ou se estende a outras camadas;
- III) a velocidade da adsorção;
- IV) a natureza das interações entre o adsorvato e o adsorvente; e,
- V) o efeito da temperatura.

Isoterma de Langmuir

O modelo de Langmuir se baseia nas seguintes suposições:

- I) a superfície sólida contém um número fixo de sítios de adsorção. No equilíbrio, em qualquer temperatura e pressão de gás, uma fração (θ) de sítios é ocupada por moléculas adsorvidas e uma fração (1 θ) não se encontra ocupada;
 - II) cada sítio pode manter apenas uma molécula adsorvida;
 - III) o calor de adsorção é o mesmo para todos os sítios e não depende da fração coberta (θ); e,
- IV) não existe interação entre moléculas situadas em sítios diferentes. A probabilidade de uma molécula condensar sobre um sítio não ocupado ou abandonar um sítio ocupado não depende de os sítios vizinhos estarem ou não ocupados.

A isoterma de Langmuir pode ser representada na forma não linear para uma interface sólido-líquido (ADANSON, 1976; PETERNELE, et al. 2006):

$$\frac{q}{q_{m}} = \frac{K_{L} C_{e}}{1 + K_{L} C_{e}} (1)$$

ou, na forma linear:

$$\frac{C_e}{q} = \frac{1}{K_L \cdot q_m} + \frac{C_e}{q_m}$$
(2)

onde:

 C_{e} é a concentração da solução no equilíbrio

q é a quantidade adsorvida

 $K_{\!\scriptscriptstyle L}$ é uma constante que indica a intensidade da adsorção

 $q_{\scriptscriptstyle m}$ é a medida da capacidade máxima de adsorção

O objetivo deste trabalho foi estudar o comportamento de adsorção dos íons Cu²+, Cr³+ e sua combinação Cu/Cr por solos proveniente do mesmo material de origem, ou seja, a partir de basalto em uma topossequência do município de Maringá - Paraná, na presença e ausência de matéria orgânica, aplicando o modelo de Langmuir.

Metodologia

Amostras de solos

Os estudos do presente trabalho foram realizados utilizando-se amostras coletadas nos horizontes A, B e/ou C na profundidade de 0 - 20 cm, de solos situados na topossequência do contorno

sul do município de Maringá, no Estado do Paraná, uma área de solos não adubados e com vegetação natural.

Os solos foram secos ao ar, homogeneizados e passados por peneira de diâmetro de 0,84 mm. Na TFSA foi efetuada amostragem química e física dos solos, conforme EMBRAPA (1997).

A classificação dos solos no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999), segue: (i) LVdf - Latossolo Vermelho distroférrico; (ii) NVef - Nitossolo Vermelho eutroférrico; (iii) MTf - Chernossolo Argilúvico férrico; e, (iv) VGo - Vertissolo Hidromórfico órtico.

A caraterização físico-química dos respectivos solos foi executada e apresentada, conforme Peternele et al. (2014).

Adsorção de Cu (II) e Cr (III) em função do tempo

Foram utilizados 250 mg de TFSA com matéria orgânica (CMO) e sem matéria orgânica (SMO) tratados com hipoclorito de sódio, conforme Lavkulich et al. (1970), referentes às quatro classes de solo desenvolvidos em uma topossequência.

Foram adicionados em erlenmeyer de 125 ml, o volume de 25 ml de solução de KCl 0,01 mol/l, contendo íons Cu(II), Cr(III) e combinados Cu/Cr na concentração aproximada de 100 mg/kg, na forma de sulfato dos respectivos íons, à temperatura ambiente (27 ± 1,0 °C).

As suspensões foram agitadas manualmente nos tempos de coleta nos intervalos de: 0,5 - 1,0 - 2,0 - 4,0 - 8,0 - 12,0 - 20,0 - 30,0 - 40,0 - 50,0 horas.

Após a agitação, o sobrenadante foi centrifugado a 2000 rpm durante 10 minutos. Então, foi determinada a concentração de equilíbrio do(s) metal(ais) nos respectivos intervalos a partir do sobrenadante.

Esta determinação foi realizada utilizando-se um Espectrômetro de Absorção Atômica, modelo GBC 932 AA, com uma fenda de 0,5 nm para ambos os metais e chama (ar-acetileno) para o elemento cobre e (óxido nitroso-acetileno) para o elemento cromo.

As lâmpadas de catodo oco, com comprimento de onda de 327,4 nm para Cu(II) e 357,9 nm para Cr(III).

A quantidade do metal adsorvido pelo solo TFSA com matéria orgânica (CMO) e TFSA sem matéria orgânica (SMO), foram expressos em mg/kg, sendo calculado a partir da diferença da concentração inicial com a concentração de equilíbrio (sobrenadante) expresso em mg/dm³, e da massa de solo presente.

Adsorção em meio tampão pH 5,5 para solo LVdf

A avaliação da adsorção em meio tamponado pH 5,5 ácido acético/acetato de sódio 0,1mol/l a 27 \pm 1,0 °C, foi realizada de forma semelhante ao processo anterior com solução de KCl 0,01 mol/l, contendo os íons Cu(II), Cr(III) e Cu(II)/Cr(III), na concentração aproximada de 100 mg/l.

Adsorção em função da concentração

Foram preparadas soluções aquosas de concentrações aproximadas de 25, 50, 75, 100, 125 e 150 mg/dm3 de Cu(II), Cr(III) e Cu(II)/Cr(III), utilizando solução KCl 0,01 mol/l como matriz.

A 250 mg de solo TFSA (CMO) e TFSA (SMO) foram acrescentados 25 ml das soluções de Cu(II), Cr(III) e soluções binárias Cu(II)/Cr(III). As soluções foram mantidas sob agitação constante a 100 rpm por um período de 4 horas para Cu(II) e 20 horas para Cr(III), sugeridos pela cinética de adsorção em função do tempo para os diferentes tratamentos.

Embora algum tratamento não fosse tempo suficiente, optou-se pela inclusão, por condições técnicas de trabalho, à temperatura ambiente de 27 ± 1,0 °C.

Após o processo de adsorção, as dispersões foram centrifugadas a 2.000 rpm durante 10 minutos. Em seguida, foi retirada uma alíquota de aproximadamente 20 ml de solução sobrenadante para a determinação da concentração do(s) metal(ais) no equilíbrio por espectrometria de absorção atômica, utilizando chama ar-acetileno para cobre e óxido nitroso-acetileno para cromo.

Os resultados experimentais de adsorção foram utilizados para ajustamento da equação de Langmuir, amplamente utilizada em estudos dessa natureza.

A avaliação da capacidade máxima de adsorção (qm) e da constante relacionada com a energia de ligação (KL) entre metal-substrato da equação de Langmuir aos resultados experimentais, foram determinadas utilizando um software gráfico (Origin versão 6.0).

pH da concentração de equilíbrio

A determinação do pH foi efetuada potenciometricamente em cada solo TFSA (CMO) e TFSA (SMO), conforme EMBRAPA, (1997), bem como na solução de equilíbrio após centrifugação 2000 rpm durante 10 minutos contendo aproximadamente 20 mL de solução dos íons Cu(II), Cr(III) e/ou Cr(III)/Cu(II).

Resultados e discussão

Adsorção em função do tempo

Os resultados do experimento de adsorção, conduzidos à temperatura 27 ± 1,0 °C, com soluções dos íons Cu (II), Cr (III) e Cu/Cr, ou seja, sua forma combinada de concentração 100 mg/L para os diferentes solos TFSA com matéria orgânica (CMO), e TFSA sem matéria orgânica (SMO) e meio tamponado pH 5,5 somente para LVdf (Ácido acético/acetato de sódio 0,1 mol/L), são apresentados nas Figuras 1, 2 e 3, respectivamente.

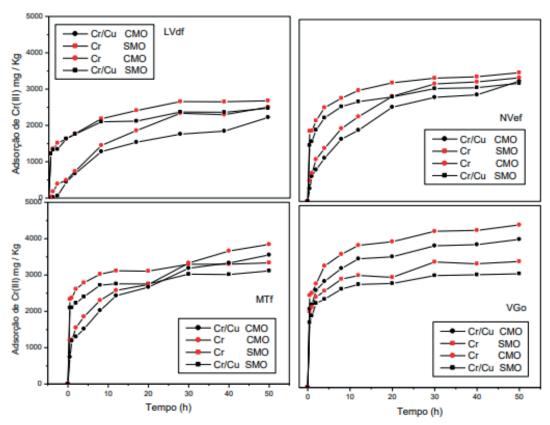


Figura 1. Isotermas de adsorção para os íons Cr(III) e Cr(III)/Cu(II) em solução para as classes Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf), Nitossolo Vermelho eutroférrico (NVef), Chernossolo Argilúvico férrico (MTf) e Vertissolo Hidromórfico órtico (VGo) nos tratamentos TFSA CMO e TFSA SMO a 27 ± 1,0 °C, em função do tempo.

Pode-se observar que o íon Cr³+ apresenta maior afinidade com a parte mineral, mesmo no sistema combinado "binário", ou seja, na competição pelos sítios ativos dos solos (Figuras 1 e 2). Pode-se observar também um aumento na quantidade de cátions adsorvidos com o aumento do tempo, isso explicaria o efeito da afinidade sobre os sítios, provavelmente decorrente dos teores mais elevados de minerais silicatados nos solos, onde é conferido um efeito de carga permanente mais pronunciado.

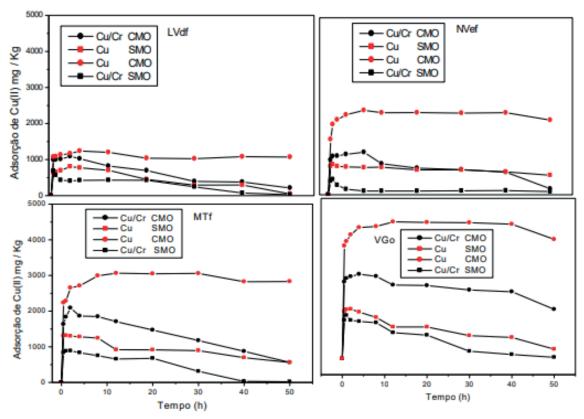


Figura 2. Isotermas de adsorção para os íons Cu(II) e Cu(II)/Cr(III) em solução para as classes Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf), Nitossolo Vermelho eutroférrico (NVef), Chernossolo Argilúvico férrico (MTf) e Vertissolo Hidromórfico órtico (VGo) nos tratamentos TFSA (CMO) e (SMO) a 27 \pm 1,0 °C, em função do tempo.

Pode-se observar que o íon Cu²⁺ apresenta maior afinidade com a parte orgânica presente na solução do solo, mesmo no sistema combinado, apresentando um decréscimo na quantidade adsorvida em função do tempo, que poderia ser explicado pela dinâmica do Cu(II) na formação de complexos e não apenas interações eletrostática com a matéria orgânica, além da existência do metal no material de origem.

Pode-se observar ainda que nos sistemas apresentando os metais (cromo e cobre) de forma isolada, os mesmos apresentaram maior capacidade de adsorção quando de forma combinada naquele processo (CMO e SMO). Isto ocorre, devido à competição por determinados tipos de sítios de adsorção pelo outro metal.

Processo de adsorção em meio tamponado para solo LVdf pH 5,5

A Figura 3 mostra as isotermas de adsorção em função do tempo para a classe Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf), em condições semelhantes ao processo de adsorção em solução não tamponada. A escolha pela classe LVdf foi reforçada por existir em grandes proporções e altamente agricultável, principalmente no Brasil.

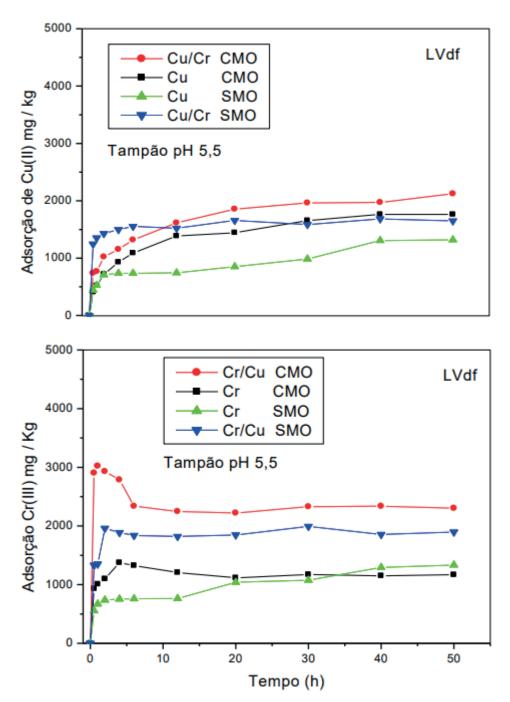


Figura 3. Isotermas de adsorção para os íons Cu(II), Cr(III) e/ou Cr(III)/Cu(II) em solução tampão ácido acético/ acetato de sódio pH 5,5 para a classe Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf), nos tratamentos TFSA (CMO) e (SMO) a 27 ±1,0 °C, em função do tempo.

Para o processo de adsorção em solução tampão ácido acético / acetato de sódio 0,1 mol/L, pH 5,5 à temperatura de $27 \pm 1,0$ °C, o cobre apresentou-se de forma diferente quando em solução não tamponada.

Tal comportamento pode ser explicado, devido ao controle do pH do meio e consequentemente da força iônica. No qual provoca a redução de sua atividade, além da competição pelos sítios de adsorção com os íons Na+ presente na solução e consequente diminuição na adsorção dos íons Cr(III) e Cu(II).

O cromo apresentou-se de forma diferente quando em solução não tamponada, ocorrendo um máximo de adsorção em aproximadamente 4 horas, diminuindo em seguida com consequente estabilidade para dos diversos tratamentos (Figura 3).

Tal comportamento pode ser explicado, devido à especiação do íon cromo formada no pH 5,5, no qual o tempo de adsorção não foi variável dependente para o processo de adsorção.

pH do meio

Os valores de pH dos solos nos tratamentos TFSA (CMO) e TFSA após remoção da matéria orgânica (SMO), bem como das soluções dos íons Cu(II), Cr(III) e Cu(II)/Cr(III) de concentrações aproximada de 25 - 50 - 75 - 100 - 125 - 150 mg/dm³, apresentam-se nas tabelas 2 e 3.

Tabela 2 - Valores de pH dos solos em água e cloreto de cálcio 0,01 mol/l antes do processo de adsorção nos tratamentos TFSA (CMO) e (SMO) a 27 ± 1,0 °C.

Solos	pH em H₂O	pH em CaCl₂
LVdf – Latossolo Vermelho distroférrico - CMO	5,50	4,70
LVdf - Latossolo Vermelho distroférrico –SMO	4,50	3,65
NVef – Nitossolo Vermelho eutroférrico - CMO	6,30	5,50
NVef - Nitossolo Vermelho eutroférrico - SMO	4,48	3,60
MTf – Chernossolo Argilúvico férrico - CMO	6,20	5,50
MTf – Chernossolo Argilúvico férrico - SMO	4,11	3,41
VGo – Vertissolo Hidromórfico órtico - CMO	6,00	5,10
VGo – Vertissolo Hidromórfico órtico - SMO	2,96	2,65

O pH em CaCl₂ 0,01 mol/l é sempre menor do que em água (Tabela 2), devido à desprotonação nos coloides orgânicos e inorgânicos pela entrada do íon Ca₂+ à superfície, deixando assim maior quantidade de prótons na solução, reduzindo o pH do meio.

Pode-se observar também que o pH das amostras após remoção da matéria orgânica TFSA (SMO) é bem menor que TFSA CMO, indicando que este atributo auxilia no controle do pH dos solos e consequentemente no processo de adsorção dos íons Cu(II) e Cr(III), ionizando mais ou menos a superfície dos coloides orgânicos e inorgânicos do solo.

Os valores de pH nas soluções de diferentes concentrações de cobre são maiores do que o cromo (Tabela 3). Evidenciando o efeito da hidrólise.

Tabela 3 - Valores de pH das soluções dos respectivos íons Cu(II), Cr(III) e/ou Cu(II)/Cr(III) antes do processo de adsorção a $27 \pm 1,0$ °C.

	(*)Soluções	S	Cobre	Cromo	Cobre/cromo
mg/dm³	Cu(mmol/l)	Cr(mmol/l)	рН	рН	рН
25	0,3934	0,4807	5,05	3,71	3,67
50	0,7868	0,9615	4,96	3,47	3,51
75	1,1802	1,4423	4,93	3,37	3,41
100	1,5736	1,9230	4,89	3,30	3,36
125	1,9670	2,4038	4,86	3,26	3,32
150	2,3604	2,8846	4,69	3,23	3,29

(*) valores relativos

Estudo da isotermas de adsorção em função da concentração

As isotermas de adsorção em função da concentração para o Cu(II), Cr(III) e/ou Cu(II)/Cr(III) para as diferentes classes de solo, apresentam-se nas Figuras 4,5 e 6.

Na Figura 4, processo de adsorção de cromo, pode-se observar que todos os casos estudados seguem o modelo de Langmuir, exceto para a classe VGo, onde se observa a existência de multicamadas e/ou a não saturação do sistema. Pode-se observar ainda, que existem pequenas diferenças na capacidade máxima de adsorção (qm), apresentados na tabela 4 para os diversos tratamentos para a mesma classe de solo.

Entretanto, verifica-se que há uma diferença na constante de ligação (KL) entre os tratamentos TFSA (CMO) e (SMO), explicado pela presença da matéria orgânica que apresenta sítios ionizáveis dependente de pH, por exemplo, COOH, ao passo que a parte mineral apresenta os grupamentos M-OH (aluminol e silanol) ionizáveis e cargas superficiais permanentes dos silicatos.

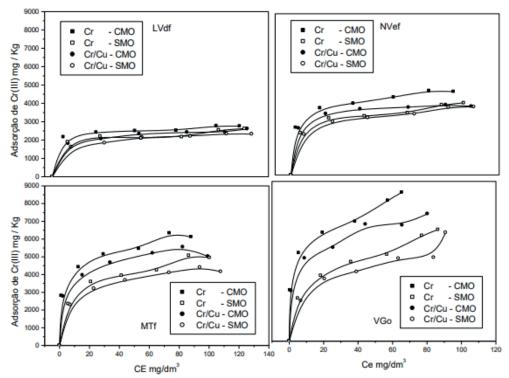


Figura 4. Isotermas de adsorção para Cr(III) e Cr(III)/Cu(II) em solução para as classes Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf), Nitossolo Vermelho eutroférrico (NVef), Chernossolo Argilúvico férrico (MTf) e Vertissolo Hidromórfico órtico (VGo) a 27±1,0 °C, durante 20 horas de agitação constante a 100 rpm.

Na Tabela 4, pode-se observar também que a capacidade máxima de adsorção aumenta entre as diferentes classes de solo na topossequência, com consequente redução da energia de ligação, indicando a existência de ligações eletrostática, ou seja, ligação física, devido ao teor crescente em minerais silicatados com densidades de cargas permanentes ao longo da topossequência.

Observa-se ainda que com os tratamentos TFSA (CMO), a capacidade máxima de adsorção do Cr(III)/Cu(II), ou seja, sua forma combinada é menor do que em solução individual com consequente redução da energia de ligação. Tal fato pode ser explicado possivelmente, pela competição entre o cobre pelos sítios de adsorção, contidos provavelmente na matéria orgânica.

O mesmo se observa no tratamento TFSA (SMO), exceto para classe VGo onde qm foi maior.

Tabela 4. Parâmetros resultantes da aplicação da Equação de Langmuir para processo de adsorção de Cr(III) e Cr(III)/Cu(II) nos tratamentos TFSA (CMO) e (SMO) para os solos Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf), Nitossolo Vermelho eutroférrico (NVef), Chernossolo Argilúvico férrico (MTf) e Vertissolo Hidromórfico órtico (VGo) durante 20 horas de agitação constante a 100 rpm.

Solo	Cr(III) – CMO	Cr(III) SMO	Cr(III)/Cu(II) – CMO	Cr(III)/Cu(II) - SMO
LVdf	qm = 2828	qm = 2681	qm = 2673	qm = 2487
	KL=0,2079	KL=0,1077	KL=0,1326	KL=0,1107
	R=0,9976	R=0,9881	R=0,9978	R=0,9989
NVef	qm = 4851	qm = 4178	qm = 3964	qm = 4044
	KL=0,1963	KL=0,1202	KL=0,3361	KL=0,1056
	R=0,9979	R=0,9940	R=0,9997	R=0,9966
MTf	qm = 6438	qm = 5449	qm = 5432	qm = 4615
	KL=0,2035	KL=0,0074	KL=0,2720	KL=0,1122
	R=0,9955	R=0,9922	R=0,9959	R=0,9977
VGo	qm = 8495	qm = 7008	qm = 7327	qm = 8373
	KL=0,3330	KL=0,0634	KL=0,1911	KL=0,0432
	R=0,9910	R=0,9832	R=0,9946	R=0,9653

 $q_m = mg/kg$

 $K_{i} = L / mg$

Na Figura 5, observam-se as isotermas de adsorção de Cu(II) e Cu(II)/Cr(III) em amostras de solo TFSA (CMO) e TFSA, após remoção da matéria orgânica (SMO), onde os parâmetros da Equação de Langmuir se apresentam na Tabela 5.

Os valores de capacidade máxima de adsorção (qm), determinados a partir das isotermas de adsorção, utilizando o modelo matemático de Langmuir (McBride, 1994; Sposito 1989), apresentaram altos valores de correlação.

Pode-se observar que a maioria dos casos segue o modelo de Langmuir, exceto no tratamento TFSA (SMO) para as classes de solo MTf em solução individual e combinado, LVdf e VGo em soluções combinada, onde as isotermas aparentemente apresentam forma do tipo multicamada, ou seja, possivelmente a existência de mais de um sítio de adsorção.

A quantidade do metal adsorvido nas diferentes concentrações de Cu aplicadas foi sempre maior na classe VGo que nas outras classes.

Os solos que apresentaram os maiores valores de CTC e ASE também apresentaram os maiores valores de qm (Figura 5 e Tabela 5), indicando uma alta correlação positiva entre os sítios de adsorção dos cátions (CTC) e de moléculas orgânicas (EGME).

Nas classes com altos teores de minerais, como a caulinita, sesquióxidos de Fe e Al, de baixa área superficial específica e CTC (Sposito, 1989), determinou-se que a matéria orgânica fosse a responsável pela maior parte da capacidade máxima de adsorção de cobre.

A matéria orgânica do solo possui grande área superficial e uma elevada CTC, devido à natureza de seus grupamentos funcionais de superfície (BOHN et al. 2001). Assim, espera-se que o cobre tenha sido adsorvido neste grupo coloidal devido à forte interação, já observada também por McBride (1997).

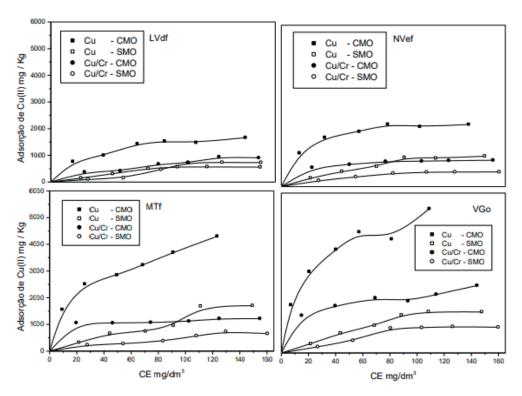


Figura 5. Isotermas de adsorção para Cu(II) e Cu(II)/Cr(III) em solução para as classes Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf), Nitossolo Vermelho eutroférrico (NVef), Chernossolo Argilúvico férrico (MTf) e Vertissolo Hidromórfico órtico (VGo) a 27±1,0 °C, durante 4 horas de agitação constante a 100 rpm.

Tabela 5. Parâmetros resultante da aplicação da Equação de Langmuir para processo de adsorção de Cu(III) nos tratamentos TFSA (CMO) e (SMO) para os solos Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf), Nitossolo Vermelho eutroférrico (NVef), Chernossolo Argilúvico férrico (MTf) e Vertissolo Hidromórfico órtico (VGo), durante 4 hs de agitação constante a 100 rpm.

Solo	Cu(II) - CMO	Cu(II) - SMO	Cu(II)/Cr(III) - CMO	Cu(III)/Cr(II) - SMO
LVdf	qm = 1987 KL=0,0327 R=0,9915	qm = 1048 KL=0,0092 R=0,8810	qm = 1564 KL=0,0091 R=0,8947	(*)
NVef	qm = 2537 KL=0,0794 R=0,9985	qm = 2124 KL=0,0084 R=0,9440	qm = 1056 KL=0,0828 R=0,9996	qm = 793 KL=0,0160 R=0,9817
MTf	qm = 4972 KL=0,0351 R=0,9828	(*)	qm = 1264 KL=0,1166 R=0,9965	(*)
VGo	qm = 5964 KL=0,0504 R=0,9834	qm = 4058 KL=0,0049 R=0,8294	qm = 2671 KL=0,0492 R=0,9818	(*)

 $q_m = mg / kg$

 $K_r = L / mg$

(*) adsorção multicamada

Na Tabela 5, pode-se observar que existe uma diferença na capacidade máxima de adsorção (qm) nos diversos tratamentos para a mesma classe de solo.

Entretanto, verifica-se que há uma grande diferença na constante de ligação (KL) entre os tratamentos, explicado pela presença da matéria orgânica com sítios ionizáveis, ao passo que a parte mineral apresenta os grupamentos M-OH ionizáveis dos sítios (aluminol e silanol) presentes nos silicatos mais as cargas permanentes dos filossilicatos referente à substituição isomórfica nos diferentes materiais.

Conforme parâmetros do modelo de Langmuir calculados, pode-se também observar que uma quantidade muito elevada de íons Cu(II) adsorvidas para os tratamentos TFSA (CMO) e TFSA (SMO) esteja relacionada com valores muito baixos da constante de ligação, que possivelmente pode-se avaliar pela existência de grande parte dos íons adsorvidos estejam ligados fisicamente à fase sólida do solo, que poderia ser melhor avaliado efetuando sua dessorção por exemplo.

No tratamento TFSA (SMO) para as classes MTf Cu(II) e Cu(II)/Cr(III), a LVdf Cu(II)/Cr(III) e VGo Cu(II)/Cr(III), ou seja, sua forma combinada, não foi possível obter os parâmetros da Equação de Langmuir, por apresentar forma multicamada.

No processo de avaliação da capacidade máxima de adsorção dos íons Cu(II) e Cr(III), avaliouse também, nas soluções combinadas dos íons, em tempos de agitação invertidos, ou seja, a solução de Cr(III)/Cu(II) tempo de 4 horas e Cu(II)/Cr(III) tempo de 20 horas, com o objetivo de verificar a influência do tempo de contato, tenha visto, que para o Cu(II) ficou definido um tempo de 4hs nos experimentos iniciais para todos os solos da topossequência.

As isotermas de adsorção para o Cr(III)/Cu(II) a 4 horas e Cu(II)/Cr(III) a 20 horas de contato, para as classes (Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf), Nitossolo Vermelho eutroférrico (NVef), Chernossolo Argilúvico férrico (MTf) e Vertissolo Hidromórfico órtico (VGo), durante 4 horas de agitação constante a 100 rpm, apresentam-se nas Figuras 6 e 7.

Na Figura 6, observam-se as isotermas da Equação de Langmuir para Cr(III)/Cu(II) nos tratamentos TFSA (SMO) e TFSA (CMO), durante 4 horas de agitação a 100 rpm. Pode-se observar que todos os processos de adsorção obedecem ao modelo de Langmuir com aumento da adsorção ao longo da topossequência, devido ao aumento do teor em filossilicatos presentes em cada solo.

Na Figura 7, observam-se as isotermas de adsorção do Cu(II)/Cr(III) nos tratamentos TFSA (CMO) e TFSA (SMO), em 20 horas de agitação a 100 rpm. Observa-se que o processo apresenta

isoterma do tipo L, com tempo de contato maior, sendo que o mesmo não foi observado anteriormente com o tempo de 4 horas para as classes LVdf, MTf e VGo no tratamento TFSA (SMO), indicando que o tempo influenciou na adsorção do cobre, que seria necessário um tempo maior de contato.

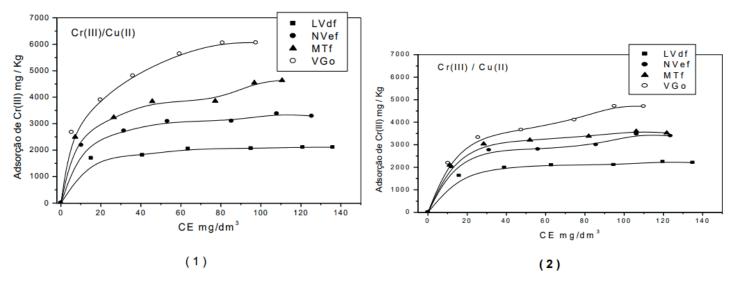


Figura 6. Isotermas de adsorção para Cr(III)/Cu(II) em solução (1) TFSA (CMO) e (2) TFSA (SMO) para as classes Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf), Nitossolo Vermelho eutroférrico (NVef), Chernossolo Argilúvico férrico (MTf) e Vertissolo Hidromórfico órtico (VGo), durante 4 horas de agitação constante a 100 rpm.

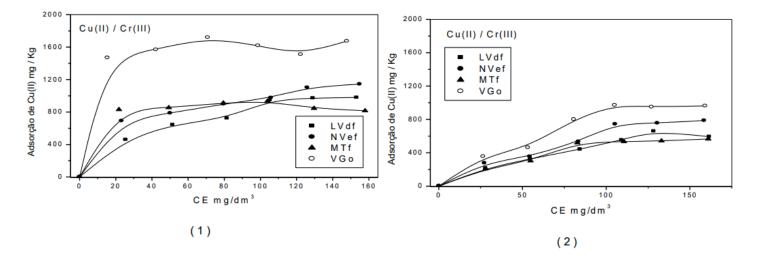


Figura 7. Isotermas de adsorção para Cu(III)/Cr(II) em solução (1) TFSA (CMO) e (2) TFSA (SMO) para as classes Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf), Nitossolo Vermelho eutroférrico (NVef), Chernossolo Argilúvico férrico (MTf) e Vertissolo Hidromórfico órtico (VGo), durante 20 horas de agitação constante a 100 rpm.

Pode-se observar na Tabela 6, os parâmetros da Equação de Langmuir para os diferentes solos da topossequência apenas para os íons cromo e cobre na sua forma combinada, ou seja, Cr(III)/Cu(II), durante 4 horas e Cu(II)/Cr(III), durante 20 horas nos tratamentos TFSA (CMO) e TFSA (SMO).

Verifica-se a diminuição do tempo de contato de 20 horas para 4 horas de agitação, comparando com as Tabelas 9 e 10, o cromo não apresentou redução significativa na capacidade máxima de adsorção no tratamento TFSA (CMO). O contrário ocorreu no tratamento TFSA (SMO), onde a diferença foi de até 35% para a classe VGo.

Pode-se verificar também, na Tabela 6, que os valores da capacidade máxima de adsorção são próximos em ambos os tratamentos TFSA (CMO) e (SMO), variando fortemente a energia de ligação, devido à ausência da matéria orgânica, exceto na classe MTf que ocorre uma inversão para o cromo na energia de ligação e para o cobre no valor de qm, explicado pelo seu teor de argila que é baixo e minerais do tipo 2:1, que corresponde ao dobro em relação à classe anterior, com elevada afinidade pela fração mineral.

Observa-se também, em relação ao cobre que teve seu tempo de contato aumentado em 5 vezes, nas classes NVef e MTf no tratamento CMO, os valores de (qm) foram superiores em 14 e 21%, respectivamente.

Ao contrário em relação às classes MTf e VGo, onde se observa uma redução no valor de (qm), explicado pela competição do cromo pelo mesmo sítio de adsorção e influenciado pela variação do pH com tempo maior, conforme observado na Tabela 7.

Tabela 6. Parâmetros resultantes da aplicação da equação de Langmuir para processo de adsorção de Cr(III)/Cu(II), durante 4 horas e Cu(II)/Cr(III), durante 20 horas, para os diferentes tratamentos dos Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf), Nitossolo Vermelho eutroférrico (NVef), Chernossolo Argilúvico férrico (MTf) e Vertissolo Hidromórfico órtico (VGo).

Solo	Cr(III)/Cu(II) - CMO	Cr(III)/Cu(II) - SMO	Cu(II)/Cr(III) - CMO	Cu(II)/Cr(II) - SMO
LVdf	qm = 2202	qm = 2331	qm = 1347	qm = 1123
	KL=0,1687	KL=0,1410	KL=0,0183	KL=0,0082
	R=0,9994	R=0,9993	R=0,9829	R=0,9331
NVef	qm = 3507	qm = 3704	qm = 1331	qm = 1598
	KL=0,1307	KL=0,0777	KL=0,0325	KL=0,0065
	R=0,9985	R=0,9933	R=0,9888	R=0,8849
MTf	qm = 4951	qm = 3807	qm = 826	qm = 943
	KL=0,0831	KL=0,1151	KL=0,2676	KL=0,0105
	R=0,9905	R=0,9993	R=0,9949	R=0,9454
VGo	qm = 6820	qm = 5390	qm = 1629	qm = 1746
	KL=0,0823	KL=0,0565	KL=1,0147	KL=0,0090
	R=0,9973	R=0,9945	R=0,9950	R=0,9008

 $q_m = mg/kg$ $K_x = L/mg$

Observa-se ainda, que a energia de ligação no processo de adsorção do cromo em sistema binário, ou seja, Cr(III) / Cu(II) com matéria orgânica, nos solos da toposeqüência diminui, enquanto o cobre em sistema binário, ou seja, Cu(II) / Cr(III) aumenta, indicando possivelmente uma ligação física, entre o metal e o substrato, conforme pode ser observado pelos altos valores de qm para o cromo.

Pode-se observar na Tabela 7 os valores de pH para as soluções referente à concentração de equilíbrio no processo de adsorção dos íons Cu(II), Cr(III) e/ou Cu(II)/Cr(III) para as diferentes classes de solos TFSA (CMO) e (SMO).

O efeito da matéria orgânica na complexação dos íons Cu(II) provoca uma diminuição maior do pH da solução para as diferentes concentrações, o que está de acordo com (SPOSITO, 1989), indicando maior afinidade pela matéria orgânica.

Pode-se observar também um intervalo maior dos valores de pH entre o tratamento TFSA (CMO) e o comparado no tratamento TFSA (SMO) na mesma classe de solo, devido à influência da matéria orgânica, e na sua ausência a presença dos filossilicatos que possuem densidade de cargas permanentes não dependente do pH do meio.

Tabela 7. Valores de pH das soluções após adsorção para os diferentes solos no processo de adsorção dos íons Cu(II), Cr(III) e Cu/Cr em função da concentração a 24 °C, nos tratamentos TFSA (CMO) e (SMO) para as classes de solo Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf), Nitossolo Vermelho eutroférrico (NVef), Chernossolo Argilúvico férrico (MTf) e Vertissolo Hidromórfico órtico (VGo).

Solo	[C] mg/ dm³	(Cu ²⁺)	(Cr³+)	(Cu/Cr)	(Cu ²⁺)	(Cr³+)	(Cu/Cr)	
		S	olo TFSA C	MO	Solo TFSA SMO			
	25	4,68	4,13	3,98	4,34	4,17	3,84	
	50	4,68	4,05	3,84	4,32	3,76	3,73	
LVdf	75	4,57	4,00	3,77	4,25	3,70	3,66	
LVai	100	4,56	3,72	3,71	4,23	3,68	3,64	
	125	4,52	3,61	3,68	4,24	3,67	3,59	
	150	4,46	3,57	3,66	4,24	3,67	3,57	
	25	5,25	4,10	3,94	4,26	3,79	3,78	
	50	5,13	3,83	3,77	4,25	3,70	3,69	
NIV/of	75	4,93	3,70	3,69	4,20	3,65	3,68	
NVef	100	4,91	3,66	3,62	4,19	3,60	3,60	
	125	4,86	3,59	3,58	4,18	3,56	3,56	
	150	4,77	3,51	3,54	4,17	3,52	3,55	
	25	5,30	4,36	4,16	4,07	3,64	3,66	
	50	5,23	3,98	3,92	3,98	3,54	3,58	
MTf	75	4,90	3,80	3,81	3,95	3,51	3,53	
IVIII	100	4,84	3,73	3,70	3,95	3,46	3,51	
	125	4,75	3,67	3,67	3,93	3,45	3,48	
	150	4,74	3,58	3,65	3,92	3,43	3,47	
	25	4,95	4,35	4,10	3,44	3,40	3,39	
	50	4,92	3,96	4,87	3,44	3,34	3,33	
\/O-	75	4,68	3,77	3,74	3,42	3,30	3,31	
VGo	100	4,63	3,68	3,62	3,42	3,28	3,29	
	125	4,58	3,59	3,57	3,40	3,26	3,28	
	150	4,55	3,55	3,53	3,40	3,26	3,28	

Correlações

As correlações realizadas entre os atributos são apresentadas na Tabela 8, conforme segue: área superficial específica total ASE(T), quantidade relativa de minerais do tipo 2:1 (esmectitas e/ou vermiculitas) e a capacidade de troca de cátions CTC dos solos desenvolvidos na topossequência, conforme PETERNELE et al. (2014), com o parâmetro da Equação de Langmuir (qm) que representa a capacidade máxima de adsorção do metal.

O cromo apresenta melhores coeficientes de correlação com os diferentes atributos dos solos estudados, quando comparado ao cobre (Tabela 8), indicando a sua maior afinidade pelos sítios de adsorção presentes nos solos desenvolvidos na topossequência, para os diferentes tratamentos.

Na TFSA (CMO) e (SMO), o cobre apresentou melhores coeficientes de correlação quando o processo de adsorção foi para sistemas individuais do que em sistemas combinados, indicando uma forte competição do cromo pelos sítios de adsorção.

Tabela 8. Correlação dos atributos físico e químicos dos solos para os solos Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf), Nitossolo Vermelho eutroférrico (NVef), Chernossolo Argilúvico férrico (MTf) e Vertissolo Hidromórfico órtico (VGo), com o valor de $(q_{,,})$ para o Cr(III) e Cu(II) nos tratamentos TFSA (CMO) e (SMO).

Atributo		Coeficiente de correlação (R)									
Atributo (*)	Cu(II) CMO	Cu(II) SMO	Cu(II)/Cr(III) CMO	Cu(II)/Cr(III) SMO							
ASE (T)	0,8930	0,9829	0,8428	0,4060							
2:1	0,9268	0,9635	0,8407	0,3343							
CTC	0,9852	0,9153	0,7280	0,2872							
	Cr(II) CMO	Cr(II) SMO	Cr(III)/Cu(II) CMO	Cr(III)/Cu(II) SMO							
ASE (T)	0,9455	0,9455	0,9627	0,9976							
2:1	0,9541	0,9553	0,9741	0,9890							
CTC	0,9833	0,9849	0,9946	0,9052							

(*) PETERNELE, et al. (2014)

Pode-se observar ainda, o cobre em sistema combinado no processo TFSA (SMO), apresentou a menor correlação verificada para os atributos avaliados: ASE(T), minerais 2:1 e CTC, possivelmente indicando que a matéria orgânica tem forte influência na adsorção do íon Cu (II).

Conclusões

O modelo de Langmuir descreve satisfatoriamente a adsorção do cromo e cobre para os solos desenvolvidos na topossequência derivado de basalto.

A adsorção dos íons Cr(III) e Cu(II), pelos solos da topossequência (Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf), Nitossolo Vermelho eutroférrico (NVef), Chernossolo Argilúvico férrico (MTf) e Vertissolo Hidromórfico órtico (VGo)) é mais afetada pela mineralogia da fração argila, apresentada por estes solos, do que pelo teor de matéria orgânica.

O processo de adsorção do cromo nos tratamentos TFSA (CMO) e (SMO) mostrou-se total-mente favorável à adsorção, apresentando capacidade máxima de adsorção na presença de matéria orgânica e pelos solos pouco desenvolvidos da topossequência: Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf) (2828 mg/kg), Nitossolo Vermelho eutroférrico (NVef) (4851 mg/kg), Chernossolo Argilúvico férrico (MTf) (6438 mg/kg) e Vertissolo Hidromórfico órtico (VGo) (8495 mg/kg). Enquanto o cobre, na mesma condição, mostrou-se favorável ao processo de adsorção nas classes de solos pouco desenvolvidos com matéria orgânica, ou seja, exceto (LVdf), apresentando valores de qm (LVdf - 1987 mg/kg), (NVef - 2537 mg/kg), (MTf - 4972 mg/kg) e (VGo - 5964 mg/kg).

O cromo, independente do tratamento TFSA (CMO) e (SMO) dos solos da topossequência, apresentou melhores correlações com os atributos físicos e químicos ASE(T), minerais 2:1 (esmectitas e/ou vermiculitas) e capacidade de troca catiônica (CTC) dos solos, demonstrando maior afinidade com os grupos silicatos, comparativamente à matéria orgânica.

Referências

ADAMSON, A.W. Physical Chemistry of Surfaces, john Wiley & Sons, NY., cap.9, 1976.

ALLEONI, L.R.F.; CAMARGO, O.A. Atributos físicos de latossolos ácricos do norte paulista. Piracicaba, **Sci. Agricola**, 51(2), p321-326, 1994.

ALLOWAY, B.J. Heavy metals in soil. John Wiley and sons, Inc: New York, 339p. 1990.

ALVAREZ, V.H.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. Niveis de enxofre em solos de cerrado para crescimento de mudas de eucalipto. **In**: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 19., Curitiba, 1983. Resumos-Curitiba: SBCS, P.164-165, 1983.

- AXE, L.; ANDERSON, P.R. Intraparticle diffusion of metal contaminats in amorphus oxide minerals. **In**: Jenne, E. A. adsorption of metals by geomedia: Variables, mechanisms and model applications. San Diego, Academic Press, p193-200, 1998.
- BARROW, N.J. The description of phosphorus adsorption curves. **Journal of soil Science**, v29, p.447-462, 1978.
- BASTA, N.T.; TABATABAI, M.A. Effect of cropping systems on adsorption of metals by soil: II. Effect of pH. **Soil Sci**. V153, p195-204, 1992.
- BOLLAND, M.D.A.; GILKES, R.J.; DRENNAN, R.F.; ALLEN, D.G. Comparison of seven phosphorus sorption indices. **Australian journal of soil research**, v.34, n1, p.81-89, 1996.
- BOHN, H.L.; McNEAL, B.L.; O'CONNOR, G.A. (2001). **Soil Chemistry** (3rd ed., New York: John Wiley & Sons, Inc. P.307, 2001.
- BRUNAUER, S.; EMMETT, P.H.; TELLER, E. Adsorption of gases in multimolecular layers. **Journal American Chemical Society**, 60:309-319, 1938.
- CANNON, H.L. Geochem Environ, V3, p17-31, 1978.
- COOPER, S.J.; OSCIK, J. Adsoprtion, Ellis Horwood, Poland, 205p., 1982.
- CUNHA, R.C.A.; Camargo, O.A.; KINJO, T. Aplicação de três isotermas na adsorção de zinco em oxissolos, alfissolos e Ultissolos. **Revista Bras. de Ciência do Solo**, v18, p.15-20, 1994.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 20 ed., Rio de Janeiro, 212p., 1997.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos**. Rio de Janeiro, 412p.,1999.
- FREUNDLICH, H. Colloid and Capillary Chemistry, Methuen, London, p. 114-122, 1926.
- FULLER, W.H.; WARRICK, A.W. Soils in waste treatment and utilization. Boca Raton: CRC Press, v2, 1986.
- GARCIA-MIRAGAYA, J.; PAGE, A.L. Sorption of trace quantities of cadmium by soil with different chemical and mineralogical composition. **Water Air and soil Pollution**, v.9, p.289-299,1978.
- GERLOFF, G.C.; GABELMAN. **Genetic basis of inorganic plant nutrition. Em: Encyclopedia of plant physiology**, New series, V-15B, Inorganic Plant Nutrition. A Lauchli & R.L. Bielesk, ed. Springer-Verlag., Berlim, p. 453-870, 1983.
- GOLDBERG, S.; SPOSITO, G. A chemical model of phosphate adsorption by soils. I. Reference oxide minerals. **Soil science soc. of Am. Journal**, v.65, p.772-778, 1984.
- GRAY, C.W.; McLAREN, R.C. ROBERTS, A.H.C.; CONDRON L.M. Solubility sorption and desorption of native and added cadmium in relation to properties of soil in New Zealand. **Eur. J. Soil Sci.**, 50, p127-137, 1999.
- GREGG, S.J.; SING, K.S.W. Adsorption, surface Area and Porosity. Academic Press, London, 371p., 1987.
- HARTER, R.D. Adsorption of copper and lead by Ap and B2 horizonts of several Northeastern United States Soils. **Soil Sci. Soc. Am. J**., v43, p679-683, 1979.
- HOROWITZ, A.; DANTAS, H.S. Boro disponível nos solos da zona litoral Mata de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Série Agronomia, v.8, n.7, p.163-168, 1973.
- JACINTO, A.O.; CATANI, R.A.; PIZZINATTO, A. A determinação do teor solúvel, em diversas soluções do cobre do solo. **Na. Esc. Super. Agric. Esalq usp**, 26, p.99-117,1969.
- JENNE, E. A. Adsorption of metals by geomedia: Variables, mechanisms and model applications. San Diego, Academic, p209-228, 1998.
- KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. 2^a ed. Boca Raton, CRC Press, 365p. 1992.
- KING, L.D. Soil heavy metals. **In**: ALVAREZ, V.H.; FONTES, L.E.F.; FONTES,M.P. (Ed) O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil. Viçosa: SBCS, p823-836, 1996
- KING, L.D. Retention of metals by several soils of the Southeastern United states. **Journal of Env. Quality**, v.17, (2), p.239-246,1988.
- KORT, N.E.; SKOPP, J.; FULLER, W.H.; NIEBLA, E.E.; ALESII, B.A. Trace element movement in soil. Influence of soil physical and chemical properties. **Soil Sci**. V122, p350-359, 1976.
- LANGMUIR, I. The adsorption of gases on plane surfaces of glass, mica and platinum. **J. Am. Chem. Soc**. 40 p.1361-1382, 1918.
- LAVKULICH, L.M.; WIENS, J. H. Comparison of organic matter destruction by hidrogen peroxide and sodium hipochlorite and its effects on selected mineral constituents. **Soil Sci. Soc. Am. Proceedings**, Madison, v34, p755-758, 1970.
- LINDSAY, W. L. Chemical Equilibria in soil. John Wiley & Sons, Inc.; NY, 449p., 1979.

- McBRIDE, M.; SAUVÉ, S.; HENDERSHOT, W. Solubility control of Cu, Zn, Cd e Pb in contamined soils. **European Journal of soil Science**, v.48, p.337-346, 1997.
- MUKHERJEE, A.B. Chromium in the environment of Finland. **The Science of the Total Environment** 217, p.9-19, 1998.
- NAIDU, R.; BOLAN, N.S.; KOOKANA, R.S.; TILLER, K.G. lonic strength and pH effects on the sorption of cadmium and the surface charge of soils. **Eur. J. Soil Sci.**, 45, p419-429, 1994.
- NAS National Academy of Sciences. In Chromium. NAS, Washington, DC. 155p, 1974.
- NRIAGU, J.O. Copper in the environment. John Wiley, NY, 1979.
- OLSEN, S.R.; WATANABE, F.S. A method to determine a phosphorus adsorption maximum of soils as measured by Langmuir isotherm. **Soil science society of Am. Proceedings**, v21, n1, p.144-149, 1957.
- ORIGIN. **Data Analysis and Techinical Graphics**. Programa Origin 6.0: Data analysis and Techinical Graphycs (Softwere. Northampton, Micronal softwere incorporation, 1999.
- OWUSU-BENNOAH, E.; SZILAS, C.; HANSEN, H.C.B.; BORGGAARD, O.K. Phosphate sorption in relation to aluminum and iron oxides of oxisols from Ghana. **Communications in soil science and plant analysis**, v.28,n9/10, p685-697, 1997.
- PARFITT, G.D.; ROCHESTER, C. H. **Adsorption from Solution at the solid/Liquid interface.** Academic Press, London, p.3-44, 1983.
- PETERNELE, W.S.; COSTA, A.C.S. Mineralogical Horizon (A) Evaluation of a Toposequence of Soils Derived from Basalt by Thermal Analysis. **Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering**, 2, 374-382, 2014.
- PETERNELE, W.S.; COSTA, A.C.S.; SALLO, F.S. Remoção do Corante Reativo Azul 5G por Adsorção em Diferentes Materiais Lignocelulósicos, **Biomassa & Energia**, v. 3 (1), p. 49-56, 2006.
- PETRUZZELLI, G.; GUIDI, G.; LUBRANO, L. Ionic strength effect on heavy metal adsorption by soil. **Communications in soil Science and Plant analysis**, v.16 (9), p971-986, 1985.
- PETRUZZELLI, G.; LUBRANO, L.; GUIDI, G. Heavy metal extractability. Biocycle, 26 p.46-9, 1985.
- POMBO, L.C.A.; KLANT, E. Adsorção de zinco e cobre de dois solos do Estado do Rio Grande do sul. **Rer. Bras. Ci. do Solo**, v10, p191-194, 1986.
- QUANG, V.D.; TAHI. V.C.; LINH, T.T.T.; DUFEY, J.E. Phosphorus sorption in soil of the mekong delta (Vietnam) as described by the binary Langmuir equation. **European journal of soil science**, v.47, n1, p.113-123, 1996.
- RAGHUPATHI, H. B., VASUKI, N. Copper adsorption of some soils of north Karnataka. **J. Ind. Soc. Soil Sci.**, v41, p70-74, 1993.
- SHAW, D. J. Introdução à Química de Colóides e de Superfícies. Edgard Blücher, SP. p.98-99, 1975.
- SHUMAN, L.M. The effect of soil properties on zinc adsorption by soil. **Proc. Soil Sci. Soc. Am.**, Madison, 39 p454-458, 1975.
- SPOSITO, G. The Chemistry of Soils. Published by Oxford University Press, Inc., New York, 277p, 1989.
- SPOSITO, G. The surface chemistry of soil. NY, Oxford University Press, 234p.1984.
- TABATABAI, M.A. Sulfur. **In**: Paynem A.L.; Freney, J.R.; Miller, R.H. (ed)- Methods of soil analysis. Part 2 Chemical and microbiological properties. 2 ed. Madison: Soil Scie. Soci. Of Am. Soc. Of Agronomy, cap.28, p501-538, 1982.
- VALADARES, J.M.A.S. Cobre em solos do Estado de São Paulo, I. Cobre total. **Bragantia**, 34, p.125-132, 1975.
- YUAN, G.; LAVKULICH, L.M. Sorption behavior of copper, zinc and cadmium un response to stimulated changes in soil properties. **Communications in Soil Sci. And Plant Analysis**, v.28, p.571-587, 1997.
- ZHANG, G.Y.; YU, T.R. **Coordination adsorption of anions.** In: YU, T.R. (ed) Chemistry of variable charge soils. NY. Oxford University Press, cap6, p175-218, 1997.
- ZIMDAHL, R.L.; SKOGERBOE, R.D. Behavior of lead in soil. Environm. Sci. Technol., v11, p1200-1207, 1977

Evidenciação ambiental com base na Global Reporting Initiative - GRI: uma análise dos relatórios de sustentabilidade da Usina Hidrelétrica Itaipu

DOI 10.29327/5345677.2-3

Regiane Valejo Maciel¹ Carlos Jaelso Albanese Chaves² Giuliano Oliveira de Macedo³

Resumo: Considerando que o setor de hidrelétricas causa impactos ambientais de larga escala e que a evidenciação ambiental vem se tornando cada vez mais relevante para as organizações, a presente pesquisa teve por objetivo avaliar a qualidade da evidenciação ambiental praticada nos relatórios de sustentabilidade da Usina Hidrelétrica Binacional Itaipu. Quanto à abordagem, este estudo fundamenta-se na pesquisa qualitativa, e quanto ao objeto, este estudo se classifica como uma pesquisa documental. Para atingir o objetivo desta pesquisa, a coleta dos dados foi proporcionada pelos relatórios de sustentabilidade da Usina Hidrelétrica Itaipu do período de 2014 a 2019, a partir da confrontação dos princípios apresentados pela *Global Reporting Initiative* para a elaboração do relatório com o conteúdo dos relatórios divulgados pela Itaipu. A análise dos relatórios indica que a Itaipu apresentou falhas quanto a aderência do princípio "comparabilidade", ao omitir informação sobre os valores investidos nos projetos analisados, fazendo com que a leitura do stakeholder ficasse prejudicada, entretanto, é possível identificar que a Itaipu buscou manter-se alinhada com os demais princípios analisados. O presente estudo contribuiu por buscar preencher a lacuna sobre a análise de evidenciação ambiental de uma organização de relevância social como a Itaipu Binacional.

Palavras-chaves: Desenvolvimento sustentável. Indicadores ambientais. Sustentabilidade. Setor hidrelétrico.

ENVIRONMENTAL DISCLOSURE BASED ON THE GLOBAL REPORTING INITIATIVE – GRI: AN ANALYSIS OF THE SUSTAINABILITY REPORTS OF THE ITAIPU HYDROELECTRIC PLANT

Abstract: Considering that the hydroelectric sector causes large-scale environmental impacts and that environmental disclosure is becoming increasingly relevant for organizations, this research aimed to evaluate the quality of environmental disclosure practiced in the sustainability reports of the Binacional Itaipu Hydroelectric Power Plant . As for the approach, this study is based on qualitative research, and as for the object, this study is classified as documentary research. To achieve the objective of this research, data collection was provided by the sustainability reports of the Itaipu Hydroelectric Power Plant from 2014 to 2019, based on the confrontation of the principles presented by the Global Reporting Initiative guidelines with the content of the reports disclosed by Itaipu . The analysis of the reports indicates that Itaipu failed to adhere to the "comparability" principle, by omitting information on the amounts invested in the projects analyzed, causing the stakeholder reading to be impaired, however, it is possible to identify that Itaipu sought to maintain aligned with the other principles ana-

 ^{1 -} Graduada em Ciências Contábeis. Mestranda em Contabilidade pela Universidade Federal do Paraná. E-mail: regianevalejomaciel@gmail.com

^{2 -} Graduado em Administração e Ciências Contábeis; Mestre e Doutor em Administração; Professor da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS; E-mail: jaelso@uems.br

^{3 -} Graduado em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul; E-mail: giuliano.programador@gmail.

lyzed. This study contributed by seeking to fill the gap on the analysis of environmental disclosure in an organization of social relevance such as Itaipu Binacional.

Keywords: Sustainable development. Environmental indicators. Sustainability. Hydroelectric Sector.

1 Introdução

As questões ambientais passaram a ser parte integrante do contexto empresarial, isso ocorreu à medida que os stakeholders passaram a exercer pressão para que as organizações não apenas divulgassem informações sobre seu desempenho financeiro, mas também a sua relação com o social e ambiental (DI DOMENICO *et al.*, 2017; LOPES *et al.*, 2017).

Abordar o meio ambiente e como é afetado traz à mente o conceito de desenvolvimento sustentável, que pode ser definido como a capacidade que uma geração tem de consumir recursos sem afetar as próximas gerações (BRUNDTLAND, 1991).

A preocupação com o desenvolvimento sustentável iniciou nos anos 70, como apontado por Romeiro (2012), visando entender como manter o crescimento econômico e, ao mesmo tempo, manter boas práticas sociais e ambientais.

Apesar de ter levado certo tempo e ainda caminhar devagar, a preocupação com a utilização dos recursos naturais e como preservá-los começou a ganhar espaço também no meio empresarial. Essa preocupação deve se manifestar de forma prática, mas como uma empresa pode evidenciar que está tendo (ou buscando ter) um compromisso com a área ambiental? Como ir além da preocupação com demonstrativos de resultados econômicos?

A contabilidade possui como objetivo fornecer informações sobre a entidade, visando auxiliar na tomada de decisões adequadas, apesar de no princípio a contabilidade fornecer apenas informações financeiras para seus usuários, com o passar dos anos surgiram novos usuários e novas demandas das entidades, criando uma necessidade de que a entidade relatasse não só o desempenho econômico como também o social e ambiental (TINOCO e KRAEMER, 2011).

A evidenciação de informações ambientais através de relatórios é uma maneira das organizações divulgarem para os *stakeholders* o seu desempenho nesta esfera, a divulgação ambiental é em grande parte uma atividade voluntária, destaca-se a Global Reporting Initiative (GRI), organização que publica padrões e documentos de orientação para elaboração de relatórios de sustentabilidade (BEBBINGTON *et al.*, 2021).

A GRI fornece as diretrizes mais detalhadas e estruturadas a serem seguidas pelas organizações, através de indicadores ambientais com padrões de divulgação detalhados que fornecem orientação sobre como uma organização deve relatar o tópico, e que tipo de informação qualitativa e quantitativa deve ser fornecida, entretanto, não se espera que as organizações incluam todos os indicadores em seus relatórios, devendo realizar uma avaliação de materialidade para identificar os mais significativos (BEBBINGTON et al., 2021).

As organizações possuem controle substancial sobre quais informações são definidas como materiais e o escopo de evidenciação do relatório, embora esta avaliação deva ser um procedimento neutro e técnico, Puroila e Makela (2019) destacaram como a análise da materialidade pode ser vista como uma análise enviesada, podendo ter implicações sobre a forma como a sustentabilidade organizacional é apresentada.

As diretrizes do relatório de sustentabilidade deveriam assegurar a qualidade das informações apresentadas no relatório, entretanto, em um estudo realizado por Motta, Mazza e Oliveira (2011, p. 78), foi identificado que "no que diz respeito aos indicadores ambientais, cerne deste estudo, há mais uma vez a omissão de dados essenciais e obrigatórios".

Bebbington *et al.* (2021) também verificaram que características desejáveis em um relatório, tais como, comparabilidade, exatidão, clareza, entre outras, costumam não ser apresentadas, isso

está ligado ao fato de que a evidenciação através de relatórios ambientais costuma ser uma prática majoritariamente voluntária, com a entidade que relata tendo controle sobre o que está incluído no relatório.

Diante da contextualização e problematização apresentada em relação à sustentabilidade e a qualidade das informações divulgadas em relatórios de sustentabilidade, o presente artigo tem por objetivo avaliar a qualidade da evidenciação ambiental praticada nos relatórios de sustentabilidade da Usina Hidrelétrica Binacional Itaipu.

Para atingir o objetivo desta pesquisa, a coleta dos dados foi proporcionada pelos relatórios de sustentabilidade da Usina Hidrelétrica Itaipu do período de 2014 a 2019, a partir da confrontação dos princípios apresentados pela GRI para a elaboração do relatório com o conteúdo dos relatórios divulgados pela Itaipu.

Conforme apontado por Queiroz *et al.* (2013, p. 2775) as usinas hidrelétricas "influenciam diretamente no meio ambiente devido à construção das represas, que provocam inundações em imensas áreas de matas, interferindo no fluxo de rios, destroem espécies vegetais, prejudicam a fauna, e interferem na ocupação humana".

Devido ao impacto de tal magnitude, é fundamental que a companhia invista em meios de preservar o meio ambiente ou, ao menos, amenizar tais impactos. Assim, o relatório de sustentabilidade mostra-se como uma tentativa relevante de evidenciar os investimentos e esforços para seus stakeholders.

A justificativa para a escolha da Usina Itaipu como objeto da análise deve-se ao fato da mesma ser considerada a maior hidrelétrica considerando sua produção acumulada (ITAIPU BINACIONAL, 2019a), além do discurso sobre responsabilidade socioambiental estar incluído em sua missão, visão e valores. A usina hidrelétrica adota o modelo da GRI para a divulgação de seus relatórios.

A relevância deste trabalho dá-se pela análise de relatórios ambientais e seus variados modelos, ser uma área em que mais pesquisas são necessárias (BEBBINGTON *et al.*, 2021), e por preencher a lacuna sobre a análise de evidenciação ambiental de uma organização de relevância social como a Itaipu Binacional.

2 Referencial teórico

2.1 Evidenciação ambiental

Para Tinoco e Kraemer (2011), a evidenciação ambiental tem como objetivo divulgar informações sobre o desempenho ambiental da entidade, ocorrendo através de relatórios socioambientais ou notas explicativas.

A divulgação de relatórios com informações ambientais iniciou-se na década de 90, surgindo à medida que as questões ambientais deixaram de ser uma inquietação exclusiva dos cientistas e ambientalistas e passasse também a alcançar a sociedade, o governo e, principalmente, a iniciativa privada (GRAY e BEBBINGTON, 2001; FERREIRA, 2011).

A contabilidade possui como objetivo fornecer informações sobre a entidade, visando auxiliar na tomada de decisões, devendo considerar também as informações ambientais em seus sistemas de gestão, ao contribuir com o desenvolvimento de relatórios e avaliações de desempenho, identificar e procurar corrigir conflitos entre o aspecto convencional (financeiro) e ambiental e, encontrar maneiras de incorporar a sustentabilidade na organização (GRAY e BEBBINGTON, 2001).

A evidenciação de informações ambientais por parte das empresas pode ocorrer de maneira compulsória, em decorrência de exigências legais, ou de maneira voluntária. A motivação para a evidenciação voluntária é diversa, entre as razões é possível identificar a pressão pública, atrair investidores, melhorar a reputação, transmitir uma imagem positiva, cumprir com as expectativas da comunidade, ou melhorar o desempenho econômico (SILVA et al., 2018).

Mota, Mazza e Oliveira (2011) analisaram a divulgação dos indicadores de cunho ambiental nos relatórios de empresas que publicaram relatórios nos padrões da GRI no ano de 2009. Os autores concluíram que "embora as empresas se autodeclarem estrategicamente sustentáveis, não possuem em suas visões declaradas menção ao desenvolvimento sustentável" (2011, p. 78), também se percebeu que nem todos os princípios determinados pela GRI são seguidos na elaboração dos relatórios.

Sucena e Marinho (2019) avaliaram o nível da evidenciação ambiental praticada nos relatórios de sustentabilidade das indústrias cervejeiras brasileiras, através da análise dos relatórios de sustentabilidade dos anos de 2011 a 2013 das empresas brasileiras: Ambev, Brasil Kirin, Grupo Petrópolis e Heineken Brasil e, das representantes internacionais, AB InBev, SABMiller e Heineken Holanda.

O estudo identificou a baixa divulgação de indicadores GRI, ausência de verificação externa do documento, e a falta de correlação financeira dos indicadores ambientais.

Oliveira *et al.* (2020) analisaram o nível de divulgação ambiental das empresas do setor elétrico dos países do BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul) levando em consideração o recomendado pelas diretrizes da GRI e pelas orientações da UNCTAD (United Nations Conference on Trade and Development).

Foi identificado que as corporações sediadas na África do Sul, no Brasil e na Rússia foram as que tiveram maior nível de evidenciação ambiental, enquanto as empresas indianas e chinesas apresentaram menor nível de divulgação dos indicadores ambientais GRI.

Um estudo desenvolvido por Gaudencio *et al.* (2021) analisou como os relatórios de sustentabilidade do ano de 2015 de quatro petroleiras e uma prestadora de serviços no segmento de óleo e gás que atuam no Brasil aderem aos indicadores essenciais específicos das categorias econômica, ambiental e social, propostos pela versão G4 das diretrizes GRI, o estudo concluiu pela falta de aderência total às diretrizes GRI.

2.2 Desenvolvimento Sustentável e Relatórios de Sustentabilidade

Em 1987, foi publicado o Relatório Brundtland, também conhecido como Nosso Futuro Comum, pela ex-Primeira Ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland. É nesse relatório que o conceito de desenvolvimento sustentável é trazido como "[...] aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades" (BRUNDTLAND, 1991, p. 46), sendo essa a conceituação mais comumente utilizada.

O papel das empresas e sua relação com o desenvolvimento sustentável é extremamente importante, visto que a prática empresarial sustentável faz com que a entidade contribua para a preservação ambiental, gerando benefícios para a sociedade, e com que se posicione positivamente perante os *stakeholders*, melhorando a imagem da empresa e sua credibilidade (TINOCO e KRAE-MER, 2011).

O relatório de sustentabilidade é uma demonstração que visa evidenciar informações contábeis, econômicas, ambientais e sociais da entidade aos mais diferenciados usuários. Essa demonstração surgiu nos anos 70, na França, oriunda da pressão feita por movimentos sociais que ocorriam na época. Após esse acontecimento, o demonstrativo espalhou-se pela Europa e, posteriormente, para os demais continentes (TINOCO e KRAEMER, 2011).

É um demonstrativo utilizado pelas empresas para evidenciar seu compromisso com o desenvolvimento sustentável e a transparência com o público, pois evidencia os impactos causados pela entidade, mostrando que ela possui compromisso não só com os proprietários e acionistas, mas também com a sociedade (IGA-RASHI *et al.*, 2010; GRI, 2006).

O conteúdo do relatório é composto por informações qualitativas e quantitativa que visam evidenciar três dimensões (TINOCO e KRAEMER, 2011; GRI, 2006):

- a) Econômica: refere-se à condição econômica da entidade e aos seus impactos sobre os sistemas econômicos;
- b) Ambiental: impactos da organização sobre sistemas naturais vivos e não-vivos, incluindo ecossistemas, terra, ar e água; e,
- c) Social: impactos da organização nos sistemas sociais nos quais atua.

A dimensão ambiental, abordada nesta pesquisa, possui desafios particulares em sua evidenciação, enquanto os relatórios financeiros divulgados pela maioria das organizações apresentam uma padronização, nos relatórios ambientais essa uniformidade não existe (BEBBINGTON *et al.*, 2021).

Questões ambientais relevantes variam dependendo do segmento de atuação da empresa, fazendo com que as organizações tenham certa liberdade em relação à forma como evidenciam e quais informações evidenciam, a partir deste desafio houve o surgimento de organizações que buscam padronizar e guiar as informações reportadas (BEBBINGTON et al., 2021).

Bebbington *et al.* (2021) apontam características comuns, que muitas vezes são consideradas características de um relatório ambiental de alta qualidade:

Quadro 1. Características da evidenciação ambiental

Característica	Descrição	Pontos a considerar
Exatidão	As informações em um relatório devem ser suficientemente precisas e detalhadas para permitir que os leitores avaliem o desempenho de uma organização.	As organizações às vezes são vagas ao apresentar informações negativas. Os gráficos e tabelas estão estruturados corretamente ou foram distorcidos ou distorcidos?
Equilíbrio	Um relatório deve incluir aspectos positivos e negativos para que os usuários possam avaliar o desempenho geral da organização.	As organizações costumam enfatizar informa- ções positivas. Padronizações e práticas de verificação externa podem ajudar na obtenção de relatórios mais equilibrados.
Clareza	As informações em um relatório devem ser apresentadas de forma clara, compreensível e acessível.	Os grupos de usuários possuem variado co- nhecimento e capacidade de entender as infor- mações. O que é complexo para alguns pode ser evidente e simplista para outros.
Comparabilidade	As informações devem ser selecionadas, compiladas e relatadas de forma consistente. Permitindo a análise de mudanças ao longo do tempo e em relação a outras organizações, sempre que possível	Estruturas de relatórios podem ajudar forne- cendo práticas padrão. A organização fornece informações de anos anteriores para permitir que o leitor veja tendências e desenvolvimen- tos facilmente?
Confiabilidade	As informações relatadas devem ser baseadas em processos confiáveis, que também podem estar sujeitos a avaliação independente.	Além das informações relatadas, também é relevante discutir como as informações foram coletadas.
Inclusão das partes interessadas (stakeholders)	Uma organização deve identificar e envolver as partes interessadas e discutir como ela respondeu às suas expectativas e interesses.	Os grupos de partes interessadas podem ter expectativas muito diferentes. Diferentes formas de evidenciação têm diferentes públicos, que podem ter expectativas diferentes.
Periodicidade	Os relatórios devem ser publicados em um cro- nograma regular e em tempo hábil para permitir que os usuários do relatório tomem decisões informadas	Os relatórios divulgados em sites geralmente podem ser mais tempestivos, mas um ciclo de relatórios anual e regular pode ter outras vantagens. Periodicidade não é apenas uma questão de velocidade, mas também de regularidade.

Fonte: Adaptado de Bebbington et al. (2021, p. 113)

Apesar das características listadas, os relatórios ambientais costumam falhar ao apresentálas, isso está ligado ao fato de que os relatórios ambientais costumam ser uma prática majoritariamente voluntária, com a entidade que relata tendo controle substancial sobre o que está incluído no relatório (BEBBINGTON *et al.*, 2021). Bebbington *et al. (2021) também* afirmam que "uma organização e suas várias partes interessadas podem, por exemplo, compreender a precisão e o equilíbrio de maneiras muito diferentes e, portanto, ter expectativas diferentes sobre o que deve ser relatado e como deve ser relatado". Os autores sugerem que a verificação externa pode ser uma forma para melhorar a qualidade dos relatórios ambientais, já que tal declaração de terceiros poderia dar aos leitores mais confiança nas informações relatadas.

2.3 Global Reporting Initiative (GRI)

À medida que os relatórios ambientais se tornaram mais comuns, houve várias tentativas de estabelecer estruturas para orientar a divulgação, entre elas temos a GRI, fundada em 1997, o relatório tem como objetivo proporcionar informações para que sejam tomadas decisões que criam benefícios sociais, ambientais e econômicos (BEBBINGTON *et al.*, 2021).

A GRI tem sido um dos modelos mais influentes e difundido para relatórios de sustentabilidade, publicando padrões e documentos de orientação com uma abordagem para promover e apoiar o desenvolvimento de relatórios de sustentabilidade (BEBBINGTON *et al.*, 2021).

Para evidenciar a dimensão ambiental, o relatório possui os "indicadores ambientais" que evidenciam o desempenho obtido e demais informações relevantes, em nove aspectos diferentes: materiais; energia; água; biodiversidade; emissões; efluentes e resíduos; produtos e serviços; conformidade; transporte; e geral (GRI, 2006). Através destes indicadores, o relatório pode oferecer aos *stakeholders* uma evidenciação equilibrada e confiável do desempenho ambiental da organização (TINOCO e KRAEMER, 2011).

Os indicadores ambientais possuem normas de divulgação detalhadas que fornecem orientações sobre como uma organização deve evidenciar o tópico, como deve ser avaliada e que tipo de informação qualitativa e quantitativa deve ser fornecida, no entretanto, não se espera que as organizações incluam todos os indicadores em seus relatórios, devendo realizar uma avaliação de materialidade para identificar os mais significativos (BEBBINGTON et al., 2021).

Quadro 2. Nomenclatura dos indicadores ambientais

Aspecto	G4 - Evidenciação	Número da evidenciação
Materiais	G4-EN1, G4-EN2	301-1 , 301-2
Energia	G4-EN3, G4-EN4, G4-EN5, G4-EN6, G4- EN7	302-1, 302-2, 302-3, 302-4, 302-5
Água	G4-EN8, G4-EN9, G4-EN10	303-1, 303-2, 303-3
Biodiversidade	G4-EN11, G4-EN12, G4-EN13, G4-EN14	304-1, 304-2, 304-3, 304-4
Emissões	G4-EN15, G4-EN16, G4-EN17, G4-EN18, G4-EN19, G4-EN20, G4-EN21	305-1, 305-2, 305-3, 305-4, 305-5, 305-6, 305-7
Efluentes e resíduos	G4-EN22, G4-EN23, G4-EN24, G4-EN25, G4-EN26	306-1, 306-2, 306-3, 306-4, 306-6
Produtos e serviços	G4-EN27a, G4-EN28	N/Aa, 301-3
Conformidade	G4-EN29	307-1
Transporte	G4-EN30a	N/Aa
Geral	G4-EN31b	N/Ab

Fonte: Adaptado de GRI (2021).

- a) a divulgação dos indicadores destacados foi descontinuada para reduzir a evidenciação de conteúdo em duplicidade
- b) o conteúdo deste indicador foi incorporado em outros aspectos do relatório (Emissões, Efluentes e resíduos, Conformidade).

A materialidade das informações divulgadas é subjetiva, um estudo realizado por Puroila e Makela (2019) identificou que o entendimento e implicações do conceito de materialidade são ambíguos, pois a forma de evidenciar informações sobre o desempenho sustentável corporativo, pode ser vista como uma escolha política, incluindo julgamentos de valores, impactando o entendimento e percepção do leitor sobre o desenvolvimento sustentável corporativo.

Um fator relevante para assegurar a qualidade das informações divulgadas pelo relatório é a orientação a partir de alguns princípios determinados pelo GRI, pois desta forma o relatório pode proporcionar uma transparência efetiva e possibilitar que os *stakeholders* realizem uma avaliação consistente e justa da empresa (GRI, 2006).

Tais princípios devem ser aplicados desde a coleta das informações até a elaboração e divulgação do relatório, os princípios são (GRI, 2006):

- a) Equilíbrio: o relatório deve refletir aspectos positivos e negativos, visando permitir uma análise equilibrada do desempenho;
- b) Comparabilidade: os stakeholders que utilizarem o relatório deverão poder comparar as informações sobre o atual desempenho da organização com o anterior;
- c) Exatidão: as informações deverão ser precisas e detalhadas;
- d) Periodicidade: o relatório deve ser publicado regularmente;
- e) Clareza: as informações deverão estar disponíveis de uma forma compreensível e acessível;
- f) Confiabilidade: as informações e os processos utilizados na preparação do relatório deverão ser aplicados de forma que estabeleçam qualidade e materialidade das informações.

Considerando a importância destes princípios a GRI (2006) descreveu também em suas diretrizes testes para verificar se estes princípios estão sendo cumpridos:

Quadro 3. Testes sugeridos para a verificação da aderência aos princípios determinados

Princípio	Teste
Equilíbrio	O relatório divulga resultados e temas tanto favoráveis quanto desfavoráveis. As informações são apresentadas num formato que permite aos usuários ver tendências positivas e negativas no desempenho de ano para ano; A ênfase em diferentes temas do relatório é proporcional à sua materialidade.
Comparabilidade	O relatório e as informações nele contidas podem ser comparados de um ano para outro; O desempenho da organização pode ser comparado com padrões de referência (benchmarks) apropriados; Qualquer variação significativa entre relatórios com respeito a limite, escopo, duração do período analisado ou informações cobertas pode ser identificada e explicada; O relatório utiliza, quando disponíveis, protocolos geralmente aceitos para compilação, medição e apresentação de informações, incluindo os protocolos técnicos da GRI para indicadores contidos nas Diretrizes; O relatório usa suplementos setoriais da GRI, quando disponíveis.
Exatidão	O relatório indica quais dados foram medidos; As técnicas de medição de dados e as bases de cálculo são descritas adequadamente e podem ser reproduzidas com resultados semelhantes; A margem de erro para dados quantitativos não é suficiente para influenciar substancialmente a capacidade dos stakeholders de chegar a conclusões adequadas e consistentes sobre o desempenho; O relatório indica quais dados foram estimados e que hipóteses e técnicas foram usadas na elaboração dessas estimativas ou onde as informações podem ser encontradas; As declarações qualitativas do relatório são válidas com base em outras informações relatadas e em documentação disponível.

Periodicidade	As informações constantes no relatório estão sendo divulgadas enquanto são ainda recentes em relação ao período coberto pelo relatório; A coleta e a divulgação das informações fundamentais sobre o desempenho são compatíveis com o cronograma dos relatórios de sustentabilidade; As informações constantes no relatório (incluindo os informes publicados via internet) mostram claramente o período de tempo a que se referem, quando serão atualizadas e quando foram feitas as últimas atualizações.
Clareza	O relatório contém o nível necessário de informações para atender às expectativas dos stakeholders, mas evita detalhes excessivos e desnecessários; Os stakeholders podem encontrar as informações específicas que desejam sem demasiado esforço, por meio de índices, mapas, links ou outras ferramentas; O relatório evita vocabulário técnico, siglas, jargões e outros termos que tendem a ser pouco conhecidos pelos stakeholders e inclui explicações (quando necessário) na seção em questão ou num glossário; Os dados e informações do relatório estão disponíveis aos stakeholders, inclusive aos que têm necessidades específicas de acessibilidade (habilidades, idiomas e tecnologias diferentes).
Confiabilida-de	A abrangência da verificação externa está identificada; A fonte original das informações do relatório pode ser identificada pela organização; A organização pode fornecer comprovações que embasam hipóteses ou cálculos complexos; Encontra-se disponível uma declaração por parte de quem forneceu os dados ou informações originais, atestando sua confiabilidade ou exatidão dentro de margens de erro aceitáveis.

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de GRI (2006).

Os princípios determinados pela GRI estão alinhados com as características para relatórios ambientais identificadas por Bebbington *et al.* (2021).

3 Procedimentos metodológicos

3.1 Delineamento da pesquisa

Quanto à abordagem, este estudo fundamenta-se na pesquisa qualitativa, a pesquisa qualitativa responde a questões muito particulares, preocupando-se com um nível de realidade que não pode ser quantificado (MINAYO, 2001).

Quanto ao objeto, este estudo se classifica como uma pesquisa documental, segundo Gil (2007, p. 45), a pesquisa documental "vale-se de materiais que não receberam ainda um tratamento analítico, ou ainda podem ser reelaborados de acordo com os objetivos da pesquisa". Para atingir seu propósito por meio da análise documental, a pesquisa utilizou os relatórios de sustentabilidade da Usina Hidrelétrica Itaipu publicados no período de 2014 a 2019.

3.2 Caracterização do estudo

A Itaipu Binacional (também conhecida como Usina Hidrelétrica Itaipu) teve sua origem a partir de negociações diplomáticas entre o Brasil e o Paraguai. Em 1973 foi firmado o Tratado de Itaipu pelos governos dos dois países, este tratado criou e rege a entidade binacional Itaipu, uma empresa pertencente ao campo do direito público internacional (ITAIPU BINACIONAL, 2019a).

A Itaipu Binacional (2015) adota um modelo de gestão ambiental que tem como objetivo promover o uso sustentável dos recursos naturais ali presentes, fazendo a conexão dos aspectos energia, água, território e biodiversidade.

3.3 Indicadores escolhidos

Os indicadores da análise foram obtidos do conteúdo dos relatórios de sustentabilidade disponíveis pela Itaipu por meio do seu site, foram escolhidos apenas os indicadores ambientais abordados pelas empresas em seus relatórios. Devido ao seu ramo de atuação, o maior impacto ambiental da usina hidrelétrica ocorre no consumo de água e na fauna e flora da região onde está localizada (TERRIN; BLANCHET, 2019), escolhemos os seguintes indicadores:

- a) G4-EN22 / 306-1 Descarte total de água, por qualidade e destinação: este indicador evidencia a quantidade de água retirada, consumida e descartada por uma organização. A qualidade desses descartes pode afetar o funcionamento do ecossistema de várias maneiras, até impactos mais amplos sobre a qualidade de vida em uma área, incluindo consequências sociais e econômicas para comunidades locais e povos indígenas (GRI, 2018).
- b) G4-EN10 / 303-3 Percentual e volume total de água reciclada e reutilizada: Relate o volume total de água reciclada e reutilizada pela organização, a taxa de reutilização e reciclagem de água constitui uma medida de eficiência e demonstra o sucesso da organização na redução da retirada e descarte total de água (B3, 2021, p. 101).
- c) G4-EN14 / 304-4 Número Total de Espécies Incluídas na Lista Vermelha da IUCN: o indicador ajuda a organização a identificar onde suas atividades representam uma ameaça para espécies de plantas e animais já ameaçadas. Com essa identificação, é possível iniciar as etapas apropriadas para evitar danos e extinção de espécies (GRI, 2016).
- d) G4-EN13 / 304-3- Habitats Protegidos ou Restaurados: representa "a extensão das atividades de prevenção e remediação de uma organização com respeito a seus impactos na biodiversidade. Essa divulgação refere-se a áreas onde a correção foi concluída ou onde a área está ativamente protegida" (GRI, 2016, p. 9).

Após a seleção dos indicadores escolhidos foi feita uma análise baseada nas diretrizes publicadas pela GRI (2006) para verificar o nível de aderência aos princípios determinados pela GRI que possuem como objetivo assegurar a qualidade da informação divulgada.

3.4 Projetos escolhidos

Para complementar a análise da evidenciação de informações ambientais selecionamos três projetos relacionados a gestão e consumo de água, e a preservação da fauna e flora da região:

- a) Gestão de Bacias Hidrográficas: o projeto busca planejar ações de forma a promover o desenvolvimento regional sustentável e o bom manejo dos recursos hídricos;
- Monitoramento e Avaliação Ambiental: busca realizar diagnósticos e avaliações ambientais para que as águas se mantenham em boas condições para os usos múltiplos do reservatório;
- c) Biodiversidade, nosso patrimônio: possui o objetivo de contribuir para a preservação, conservação e recuperação da flora e fauna regionais, valorizando a biodiversidade nas áreas protegidas e reservatório.

Os princípios determinados pela GRI não estão atrelados apenas aos indicadores ambientais, mas sim a todo o conteúdo do relatório. Desta forma, os projetos também estão englobados na análise por evidenciar o total de gastos com preservação ambiental.

4 Análise dos resultados

4.1 Verificação da aplicação dos princípios determinados pela GRI

Os relatórios de sustentabilidade utilizados na análise estão disponíveis no site da Itaipu. A hidrelétrica realiza sua divulgação desde o ano de 2003 (ITAIPU BINACIONAL, 2019b). Esta parte da análise consiste em verificar se o conteúdo apresentado na parte "desempenho ambiental" dos rela-

tórios da Itaipu condiz com os princípios determinados pela GRI e foi realizada por meio da escolha de um dos testes sugeridos pela GRI (2006).

Para cada princípio, será verificado se a edição do relatório está condizente com a determinação da GRI. Caso a edição do relatório tenha um desempenho positivo em relação ao teste será marcado com "X", caso seja negativo será marcado com "-". Para o teste foi levado em consideração os indicadores e projetos selecionados.

Quadro 4: Testes de verificação dos princípios aplicados a evidenciação dos indicadores e projetos selecionados

Princípio	Teste escolhido	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Equilíbrio	O relatório divulga resultados e temas tanto favoráveis quanto desfavoráveis.	X	Х	X	Х	X	Х
Comparabilidade	O relatório e as informações nele contidas podem ser comparados de um ano para outro.	Х	Х	-	-	-	-
Exatidão	As declarações qualitativas do relatório são válidas com base em outras informações relatadas e em documentação disponível.	Х	X	Х	Х	Х	Х
Periodicidade	As informações constantes no relatório estão sendo divulgadas enquanto são ainda recentes em relação ao período coberto pelo relatório.	Х	х	Х	Х	Х	Х
Clareza	Os stakeholders podem encontrar as informações específicas que desejam sem demasiado esforço, por meio de índices, mapas, links ou outras ferramentas.	Х	Х	Х	Х	Х	Х
Confiabilidade	A abrangência da verificação externa está identificada;	Х	Х	Х	Х	Х	Х

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da pesquisa.

A apresentação geral do conteúdo do relatório deve retratar de modo imparcial o desempenho da organização, para alcançar este objetivo, o conteúdo do relatório deve possuir aderência ao princípio "Equilíbrio" (GRI, 2006), durante a análise foi possível verificar ao realizar uma leitura das cinco edições que quando um indicador possui um resultado negativo o mesmo é divulgado, e costuma haver um breve comentário sobre o que levou a este resultado.

Apesar da divulgação do resultado negativo, é possível notar que o desempenho positivo costuma receber uma ênfase maior, comportamento já observado no estudo feito por Mota, Mazza e Oliveira (2011) e também por Bebbington *et al.* (2021).

A "Comparabilidade" é de grande importância para a avaliação de desempenho, pois os stakeholders que usarem o relatório deverão poder comparar as informações sobre o atual desempenho da organização com o anterior (GRI, 2006).

O princípio foi seguido parcialmente durante o período analisado, foi possível comparar as informações sobre o desempenho atual com o anterior dos indicadores G4-EN22, G4-EN13 e G4-EN14 ao longo das seis edições, é importante destacar que o indicador G4-EN10 é omitido das edi-

ções de 2016 e 2017, voltando a aparecer novamente na edição de 2018 em diante, não há explicação para a omissão do indicador nas edições mencionadas.

Durante as edições de 2014 a 2016 foi possível identificar os valores investidos nos projetos ambientais selecionados, no entanto, isto não é possível no relatório de 2018 e 2019, onde não foram divulgadas informações a respeito dos valores investidos nos projetos.

O desempenho positivo obtido nestes projetos foi comentado, mas o motivo da não divulgação dos valores investidos não foi explicado. O descumprimento deste princípio também foi apontado no estudo feito por Mota, Mazza e Oliveira (2011) ao identificar que "percebeu-se que as empresas não seguem alguns princípios das linhas gerais da GRI como a comparabilidade" (2011, p.78) e que "os resultados positivos são mais enfáticos em suas conquistas" (2011, p.78).

A falta da capacidade da comparabilidade prejudica a interpretação do leitor sobre o relatório (BEBBINGTON *et al.*, 2021; MOTA; MAZZA; OLIVEIRA, 2011).

As informações qualitativas sobre o desempenho dos indicadores costumam ser acompanhadas por informações quantitativas, sendo possível considerar que as cinco edições analisadas cumprem com o princípio "Exatidão".

Os relatórios da Itaipu são publicados regularmente desde 2003, mostrando o período a que se referem e as informações são recentes em relação ao período abrangido pelo relatório, portanto o princípio "Periodicidade" é seguido durante todas as edições analisadas.

A "Clareza" é um princípio presente em todas as edições analisadas, verifica-se isso, pois as informações estão disponíveis de forma acessível e organizada através dos índices, links, tabelas e outras ferramentas visuais. Quanto ao acesso a ferramentas específicas de acessibilidade (habilidades, idiomas e tecnologias diferentes), os relatórios divulgados estão disponibilizados nos idiomas inglês e espanhol, além do português.

O princípio "Confiabilidade" é fundamental para que os *stakeholders* tenham certeza de que as informações que compõem o relatório foram verificadas para que se estabeleça confiabilidade de seu conteúdo e se saiba até que ponto os princípios de relatório da GRI foram aplicados.

A Itaipu assegura a integridade das informações contidas no conteúdo do seu relatório como um todo através de auditoria independente, a verificação externa foi feita pela KPMG no período de 2014 - 2019.

A auditoria realizada concluiu que com base nos procedimentos realizados, descritos no relatório, não houveram evidências que levassem a acreditar que as informações constantes nos relatórios de sustentabilidade não tenham sido compiladas de acordo com os registros e arquivos que serviram de base para a sua preparação (ITAIPU BINACIONAL, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020).

A verificação externa pode ser realizada individualmente sobre os indicadores, ao final do relatório é informado quais indicadores passaram por validação externa, entre os indicadores escolhidos para a análise da validação individual variou durante as edições.

O indicador G4-EN22 passou por verificação externa nas edições de 2015, 2016, 2017 e 2018, G4-EN14 em 2014, 2016, 2017, 2018, 2019, G4-EN13 em 2015, 2016 e 2017, o indicador G4-EN10 não passou por verificação externa em nenhuma edição analisada.

Com relação à aderência aos princípios determinados pela GRI é possível perceber que a Itaipu busca manter-se alinhada através da publicação regular de seus relatórios de sustentabilidade, divulgação da informação de forma clara e objetiva, e através da verificação externa do relatório como um todo.

Entretanto, os relatórios analisados apresentam algumas falhas já observadas em outros estudos (BEBBINGTON *et al.*, 2021; MOTA; MAZZA; OLIVEIRA, 2011; SUCENA e MARINHO, 2019), como a omissão de informações de um relatório para o outro, ênfase maior no desempenho positivo do que no desempenho negativo, falta de justificativa para a omissão de informações de um ano para outro.

Essas falhas permitem observar também o comportamento que organizações tendem a utilizar os relatórios de sustentabilidade para melhorar sua reputação e, por consequência, omitir informações que não considerem favoráveis (BEBBINGTON *et al.*, 2021)

5 Considerações finais

Esta pesquisa teve por objetivo avaliar a qualidade da evidenciação ambiental praticada nos relatórios de sustentabilidade da Usina Hidrelétrica Binacional Itaipu, através da verificação da aderência aos princípios apresentados pela GRI para a elaboração do relatório com o conteúdo dos relatórios divulgados pela Itaipu. Considerando seu objetivo, esta pesquisa diferencia-se por buscar verificar a qualidade das informações divulgadas no relatório.

A busca pela responsabilidade ambiental da usina hidrelétrica Itaipu fica evidente em sua missão, visão, valores, razão pela qual a publicação de relatórios de sustentabilidade pode ser considerada uma excelente forma de evidenciar seu desempenho ambiental para os *stakeholders*.

A padronização e diretrizes da GRI buscam fornecer informações com qualidade e transparência para os leitores dos relatórios, apesar dessas determinações, a Itaipu apresentou falhas quanto a aderência ao princípio "comparabilidade", ao omitir informação sobre os valores investidos nos projetos analisados, a leitura do *stakeholder* fica prejudicada, pois não é possível visualizar tendências e comparar o desempenho do projeto com períodos anteriores e outras organizações.

Entretanto, é possível identificar que a Itaipu buscou manter-se alinhada com os demais princípios analisados, os relatórios são publicados regularmente, as informações são divulgadas de forma clara e objetiva, possuindo três opções de idioma para a apresentação do relatório, e foi possível identificar verificação do conteúdo como um todo por parte de auditoria externa.

Como sugestão para novos estudos, esta pesquisa poderia ser replicada contemplando, se possível, uma maior quantidade de indicadores ambientais para análise e realizar uma comparação entre o nível de aderência às diretrizes da GRI com outras empresas do mesmo segmento, assim como avaliar também as informações quantitativas divulgadas no relatório.

Referências

- BEBBINGTON, J.; LARRINAGA, C.; O'DWYER, B.; THOMSON, I. Routledge handbook of environmental accounting. London: Routledge, Taylor & Francis Group, earthscan from Routledge. 2021.
- BRUNDTLAND, G.H. Nosso futuro comum. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991.
- B3. G4 Diretrizes para relato de sustentabilidade. Disponível em: https://www.b3.com.br/data/files/F7/07/8C/C9/5B243510DF0CA135790D8AA8/GRI-G4-Manual-de-Implementacao.pdf>. Acesso em: 25 out. 2021.
- DI DOMENICO, D.; TORMEM, L.; MAZZIONI, S. Nível de disclosure nos relatórios de sustentabilidade em conformidade com o Global Reporting Initiative (GRI). Revista Catarinense da Ciência Contábil, [S. I.], v. 16, n. 49, 2017
- FERREIRA, A.C.S. Contabilidade ambiental: uma informação para o desenvolvimento sustentável. (3ª. ed.). São Paulo: Atlas, 2011.
- GAUDENCIO, L.; DE OLIVEIRA, R.; CURI, W.; SANTANA, C.; SILVA, J.; MEIRA, C. Oil and gas companies operating in Brazil adhere to GRI-G4 essential sustainability indicators: a critical review. **Environment, Development and Sustainability**, 2020.
- GIL, A.C. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 2007.
- GRAY, R.H.; BEBBINGTON, J. Accounting for the environment. Londres: Sage, 2001.
- GRI GLOBAL REPORTING INITIATIVE. **Diretrizes para relatório de sustentabilidade. 2000-2006**. Disponível em: https://www.ipai.pt/fotos/gca/g3_pobr_rg_final_with_cover_1271097860.pdf >. Acesso em: 11 jun. 2019.
- GRI GLOBAL REPORTING INITIATIVE. GRI 304: Biodiversity 2016. Disponível em: https://www.globalreporting.org/standards/gri-standards-download-center/?g=d711bdff-4da2-44c2-80f3-f9a7ee5db1f5>. Acesso em: 11 jun. 2019.

- GRI GLOBAL REPORTING INITIATIVE. **GRI 303: Water and Effluents 2018.** Disponível em: https://www.glo-balreporting.org/standards/gri-standards-download-center/?g=d711bdff-4da2-44c2-80f3-f9a7ee5db1f5>. Acesso em: 11 jun. 2019.
- GRI GLOBAL REPORTING INITIATIVE. **Mapping G4 to the GRI Standards DISCLOSURES FULL OVER-VIEW**. Disponível em: https://www.globalreporting.org/standards/media/1098/mapping-g4-to-the-gri-standards-disclosures-full-overview.pdf>. Acesso em: 25 out. 2021.
- IGARASHI, D.C.C.; IGARASHI, W.; LIMA, E.C.; DALBELLO, L.; HERCOS JUNIOR, J.B. Análise do alinhamento entre o balanço social e o relatório de sustentabilidade dos três maiores bancos em atividade no Brasil. Contexto Revista do Programa de Pós-Graduação em Controladoria e Contabilidade da UFRGS, 10(18), 34-48, 2010.
- ITAIPU BINACIONAL. Nossa História. Disponível em: https://www.itaipu.gov.br/nossahistoria. Acesso em: 26 set. 2019a.
- ITAIPU BINACIONAL. Relatórios de sustentabilidade. Disponível em: https://www.itaipu.gov.br/responsabilida-de/caderno-de-indicadores>. Acesso em: 08 mar. 2019b.
- ITAIPU BINACIONAL. Relatórios de sustentabilidade 2014. Foz do Iguaçu, 2015. Disponível em: https://www.itaipu.gov.br/sites/default/files/RS-2014-Port-2.pdf>. Acesso em: 08 mar. 2019.
- ITAIPU BINACIONAL. Relatórios de sustentabilidade 2015. Foz do Iguaçu, 2016. Disponível em: https://www.itaipu.gov.br/sites/default/files/RS2015_180816_comseloGRI.pdf. Acesso em: 08 mar. 2019.
- ITAIPU BINACIONAL. **Relatórios de sustentabilidade 2016**. Foz do Iguaçu, 2017. Disponível em: https://www.itaipu.gov.br/sites/default/files/RS2016.pdf >. Acesso em: 08 mar. 2019.
- ITAIPU BINACIONAL. Relatórios de sustentabilidade 2017. Foz do Iguaçu, 2018. Disponível em: https://www.itaipu.gov.br/sites/default/files/RS2017.pdf >. Acesso em: 08 mar. 2019.
- ITAIPU BINACIONAL. Relatórios de sustentabilidade 2018. Foz do Iguaçu, 2019. Disponível em: https://www.itaipu.gov.br/sites/default/files/RS2018 web.pdf >. Acesso em: 14 nov. 2019.
- ITAIPU BINACIONAL. Caderno de Indicadores Itaipu 2019. Foz do Iguaçu, 2020. Disponível em: https://www.itaipu.gov.br/sites/default/files/af df/vf CI IB 2019 VERSAO SITE.pdf >. Acesso em: 1 out. 2020.
- LOPES, A.C.; DE LUCA, M.M.M.; GÓIS, A.D.; VASCONCELOS, A.C. DISCLOSURE SOCIOAMBIENTAL, RE-PUTAÇÃO CORPORATIVA E CRIAÇÃO DE VALOR NAS EMPRESAS LISTADAS NA BM&FBOVESPA. **REVISTA AMBIENTE CONTÁBIL** - Universidade Federal do Rio Grande do Norte - ISSN 2176-9036. [S. I.], v. 9, n. 1, p. 364–382, 2017.
- MINAYO, M.C. (org.). Pesquisa Social: Teoria, método e criatividade. Petrópolis: Vozes, 2001.
- MOTA, M.O.; MAZZA, A.C.A.; OLIVEIRA, F.C. Uma análise dos relatórios de sustentabilidade no âmbito ambiental do Brasil: sustentabilidade ou camuflagem?. BASE **Revista de Administração e Contabilidade da UNISINOS**, v. 10, n. 1, p. 68-80, 2013.
- OLIVEIRA, M.C.; DAMASCENO, F.A.M.; AMORIM, S.M.S.S.; GOMES, C.A.S. Análise da Divulgação de Informações Ambientais por Empresas do Setor Elétrico: um Estudo em Empresas dos Países do Brics. **Sociedade, Contabilidade e Gestão**, v. 15, n. 3, p. 65-83, 2020.
- QUEIROZ, R.D.; GRASSI, P.; LAZZARE, K.; KOPPE, E., TARTAS, B.R.; KEMERICH, P. Geração De Energia Elétrica Através Da Energia Hidráulica e seus Impactos Ambientais. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental. 13(13), 2774-2784, 2013.
- ROMEIRO, A.R. Desenvolvimento sustentável: uma perspectiva econômico-ecológica. **Estudos Avançados**, 26(74), 65-92, 2012.
- SILVA, R.C.F.; SEIBERT, R.M.; JULIANI, L.I.; WBATUBA, B.B.R. Análise da Evidenciação Ambiental nas Corporações Brasileiras de Alto Impacto Ambiental Listadas na BMF&Bovespa. **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 9, n. 3, p. 46-71, 2018.
- SUCENA, E.; MARINHO, M.M.O. Environmental disclosure analysis of sustainability reports the brazilian and international brewing industry based on Global Reporting Initiative GRI. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 26, n.3, e3120, 2019.
- TERRIN, K.A.P.; BLANCHET, L.A. Direito de energia e sustentabilidade: uma análise dos impactos negativos das usinas hidrelétricas no Brasil. **Revista Videre**, [S.I.], v. 11, n. 22, p. 47-63, dez. 2019.
- TINOCO, J.E.P.; KRAEMER, M. Contabilidade e Gestão ambiental. (3. ed.). São Paulo: Atlas, 2011.

TINOCO, J.E.P.; ROBLES, L.T. A contabilidade da gestão ambiental e sua dimensão para a transparência empresarial: estudo de caso de quatro empresas brasileiras com atuação global. **Revista de Administração Pública**, 40(6), 1077-1096, 2006.

NOTA

O presente artigo foi publicado originalmente na revista Amazônia, Organizações e Sustentabilidade sob a referência: MACIEL, R.V.; CHAVES, C.J.A.; MACEDO, G.O. (2021). Evidenciação Ambiental: uma análise dos relatórios de sustentabilidade da Usina Hidrelétrica Itaipu com base na GRI - Global Reporting Initiative. AOS - Amazônia, Organizações e Sustentabilidade, 10(2). http://dx.doi.org/10.17648/aos.v10i2.2317

Remineralizador: o efeito de basalto em propriedades química de solos distintos

DOI 10.29327/5345677.2-4

Augusto Vaghetti Luchese¹
Robson Fernando Missio²
Alessandra Algeri³
Amanda Luiza Ludwig⁴
Guilherme Potrich⁵

Resumo: O número de materiais registrados como remineralizadores tem aumentado desde 2016 quando as premissas para registro foram definidas, e diversas rochas puderam ser classificadas como remineralizadores. Devido a diferenças químicas, mineralógicas e granulométricas, estudos individuais são necessários para avaliar as mudanças das características químicas nos solos e desenvolvimento de culturas para cada remineralizador existente. Buscando avaliar o efeito do remineralizador MINERSOLO, instalou-se 4 ensaios em casa de vegetação, com 2 produtos (remineralizador e calcário) e 2 culturas (soja e milho) em esquema fatorial 2x4 (2 solos - textura argilosa e média; 4 doses: remineralizador 0, 33, 66 e 99 Mg ha⁻¹ e calcário 1, 2 e 4 Mg ha⁻¹) com 4 repetições. A aplicação do remineralizador promoveu aumentos significativos na produção de massa de matéria seca de ambas as culturas cultivadas em ambos os solos, o mesmo não ocorreu com o a aplicação de calcário. Houve alteração do pH do solo com aplicação de remineralizador quando estes foram cultivados com milho, e calcário em todas as situações. Dentro dos macronutrientes catiônicos bivalentes foi obtido apenas ganhos nos teores de Ca+2, promovidos por ambos os materiais. O P é muito impactado pelo remineralizador apresentando aumentos deste elemento no solo e no tecido foliar mesmo com o aumento da extração promovida pelas culturas. Em relação ao K, o remineralizador tem uma liberação muito lenta que em caso de culturas com elevada extração, como o milho, pode não ser suficiente para a manutenção dos teores deste nutriente no solo.

Palavras chave: Pó de basalto, rochagem, pó de rocha, soja, milho.

REMINERALIZER: THE EFFECT OF BASALT ON CHEMICAL PROPERTIES OF DIFFERENT SOILS

Abstract: The number of materials registered as remineralizers has increased since 2016 when the premises for registration were defined, and several rocks can be classified as remineralizers. Due to differences in chemical, mineralogical and granulometric composition, individual studies are required to evaluate changes in soil chemical characteristics and crop development of each of the existing remineralizers. In this study, we evaluated the effects of BRP (MINERSOLO) and limestone on soil fertility and soybean and corn plants. The study included four experiments in a 2 × 4 factorial arrangement: two soils (clay and sandy clay loam) and four doses (BRP: 0, 33, 66, and 99 Mg ha⁻¹; limestone: 0, 1, 2, and 4 Mg ha⁻¹), evaluated in soybean and corn, with four replicates. To evaluate the effects of P and K on the soil and plants, additional pots of each soil were filled with single superphospha-

^{1 -} Professor e pesquisador da UFPR – Universidade Federal do Paraná. Doutor em Solos e Nutrição Mineral de Plantas. ORCID: 0000-0002-3389-9986. E-mail: aluchese@gmail.com

 ^{2 -} Professor e pesquisador da UFPR – Universidade Federal do Paraná. Doutor em Genética e Melhoramento. ORCID: 0000-0002-8534-1175. E-mail: rfmissio@ufpr.br

^{3 -} Engenheira Ambiental, Mestre em Biotecnologia pela UFPR - Universidade Federal do Paraná (UFPR), Campus Palotina, Palotina (PR), Brasil. ORCID: 0000-0001-7702-1254. E-mail: sandra.algeri.utfpr@gmail.com

^{4 -} Estudante do curso de agronomia da UFPR – Universidade Federal do Paraná. Bolsista de iniciação Científica. ORCID: 0009-0006-2534-7854. E-mail: amandaluizaludwigg@gmail.com

^{5 -} Estudante do curso de agronomia da UFPR – Universidade Federal do Paraná. ORCID: 0009-0006-6172-0468. E-mail: gui. potrich.08@gmail.com

te and potassium chloride. The application of remineralizer promoted significant increases in the dry matter yield of both crops in both soils, the same did not occur with the application of limestone. In the evaluation of the characteristics of the soil, alteration of the soil pH was verified in the application of remineralizer when they were cultivated with maize, and limestone in all situations. Within the bivalent cationic macronutrients, only gains were obtained in the Ca⁺² concentration, promoted by both materials. P is greatly impacted by the remineralizer, showing significant increases of this element in the soil and in the leaf tissue, even with the increase in extraction promoted by crops. In relation to K, the remineralizer has a very slow release, which in the case of crops with high extraction, such as maize, may not be sufficient to maintain the levels of this nutrient in the soil.

Keywords: Basalt Rock powder, Stonemeal, Rock powder, Soybean. Maize.

Introdução

A partir de 2016, com a publicação pelo mapa da instrução normativa número 06 de março, foram estabelecidas as bases para a realização dos registros de remineralizadores que são definidos pelo Decreto 8384/2014 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2016), como um material de origem mineral que tenha sofrido apenas redução e classificação de tamanho de partícula por processos mecânicos e que, aplicado ao solo, altere os seus índices de fertilidade, por meio da adição de macronutrientes e micronutrientes para as plantas, e promova a melhoria de propriedades físicas, físico-químicas ou da atividade biológica do solo.

A partir deste marco iniciaram-se os registros de remineralizadores e sua comercialização em todo o Brasil. Em 2022 a produção deste insumo superou os 3 milhões de toneladas. Até maio de 2023 havia 54 produtos registrados no MAPA, sendo o estado de Minas Gerais o principal produtor, e, o basalto a rocha mais explorada para a produção deste insumo (MARTINS et al., 2023).

Vasta literatura a respeito do assunto tem demonstrado que o uso deste insumo é eficiente e promove melhorias significativas em diversas propriedades químicas do solo, apresentando potenciais distintos a depender do material.

Do ponto de vista da nutrição, sabe-se que os remineralizadores apresentam potencial para o incremento dos teores de macro nutrientes como cálcio, magnésio, fósforo e potássio (LUCHESE et al., 2021; LUCHESE et al., 2023a; LUCHESE et al., 2023b; MARTINS et al., 2015; MANCUSO et al., 2014; MELO et al., 2012; RIBEIRO et al., 2010).

Os remineralizadores também têm auxiliado na correção ou manutenção do pH, que pode ocorrer tanto por meio da reação de óxidos de cálcio e magnésio existentes em alguns materiais, ou pelo consumo de H+ nas alterações que irão ocorrer nos silicatos, como na reação do microclínio, conforme explicitado por Curi, Kämpf e Marques (2005) (LUCHESE et al., 2021, 2023b; ANDA et al., 2013, 2015; MELO et al., 2012; SILVA et al., 2012).

Além de que é verificado aumentos na CTC de solos que recebem remineralizadores (DANIELL e TONDER, 2023; SILVA et al., 2017; TOSCANI e CAMPOS, 2017), devido as transformações dos minerais primários constituintes destas rochas, a exemplo da biotita, cujas transformações naturais nos processos intempéricos formam minerais secundários 2:1, como a vermiculita (MOHAMMED et al., 2014).

Todos estes benefícios que podem ser obtidos com a aplicação de remineralizadores tem resultado em respostas significativas no desenvolvimento de diversas culturas que propiciam melhorias em aspectos mensuráveis de crescimento vegetativo como Massa de Matéria Seca (MMS), altura, diâmetro que podem culminar com o ganho na produção destas culturas.

Diversas rochas atendem as necessidades químicas para serem utilizadas para a produção destes remineralizadores e têm sido objetos de estudos como basalto, diabásio, fenolito, fosforito, brecha, biotita chisto entre outras (ALOVISI et al., 2017; SILVA et al., 2017; MARTINS et al., 2015; SILVA et al., 2012; TOSCANI e CAMPOS, 2017).

Assim, respostas distintas são esperadas no solo com a aplicação de cada material registrado e comercializado, já que rochas distintas apresentam diferentes composições químicas e mineralógicas variando a liberação dos nutrientes, considerando que os minerais não apresentam as mesmas taxas de solubilidade, ou seja, intemperizam em velocidades diferentes (SWOBODA et al., 2022; LEWIS et al., 2021).

Estas diferenças promovem características específicas, mesmo quando comparamos a mesma rocha, que irão promover respostas diferentes no solo com basaltos por exemplo promovendo distinção nas taxas de liberação de P ou K (LUCHESE et al., 2021; LUCHESE et al., 2023b; LEWIS et al., 2021).

Somado as diferenças mineralógicas que afetam a liberação de nutrientes temos ainda a granulometria que pode interferir drasticamente na disponibilidade de determinado elemento. Neste quesito, materiais com granulometria mais fina tendem a apresentar maior disponibilização de nutrientes e como consequência produtos relativamente similares em composição podem gerar respostas distintas (SINGH et al., 2019; JENA et al., 2014).

Isto somado à diferenças significativas que existem tanto entre as rochas como dentro de uma mesma rocha, a depender de seu local de origem, gera a demanda de estudos específicos para cada material oriundo de uma mineração.

Com base no exposto o presente trabalho tem como objetivo avaliar o efeito da aplicação de remineralizador MINERSOLO® oriundo de rocha basáltica, em propriedades químicas do solo, desenvolvimento inicial de culturas de soja e milho, bem como na nutrição das culturas estudadas.

Material e métodos

Instalou-se 4 ensaios em casa de vegetação na Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, em Palotina (PR), com 2 produtos (remineralizador e calcário) e 2 culturas (soja e milho) em esquema fatorial 2 x 4 + 2 (2 solos - textura argilosa e arenosa; 4 doses: remineralizador 0, 33, 66 e 99 Mg ha⁻¹ e calcário 1, 2 e 4 Mg ha⁻¹) além das testemunhas com P_2O_5 e K_2O ha⁻¹ ambas na dose de 80 kg ha⁻¹.

Utilizou-se para o tratamento com remineralizador o material denominado MINERSOLO®, extraído da lavra da empresa Pedreira Conquista Ltda no município de Narandiba, São Paulo, Brasil.

A composição química e a granulometria estão apresentadas nas Tabelas 1 e 2. O Calcário utilizado foi o calcítico com 45% de CaO e 4% de MgO, PRNT de 72,5%.

Tabela 1. Composição química do pó de rocha utilizado no experimento por espectrometria de fluorescência de raios X.

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	PF*	Soma
51,29	11,72	15,55	9,20	5,47	1,06	2,23	2,61	0,24	0,27	0,31	99,95

^{*}Perda ao fogo

Tabela 2. Análise granulométrica por peneiramento do pó de rocha utilizado no experimento.

Abertura (mm)	4,75	2	0,85	0,3	<0,3
Massa Retida (%)	0	0,10	25,20	46,75	27,95

Os solos foram coletados, secos e peneirados sendo então dispostos nos vasos. Os tratamentos foram calculados para uma relação de volume sendo 1 ha correspondente a 2.000.000 de litros de solo.

Os solos escolhidos para o desenvolvimento do estudo foram coletados em subsuperfície (profundidade 0 - 0,20 m) em propriedades agrícolas do município de Guaíra-PR (média) e Cascavel-PR (muito argiloso) (Tabela 3).

Tabela 3. Análise química e granulométrica dos solos utilizados.

Textura	рН	Al³+	H+AI	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Р	C.O.	Areia	Silte	Argila
	CaCl ₂		cmol _c dm ⁻³					g kg ⁻¹		g kg ⁻¹	
Muito argilosa	4,9	0	5,74	2,9	1,1	0,20	1,30	22,6	274	113	612
Média	5,7	0	2,03	3,4	1,5	0,26	14,6	40,1	693	13	294

Os tratamentos foram incorporados ao solo em setembro de 2020, sendo que por um período de 60 dias estes vasos foram mantidos umedecidos para promover a reação dos tratamentos. Posteriormente, foi realizada a semeadura de 5 sementes de soja (Monsoy 6210) ou de milho (Morgan 618) nos respectivos vasos.

Aos 20 dias após a semeadura realizou-se o desbaste deixando apenas 2 plantas por vaso. O experimento foi irrigado manualmente todos os dias durante todo o período de condução do mesmo. Na cultura do milho, 21 dias após o plantio realizou-se uma adubação nitrogenada com ureia na dose equivalente a 100 kg de N ha⁻¹.

A colheita do experimento foi realizada em janeiro de 2021 constando com o corte da parte aérea das plantas e a coleta de solo. O material coletado foi seco em estufa de circulação forçada de ar a 50 °C por aproximadamente 48 h, com posterior pesagem (apenas tecido vegetal) e moagem para análise.

As avaliações de pH em CaCl₂ (potenciometria), P (espectrofotometria) e K (fotometria) em Mehlich I, Ca e Mg (volumetria) em KCl 1 M seguiram os procedimentos descritos por Pavan et al. (1992).

As amostras da parte aérea foram abertas pelo método de digestão sulfúrica, sendo determinado P por colorimetria e K por fotometria de chama (SILVA, 2009).

A análise estatística avaliou os solos em separado visto se tratar de solos com características distintas de textura e fertilidade.

Os dados para cada solo foram submetidos à análise de variância e as doses de cada produto e em cada cultura foram submetidas à análise de regressão.

Os dados de P e K determinados nos tratamentos testemunhas são apresentados como base de comparação do estado nutricional de uma planta com aplicação de fertilizantes solúveis e mesmo estádio de desenvolvimento.

Resultados e discussão

O desenvolvimento das plantas, avaliados no presente estudo pela variável de massa de matéria seca (MMS), demonstra que o uso de remineralizador promoveu ganhos na produção de MMS em ambas as culturas estudadas indiferente do solo em que foram cultivadas.

No caso da soja cultivada em solo de textura média os aumentos começam apenas a partir da dose 77 Mg ha⁻¹, e para o milho cultivado no solo de textura argilosa a maior MMS foi obtida pela dose de 62,9 Mg ha⁻¹ (Figura 1 A1 e C1). Verifica-se que ambas as culturas apresentaram melhor desenvolvimento no solo de textura média que apresentava melhor fertilidade inicial (Figura 1 A1 e C1, Tabela 3).

O aumento da MMS pelo uso de remineralizador é corroborada por outros autores como Resende et al. (2006) que observaram efeitos significativos da produção de massa seca de parte aérea em relação a testemunha para a soja em solo de textura muito argilosa testando diversos remineralizadores, ou Souza et al., (2017) que obteve também aumentos significativos da produção de massa seca da parte aérea do milheto, neste caso em um solo de textura arenosa.

A aplicação de calcário apenas apresentou resposta significativa no desenvolvimento das plantas de milho cultivadas no solo de textura muito argilosa, de menor fertilidade inicial (Figura 1 B1 e S1, Tabela 3).

A resposta apresentada pelo milho no solo argiloso que recebeu as doses de calcário pode estar relacionada a melhoria do pH do solo ocorrido neste conjunto de dados (Figura 1 D2). Como o pH do solo de textura muito argilosa apresentava valor de pH inicialmente caracterizados como médios (SBCS/NEPAR, 2017) (Tabela 3), esperava-se uma melhor resposta na MMS pelo calcário em ambas as culturas, acompanhando o aumento de pH, já esperado e que ocorreu em ambas as culturas e solos utilizados (Figura 1 A, B, C e D2).

Contudo o aumento de MMS só ocorreu, conforme apresentado, no milho cultivado no solo de textura muito argilosa (Figura 1 D1) onde o pH na cultura do milho tratado com ambos os materiais é menor em comparação aos solos semeados com a cultura da soja (Figura 1 A, B, C e D2). A redução do pH na cultura do milho é devido a aplicação de ureia, que não foi realizada na soja.

Esta acidificação advinda da adubação nitrogenada realizada no milho também favoreceu a resposta do pH do solo dos tratamentos que receberam remineralizador, que apresentou aumentos significativos em função das doses, o mesmo não ocorreu na soja que manteve pH menos ácidos em comparação ao milho (Figura 1 A2 e C2).

O aumento do pH é um parâmetro associado a ambos os materiais utilizados, sendo o calcário utilizado na agricultura como corretivo do solo e o remineralizador apresentando em diversos trabalhos aumentos nos valores de pH dos solos estudados (LUCHESE et al., 2021; SOUZA et al., 2017, TOSCANI e CAMPOS, 2017; MELO et al., 2012; SILVA et al., 2012; RIBEIRO et al., 2010).

Embora na análise dos óxidos realizada por fluorescência de raio-x apareçam valores de 9,2% de CaO e 5,47% de MgO (Tabela 1), isto não significa que estes elementos realmente estejam na forma de óxidos ou de carbonatos, podendo estes ser constituintes de outros minerais silicatados dos grupos dos plagioclásios, que somado as formas de feldspatos com o K como constituinte apresentam um menor efeito no pH do solo, com a liberação de OH^- e/ou consumo de H^+ no seu processo de intemperismo podendo ser exemplificada pela reação KAlSi $_3O_8$ + $H^+ \rightarrow$ HAlSi $_3O_8$ + K $^+$ (CURI, KÄMPF e MARQUES, 2005).

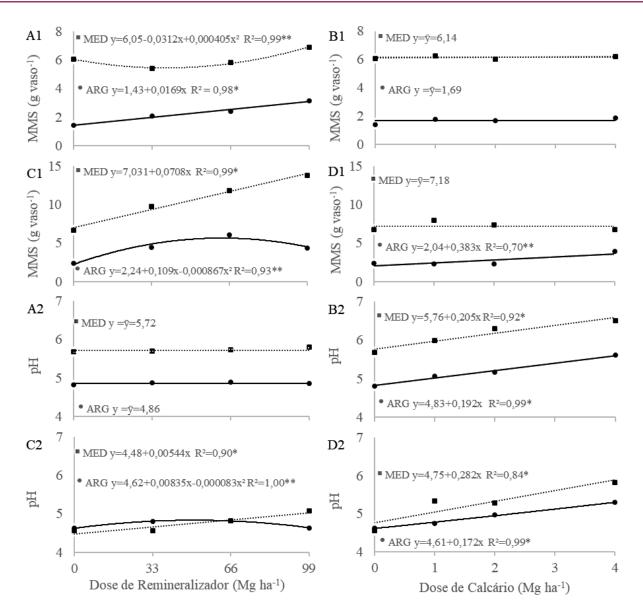


Figura 1. Massa de Matéria Seca (MMS) da parte aérea (1) e pH do solo (2) em função das doses dos materiais aplicados: A Remineralizador e B calcário na soja; C Remineralizador e D Calcário no milho; em solo textura média (MED) e muito argiloso (ARG). * e ** significativo a 1 e 5% de probabilidade respectivamente.

O pH pode justificar parcialmente o ganho da MMS na cultura do milho no solo de textura muito argilosa, que apresenta pH inicial caracterizados como baixos (SBCS/NEPAR, 2017), e sofreu ainda uma redução desta variável, contudo não a totalidade das respostas pois o remineralizador apresentou melhores efeitos na produção de MMS em comparação ao calcário e menores efeitos no pH dos solos (Figura 1).

Tanto a aplicação de remineralizador quando a do calcário propiciaram melhorias na fertilidade do solo ao final do cultivo em comparação ao tratamento testemunha como pode ser observado pelos aumentos significativos dos teores de Ca no solo independente se tratados com remineralizador ou calcário em ambas as culturas semeadas (Figura 2 A1, B1, C1 e D1).

Embora exista uma grande diferença de doses com o calcário sendo aplicado com uma dose final 24,75 vezes menor que o remineralizador, devemos levar em consideração que o calcário apresenta concentração de CaO 4,89 vezes maior que o remineralizador e que nem todo Ca do remineralizador estará na forma de carbonato, ou até mesmo se existirá algum Ca presente na forma de carbonato.

Assim, é importante ressaltar que o Ca presente no calcário está predominantemente na forma de carbonatos que são as formas mais solúveis, enquanto o Ca existente no remineralizador deve ser constituinte de minerais silicatados já que os plagioclásios Labradorita e Andesina constituem sili-

catos característicos de basaltos (BERGMANN et al., 2014), esta diferença nos constituintes garante uma major solubilidade do Ca do calcário.

O aumento dos teores de Ca no solo pelo remineralizador encontrados neste estudo corrobora a literatura sobre rochagem demonstrando que o cálcio é potencialmente liberado por estes materiais (LUCHESE et al., 2021; DA SILVA et al., 2017; MELO et al., 2012; SILVA et al., 2012; RIBEIRO et al., 2010).

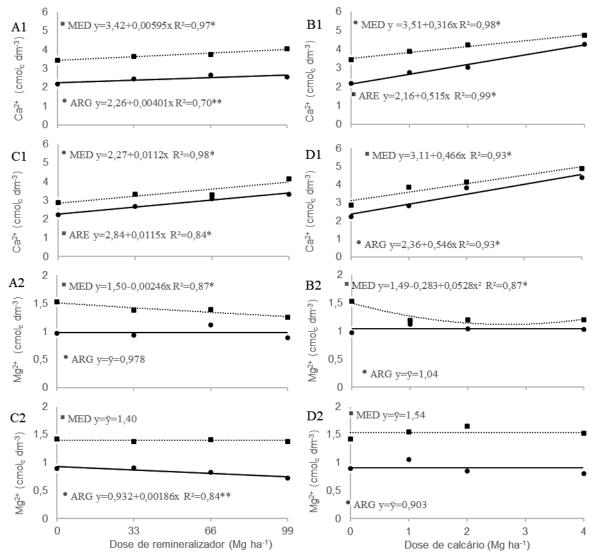


Figura 2. Teores de Cálcio (1) e Magnésio (2) no solo em função das doses dos materiais aplicados: A - Remineralizador e B calcário na soja; C – Remineralizador e D calcário no milho; em solo de textura média (MED) e muito argiloso (ARG). * e ** significativo a 1% e 5% respectivamente.

Diferente do Ca, os teores de Mg no solo não apresentaram incrementos em nenhuma das situações estudadas. Houve reduções significativas do Mg nos solos de textura média cultivados com soja, tratado com ambos os materiais, ou, no caso do solo de textura argilosa, tratado com remineralizador e cultivado com milho (Figura 2 A2, B2 e C2).

Podemos associar a falta de resposta ou resposta negativa nos teores de Mg no caso do calcário, ao tipo de calcário aplicado, neste caso um calcário calcítico que apresenta apenas 4% de MgO, sendo insuficiente para manter os níveis de Mg no solo principalmente no caso do solo de textura média, que promoveu os maiores ganhos de MMS se comparados ao solo de textura muito argilosa (Figura 1 B1 e Figura 2 B2).

O remineralizador, embora apresente teores de MgO maiores do que os apresentados pelo calcário, 5,47 e 4,0% respectivamente, e mesmo sendo aplicado em doses bem superiores, também não foi capaz de apresentar incrementos significativos de Mg no solo, promovendo somente, da mes-

ma forma que o calcário, a redução dos teores de Mg no solo para o cultivo da soja em solo de textura média e ainda apresentou reduções dos teores de Mg no solo de textura muito argilosa cultivado com milho (Figura 2 A2, B2 e C2).

Comparando os teores de Mg aplicados, 160 kg na dose de 4 Mg ha⁻¹ no calcário e 5.425 kg pela dose de 99 Mg ha⁻¹ no remineralizador, poder-se-ia esperar respostas mais expressivas pelo remineralizador. Entretanto o Mg do calcário ocorre predominantemente na forma de carbonatos, que são mais solúveis que as formas silicatadas dos minerais do remineralizador, sendo pouco liberado o Mg pelo remineralizador no período do presente estudo.

A disponibilização de Mg para o solo por remineralizadores tem apresentados resultados distintos, sendo que embora alguns autores tenham obtido incrementos dos teores de Mg no solo com a aplicação de remineralizadores (MELO et al., 2012; RESENDE et al., 2006), ocorrem trabalhos que também não verificam incrementos, ou apresentam até mesmo reduções nestes teores como no presente estudo (RIBEIRO et al., 2010; LUCHESE et al., 2021).

Assim demonstra-se que para este nutriente a aplicação de remineralizadores pode ou não exercer efeito significativo, que irá depender muito dos minerais existentes que possibilitarão o fornecimento deste nutriente ao solo e a concentração de cada um dos minerais.

Cabe ressaltar que existe preferência na liberação dos elementos de minerais silicatados na ordem: CaO > MgO > Al(OH)3 > FeOOH > Si2; isto associado com a formação de minerais secundários faz com que a taxa de liberação de nutrientes não seja linear e uniforme (OELKERS, 2001).

Ambos os solos avaliados apresentavam teores de P no solo considerados inadequados para o desenvolvimento das culturas, sendo que o solo de textura média apresentava inicialmente concentrações de P consideradas como média, enquanto o solo muito argiloso apresentava concentrações muito baixas deste nutriente (SBCS/NEPAR, 2017) (Tabela 3).

Os teores de P no solo para os tratamentos com remineralizador influenciaram nos ganhos obtidos de MMS, pois verifica-se que no solo de textura muito argilosa, com teor inicial muito baixo, ocorreram incrementos significativos para a concentração de P no solo, elevando o nível de muito baixo para alto em ambas as culturas estudadas (Figura 3 A1 e C1)

Embora a literatura demonstre que pode ocorrer a liberação de P pelo aumento do pH promovido pelo calcário (VIVIANI et al., 2010), no solo de textura muito argilosa em ambas as culturas não foram verificados incrementos dos teores de P dos solos (Figura 3 B1 e D1), mantendo este elemento em concentrações muito baixas no solo. Este fato pode ter impedido mesmo com a melhoria nas condições de pH (Figura 1 B2 e D2), um crescimento mais expressivo das culturas estudadas (Figura 1 B1 e D1).

A aplicação de remineralizador também promoveu incrementos nos teores de P no solo de textura média, elevando, os teores iniciais que eram considerados médios para teores considerados muito altos, da mesma forma que ocorreu no solo de textura muito argilosa (SBCS/NEPAR, 2017).

Neste solo para ambas as culturas os resultados são igualmente melhores dos que obtidos pela aplicação de calcário visto que embora tenham ocorrido aumentos nos teores de P pela aplicação do calcário estas foram pequenas e com a redução inclusive dos teores de P iniciais quando se observa a cultura do milho no solo de textura média (Figura 3 B1 e D1).

É importante ressaltar que a aplicação de remineralizador promoveu teores de P no solo superiores aos teores propiciados pela aplicação da dose de 80 kg ha⁻¹ de P2O5 para ambas as culturas e solos, o mesmo não ocorreu com os tratamentos que receberam a aplicação de calcário que se mantiveram sempre abaixo da testemunha adubada com P (Figura 3 A1, B1, C1 e D1)

O forte efeito do remineralizador nos teores de P no solo podem estar associados a dois outros fatores, que não do pH, que seriam a entrada de óxido de silício no sistema que competiria com os sítios de adsorção do fosfato (ALLEONI et al., 2019), e a disponibilização direta de P visto que, mesmo com as baixas concentrações de P do material (Tabela 1), quando aplicados em altas doses promovem um aporte significativo.

O aumento no teor de P do solo pela aplicação de pó de rochas ígneas também foi observado por outros autores, tanto quando avaliado por Mehlich I (LUCHESE et al., 2021, SILVA et al., 2012;

SILVA et al., 2011; RIBEIRO et al., 2010), quando avaliado por resina (MARTINS et al., 2015; RESENDE et al., 2006).

Para a cultura da soja, em ambos os solos tratados com remineralizador, os aumentos dos teores de P no solo foram acompanhados por um incremento significativo dos mesmos da concentração do nutriente no tecido vegetal, que por consequência, associado ao aumento da MMS das plantas resultou numa maior exportação de P pela cultura. (Figura 1 A1, Figura 3 A1, A2 e A3).

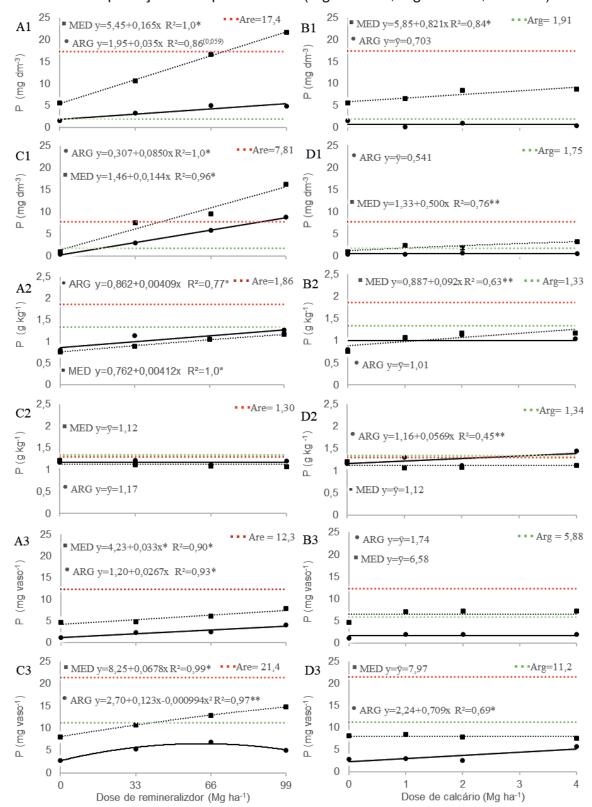


Figura 3. Teores de P no solo (1), tecido foliar (2) e extraído (3) em função das doses dos materiais aplicados: A - Remineralizador e B calcário na soja; C - Remineralizador e D calcário no milho; em solo de textura média (MED) e muito argiloso (ARG). e Testemunha P_2O_5 . * e ** significativo a 1% e 5% respectivamente.

Ainda se observa que no caso da cultura da soja tratada com remineralizador embora os teores de P no tecido vegetal no solo muito argiloso tenham se assemelhado na maior dose ao tratamento testemunha adubada com P, no caso do solo de textura arenosa o mesmo não ocorreu sendo os teores no tecido inferiores aos valores apresentados pela testemunha adubada. (Figura 3 A2), acompanhando, contudo, os teores obtidos pelo solo de textura argilosa.

Ao contrário da cultura da soja, para o milho, os aumentos observados dos teores de P no solo pelas doses crescentes de remineralizador não promoveram aumento dos teores do mesmo no tecido vegetal (Figura 3 C1 e C2).

Podemos aferir, visto que as testemunhas adubadas com P, em ambos os solos, tiveram valores um pouco acima dos observados nos tratamentos com remineralizador, que teores próximos a 1,3 Mg kg⁻¹ de P, nas condições do experimento, seriam teores considerados adequados para a cultura do milho.

Mesmo com a manutenção dos teores de P no tecido vegetal do milho, em ambos os solos ocorreu aumento da extração do nutriente, e mesmo assim observou-se aumento dos teores do nutriente no solo (Figura 3 C1, C2 e C3). Em ambas as culturas, quando tratadas com calcário as respostas na disponibilização de P foram mais pontuais.

O aumento verificado nos teores do solo arenoso, somente promoveu incrementos nos teores foliares da cultura da soja, ficando estes teores da mesma forma que com a aplicação de remineralizador bem abaixo dos apresentados pela testemunha adubada com P. E mesmo com aumentos nos teores de P no solo e no tecido vegetal não foi observado aumento da extração do nutriente.

Para o solo de textura muito argilosa tratado com calcário mesmo não ocorrendo o aumento dos teores no solo de P, pelo menos na cultura do milho observou-se melhor resposta dos teores deste nutriente no tecido vegetal, que associado ao aumento da produção de MMS promoveu uma maior extração deste nutriente. Esta maior extração pode ter sido o motivo para não ter sido observada aumentos no solo, ao contrário do que ocorreu no solo de textura média (Figura 1 D1; Figura3 D1, D2 e D3).

Esta distinção nos aumentos dos teores de P no tecido vegetal da soja em relação ao milho também é observado por outros autores. Luchese et al. (2021), trabalhando da mesma forma com a aplicação de remineralizador em duas culturas e 2 solos de texturas distintas, também obtiveram respostas significativas para os teores de P no tecido vegetal para a cultura da soja e não obtiveram respostas para a cultura do milho, isto para ambos os solos estudados.

O Potássio constituía inicialmente um limitante apenas para o solo de textura muito argilosa sendo que neste solo seus teores iniciais são considerados médios. No solo de textura média, os níveis de K são considerados altos e certamente não limitam o desenvolvimento da cultura (Tabela 3) (SBCS/NEPAR, 2017).

A aplicação de calcário não promoveu nenhuma melhoria com relação as variáveis analisadas ligadas ao K em nenhum dos solos para nenhuma das culturas estudadas. As únicas respostas significativas observadas foram para o solo muito argiloso a redução dos teores de K no solo cultivado com soja e o aumento da extração do nutriente quando cultivado com milho e para o solo de textura média uma redução na extração do K pela cultura do milho (Figura 4 B1 e D3).

Esta baixa influência do calcário com relação ao nutriente K era esperada visto que este nutriente não está presente na constituição do material e não tivemos uma melhora expressiva do desenvolvimento das plantas promovido pela aplicação deste material. Entretanto, a aplicação de remineralizador proporcionou algumas respostas com relação ao K, evidenciando que este promoveu uma pequena liberação deste nutriente.

Observa-se que para a cultura da soja e do milho no solo de textura média ocorre um aumento dos teores de K no solo. Os incrementos na cultura da soja ocorreram até a dose de 46 Mg ha⁻¹, assemelhando-se aos teores encontrados no tratamento testemunha com adubação de K₂O, no caso da cultura do milho estes incrementos foram lineares (Figura 4 A1 e C1).

A maior diferença entre as culturas está relacionada ao fato de que enquanto para a soja ocorreram aumentos nos teores iniciais de K para ambos os solos, no milho os teores, embora crescentes,

ficaram abaixo dos teores iniciais para ambos os solos, fato que ocorreu inclusive para a testemunha adubada com K para o solo de textura média (Figura 4 A1 e C1).

A redução dos teores iniciais de K de forma diferente para as culturas é explicado quando é observado a diferença de extração destas que foram maiores em ambos os solos na cultura do milho (Figura A3 e C3). Esta maior extração de K pela cultura do milho de forma significativa a ponto de promover reduções dos teores de K inicial em solos é corroborada pela literatura (LUCHESE et al., 2021).

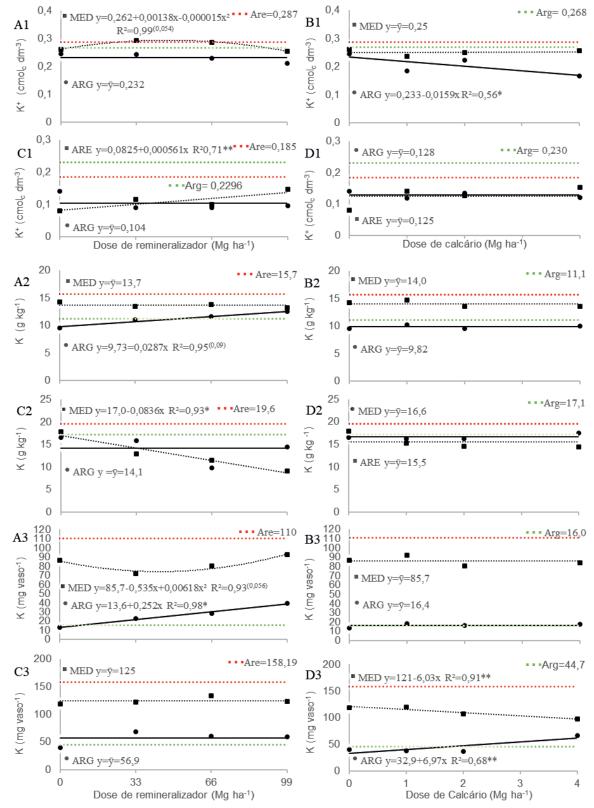


Figura 4. Teores de K no solo (1), tecido foliar (2) e extraído (3) em função das doses dos materiais aplicados: A- Remineralizador e B calcário na soja; C – Remineralizador e D calcário no milho; em solo de textura média (MED) e muito argiloso (ARG). e Testemunha K,O. * e ** significativo a 1 e 5% respectivamente.

Embora o solo de textura muito argilosa não tenha apresentado aumentos significativos, pode-se considerar que ocorreu uma liberação deste nutriente pelo remineralizador, pois observa-se que ocorreram aumento dos teores de K no tecido da parte aérea da soja acompanhado do aumento da extração deste nutriente pela cultura. Neste caso, ambas as variáveis inclusive, atingem valores maiores dos apresentados pela testemunha adubada (Figura 4 A1, A2 e A3).

Embora ocorram trabalhos onde não é observado aumento significativo de K no solo com a aplicação de remineralizador oriundo de rocha basáltica (TOSCANI e CAMPOS, 2017), outros trabalhos têm demonstrado a disponibilização de K por rochas silicáticas máficas/ultramáficas, em períodos relativamente curtos de interação solo/remineralizador (SILVA et al., 2012; RIBEIRO et al., 2010).

Silva et al. (2012) descrevem que o K liberado pelos feldspatos que ocorrem em rochas máficas/ultramáficas, não é prontamente trocável devido a fortes ligações deste com os tetraedros de SiO4- e AlO4- compensando as cargas deficientes que ocorrem na estrutura destes minerais. Assim a liberação de K pode não ser rápida e o seu aumento no solo pode depender também das taxas de extração da cultura.

Conclusão

O remineralizador promoveu ganhos significativos de MMS em função das doses aplicadas tanto para soja quanto para o milho em ambos os solos estudados. Em contrapartida, respostas significativas do calcário só ocorreram para a cultura do milho no solo de textura muito argilosa que possui menor fertilidade e pH mais ácido.

O remineralizador aumentou os valores de pH de ambos os solos quando cultivados com milho, mesmo com a aplicação de ureia que acidificou os mesmos. O calcário dentro de sua característica de corretivo de acidez do solo promoveu aumentos do pH do solo em todas as situações avaliadas.

No quesito dos macronutrientes catiônicos bivalentes, tanto o calcário quanto o remineralizador promoveram aumentos significativos nos teores de Ca em ambos os solos para ambas as culturas.

Contudo, é evidente que a baixa concentração de Mg do calcário calcítico e a disponibilização mais lenta deste nutriente no remineralizador, não propiciaram aumentos deste nutriente ao solo. Pelo contrário em algumas situações ocorreu a redução do mesmo.

O P é muito impactado pela aplicação do remineralizador ocorrendo aumentos deste nutriente de forma expressiva no solo, mesmo com o aumento da extração do nutriente pelas plantas cultivadas. O calcário, mesmo existindo uma relação na disponibilidade de P com pH do solo, acabou por exercer pequena influência a respeito da disponibilização deste nutriente.

A liberação de K pelo remineralizador ocorre de forma lenta, a ponto de não ser suficiente no período avaliado deste material, de manter os teores do nutriente no solo quando cultivado com culturas de grande extração como no caso do milho. A disponibilização de K pelo remineralizador ficou mais evidente no solo de textura média.

Referências

- ALLEONI, L.R.F; MELLO, J.W.V.; ROCHA, W.S.D. Eletroquímica, adsorção e troca iônica no solo In: **Química e mineralogia do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2019. 1381 p.
- ANDA, M.; SHAMSGUDDIN, J.; FAUZIAH, C.I. Improving chemical proprieties of a highly weathered soil usind finely ground basalt rocks. **Catena**, 2015, 124, 147-161. https://doi.org/10.1016/j.catena.2014.09.012
- ANDA, M.; SHAMSHUDDIN, J,; FAUZIAH, C.I. Increasing negative charge and nutrient contents of a highly weathered soil using basalt and rice husk to promote cocoa growth under field conditions. **Soil and Tillage Research**, v. 32, p. 1-11, 2013. https://doi.org/10.1016/j.still.2013.04.005
- ALOVISI, A.M.T.; FRANCO, D.; ALOIVISI, A.A.; HARTMANN, C.F.; TOKURA, L.K.; DA SILVA, R.S. Atributos de fertilidade do solo e produtividade de milho e soja influenciados pela rochagem. **Acta Iguazu**, v.6 n.5, p. 57-68, 2017.

- BERGMANN, M.; SILVEIRA, C.A.P.; BAMBERG, A.L.; MARTINAZZO, R.; GRECCO, M.F. Considerações sobre o potencial de uso agronômico das rochas vulcânicas da Formação Serra Geral da Bacia do Paraná. In: HARTMANN, L.A.; SILVA, J.T.; DONATO, M. (Org.). **Tecnologia e Inovação em Gemas, Jóias e Mineração**. Porto Alegre: UFRGS, 2014, p. 119-126.
- BRASIL. (2016). **Instrução Normativa No 5**, de 10 de março de 2016. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Gabinete da Ministra. http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agrope-cuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-5-de-10-3-16-remineralizadores-e-substratos-para-plantas.pdf
- CURI, N.; KÄMPF, N.; MARQUES, J.J. Mineralogia e formas de potássio em solos do Brasil. In: YAMADA, T. e ROBERTS, T.L. **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p.71-92, 2005.
- DANIELL, A.; VAN TONDER, D.M. Opportunity for Increasing the Soil Quality of Non-arable and Depleted Soils in South Africa: a Review. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, 2023. https:// doi. org/ 10. 1007/s42729-023-01205-7
- JENA, S.K.; DHAWAN, N.; RAO, D.S.; MISRA, P.K.; MISHRA, B.K.; DAS, B. Studies on extraction of potassium values from nepheline syenite, **International Journal of Mineral Processing**, v 133, p 13-22, 2014, https://doi.org/10.1016/j.minpro.2014.09.006.
- LEWIS, A.L.; SARKAR, B.; WADE, P.; KEMP, S.J.; HODSON, M.E.; TAYLOR, L.L.; YEONG, K.L.; DAVIES, K.; NELSON, P.N., BIRD, M.I.; KANTOLA, I.B.; MASTERS, M.D.; DELUCIA, E.; LEAKE, J.R.; BANWART, S.A.; BEERLING, D.J. Effects of mineralogy, chemistry and physical properties of basalts on carbon capture potential and plant-nutrient element release via enhanced weathering. **Applied Geochemistry**, v. 132, p. 105023, 2021. https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2021.105023
- LUCHESE, A.V.; PIVETTA, L.A.; BATISTA, M.A.; STEINER, F.; GIARETTA, A.P.S.; CURTIS, J.C.D. Agronomic feasibility of using basalt powder as soil nutrient remineralizer. **African Journal of Agricultural Research**, 17, 487-497, 2021. https://doi.org/10.5897/AJAR2020.15234
- LUCHESE, A.V., LEITE, I.J.G.C.; GIARETTA, A.P.S.; ALVES, M.L; PIVETTA, L.A.; MISSIO, R.F. Use of quarry waste basalt rock powder as a soil remineralizer to grow soybean and maize. **Heliyon**, 2023a. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14050
- LUCHESE, A.V., LEITE, I.J.G.C, ALVES, M.L. VIECELE, J.P.S; PIVETTA, L.A.; MISSIO, R.F. Can Basalt Rock Powder be Used as an Alternative Nutrient Source for Soybeans and Corn? **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, 2023b. https://doi.org/10.1007/s42729-023-01322-3
- MANCUSO, M.A. SORATTO, R.P.; CRUSCIOL, C.A.C.; CASTRO, G.S.A. Effect of potassium sources and rates on arábica coffee yeld, nutrition, and macronutrient export. Revista Brasileira de Ciência do Solo, n. 38, p. 1448-1456, 2014.
- MARTINS, E.S.; THEODORO, S.H.; BERNARDEZ, F.F.G.; SIQUEIRA, D.S.; CAIXETA, A.P.; CURTIS, J.C.D.; LUCHESE, A.V. Produção brasileira de remineralizadores e fertilizantes naturais 2019-2022. **Revista Novo Solo**, Número 1 volume 3, 10-19, 2023.
- MARTINS, V.; SILVA, D.R.G.; MARCHI, G.; LEITE, M.C.A.; MARTINS, É.S.; GONÇALVES, A.S.F.; GUILHER-ME, L.R.G. Effect of alternative multinutrient sources on soil chemical proprieties. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 194-204, 2015.
- MELO, V.F.; UCHÔA, A.C.P.; DIAS, F.O.; BARBOSA, G.F. Doses de basalto moído nas propriedades químicas de um Latossolo Amarelo distrófico da savana de Roraima. **Acta Amazônica**, v. 42, n. 4, 471 476, 2012.
- MOHAMMED, S.M.O., BRANDT, K.; GRAY, N.D.; WHITE, M.L.; MANNING, D.A.C. Comparison of silicate minerals as sources of potassium for plant nutrition in sandy soil. **European Journal of Soil Science**, n. 65, p. 653-662, 2014.
- OELKERS, E. General Kinetic Description of Multioxide Silicate Mineral and Glass Dissolution. **Geochimica Et Cosmochimica Acta**, v. 65, n. 21, p. 3703-3719, 2001.
- PAVAN, M.A.; BLOCH, M.F.; ZEMPULSKI, H.C.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D.C. Manual de análise química de solo e controle de qualidade. Circular Técnica nº 76, 1992, 38 p.
- RESENDE, A.V.; MACHADO, C.T.T.; MARTINS, É.S.; DE SENA, M.C.; DO NASCIMENTO, M.T.; SILVA, L.C.R.; LIONHARES, N.W. Rochas como fontes de potássio e outros nutrientes para culturas anuais. **Espaço & Geografia**, v. 9, n. 1, p 135-161, 2006.
- RIBEIRO, L.S.; DOS SANTOS, A.R.; SOUZA, L.F.S. Rochas silicáticas portadoras de potássio como fontes do nutriente para as plantas solo. **Revista Brasileira de. Ciência do Solo**, 34:891-897, 2010.
- SBCS/NEPAR. **Manual de adubação e calagem para o Estado do Paraná**. Curitiba: SBCS/NEPAR, 2017. 482 p.

- SILVA, A.; PEREIRA, T.; COELHO, C.M.M.; DE ALMEIDA, J.A.; SCHMITT, C. Teor de fitato e proteína em grãos de feijão em função da aplicação de pó de basalto. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v.33 n. 1, p. 147-152, 2011.
- SILVA, D.R.G.; MERCHI, G.; SPEHAR, C.R.; GUILHERME, L.R.; REIN, T.A.; SOARES, D.A.; ÁVILA, F.W. Characterization and Nutrient Release from Silicate Rocks and Influence on Chemical Changes in Soil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 951-962, 2012.
- SILVA, F.C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** 2 ed. Brasília: Embrapa informação Tecnológica, 2009, 627 p.
- SILVA, R.C; CURY, M.E.; IEDA, J.J.C.; SERMARINI, R.A.; DE AZEVEDO, A.C. Chemical atributes of a remineralized oxisol. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 47, n 11, 2017.
- SINGH, Y.P; TANVAR, H.; KUMAR, G.; DHAWAN, N. Investigation of planetary ball milling of sericite for potash recovery, **Powder Technology.** v. 351, p. 115-121, 2019. https://doi.org/10.1016/j.powtec.2019.04.013.
- SOUZA, F.; OLIVEIRA, C.G.; MARTINS, E.S.; ALVES, J.M. Efeitos condicionador e nutricional de um remineralizador de solos obtido de resíduos de mineração. **Agri-environmental Sciences** 3, 1-14, 2017.
- SWOBODA, P.; DÖRING, T.F.; HAMER, M. Remineralizing soils? The agricultural usage of siliate rock powders: A review. **Science of the Total Environment**. 807, 3, 2022.
- TOSCANI, R.G.S.; CAMPOS J.E.G. Uso de pó de basalto e rocha fosfatada como remineralizadores em solos altamente intemperizados. **Geociências**, v. 36, n. 2, p. 259 274, 2017.
- VIVIANI, C.A.; MARCHETTI, M.E.; VITORINO, A.C.T; NOVELINO, J.O.; GONÇALVES, M.C. Disponibilidade de fósforo em dois Latossolos argilosos e seu acúmulo em plantas de soja, em função do aumento do pH. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 1, p. 61-67, 2010.

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

DOI 10.29327/5345677.2-5

Juliano Vieira Almeida¹ Frederico Fonseca da Silva² Alexandre Machado Fernandes³

Resumo: A descoberta de novas fontes de energia, principalmente de origem limpa, é um elemento muito importante no processo de crescimento econômico de uma empresa aliado ao controle ambiental, tanto através de diminuição de consumo e gastos do modelo convencional, quanto na necessidade de se aprimorar no quesito sustentabilidade. O agronegócio é um setor que abastece a economia do país e utiliza energia a níveis altos. Com isso, se observa a oportunidade de aliar uma diminuição de gastos com o uso da energia solar, que está disponível naturalmente, gerando oportunidades em todos os sentidos para o negócio. Essa implantação pode gerar muitos benefícios, mas também muitos desafios, onde se é necessário planejar e integrar seus recursos produtivos, de forma organizada, para atender a necessidade de produção e da empresa em si. Com isso se entende que é importante estudar sobre como ofertar essa energia e de que forma pode contribuir positivamente sem alterar a capacidade de lucro com o uso da energia convencional. Trata-se de um estudo de caso, de caráteres exploratório e bibliográfico, desenvolvido com base em dados obtidos de fontes primárias e secundárias, na qual teve como foco abordar os benefícios e dificuldades da implantação de energia fotovoltaica em uma empresa do agronegócio, bem como demonstrar o impacto e de que maneira essa implantação pode se tornar um grande diferencial competitivo no segmento.

Palavras-chave: Agronegócio, Desenvolvimento Sustentável, Energia Solar

IMPACT OF PHOTOVOLTAIC CELLS INSTALLATION IN AGRIBUSINESS ENTERPRISE FROM GOIAS SOUTHWEST

abstract: The discovery of new sources of energy, mainly of clean origin, is a very important element in the process of economic growth of a company combined with environmental control, both through the reduction of consumption and expenses of the conventional model, as well as the need to improve in terms of sustainability issue. Agribusiness is a sector that supplies the country's economy and uses energy at high levels. With this, there is an opportunity to combine a reduction in expenses with the use of solar energy, which is naturally available, generating opportunities in every way for the business. This implementation can generate many benefits, but also many challenges, where it is necessary to plan and integrate its productive resources, in an organized way, to meet the production needs and the company itself. With this, it is understood that it is important to study how to offer this energy and how it can contribute positively without changing the profit capacity with the use of conventional energy. This is an exploratory and bibliographical case study, developed based on data obtained from primary and secondary sources, which focused on addressing the benefits and difficulties of implementing photovoltaic energy in an agribusiness company, as well as demonstrate the impact and how this implementation can become a major competitive advantage in the segment.

Key words: Agribusiness, Sustainable Development, Solar Energy

^{1 -} Graduado em Administração com Habilitação em Gestão de Agronegócios, FAR - Faculdade Almeida Rodrigues; Especialista em MRA em Agronegócio e Agroindústria. Email juliano, vieira, almeida@hotmail.com

MBA em Agronegócio e Agroindústria. Email. juliano_vieira_almeida@hotmail.com

2 - Professor, Orientador e Pesquisador do IFPR - Instituto Federal do Paraná, Doutor em Irrigação e Meio Ambiente. ORCID 0000-0003-2817-6983. Email: frederico.silva@ifpr.edu.br

^{3 -} Professor, Orientador e Pesquisador do IFPR -Instituto Federal do Paraná, Mestre em Administração pela Universidade Federal do Paraná – UFPR, ORCID 0000-0002-1005-6169, Lattes: http://lattes.cnpq.br/7123791883265745. E-mail: alexandre.fernandes@ifpr.edu.br

1 Introdução

De acordo com Silveira (2012) a demanda de energia elétrica no Brasil iria crescer a uma taxa de 4,8% ao ano, com um crescimento de 274 mil GWh até 2020, sendo necessária a inserção de mais fontes alternativas de energia no cenário brasileiro para o suprimento da necessidade que vem crescendo com o passar dos anos.

Galdino et al. (2000) afirmaram que esse crescimento faz com que o setor demande cada vez mais energia elétrica para realizar suas atividades, principalmente onde há muita automação, motores e máquinas em geral, como secadoras de grãos e pivôs de irrigação, segmentos esses ligados diretamente ao Agronegócio.

Conforme a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), o setor de agronegócio no Brasil constituiu, em 2017, cerca 23,5% do Produto Interno Bruto (PIB) do país, a maior participação em 13 anos (ABAG, 2017).

Uma grande empresa de agronegócio consome muita energia elétrica, e o alto custo pode se tornar um incentivo ao uso de sistemas alternativos para geração dessa energia, reduzindo tanto o custo quanto o impacto ambiental. Um exemplo é o sistema fotovoltaico, que possui baixo custo pela menor incidência tributária e que, comparado aos benefícios financeiros, pode ser amortizado em períodos mais curtos de tempo e proporcionando maior retorno financeiro e uma vantagem econômica, aliado ao cuidado ambiental (GALDINO et al., 2000).

Barbieri (2004a) define o termo gestão ambiental como atividades e planejamentos que visam obter efeitos positivos sobre o meio ambiente, tentando reduzir ou eliminar os danos causados pelas pessoas. De um lado se tem a necessidade da prosperidade econômica e bem-estar humano e, no outro, as questões ambientais.

O dimensionamento do sistema fotovoltaico deve visar atender as condições mínimas de funcionamento e intempéries. Esse avanço também poderá auxiliar na diversificação da matriz energética brasileira, viabilizando uma alternativa de baixo custo para aqueles que buscam utilizar energia solar em suas residências e empresas (YAHYAOUI et al., 2014).

O constante desenvolvimento do setor industrial mundial, somado ao aumento da utilização de equipamentos eletrônicos fizeram com que a demanda de energia elétrica aumentasse de forma exponencial nas últimas décadas, ocasionando gargalos nos sistemas de geração de energia (MIRANDA, 2003).

Com isso, de acordo com a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR, 2016), veio o interesse comum em fontes alternativas de energia no desenvolvimento de sistemas com base em fontes renováveis.

Como a matriz energética brasileira é composta, em grande parte, por fontes hidrelétricas, que utilizam a água para gerar eletricidade, conforme dados do EPE (2019), o fenômeno de escassez poderia causar apagões em algumas regiões do país. Uma das opções que mais vem dando resultado é a da energia distribuída, sem a dependência de extensas redes de distribuição. E como são de fácil e rápido acionamento, podem em poucos minutos começar a gerar energia durante um apagão.

Com isso se vê a importância em adotar novas formas de gerar energia que possam suportar a alta demanda energética proveniente do parque industrial do país. Nesse cenário, acompanhar as mudanças do setor energético buscando a geração distribuída pode ser uma alternativa, de acordo com CHP BRASIL (2017) e com esse tipo de geração, além de se proteger contra possíveis apagões, os consumidores também conseguem economizar no custo da energia, aumentando a eficiência de sua operação.

A questão ambiental tem forçado ao homem revisar sua relação com o meio ambiente, até nas escolas tem se defendido esse tema, de acordo com Carvalho (2004). Nesse sentido, Belmonte (2004) defende que o enfoque do debate público sobre a questão ambiental, não seja superficial, colocando o meio ambiente como um tema necessário à educação,

O número de pessoas preocupadas em comprar produtos ou adquirir serviços de empresas que sejam ecologicamente corretos tem aumentado, conforme dados apresentados por Barbieri (2004b).

O movimento de pessoas envolvidas com o desenvolvimento sustentável tomou grandes proporções, pressionando governos e empresas a tentarem se adequar, pois, mesmo tendo um produto de alta qualidade, a questão ambiental é muito considerada pelos mercados compradores, fazendo com que as empresas, independente do setor, tentem melhorar sua imagem para aumentar sua demanda (ROMEIRO et al., 2001).

É necessário entender sobre a eficiência do painel para converter a energia solar captada em energia elétrica, em que sua vida útil é o tempo de vida do painel, ou seja, o tempo em que este tem capacidade de absorção de energia, aproximadamente 25 anos. A variabilidade de captação dependendo da região deve ser estudada, pois depende de todo um contexto sobre o clima, conforme Mir-Artiques e Del-Rio (2014).

A matriz energética mundial se baseia em geração hidráulica e geração térmica, mas esses modos são os que mais causam algum tipo de agressão ao meio ambiente, na flora e fauna e emissão de gases, principalmente, CO e CO2, de acordo com Tyagi et al. (2013).

Frente a isso, Schiermeier et al. (2008) mostram que a energia solar vem de encontro com a necessidade de gerar eletricidade limpa, convertendo a radiação solar em energia elétrica, podendo ser considerada como uma das mais promissoras na geração de eletricidade isenta de carbono.

O Brasil recebe a radiação solar praticamente o ano todo e isso faz com que seja um país com alto potencial de produção de energia (MME, 2017). Apesar desse potencial, ainda são poucos que utilizam o sol, o índice de participação na matriz energética nacional, mesmo que crescente, é pequeno (ANEEL, 2017).

A energia fotovoltaica é considerada como inesgotável, pois é uma forma onde se utilizam os raios solares, o que pode ser considerado uma vantagem desse sistema energético renovável que é baseado em painéis compostos de células fotovoltaicas, que captam a energia da luz solar e produzem corrente elétrica (GALDINO et al., 2000).

O presente trabalho visa mostrar os benefícios da implantação de placas fotovoltaicas em uma empresa que atua no ramo de Armazéns Gerais e Unidade de Beneficiamento de Sementes (UBS), no município de Rio Verde (GO), onde se há o beneficiamento de sementes de soja, com capacidade de produzir 720.000 sacos de 40 Kg por ano. A empresa tem a necessidade de uso de alta tecnologia, portanto, há um alto gasto energético.

2 Fundamentação teórica

2.1 As placas fotovoltaicas

A concepção da utilização da energia solar para produção de energia elétrica, surgiu em 1839, quando Becquerel, descobriu o efeito fotovoltaico observando suas experiências eletrolíticas. Em seus experimentos, ele percebeu que se gerava mais eletricidade quando a célula eletrolítica era exposta à luz solar, o efeito fotovoltaico (PROCI, 2004; PINHO e GALDINO, 2014).

Com relação à geração de eletricidade, de acordo com o CCEE (2018), a matriz energética brasileira é fortemente baseada em fontes renováveis, isso faz o país se destacar, predominando a hidroeletricidade e da biomassa proveniente da cana-de-açúcar e, hoje em dia, já tem se destacado as fontes eólica e solar.

Segundo Simioni (2006), a energia fotovoltaica é uma forma de energia onde se aproveitam os raios solares, estes incidem sobre placas coletoras e convertem em energia, através de uma reação química, podendo ser utilizada diretamente, armazenada em baterias ou depositada na rede de distribuição.

O armazenamento de energia em baterias, de acordo com Caneppele e Seraphim (2010), é uma forma de geração alternativa de energia quando da ausência da luz, pois sua geração é somente durante o dia.

Essas baterias recebem, armazenam e fornecem energia em forma de corrente contínua, diferente das empresas fornecedoras de energia elétrica, que fornecem em corrente alternada (FONSECA, 2016).

Usinas sucroalcooleiras e residências que utilizam placas fotovoltaicas têm como vantagem a diminuição das perdas nas linhas de transmissão, mas pode ocorrer alguns casos com variação na tensão, o que, segundo Oshiro et al. (2010), podem causar sérios problemas aos equipamentos conectados à rede, mas isso pode ser diminuído através da instalação e correto dimensionamento de capacitores "shunt", com sistemas de decisão difusa, fazendo com que se diminuam a potência de pico, reduzindo a perda de energia e melhorando o perfil de tensão (TABATABAEI e VAHIDI, 2011).

Sampaio e Gonzalez (2017) mostram que o sistema fotovoltaico, em sua conversão de energia solar em elétrica, trabalha de forma estática, sem emitir sons e, principalmente, sem queimar combustível. Ele precisa de alguns elementos: placa fotovoltaica, inversor, baterias e controlador de carga, que é usado a noite, devido à ausência do sol, fazendo a gestão da carga das baterias que são utilizadas no período noturno ou de baixa incidência de radiação solar. A geração fotovoltaica vem crescendo rapidamente, graças aos incentivos de ações regulatórias, principalmente a que possibilita a compensação da energia excedente produzida (MME 2016).

Em comparação com as usinas hidrelétricas, a forma de energia proveniente do sol requer uma área bem menor e, segundo Ribeiro e Kruglianskas (2014), para 1,0 m2 de coletor solar, evita-se a inundação de 56 m2 de terras que são férteis e que seriam utilizadas na construção de novas usinas hidrelétricas.

O uso de placas fotovoltaicas é de extrema importância, já que se trata de uma fonte de energia renovável, a qual não agride o meio ambiente, pois não consome combustíveis fosseis e tira todo o proveito diretamente do sol, fazendo com que não haja a emissão de gases de efeito estufa, mas existem alguns impactos ambientais pela sua montagem, equipamentos e instalações, inversores, manutenção e descarte (PENG e YANG, 2013).

Este método de se obter energia ainda é pouco acessível devido seu alto custo, mas é uma fonte energética com várias características particulares: limpa, não escassa, distributiva, pode ser usada em casas, empresas, indústrias e comércios (REN21, 2014).

Diante disso, alguns países adotaram medidas para apoiar a tecnologia de energia solar fotovoltaica ao longo dos últimos 30 anos, com isso os custos diminuíram muito, tendo uma maior participação no mercado e melhor aderência das empresas (DOE, 2014).

Um sistema gerador de energia fotovoltaica é composto um ou mais módulos fotovoltaicos e um conjunto de equipamentos complementares como baterias, controladores de cargas, inversores e outros equipamentos de proteção. Esses componentes variam de acordo com a aplicação do sistema fotovoltaico (BRAGA, 2008) e, segundo Santos e Jabbour (2013), as tecnologias fotovoltaicas que possuem maior utilização são os painéis de silício cristalino e os de silício amorfo.

Ballestero-Alvarez (2010) afirma que uma mudança em qualquer segmento e em todos os âmbitos da vida humana só acontece através de práticas que unam conhecimento e informações e deve ser tratada, inclusive no agronegócio, como uma ferramenta de qualidade transformadora, mas não pode ser vista como solucionadora, pois tudo depende das instalações e dos projetos, no caso da energia solar.

2.2 O agronegócio e a sustentabilidade

O agronegócio pode ser considerado como o pilar de sustentação do país. De acordo com Jorge (2011), dentro de alguns anos, o Brasil poderá ser o maior produtor mundial de alimentos, assim como já é o maior produtor das principais commodities agrícolas.

O agronegócio apoia-se na produção em larga escala para um grande mercado consumidor, mas contrapondo-se à agricultura tradicional, surge o sistema agrícola sustentável, que é definido por Ehlers (2009) como o agronegócio tendendo à conservação dos recursos através de baixo uso de insumos e utilização de sistemas de regeneração agrícolas, definindo o desenvolvimento sustentável como uma forma de assegurar a produção atual, sem comprometer a disponibilidade de recursos para o futuro.

O agronegócio sustentável tem como base a utilização racional dos recursos naturais e Neves (2003) afirma que ela é uma opção viável, tanto economicamente quanto ambientalmente.

De acordo com Nepomuceno (2004), a definição de agronegócio é a vinculação de todas as atividades decorrentes de produção agropecuária, seja urbana ou, principalmente, rural, onde abrange as atividades econômicas que abastecem a agricultura, bem como insumos, bens de capital e serviços e outras tantas que se agregam à produção primária, como o crédito, a transformação e a distribuição do produto.

A junção do tripé: valor econômico, responsabilidade social e ambiental é o novo conceito da sustentabilidade e, para que isso ocorra, alia a lucratividade e viabilidade da implantação da ecoeficiência no processo produtivo, conforme Dias (2011).

A sustentabilidade, conforme Assad et al. (2012), é um desafio, visto que o agronegócio emite anualmente milhões de toneladas de gases poluentes, além da poluição de rios, solo e o desmatamento, mas vem sendo enfrentado diretamente pelo setor, se esforçando pela preservação ambiental, a preocupação com qualidade de vida da sociedade, a competitividade das empresas, a responsabilidade social, o desenvolvimento de tecnologias limpas e a utilização racional dos recursos, entre outros aspectos (SILVA, 2012). Essa perspectiva da viabilidade econômica deve ser aliada com a adoção de prudência ecológica (SACHS, 2008).

Em geral, a adoção de ações sustentáveis geralmente é aplicada em decorrência de exigências legais ou por necessidade de certificações, conforme explicado por Kneipp et al. (2012), mas o agronegócio tem lutado a partir de práticas sustentáveis, desde a utilização racional dos recursos naturais, a educação nas escolas sobre a sustentabilidade, e avanços tecnológicos e científicos (BATISTA e ALBUQUERQUE, 2007).

A legislação brasileira é considerada uma das mais completas do mundo, mas ainda é necessário aprimorar o desenvolvimento de práticas sustentáveis nos diversos setores econômicos do país, dentre eles o agronegócio (GAZZONI, 2013).

De acordo com Lacchini e Ruther (2015), vários fatores são responsáveis pela procura de energia sustentável, entre eles o aquecimento global, que faz com que o uso excessivo de combustíveis fósseis para produção de eletricidade seja repensado; o apoio político tem crescido, na intenção de se implementar formas mais limpas de produção de eletricidade, diminuindo a geração de CO2 (PACHAURI, 1996).

Promover a sustentabilidade em todas as necessidades de captação de recursos naturais e derivados deveria sem incentivado nas casas, nas escolas, nas indústrias, no comércio, etc. (SILVA et al., 2011).

Aliar o agronegócio com a sustentabilidade é uma excelente forma de melhorar a relação das partes. Romeiro (2007), afirma que a necessidade de minimizar os impactos causados na natureza tem feito as empresas verem a necessidade de incorporar ações sustentáveis às suas estratégias, seja por pressão da opinião pública, seja por busca pela vantagem competitiva. Savitz e Weber (2007), afirmam que gerir o negócio com sustentabilidade pode promover o crescimento e gerar lucro.

3 Materiais e métodos

Este trabalho foi realizado, combinando os métodos de pesquisa exploratória e bibliográfica. Segundo Gil (2002), esse método tem o propósito de unir o desenvolvimento das ideias e pareceres sobre o tema, com a finalidade de analisar os estudos relacionados ao mesmo.

O estudo exploratório tem como característica a utilizações de investigações experimentais cuja finalidade é a formulação de questões ou de um problema, seja através do desenvolvimento de hipóteses, ou do aprofundamento do pesquisador com um ambiente, fato ou fenômeno, ou ainda, com a perspectiva de realização de pesquisas futuras mais precisas (MARCONI, LAKATOS; 2003).

Já a pesquisa bibliográfica, tem como objetivo conhecer e analisar os principais subsídios teóricos já estudados sobre um determinado tema ou problema, tornando-se assim, uma ferramenta imprescindível para qualquer tipo de estudo ou pesquisa (KÖCHE, 2011).

Esta pesquisa foi realizada através da análise bibliográfica de fontes secundárias e telematizadas, tais como leitura e registro de informações extraídas de livros, teses, dissertações, artigos científicos, arquivos oficiais e públicos relacionados ao assunto proposto.

Desta forma, as fontes secundárias abrangem toda bibliografia já tornada pública em relação ao tema da pesquisa (MARCONI; LAKATOS, 2003), constituindo-se da literatura a respeito das fontes primárias, na qual obras já produzidas foram interpretadas e analisadas (ANDRADE, 2010).

Com isso, a pesquisa bibliográfica proporciona o desenvolvimento de novas perspectivas e abordagens a respeito de um assunto, permitindo assim conclusões modernas e atuais (MARCONI; LAKATOS, 2003).

Quanto ao procedimento de coleta de dados, foi feito um estudo de caso da implantação de placas fotovoltaicas em uma empresa do ramo do agronegócio localizada no sudoeste goiano.

Este procedimento geralmente lida com fatos ou fenômenos isolados ou específicos de uma determinada situação, representando a análise em profundidade de um ou mais casos e de várias condições similares que visam expandir a perspectiva de compreensão do fenômeno analisado (VER-GARA, 1998).

Um estudo de caso é uma investigação experimental que examina um fenômeno contemporâneo a partir do seu contexto de vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos (YIN, 2015).

4 Resultados e discussões

Os dados utilizados na pesquisa foram retirados de forma a demonstrar os pontos de beneficiamento e melhorias, e os resultados obtidos limitam-se ao universo exclusivo dessa empresa, podendo apresentar resultados diferentes em outras implantações e organizações, com outros desafios e objetivos.

Levantou-se, perante a empresa o consumo mensal de energia (de maio/2018 a abril/2019) como forma de apresentar o elevado e crescente consumo de energia, principalmente nos horários "de pico", justificando a necessidade de implantação de fontes alternativas de energia.

De acordo com dados obtidos pela empresa, o valor investido para a construção do parque foi de R\$ 4.700.000,00 (Quatro milhões e setecentos mil reais), com área ocupada de 2,0 hectares.

Estima-se, através de consulta ao setor responsável, que o tempo de retorno do investimento seja de 5 (cinco) anos. Mensalmente, o parque tem como previsão produzir 1,17 Megawatt1 de energia.

Em relação as instalações, as placas solares, individualmente, possuem dimensões de 0,99 x 1,96m, respectivamente, largura e comprimento, e a altura das mesmas em relação ao chão é 1,20m

^{1 - 1,0} Megawatt corresponde a 1.000.000 watts e, em média, é suficiente para abastecer 1.500 casas.

da placa traseira e 0,5m da dianteira. Os painéis utilizados neste projeto foram policristalinos. A perda de capacidade muito acentuada é o maior fator a ser resolvido enquanto captação e geração de energia.

Quando o responsável foi questionado com relação ao consumo atual de energia da empresa, as informações coletadas foram analisadas e demonstradas através da Tabela 1, na qual referenciam os valores mês a mês, demostrando inclusive os picos de consumo.

Tabela 1. Consumo mensal da agroindústria (em kWh)

PERÍODO	CONSUMO LIDO (kWh)				
PERIODO	PONTA	FORA PONTA	HOR. RES.		
abr/19	2.886,93	133.720,35	77.408,85		
mar/19	1.720,48	206.198,70	83.273,55		
fev/19	662,50	196.467,45	76.033,50		
jan/19	621,50	80.055,75	29.998,20		
dez/18	1.069,65	13.130,70	2.984,25		
nov/18	1.407,53	17.594,10	2.984,25		
out/18	2.464,99	41.078,85	19.903,65		
set/18	6.703,40	379.440,90	140.856,60		
ago/18	2.921,45	150.951,15	57.090,00		
jul/18	811,19	52.470,90	18.684,00		
jun/18	515,10	63.603,45	21.746,10		
mai/18	0,00	55.642,10	20.612,51		

Fonte: Os autores (2019).

Através da tabela 1 pôde-se constatar que a empresa possui uma boa gestão de energia, onde os gastos maiores se concentram no horário fora de ponta, podendo chegar a 300 vezes mais kWh, o que no caso, verifica-se em fevereiro de 2019.

Em todos os meses apresentados, o consumo no horário de ponta foi menor, mostrando que se consegue atingir um bom nível de eficiência energética sem comprometer as linhas de transmissão.

O período fora de ponta é o intervalo do dia, na qual o consumo de energia elétrica é mais baixo, não sendo atingido a capacidade máxima das linhas de transmissão de energia, demonstrando assim estar longe de ser atingida.

Geralmente não existem acréscimos de tarifas no consumo durante esse intervalo, até mesmo para incentivar seu uso, de forma a aproveitar melhor a capacidade das linhas de transmissão. Já o de ponta é quando se demandam altas cargas para atender a demanda, e pode chegar a custar três vezes mais que o fora de ponta.

A correlação entre o valor consumido (em kWh) e o valor produzido (megawatt) pode ser explicada de acordo com a potência instalada em placas fotovoltaicas, que sofrem algumas perdas no sistema, tais como: perdas por efeito Joule (calor), perdas de conversão de corrente contínua para corrente alternada (perdas no inversor) e perdas nos cabeamentos DC e AC. No total as perdas ficam em torno de 22% (Por exemplo: 1.282 kWp em placas fotovoltaicas equivale a 1000 kWp de geração líquida).

A economia de energia vinda da instalação das placas está justamente na possibilidade de poder compensar o consumo (kWh) da unidade consumidora. No sistema de energia distribuída, o cliente acumula créditos de energia gerada com a fotovoltaica, em horas que o consumo é menor que a geração, e já nos horários que não está gerando energia, compensa os créditos acumulados pela energia fotovoltaica.

A geração no momento que está consumindo vai direto para a carga (autoconsumo), não gerando créditos e nem débito na fatura no equivalente gerado e que está indo para a carga.

Além desses créditos, outro grande benefício é que, para as usinas com potência nominal igual ou inferior a 1 mW, todos os impostos são isentos (ICMS, PIS, COFINS, CSSLL), além dos adicionais de bandeira vermelha e amarela, que são compensados juntamente com o valor do kWh onde, de acordo com Copel (2020) o kWh com tributos / impostos custa, respectivamente, R\$ 0,020563, R\$ 0,063834 e R\$ 0,095590, para bandeiras Amarela, Vermelha - Patamar 01 e Vermelhar - Patamar 02.

O alto gasto energético da empresa diminuiu com a instalação das placas e, no caso da empresa analisada, a usina deveria ter uma potência de quase o dobro da potência para amortizar todo o consumo, com isso foi instalada a potência de 1 mW que é o limite para ficar com a isenção de impostos.

De acordo com os dados obtidos junto à empresa e no decorrer da pesquisa, os pontos favoráveis quanto ao investimento são em relação à instalação: o retorno rápido do custo investido (em torno de 5,5 anos); a durabilidade das instalações (25 anos para placas fotovoltaicas e 10 anos para inversores); e, após o período de legal de amortização, o custo com o consumo de energia que, praticamente, desaparece no processo de produção.

Durante a realização da pesquisa, algumas dificuldades também foram encontradas, como a necessidade de uma empresa idônea e responsável em monitorar a usina e que possa verificar possíveis falhas e realizar correções imediatas, pois há uma grande quantidade de empresas sem suporte técnico entrando no mercado, sem a devida responsabilidade profissional com aquilo na qual estão se propondo a fazer.

Outro ponto a ser destacado é a elevada quantidade de materiais empregados nas instalações, sem as devidas especificações e qualidades técnicas.

Com relação à homologação do projeto, foi enfrentada uma dificuldade em relação a este quesito, visto que a concessionária energética (ENEL) não tinha um instrumento para que se pudesse aferir a respeito de alguma melhoria no sistema que fosse necessário para ter condições de fazer a conexão.

Contudo, em verificação posterior à implantação do parque fotovoltaico na empresa, constatou-se que a ENEL criou o Informativo de Acesso, para que antes de se fazer o projeto e a contratação da instalação da usina fotovoltaica, já se saiba antecipadamente as melhorias necessárias no sistema. Mesmo assim, a burocracia para implantação, viabilização e compensação ainda é muito grande, principalmente, para usinas de médio e grande porte.

5 Considerações finais

Para que uma empresa consiga reduzir custos com energia elétrica, conhecer seu perfil de consumo e avaliar o consumo de energia na ponta e fora da ponta é de extrema importância. Gerir o consumo e estudar novas formas e ações que devam ser tomadas para melhorar e sustentabilizar esse consumo pode fazer toda diferença. Tanto sob os aspectos financeiros, quanto na geração de valor à partir da preocupação com o meio ambiente e a sustentabilidade.

Pode-se afirmar que a implantação do sistema de energia fotovoltaica na empresa pesquisada é benéfica, financeiramente falando, pela isenção de impostos e a afirmação de que o consumo de energia desaparece com o tempo, onde há o acúmulo de créditos de energia gerada com a fotovoltaica em horas que o consumo é menor que a geração.

As informações demonstraram que o custo de implantação é alto, entretanto, os gastos anuais de consumo de energia seriam bastante elevados, se mantidos da forma convencional. A vida útil do sistema fotovoltaico é de cerca de 25 anos, ao passo que, os gastos necessários são apenas de manutenção e conservação do sistema.

A taxa de retorno do investimento é baixa, contudo, depois de quitado, ao invés de gerar despesas regulares, pode ser considerado como gerador de receita, e por consequência, um elemento contribuinte na geração de resultados.

Fica clara a importância de um bom planejamento e controle na implantação de um projeto como esse, que além de caro é muito complexo. Qualquer atividade de melhoria que seja mal executada ou negligenciada, gera perdas e desperdícios, mas nesta pesquisa foi constatado que os benefícios gerados foram refletidos diretamente na organização.

Referências

- ABAG Associação Brasileira do Agronegócio. Contribuição do Agronegócio de acordo com a CNA. 2017. Disponível em http://www.abag.com.br/sala_imprensa/interna/abag-agronegocio-contribui-com-23-do-pib-1. Acessado em 13.05.2019.
- ABSOLAR Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. Geração Distribuída Solar Fotovoltaica. Encontro Nacional dos Agentes do Setor Elétrico ENASE. Rio de Janeiro, 2016.
- ANDRADE, M.M. Introdução à Metodologia do Trabalho Científico. Atlas, 10. Ed. São Paulo, 2010.
- ANEEL Agência Nacional de Energia Elétrica. Banco de Informações da Geração (BIG), 2017. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm. Acessado em: 14.05.2019.
- ASSAD, E.D.; MARTINS, S.C.; PINTO, H.P. Sustentabilidade no agronegócio brasileiro. Rio de Janeiro: Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável, 2012.
- BALLESTERO-ALVAREZ, M.E. Gestão da qualidade, produção e operações. São Paulo: Atlas, 2010.
- BATISTA, I.H.; ALBUQUERQUE, C.C. Desenvolvimento sustentável: novos rumos para a humanidade. Revista Eletrônica Aboré, Manaus, 3. ed. 2007.
- BARBIERI, J.C. Gestão Empresarial Ambiental. São Paulo: Editora Saraiva, 2004a.
- BARBIERI, J.C. Gestão Ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos. São Paulo: Saraiva, 2004b.
- BELMONTE, R.V. Cidades em mutação: menos catástrofes e mais ecojornalismo. In: VILAS BOAS, S. V. (Org.). Formação e informação ambiental: jornalismo para iniciados e leigos. São Paulo: Summus, 2004. p. 15-48.
- BRAGA, R.P. Energia Solar Fotovoltaica: Aplicações e Fundamentos. Rio de Janeiro: UFRJ, 2008.
- CANEPPELE, F.L.; SERAPHIM, O.J. 2010. Aplicação da teoria fuzzy no controle de sistemas de geração de energias alternativas. Revista Energia na Agricultura, Botucatu. 3(25):24-41.
- CARVALHO, I.C.M. Educação ambiental: a formação do sujeito ecológico. São Paulo: Cortez, 2004.
- CCEE CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.Resultados de leilões. Disponível em: http://www.ccee.org.br. Acessado em: 20.abr.2018.
- CHP BRASIL. Geração Distribuída é a solução para o setor de energia? 2017. Disponível em https://chpbrasil.com.br/blog/geracao-distribuida-e-a-solucao-para-o-setor-de-energia. Acessado em 22.05.2019.
- COPEL Bandeiras Tarifárias. 2020. Disponível em https://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endere-co=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2Fdocs%2F646FD901E633B5D803257EBB0042CDB0. Acesso em 15.abr.2020
- DIAS, R. Gestão ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade. São Paulo: Atlas, 2011.
- DOE, IN: D.O. ENERGY (ED.), Sun Shot Portfolio PV, 2014. Disponível em:
- https://www.energy.gov/eere/solar/articles/2014-sunshot-initiative-portfolio-book-tackling-challenges-solar-energy. Acesso em: 07.10.2019.
- EHLERS, E. O que é agricultura sustentável. São Paulo: Brasiliense, 2009.
- EPE EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Fontes de energia. Disponível em: < http://epe.gov.br/pt/ab-cdenergia/fontes-de-energia>. Acesso em: 07.10.2019.
- FONSECA, L.F.O. VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO CAMPUS CENTRAL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE. 2016. Monografia (Graduação em Ecologia) Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/43275/2/ViabilidadeEconomica Fonseca 2016.pdf> . Acesso em: 28 jul. 2020.
- GALDINO, M.; LIMA, J.; RIBEIRO, C.; SERRA, E. O contexto das energias renováveis no Brasil. Revista da Direng, 2000.

- GAZZONI, D.L. A sustentabilidade da soja no contexto do agronegócio brasileiro e mundial. Londrina: Embrapa Soja, 2013.
- GIL, A.C. Como elaborar projetos de pesquisas. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- JORGE, J.T. Agronegócio e desenvolvimento. O Estado de São Paulo, São Paulo, 06 out. 2011.
- KNEIPP, J.M.; GOMES, C.M.; ROCHA, A.C. Características determinantes no nível de divulgação de informação em relatórios de sustentabilidade de empresas brasileiras. Race, Joaçaba, v. 12, n. 2, p. 295-338, jul./dez. 2013.
- KÖCHE, J.C. Fundamentos de Metodologia Científica. Vozes. Rio de Janeiro, 2011.
- MARCONI, M.A; LAKATOS, E.M. Fundamentos da Metodologia Científica. Atlas, 5. Ed. São Paulo, 2003.
- MIRANDA, G.J. Be prepared. IEEE Industry Applications Magazine. 2003.
- LACCHINI, C.; RÜTHER, R. The influence of government strategies on the financial return of capital invested in PV systems located in different climatic zones in Brazil. Renewable Energy, 2015.
- MME MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Boletim MME 16/10/2017. Energia solar no Brasil e no Mundo. Disponível em: http://www.mme.gov.br. Acessado em: 14.05.2019.
 - _____. (2016). Balanço Energético Nacional 2016, Relatório Síntese ano base 2015.
- MIR-ARTIGUES, P.; DEL RÍO, P. Combining tariffs, investment subsidies and soft loans in a renewable electricity deployment policy, Energy Policy 69 (2014) 430e442.
- NEPOMUCENO, F. Contabilidade rural e seus custos de produção. São Paulo: Boletim IOB, 2004.
- NEVES, M. O novo mercado: do social ao ambiental. São Paulo: E-Papers, 2003.
- OSHIRO, M.L; CASTRO, L.L.C; CYMOROT, R. Fatores para não-adesão ao programa de controle da hipertensão arterial em Campo Grande, MS. Revista de Ciências Farmacêuticas Básicas e Aplicadas; v.31, n.1, p. 95-100, 2010.
- PACHAURI, R.K. The IPCC energy assessment, Energy Policy (1996).
- PENG, L.; YANG, H. 2013. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Review on Life Cycle Assessment of Energy Payback and Greenhouse Gas Emission of Solar Photovoltaic Systems 19: 255-74.
- PINHO, J.T.; GALDINO, M.A. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos CEPEL-CRESESB. Rio de Janeiro. Mar 2014.
- PROCI, P. Instituto Superior Técnico. Fonte: Universidade Federal de Lisboa. Disponível em: http://web.ist.utl.pt/palmira/solar.html. Acesso em: 24 set. 2016.
- REN21, Renewables, in: REN21 (Ed.), Global Status Report, 2014. http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR/2014/GSR2014_full report_low res.pdf, 2014.
- ROMEIRO, A.R. Perspectivas para Políticas Agroambientais. In: RAMOS, P. (Org.). Dimensões do Agronegócio Brasileiro: políticas, instituições e perspectivas. Brasília: MDA, 2007. p. 283-317.
- ROMEIRO, A.R.; REYDON, B.P.; LEONARDI, M.L. Economia do meio ambiente: teoria, política e a gestão de espaços regionais. Campinas: Unicamp. IE; 2001.
- RIBEIRO, F.M.; KRUGLIANSKAS, I. Economia Circular no contexto europeu: Conceito e potenciais de contribuição na modernização das políticas de resíduos sólidos. In: XVI Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente (ENGEMA). São Paulo. 2014.
- SANTOS, J.B; JABBOUR, C.J.C. Adoção da energia solar fotovoltaica em hospitais: revisando a literatura e algumas experiências internacionais. Bauru: Unesp, 2013.
- SAVITZ, A.W.; WEBER, K. A Empresa Sustentável: o verdadeiro sucesso é o lucro com responsabilidade social e ambiental. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- SACHS, I. Desenvolvimento: includente, sustentável, sustentado. Rio de Janeiro: Garamond, 2008.
- SAMPAIO, P.G.V.; GONZÁLEZ, M.O.A. (2017). Photovoltaic solar energy: Conceptual framework. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 74, 590-601.
- SILVA, D.B. Sustentabilidade no agronegócio: dimensões econômica, social e ambiental. Comunicação e Mercado/UNIGRAN, Dourados, v. 1, n. 3, p. 23-34, jul-dez. 2012.
- SILVA, C.E.M; SILVA D.F.T. Casas ecológicas. Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Civil da Universidade Anhembi Morumbi. SÃO PAULO 2011.
- SILVEIRA, T. A evolução da matriz energética brasileira: O papel dos biocombustíveis e outras fontes alternativas. Portal de e-governo, inclusão digital e sociedade do conhecimento: Disponível em: http://www.egov.ufsc.br:8080/portal/conteudo/evolu%C3%A7%C3%A3o-damatriz-energ%C3%A9tica-brasileira-o-papel-dos-biocombust%C3%ADveis-eoutras-fontes-altern> Acessado em: 15.abr. 2019.

- SIMIONI, C.A. O USO DE ENERGIA RENOVÁVEL SUSTENTÁVEL NA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA: obstáculos para o planejamento e ampliação de políticas sustentáveis.2006. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) Universidade Federal do Paraná.
- SCHIERMEIER, Q.; TOLLEFSON, J.; SCULLY, T.; WITZE, A.; MORTON, O. (2008). Electricity without carbon. Nature, 453: 816-823.
- TYAGI V.V.; RAHIM, N.A.A.; SELVARAJ, J.A.L. (2013). Renewable and Sustainable Energy Reviews, 20:443-461.
- TABATABAEI, S.M.; VAHIDI, B. 2011. Bacterial foraging solution based fuzzy logic decision for optimal capacitor allocation in radial distribution system. Electric Power Systems Research, 81(4):1045-1050. Tehran.
- VERGARA, Silvia C. Projetos e relatórios de pesquisa em administração. SP: Atlas, 1998.
- YAHYAOUI, I.; SALLEM, S.; KAMOUN, M.B.A.; TADEO, F. A proposal for off-grid photovoltaic systems with non-controllable loads using fuzzy logic.2014. Energy Conversion and Management. 78(1):835-842.
- YIN, Robert K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

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

DOI 10.29327/5345677.2-6

Benedito Dias de Oliveira Filho¹
Aline França Dias Oliveira²
Maria Lúcia Gambarini Meirinhos³

Resumo: Nos últimos anos a pecuária brasileira apresentou melhorias nos índices produtivos, proporcionando ao país se tornar o maior exportador mundial de carnes. Graças à adoção de técnicas nutricionais adequadas e o emprego das biotecnologias reprodutivas foi possível melhorar as taxas produtivas, aumentando a produção de carnes, inclusive para a exportação. Embora nos últimos anos a bovinocultura de corte tenha experimentado grandes avanços a realidade mostra que ainda existem inúmeras propriedades que empregam técnicas pouco produtivas e apresentam baixos índices de produtividade. A taxa média de nascimentos do rebanho bovino brasileiro está em torno de 65%. Assim, mais de 25 milhões de vacas não produzem bezerros. Neste artigo realizou-se uma simulação com o aplicativo Excel, empregando-se planilhas eletrônicas padronizadas para simular a evolução de rebanhos bovinos. Projetou-se durante o período de 12 anos o número de cabeças nas diferentes categorias para um rebanho hipotético de 1000 matrizes, considerando os índices de 65 e 85% como taxas de natalidade. A simulação mostrou que o rebanho com TN de 85% disponibilizou anualmente, em média, 123,08 bois gordos para comercialização ao frigorífico, além de 95,08 fêmeas de descarte a mais que aquele com TN igual a 65%. Isto representou a produção média anual de 3.690,29 arrobas a mais de carnes para a TN igual a 85%. Em termos financeiros a maior produção do rebanho com 85% de TN representa em torno de R\$ 501.753,07 a mais, em comparação com a TN de 65%, a cada ano. Para passar de uma realidade em que a TN se encontra em 65% para o patamar de 85% é necessário que se planeje de modo adequado e em conformidade com a realidade da propriedade a introdução de diferentes estratégias de manejo e gestão técnico-administrativas, principalmente aquelas relacionadas com a melhoria da condição nutricional do rebanho, bem como o emprego de tecnologias reprodutivas contemporâneas. É fundamental o investimento na melhoria da qualidade das pastagens, pois estas representam a forma mais econômica e prática de oferecer alimentação de qualidade aos ruminantes, tendo em vista a relação direta entre a função reprodutiva e a boa condição nutricional do rebanho.

Palavras chaves: taxa de natalidade; pastagens; produção de carne

EFFECTS OF BIRTH RATE IN CATTLE ON MEAT PRODUCTION

Abstract: In recent years, Brazilian livestock farming has shown improvements in production rates, enabling the country to become the world's largest meat exporter. Thanks to the adoption of appropriate nutritional techniques and the use of reproductive biotechnology, it was possible to improve production rates, increasing meat production, including for export. Although beef cattle farming has experienced great advances in recent years, reality shows that there are still numerous properties that employ low-productive techniques and have low productivity rates. The average birth rate of the Brazilian cattle herd is around 65%. Thus, more than 25 million cows do not produce calves. In this

^{1 -} Professor Titular e Pesquisador da UFG - Universidade Federal de Goiás - Doutor em Zootecnia em Zootecnica. Lattes: http://lattes.cnpq.br/6171669841505540. E-mail: bene@ufg.br.

 ^{2 -} Professora e Pesquisadora da UNICEUG – Centro Universitário de Goiânia e do Centro Universitário Araguaia. Mestre em Biologia Molecular e Celular. Lattes: http://lattes.cnpq.br/9830889124120940. E-mail: alinefrancabio@hotmail.com.

^{3 -} Professora e Pesquisadora da UFG – Universidade Federal de Goiás. Doutora em Medicina Veterinária. Titular e Pesquisador da UFG - Universidade Federal de Goiás - Doutor em Zootecnia em Zootecnica. ORCID: 0000-0003-0517-7270. E-mail: marialucia@ufg.br.

article, a simulation was carried out with the Excel application, using standardized electronic spreadsheets to simulate the evolution of cattle herds. The number of heads in different categories was projected over a period of 12 years for a hypothetical herd of 1000 sows, considering rates of 65 and 85% as birth rates. The simulation showed that the herd with a TN of 85% annually made available, on average, 123.08 fat cattle for sale to the slaughterhouse, in addition to 95.08 more culling females than the one with a NT equal to 65%. This represented an average annual production of 3,690.29 arrobas more meat for TN, equal to 85%. In financial terms, the greater production of the herd with 85% TN represents around R\$ 501,753.07 more, compared to the 65% TN, each year. To go from a reality in which the TN is at 65% to the level of 85%, it is necessary to plan appropriately and in accordance with the reality of the property, the introduction of different management and technical-administrative management strategies, mainly those related to improving the nutritional condition of the herd, as well as the use of contemporary reproductive technologies. Investment in improving the quality of pastures is essential, as they represent the most economical and practical way of offering quality food to ruminants, given the direct relationship between reproductive function and the good nutritional condition of the herd.

Key words: birth rate; pastures; meat production

Introdução

Nos últimos anos o Brasil se tornou o maior exportador mundial de carnes, principalmente bovina e de aves. Em termos gerais pode se afirmar que a pecuária de corte brasileira passou por melhorias nos índices zootécnicos, experimentando grande aumento de produtividade e também da qualidade final do produto.

Contudo, a realidade produtiva de número significativo de produtores ainda se encontra distante de situação desejável, apresentando baixas taxas de produtividade e rentabilidade.

Dados do IBGE mostram que o efetivo bovino atingiu, em 2016, o total de 217.514.678 de cabeças. Conforme a mesma fonte, em Goiás são 22.873.703 bovinos de aptidão leiteira e de corte, representando o terceiro maior rebanho do país.

O crescimento da bovinocultura na região Centro-Oeste é consequência da grande disponibilidade de área, fator que favorece especialmente a pecuária de grande porte. Ainda, a proximidade com os centros produtores de grãos, principalmente soja e milho, e com indústrias de abate e laticínios favorecem a expansão desta atividade na região e, em particular, no estado de Goiás, onde a agropecuária sempre foi a base da economia goiana.

Embora a pecuária brasileira venha apresentando resultados satisfatórios e crescentes nos últimos anos, a taxa de abate, representada pela relação entre o número de reses abatidas e o número total de animais existentes, ainda é baixa.

Dados do IBGE mostram que são abatidos anualmente pouco mais de 30 milhões de cabeças. Este valor representa taxa de abate em torno de 15-16%. Apenas para comparação, a mesma taxa para o rebanho norte americano encontra-se no patamar de 36%, ou seja, mais que o dobro da taxa brasileira. Ressalte-se que o rebanho dos EUA é menos da metade do brasileiro (FORMIGONI, 2017).

Caso a taxa de abate do rebanho brasileiro se aproximasse da americana, com certeza, o Brasil se tornaria o maior produtor mundial de carne bovina.

Uma das alternativas para aumentar a produção de carne bovina é trabalhar para melhorar a eficiência reprodutiva e o padrão genético do rebanho brasileiro. Nesse sentido, o emprego de estratégias adequadas de manejo nutricional e sanitário contribuirão significativamente para incrementar os resultados obtidos.

Ressalte-se, todavia, que o uso correto das biotecnologias reprodutivas como a inseminação artificial e a produção in vitro de embriões constituem ferramentas fundamentais para alcançar resul-

tados satisfatórios, pois estas possibilitam a rápida multiplicação de animais portadores de genótipos com desempenho superior.

Muito se cresceu nos últimos anos em termos da utilização da inseminação artificial em tempo fixo (IATF), biotécnica que permite a sincronização da ovulação de um lote de vacas e a inseminação das mesmas em poucas horas.

Entretanto, apesar da disponibilidade destas tecnologias a eficiência reprodutiva e, em consequência, a rentabilidade do sistema de produção da bovinocultura de corte ainda é baixa, pois estas ferramentas ainda não são empregadas pela maioria dos criadores de bovinos.

A reprodução é a área que mais influencia a rentabilidade da pecuária bovina, pois afeta diretamente o nível de produtividade de um rebanho. Para Trenkle & Wilham (1977), sob o ponto de vista econômico, a eficiência reprodutiva de um rebanho é cinco vezes mais importante que o ganho de peso e dez vezes mais importante que a qualidade da carcaça dos indivíduos.

Embora os resultados reprodutivos sejam impactantes no contexto final do sistema produtivo, a sua eficiência, medida pelas taxas de natalidade e desmama, é baixa e deixa a desejar.

Conforme dados do Anualpec (2014) a taxa média de natalidade do rebanho brasileiro gira em torno de 65%. Isso significa dizer, em outras palavras, que das 75 milhões de matrizes em idade reprodutiva do rebanho nacional, nascem menos que 50 milhões de bezerros.

Mais de 25 milhões de vacas não produzem bezerros, permanecem no rebanho e representam, tão somente, um fator de aumento dos custos de produção. Em qualquer nível de tecnologia empregado, o manejo reprodutivo, gerenciado de forma adequada, é fator relevante para o retorno financeiro da bovinocultura de corte.

As razões que podem explicar essa realidade são várias. Contudo, a principal delas é representada pelas deficiências nutricionais, consequência da baixa qualidade das pastagens.

Em qualquer nível tecnológico de produção, a bovinocultura se sustenta em pastagens, que devem garantir a base nutricional dos bovinos. Especialmente no período seco a produção de matéria seca das pastagens é muito baixa e, caso não haja algum tipo de suplementação, uma das funções que sofrem as maiores consequências é exatamente a reprodutiva, interferindo diretamente com as taxas de prenhez e natalidade do rebanho.

Pior ainda, hoje já é sabido que a restrição nutricional durante a gestação pode desenvolver o bloqueio de alguns genes, prejudicando o desenvolvimento ovariano fetal o que poderá comprometer o desempenho reprodutivo das crias, sendo assim transmitidas para as gerações subsequentes.

A elevação da eficiência produtiva é fator fundamental para a lucratividade da pecuária de corte. Entretanto, para se alcançar a produção máxima dentro de determinada realidade, os esforços devem ser planejados considerando um enfoque sistêmico, buscando equilibradamente a melhoria de todos os índices zootécnicos do rebanho.

Deve-se ainda considerar que não existem fórmulas ou soluções únicas que se aplicam a todas as propriedades rurais. Ao contrário, cada fazenda deve ser analisada conforme as características estruturais e capacidade de investimento do proprietário, entre outros aspectos, para que o técnico responsável pela orientação possa, em conjunto com o responsável pelo empreendimento, planejar as mudanças e melhorias que devem ser colocadas em prática naquela propriedade.

Nesta realidade, o presente artigo pretende mostrar, por meio de simulações, o impacto da eficiência reprodutiva do rebanho, medida pela taxa de natalidade (TN), sobre a produção de carnes, dentro de um período de 12 anos. Ressalte-se que outros índices zootécnicos devem ser concomitantemente melhorados.

Contudo, em função principalmente de espaço, este estudo se restringirá à análise dos resultados alcançados com a melhoria da TN dos rebanhos e, em consequência, a quantidade de carne produzida.

2 Desenvolvimento

Para projetar um rebanho bovino hipotético dentro de um determinado período, usou-se o aplicativo Excel, empregando-se planilhas eletrônicas padronizadas que são rotineiramente utilizadas em produção animal, inclusive por órgãos financiadores, para simular a realidade de um rebanho ao longo de um tempo definido.

Neste caso, o período simulado foi de 12 anos. Projetou-se durante esse período um rebanho hipotético com 1000 matrizes, considerando os índices de 65 e 85% de taxa de natalidade.

Esses índices foram adotados porque, conforme mencionado anteriormente, a taxa média de natalidade do rebanho brasileiro gira em torno de 65% (ANUALPEC, 2014).

Assim, esse índice retrata fielmente a realidade da maioria das fazendas do país. O índice de 85% foi escolhido porque pode ser considerado muito próximo da taxa ideal de nascimentos de bezerros.

Saliente-se que existem fazendas, inclusive no estado de Goiás, que já alcançam esse valor, havendo outras que inclusive chegam a índices superiores.

Deste modo, realizou-se a comparação da taxa média de natalidade do rebanho brasileiro com outra que pode ser considerada ideal e, em minha opinião, deve ser o objetivo planejado de toda propriedade que desenvolve a atividade de produção de carnes, inclusive no sistema de produção extensivo.

Considerando essas duas taxas de natalidade fez-se a projeção da produção de carnes ao longo de um período de 12 anos, levando em conta a quantidade de boi gordo enviado ao abate, na idade aproximada de três anos, bem como o número de fêmeas descartadas e vendidas ao frigorífico. Todos os valores estão definidos nas respectivas planilhas eletrônicas.

É importante mencionar que nestas duas realidades distintas, eficiências reprodutivas que podem ser consideradas média (65%) e adequada (85%), vários outros índices também serão diferentes, porque atividades produtivas geralmente são manejadas dentro de uma perspectiva sistêmica.

Taxas de mortalidade nas diversas idades, índice de descarte em todas as categorias conforme a faixa etária e outras são exemplos de índices que sofrem consequência do manejo empregado conforme a eficiência reprodutiva considerada.

Para se obter aumento significativo na TN do rebanho é necessário que se proceda melhorias no sistema geral de manejo da propriedade, minimizando perdas e implementando ações que permitam a correção de erros ou práticas inadequadas para que, no conjunto, possa viabilizar a exploração do potencial genético daquele rebanho.

Essas outras variáveis não foram consideradas na análise produtiva, em razão do objetivo específico do artigo que é a produção de carnes. Ainda, o nível de manejo geral das propriedades, incluindo até mesmo o nutricional, nas situações consideradas difere consideravelmente.

Contudo, deve-se salientar que em qualquer situação a base da nutrição dos bovinos é pastagem de boa qualidade acrescida de, no mínimo, correta mineralização.

Mesmo em fazendas com 65% de taxa de nascimento a qualidade das pastagens deve ser considerada pois, caso contrário, não se alcançaria tal índice. Da mesma forma, outros itens de custos, como mão de obra, máquinas e equipamentos, benfeitorias, com certeza, são diferentes nas duas realidades. Até mesmo a tomada de decisões quanto a adoção de determinadas tecnologias se diferencia conforme o cenário devendo, obrigatoriamente, ser observada a situação em que se encontra o produtor.

Merece comentário em separado a assistência técnica que deve ser prestada em bovinocultura. Para se chegar ao índice de 85% de natalidade é condição primordial a elaboração de amplo planejamento, considerando todos os fatores envolvidos no sistema de produção adotado.

O manejo nutricional, sanitário e reprodutivo deve ser desenvolvido de modo adequado, não permitindo grandes perdas nesse nível de produção. A definição de objetivos anuais, os investimentos que se fizerem necessários, o fluxo de caixa e outros aspectos devem ser discutidos pelo técnico que assessora a propriedade e, dentro da realidade e capacidade de investimentos do proprietário, serem colocados em prática para gradativamente atingir o objetivo maior.

Desnecessário, neste momento, tecer comentários da necessidade e importância de um profissional devidamente capacitado tecnicamente na área e nos processos de gestão empresarial atuando em sintonia com os objetivos da empresa.

Nesta perspectiva, a seguir são apresentadas as Tabela 1 e 2 que mostram a quantidade de novilhos e fêmeas de descarte vendida ao longo dos 12 anos e a diferença entre as duas TN.

Na Tabela 1 está detalhada a quantidade de novilhos gordos, idade 2-3 anos, vendida ao frigorífico do primeiro ao décimo segundo ano, para os rebanhos com TN de 65 e 85%, assim como a diferença entre elas em cada ano.

Em um rebanho hipotético de 1.000 matrizes com TN igual a 65%, durante o período de 12 anos, serão vendidos anualmente, em média, 295,83 animais. De modo semelhante, para a TN igual a 85% a média anual de animais vendidos para o abate será igual a 418,91.

Esses valores mostram que a propriedade que consegue alcançar a TN de 85% venderá, a cada ano, 123,08 bois gordos a mais, o que corresponde a um aumento igual a 41,60% em relação à TN de 65%.

Tabela 1. Quantidade de novilhos de 2 - 3 anos de idade vendida para o frigorífico, ao longo de 12 anos, conforme a TN do rebanho.

ANOS	Taxas de Na	DIEEDENCA	
ANUS	65%	85%	DIFERENÇA
1	276	392	116
2	270	388	118
3	260	382	122
4	342	425	83
5	323	426	103
6	306	426	120
7	306	435	129
8	303	443	140
9	297	435	138
10	293	431	138
11	289	429	140
12	285	415	130
Média anual	295,83	418,91	123,08

Seguindo o mesmo raciocínio, a Tabela 2 mostra, ano a ano, a quantidade de fêmeas vendidas ao frigorífico, conforme as duas situações. Para a TN de 65% a média anual foi de 224,33 fêmeas, enquanto para a TN de 85% a quantidade média anual de fêmeas abatidas chegou a 319,41.

Esses números indicam que na propriedade com TN igual a 85% serão vendidas anualmente, em média, 95,08 fêmeas a mais, representando aumento igual a 42,38% em comparação com a situação de TN 65%.

Tabela 2. Quantidade de vacas de descarte e novilhas de 2 – 3 anos de idade vendida, ao longo de 12 anos, conforme a taxa de natalidade do rebanho.

	Taxas de Natalidade						
ANOS	65%				85%	85%	
ANOS	VACAS NOVILHAS 2-3 TOTAL ANOS FÊMEAS		VACAS	NOVILHAS 2-3 ANOS	TOTAL FÊMEAS		
1	-	55	55	190	118	308	
2	220	43	263	204	93	297	
3	207	42	249	204	92	296	
4	195	55	250	204	102	306	
5	196	52	248	209	103	312	
6	193	49	242	213	137	350	
7	191	49	240	209	139	348	
8	187	48	235	207	142	349	
9	185	47	232	206	122	328	
10	182	47	229	200	120	320	
11	180	46	226	194	120	314	
12	177	46	223	189	116	305	
Média anual			224,33			319,41	

As fêmeas vendidas para abate são vacas e novilhas de descarte em consequência de algum defeito ou baixo desempenho reprodutivo. Toda propriedade tem uma capacidade máxima de suporte, a qual é diretamente dependente particularmente da área e qualidade das pastagens.

Quando se atinge esse ponto, é necessário que se proceda o descarte do número de animais que excede a referida capacidade de suporte. Então procede-se a identificação de fêmeas com algum defeito, vacas mais velhas, com baixa habilidade materna e, principalmente, aquelas que não se emprenharam durante a estação reprodutiva, encontrando-se vazias no momento da realização do diagnóstico de gestação.

Adotando esta estratégia a propriedade estará também implementando um processo de seleção para fertilidade, mantendo no rebanho somente aquelas fêmeas que conseguem emprenhar durante a estação de monta, ou seja, aquelas de mais alta fertilidade.

Nessas condições, a taxa de abate do rebanho com TN de 85% é significativamente maior, pois maior número de animais será abatido anualmente.

Neste contexto, não há dúvidas de que o pecuarista que administra adequadamente sua propriedade e alcança maior taxa de natalidade, produzindo maior quantidade de bezerros também terá maior número de bovinos para o abate, comercializará mais animais durante determinado período de tempo se comparado com o sistema tradicional, taxa de natalidade média do rebanho brasileiro (TN = 65%), tendo giro de capital muito superior, o que possibilitará frequentes investimentos em benefício da área de produção de carnes.

O processo de comercialização de bovinos para abate em frigoríficos praticado no Brasil é feito tendo como unidade referencial a arroba.

Assim, encontra-se apresentado na Tabela 3 a quantidade de arrobas que poderão ser comercializadas anualmente, durante o período considerado de 12 anos. Importante explicar que foi considerado o peso médio de 18 arrobas para boi gordo e de 15,5 para fêmeas de descarte.

Esses valores correspondem à realidade verificada na prática das transações entre os pecuaristas e frigoríficos, como pode ser verificado, por exemplo, na análise de Nogueira (2010), analista da empresa Scot Consultoria, que afirma não restar dúvidas de que o peso de abate está aumentando gradualmente.

Conforme o especialista, o boi gordo está sendo abatido, na média nacional, em torno de 18@. De modo semelhante, o peso de abate de vacas variou entre 15 e 16 arrobas.

Tabela 3. Quantidade de arrobas de carne comercializadas ao longo de doze anos, conforme a TN do rebanho.

	Taxas de Natalidade					
ANO		65%			85%	
	BOIS	FÊMEAS	TOTAL	BOIS	FÊMEAS	TOTAL
1	4.968	852,5	5.820,5	7.056	4.774	11.830
2	4.860	4.076,5	8.936,5	6.984	4.603,5	11.587,5
3	4.680	3.859,5	8.539,5	6.876	4.588	11.464
4	6.156	3.875	10.031	7.650	4.743	12.393
5	5.814	3.844	9.658	7.668	4.836	12.504
6	5.508	3.751	9.259	7.668	5.425	13.093
7	5.508	3.720	9.228	7.830	5.394	13.224
8	5.454	3.642,5	9.096,5	7.974	5.409,5	13.383,5
9	5.346	3.596	8.942	7.830	5.084	12.914
10	5.274	3.549,5	8.823,5	7.758	4.960	12.718
11	5.202	3.503	8.705	7.722	4.867	12.589
12	5.130	3.456,5	8.586,5	7.470	4.727,5	12.197,5
Média anual	5.325	3.477,16	8.802,16	7.540,5	4.950,95	12.491,45

Considerando que o preço médio da arroba de vaca é ligeiramente menor que aquele praticado para o boi gordo, a Tabela 4 mostra os valores em reais, auferidos com a quantidade de arrobas de bois gordos separadamente do montante de arrobas de fêmeas encaminhadas anualmente para abate em frigoríficos.

Considerou-se como referência de preço médio aqueles mostrados pelo site da Scot Consultoria, acessado em 01 de novembro de 2018. Naquela data o preço médio indicado para a arroba do boi gordo era de R\$ 138,00, enquanto da vaca gorda era igual a R\$ 133,00.

Nestas condições, verifica-se que o rebanho hipotético de 1.000 vacas com TN igual a 85% alcança, a cada ano, um valor em receita financeira de R\$ 501.753,07 a mais que aquele com TN de 65%.

Este valor a maior alcançado na propriedade com TN igual a 85% representa aumento de receita da ordem de 41,90%.

Tabela 4. Quantidade de arrobas de carne de boi gordo e fêmeas de descarte, comercializadas anualmente ao longo de doze anos, preço médio por arroba e total em reais, conforme a TN do rebanho.

Taxa de Natalidade				
65	%	85	%	
@ boi gordo	5.325	@boi	7.540,5	
Valor @ (R\$)	138,00	Valor @ (R\$)	138,00	
Total boi (R\$)	734.850,00	Total boi (R\$)	1.040.589,00	
@ fêmea	3.477,16	@ fêmea	4.950,95	
Valor @ (R\$)	133,00	Valor @ (R\$)	133,00	
Total fêmea (R\$)	462.462,28	Total fêmea (R\$)	658.476.35	
Total geral (total boi gordo + total fêmea) (R\$)	1.197.312,28	Total geral (total boi gordo + total fêmea) (R\$)	1.699.065,35	
		Diferença R\$ (85% - 65%)	501.753,07	

Como ficou demonstrado nos cálculos anteriormente descritos a melhoria da taxa de nascimentos de bezerros, passando da média atual do rebanho brasileiro que se encontra ao redor de 65% para uma situação com TN igual a 85%, trará como consequência aumento ligeiramente superior a 40% da produção de carnes.

Isto representa também aumento proporcional na receita financeira da propriedade que se adequar para chegar ao índice de 85% para nascimentos de bezerros, a qual poderá atingir ganhos também superiores a 40% na sua receita.

Implementar as mudanças que se fazem necessárias em uma propriedade que apresenta TN de 65% para chegar ao índice de 85% requer, além de recursos financeiros, a tomada correta e oportuna de decisões, particularmente na área da gestão técnico-administrativa, que permitam alcançar os objetivos e metas previamente definidos em um planejamento de curto, médio e longo prazo.

Para isso, é desejável que um profissional capacitado nas áreas técnicas veterinárias e gestão de propriedades rurais esteja à frente da administração desta propriedade. Em qualquer realidade da bovinocultura de corte o fator de maior impacto no resultado final do sistema de produção, especialmente na eficiência reprodutiva, é a qualidade das pastagens.

A fisiologia reprodutiva da vaca é diretamente dependente de boa condição nutricional e a pastagem extensiva é a principal fonte alimentar do rebanho brasileiro, sendo esta a forma mais barata e prática de produzir alimentos para ruminantes.

Todavia, a degradação das pastagens talvez seja o principal problema produtivo enfrentado pela pecuária brasileira.

Neste sentido, estudo elaborado pela Embrapa Amazônia Oriental indica que metade dos 168 milhões de hectares de pastagens existentes no país encontra-se em forte estado de degradação, enquanto 30% estariam moderamente degradadas e apenas 20% das pastagens encontram-se em bom estado (DIAS FILHO). As áreas degradadas afetam diretamente a produção, tornando a atividade da bovinocultura insustentável.

Do mesmo modo, outro estudo desenvolvido pela Embrapa Monitoramento por Satélite (SP) e concluído em novembro de 2014, mostrou que mais da metade das pastagens localizadas no cerrado brasileiro pode estar em algum estágio de degradação.

São 32 milhões de hectares em que a qualidade do pasto está abaixo do esperado, comprometendo a produtividade e gerando prejuízos econômicos e ambientais. Com características únicas, o cerrado tem importância estratégica no cultivo de grãos e na pecuária, sendo o bioma com a maior produção agropecuária do país. Sozinho, responde por 55% da produção de carne.

Cerca de 80% dos locais em degradação foram encontrados nos estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais, justamente aqueles com as maiores extensões de áreas ocupadas por pastagens.

A recuperação poderia ajudar até a triplicar a produção de carne nessas áreas ou contribuir para a expansão da agricultura, além de reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GALINARI, 2014).

Se por um lado as grandes áreas de pastagens degradadas representam um dado preocupante, por outro pode se tornar um ponto positivo, pois representa um enorme potencial para o aumento da produtividade da pecuária nacional, particularmente da produção de carne, por meio da recuperação dessas áreas improdutivas.

Para tal, seria conveniente que os governos federal e estadual implementassem programas específicos de financiamento e orientação aos produtores visando recuperar áreas degradadas, empregando estratégias já testadas e em pleno funcionamento em propriedades de melhor tecnificação e manejo, tais como adubação das pastagens, consorciação com agricultura e a integração pecuária – lavoura – floresta.

O aumento da capacidade de suporte das pastagens, associado à melhoria dos índices zootécnicos, tal como a taxa de natalidade, são fatores que promovem aumento na taxa de desfrute do rebanho e, em consequência, na produção de carnes.

Comprovação de melhoria nos índices zootécnicos foi relatada por Vieira et al. (2005) que conseguiram em sistemas de produção intensivo com nível adequado de adubação e consequente maior oferta de matéria seca das pastagens, taxa de natalidade de 81,7% em rebanho Nelore, durante estação de monta de 90 dias.

Assim, conforme assinalado por Dias Filho (2014), dentro de um novo panorama da pecuária brasileira, no qual a maior parte das pastagens encontre-se em boa qualidade, será possível garantir aumento da eficiência animal a pasto, produzindo mais em menores áreas.

Tal eficiência pode ser alcançada por meio do refinamento das técnicas de produção, com aumento da capacidade de suporte e da longevidade das pastagens e, principalmente, da recuperação de pastos degradados.

Considerando esta nova realidade assinalada pelo autor, propriedades com pastagens cultivadas e de boa qualidade, um dos resultados que pode ser esperado é a melhoria da TN dos rebanhos, o que trará, em consequência, maior produção de carnes e aumento da rentabilidade do fazendeiro dedicado à bovinocultura de corte.

3 Conclusão

O Brasil possui o maior rebanho comercial do mundo sendo o maior exportador de carnes. Embora ocupe posição de destaque no cenário mundial, no entanto, a pecuária de corte ainda apresenta baixos índices de produtividade e rentabilidade. Implementar estratégias de manejo, particularmente na melhoria das pastagens, é condição necessária para a aumentar a eficiência produtiva dos diferentes sistemas de produção de carne bovina.

A análise apresentada neste artigo mostrou que a melhoria da taxa de natalidade do rebanho aumenta a produção de carne. Elevar a TN média do rebanho brasileiro dos atuais 65% para algo em torno de 85% representará aumento aproximado de 40% na produção de carne.

A variação na TN altera a quantidade total de animais, aumentando o número em cada categoria animal nos sistemas de produção com maior TN, o que representará maior número de bois gordos e fêmeas de descarte a serem comercializadas para o frigorífico, pois a quantidade total de animais está na dependência da capacidade de suporte das pastagens da propriedade.

Neste aspecto, é fundamental investir na melhoria do pasto oferecido aos bovinos, tendo em vista que oferecer forragem de boa qualidade é a forma mais econômica e prática de se manter ruminantes em boa condição nutricional. Esta, por sua vez, representa o fator maior e mais relevante para o pleno funcionamento da atividade reprodutiva da vacada.

Desta forma se torna possível obter maiores taxas de natalidade e índices de produtividade que permitam retorno financeiro satisfatório ao pecuarista.

A pecuária bovina de corte para ter sucesso deve ser conduzida de forma empresarial alcançando altos níveis de produtividade, na produção de forragens e de animais, elevadas produções de matéria seca por hectare e taxas de natalidade e desmama adequadas.

Quanto mais intensivo o sistema de produção, mais exigente ele será, com relação à eficiência e a produtividade. Melhorar a TN do rebanho bovino é garantia de menor número de fêmeas improdutivas, melhor rentabilidade ao produtor, maior quantidade de carne produzida, proporcionando tranquilidade em termos de segurança alimentar, possibilitando ainda a disponibilidade de volume maior de carnes para a exportação a outros países.

Referências

- ANUALPEC 2014. Disponível em: http://www.anualpec.com.br/. Acesso em 24 de outubro de 2018.
- DIAS FILHO, M.B. Estudo da Embrapa aponta que 80% das pastagens no Brasil estão degradadas. Disponível em: https://www.infomoney.com.br/mercados/agro/noticia/4797298/estudo-embrapa-aponta-que-das-pastagens-brasil-estao-degradadas. Acesso em 07 de novembro de 2019.
- DIAS FILHO, M.B. Diagnóstico das Pastagens no Brasil. Documentos 402. ISSN 1983-0513. Embrapa. Maio 2014.
- FORMIGONI, I. Compare a taxa de abate de bovinos no Brasil e Estados Unidos. 24 de novembro de 2019. Disponível em: http://www.farmnews.com.br/historias/taxa-de-abate-de-bovinos-2/. Acesso em 08 de novembro de 2018.
- GALINARI, G. Embrapa Monitoramento por Satélite. Embrapa mapeia degradação das pastagens do Cerrado. 16/12/2014. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2361250/embrapa-mapeia-degradacao-das-pastagens-do-cerrado. Acesso em 07 de novembro de 2019.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores agropecuários produção agropecuária. Disponível em: https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagropecuaria/default.shtm. Acesso em 24 de outubro de 2019.
- NOGUEIRA, M.P. Peso de abate, resultados e relação de troca. Disponível em: https://www.scotconsultoria.com.br/cotacoes/boi-gordo/ acesso em 01 de novembro de 2019.
- OAIGEN, R.P.; BARCELLOS, J.O.J.; CHRISTOFARI, L.F.; BRACINI NETO, J.; OLIVEIRA, T.E.; PRATES, E.R. Melhoria organizacional na produção de bezerros de corte a partir dos centros de custos. R. Bras. Zootec. 37(7), 580-587, 2008.
- TRENKLE, A.; WILHAM, R.L. Beef production efficiency. Science 198:1009 1015, 1977.
- VIEIRA, A.; LOBATO, J.F.P.; CORREA, E.S.; JUNIOR, R.A.A.T.; CEZAR, I.M. Produtividade e eficiência de vacas nelore em pastagens de Brachiaria decumbens Stapf nos cerrados do Brasil Central. Revista Brasileira de Zootecnia. v.34, n.4, p.1357-1365, 2005.

Saúde e segurança ocupacional na aquicultura - um roteiro para análise

DOI 10.29327/5345677.2-7

Antonio Nunes Barbosa Filho¹

Resumo: O Brasil tem um imenso potencial de produção e de competitividade em diversos seqmentos da produção de proteína animal. Estamos entre os líderes mundiais na oferta e exportação de carne bovina, de frango e suína, mas podemos ir além. A grande extensão costeira e de território aliada à disponibilidade de águas, pode levar o nosso país a mais uma posição de destague no cenário da segurança alimentar dos povos neste século XXI, por intermédio da aquicultura, que se ocupa da criação de animais aquáticos diversos, para a obtenção, notadamente, da carne, mas também de couro e para fins de ornamentação e de exposição, cada finalidade destas com um valoroso mercado consumidor. Entretanto, para tanto, especial atenção deve ser voltada às condições de trabalho em que os obreiros dedicados a esta produção estão sujeitos. Ambientes bioclimáticos, meios físicos, processos de intervenção junto aos animais, segundo sua natureza, e demais fatores associados a esta produção podem ensejar ameaças à integridade dos trabalhadores. O presente texto foi escrito no intuito de fornecer um roteiro de análise destas condições para gestores e profissionais das áreas de saúde e segurança ocupacional atuantes nas empresas de aquicultura, de modo que possam identificar oportunidades de melhoria quanto aos riscos ocupacionais e minimizar eventos indesejados no tocante a estes, que, não raro, resultam perdas humanas e econômicas de grande importância, as quais podem ser evitadas por meio de ações técnicas e gerenciais.

Palavras-chave: Saúde e Segurança Ocupacional. Agronegócio. Aquicultura. Piscicultura. Carcinicultura.

OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY IN AQUACULTURE - A SCRIPT FOR ANALYSIS

Abstract: Brazil has immense potential for production and competitiveness in various segments of animal protein production. We are among the world leaders in the supply and export of beef, chicken and pork, but we can go further. The large coastal and territorial extension, combined with the availability of water, can lead our country to yet another prominent position in the scenario of food security for peoples in this 21st century, through aquaculture, which deals with the creation of various aquatic animals, notably for obtaining meat, but also for leather and for ornamental and exhibition purposes, each purpose having a valuable consumer market. However, for this purpose, special attention must be paid to the working conditions in which the workers dedicated to this production are subject. Bioclimatic environments, physical environments, intervention processes with animals, according to their nature, and other factors associated with this production can give rise to threats to the integrity of workers. This text was written with the aim of providing a roadmap for analyzing these conditions for managers and professionals in the areas of occupational health and safety working in aquaculture companies, so that they can identify opportunities for improvement regarding occupational risks and minimize unwanted events regarding to these, which, not infrequently, result in human and economic losses of great importance, which can be avoided through technical and managerial actions.

Key-words: Occupational Safety and Health. Agribusiness. Aquaculture. Pisciculture. Shrimp farming.

 ^{1 -} Professor e Pesquisador da Universidade Federal de Pernambuco, Escola de Engenharia - Centro de Tecnologia e Geociências.
 Orcid: 0000-0003-1153-0536. Email: antonio.barbosafo@ufpe.br

1 Introdução

A grande extensão costeira, incluindo a zona econômica exclusiva1 e de território continental, ao lado da disponibilidade de cursos de água, podem transformar o Brasil em um grande produtor de proteínas derivadas da aquicultura, seja oceânica, em águas salobras ou em águas doces, conforme o Plano Nacional de Desenvolvimento da Aquicultura (PNDA)2, com horizontes voltados para a década compreendida entre os anos de 2022 e 2032, publicado pela então Secretaria de Aquicultura e Pesca do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA, a qual, atualmente, foi elevada ao status de Ministério da Pesca e Aquicultura.

Cumpre ressaltar que, não apenas a produção de peixes em nosso país encontra boas oportunidades3, mas, todos os demais segmentos abrangidos pela aquicultura, a respeito dos quais discorreremos mais adiante.

Para que este potencial seja levado a termo, intervenções regulares e a presença de uma grande quantidade de trabalhadores serão necessárias, em média cerca de 4 indivíduos por hectare dedicado à piscicultura.

Nesta esteira, é oportuno destacar que todas as modalidades de cultivo relacionadas à aquicultura são atividades de uso habitual e continuado de mão de obra, em especial porque, em geral, estas demandam intenso manuseio em todas as fases de seu ciclo produtivo.

Assim sendo, por suas particularidades, não raro, as condições de trabalho a que estes obreiros estarão sujeitos ensejam oportunidades de danos à sua saúde e segurança, pelo que apresentamos neste estudo um breve roteiro de análise destas condições, para que sejam planejadas ações visando a prevenção de doenças e de acidentes no ambiente laboral decorrentes do trato destas culturas.

2 A diversidade da aquicultura

A atividade da aquicultura é constituída pela piscicultura (produção de peixes), pela carcinicultura (produção de camarões e outros crustáceos) – seus principais segmentos, pela malacocultura ou cultivo de moluscos (sendo a produção de ostras denominada de ostreicultura, e a de mexilhões e mariscos como mitilicultura)4, pela ranicultura (produção de rãs), de répteis (como os quelônios e jacarés), pela criação de invertebrados aquáticos (celenterados, equinodermos etc.) e, ainda, pela produção comercial de algas, com aplicações as mais variadas, tanto para consumo humano e animal, quanto para a indústria farmacêutica, de cosméticos, para a produção de biomassa e outras.

Conhecer as potenciais ameaças à capacidade laboral dos trabalhadores neste segmento e os meios necessários à prevenção de acidentes e/ou doenças associados a esta produção pode significar ganhos de conforto, segurança e produtividade para os trabalhadores, contribuindo, assim, para evitar que lesões e afastamentos impliquem perdas para os empreendimentos ao qual estão vinculados.

Figura 1. Variáveis de Análise relativas à SSO na Aquicultura.

Ambiente Físico	Características	Processos de	Riscos derivados e bioclimáticos
e meios materiais	do animal	Intervenção	

Fonte: O autor

Em face da impossibilidade de individualizar as condições de trabalho para a totalidade das situações possíveis para distintos sistemas de produção na aquicultura e para representar adequada-

^{1 -} Vide: https://www.planalto.gov.br/ccivil 03/Leis/L8617.htm

^{2 -} Disponível em: https://www.gov.br/mpa/pt-br/assuntos/aquicultura/plano-nacional-de-desenvolvimento-da-aquicultura-pn-da-2022-2032. Acesso em 26/06/2023

^{3 -} Neste sentido, vide o contido em: https://www.peixebr.com.br (web da Associação Brasileira de Piscicultura) e https://www.canal-rural.com.br/noticias/pecuaria/producao-de-peixes-cresce-47-no-brasil-em-2021/

^{4 -} A conquiliologia é o campo dedicado ao estudo dos animais de conchas. A criação de escargots, integrante deste, é denominado de helicicultura e, por sua natureza, não integra a aquicultura, embora existam caramujos aquáticos.

mente a combinação de diversos fatores influentes junto a estas, adotamos neste estudo o modelo de análise sintetizado pelo conjunto das variáveis representadas na Figura 1, a respeito da qual passamos a discorrer a seguir.

3 O ambiente físico e os meios materiais

O ambiente físico está relacionado, primariamente, ao sistema de produção adotado, seja uma criação extensiva, semi-intensiva, intensiva ou superintensiva. Ou seja, a partir desta decisão, é definido o meio aquático em que se atuará (mar, lagos, lagoas, canais, tanques, viveiros ou barragens), os recursos materiais de suporte à atividade (gaiolas, aeradores, filtros, bombas, canoas, redes, ferramentas diversas etc.), a multiplicidade de espécies e o grau de adensamento populacional.

Desta forma, sabe-se, de antemão, a intensidade de interações do pessoal com o meio, o nível de manejo, a susceptibilidade animal quanto às doenças, a forma de transferência e de coleta destes, bem como as necessidades de renovação de água e de alimentação a suprir.

Em razão desse ambiente e dos meios materiais os obreiros estarão sujeitos a acidentes, como choques elétricos, afogamentos, quedas de nível, a mordidas dos animais da criação, ao contato com animais peçonhentos, ao impacto contra boias, estruturas flutuantes e embarcações em decorrência da movimentação destas na superfície das águas e a outras oportunidades do gênero.

4 As características do animal

Quanto às características do animal, cabe afirmar, de um lado, que o conhecimento de sua anatomia contribuirá para a redução de oportunidades de lesões quando do trato com estes, em especial durante as distintas oportunidades de manuseio, quando da transferência de alevinos para tanques de recria ou engorda, seja quando da coleta para pesagem e acompanhamento da engorda, bem como para verificação da saúde do plantel, seja na despesca ou, ainda, quando da retirada de animais mortos do espaço de cria, sua eventual biópsia e descarte dos exemplares impróprios para o consumo.

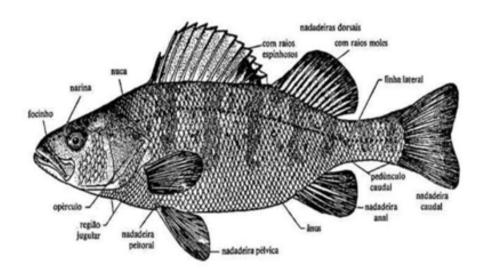


Figura 2. Estrutura anatômica de peixes ósseos

Nas figuras em destaque, temos imagens das estruturas anatômicas de peixes do tipo ósseo e de camarões. Nestas, é possível identificar elementos capazes de gerar lesões perfurantes durante o seu manuseio.

Nos peixes destacam-se os raios espinhosos das nadadeiras (Figura 2) e nos camarões (Figura 3), o rostro em sua porção frontal e o telso em seu segmento posterior. Podemos destacar, também, oportunidades de lesões cortantes pelo manuseio de peixes junto aos opérculos e no contato direto com as conchas de moluscos bivalves, como as ostras e mexilhões.

Por estas razões, é sempre devido o manuseio destes animais com as mãos sob a necessária proteção.

maxilipedes

patas abdominais natatórias (pleópodes)

brânquias (sobre a carapaça)

urópodes

Figura 3. Anatomia do Camarão

Fonte: BRASIL/MAPA/SDA/DSA (2023)

A inobservância das medidas protetivas indispensáveis para o manuseio destes animais pode resultar evento capaz de gerar grave sequela, conforme descrito em Carvalho et al. (2021), em que narram acidente no trato com um robalo (Centropomus spp.) e suas repercussões.

De outro lado, o conhecimento dos hábitos das espécies poderá orientar os criadores e seus trabalhadores quanto aos padrões de alimentação e a profundidade ou em que camadas da lâmina d'água estas se encontrarão nos meios de criação, o que indicará a necessidade ou não da drenagem das águas do ambiente para acessá-los, quando da despesca.

5 Processos de intervenção

Ao longo das intervenções junto às criações, os trabalhadores estarão sujeitos a riscos distintos, dentre os quais é oportuno destacar, além dos riscos de acidentes já comentados quando discorremos sobre o ambiente de trabalho, temos a sujeição a:

- a) Riscos químicos quando do manuseio das rações e com os demais produtos de uso regular para tratamentos junto às espécies (formação de misturas, preparação e lançamento), como medidas para a desparasitação dos criadouros, a adubação para a formação de plâncton etc.;
- b) Riscos ergonômicos decorrentes das posturas assumidas nas diversas ações do cotidiano, muitas das quais exigindo posições esdrúxulas, como aquelas decorrentes agachamentos, projeções e flexões do tronco, bem como do trato manual de cargas excessivas (decorrentes da movimentação de tambores, baldes e sacos com elevado volume de água e de animais, o manuseio de puçás e de redes de arrasto etc.);
- c) Riscos biológicos decorrentes do contato direto com a água e com os próprios animais, sobre o que trataremos mais adiante; e,
- d) Riscos físicos como a exposição à radiação solar, ao ambiente úmido e ao ruído de máquinas e equipamentos, como os motores de popa de embarcações e de processadores de rações, que exigem a proteção adequada das partes potencialmente afetadas com vestimentas apropriadas e protetores auditivos.

6 Riscos derivados e bioclimáticos

Entre os riscos derivados, não podemos deixar de citar as doenças zoonóticas. Ou seja, aquelas que podem ser transmitidas entre animais vertebrados e os seres humanos e destes para aqueles. Quando identificadas junto aos animais de criação, via de regra, em razão desse potencial de causar dano àqueles que têm contato com estes, por razões de sanidade e de biossegurança, são de notificação obrigatória junto aos serviços de saúde animal. Dentre as ocorrências relacionadas à piscicultura, merecem destaque a estreptocose e a septicemia causada por Aeromonas, cuja transmissão para o ser humano pode ocorrer por via oral e cutânea.

Atenção especial deve ser dada ao trato com os animais doentes e das carcaças, posto que, não raro, em decorrência de vários fatores, não apenas pela presença de doenças, mas o descontrole de parâmetros que afetam o bem-estar e, por conseguinte a saúde animal, como a variação do pH e da temperatura da água, o nível de compostos hidrogenados no meio aquático (sobretudo da amônia) e o nível de oxigênio dissolvido, turbidez e o processo de eutrofização (formação de algas, levando à hipóxia) podem resultar na morte de alguns ou massiva de indivíduos, exigindo a retirada destes do meio de cultivo e a sua correta destinação final, que se caracterizam como oportunidades de danos à saúde dos trabalhadores envolvidos.

Quanto às demais condições de risco à saúde humana, cabe destacar a frequente exposição à radiação solar, bem como a permanência por longos períodos em condição de umidade de vestimenta, o que pode resultar hipotermia e, por sua vez, lesões cutâneas, quando da não utilização de roupas adequadas para fins de proteção no contato com a água, como jardineira impermeável com bota acoplada, luvas impermeáveis e, em casos específicos, trajes apropriados para a redução de perdas de calor corporal para entrada em águas com temperaturas da ordem de 20 oC.

Por sua vez, o cultivo de ostras pode demandar a atividade de mergulho para a instalação (incluindo fixação) e manutenção de estruturas submersas (espinhel ou long-lines), a preparação e manutenção de estruturas em áreas de mangue ou com grande variação de marés (mesas com travesseiros) ou, ainda, intervenções em grandes profundidades em áreas de reduzida correnteza, onde são instaladas estruturas conhecidas como lanternas verticais, cuja retirada do leito marinho pode exigir por parte dos trabalhadores a realização de grande esforço físico, sendo por isto fortemente recomendada a utilização de meios mecânicos para tanto.

A título de informação, ademais dos graves e iminentes riscos quanto à atividade hiperbárica, conforme registrado por Barbosa Filho (2019, 120), ao discorrer sobre "Risco em Arqueologia Subaquática", podemos citar as seguintes reações corpóreas em função da temperatura da água para imersões desprotegidas:

- a) Ao passo de 2 horas a 25 °C, iniciam-se tremores;
- b) Neste mesmo tempo de mergulho a 15 °C surgem sensações dolorosas; e,
- c) A exposição a uma temperatura da água de 5 °C, pode resultar a morte do indivíduo exposto a esta condição no intervalo de apenas uma hora.

Em continuidade, quanto ao uso de vestimentas isotérmicas em função da temperatura da água, Barbosa Filho (2019, 120) ressalta as seguintes características e aplicações: "...têm a finalidade de reduzir as perdas de calor corporal, além de protegê-lo contra pequenas escoriações. Quanto à aplicação podem ser classificadas em úmidas (ou molhadas) e secas.

As molhadas permitem a entrada e o contato de fina camada de água com o corpo do mergulhador, aprisionando-a junto a este. Uma vez aquecida, esta termina por limitar as perdas térmicas da área revestida.

São confeccionadas em neoprene®, uma borracha sintética1, impermeável e maleável, com excelentes propriedades quanto à resistência química, à inflamabilidade e elétrica, assim como a esforços mecânicos (flexão, torção e rasgamento), à degradação pela luz solar e à presença de fungos e bactérias.

^{1 -} Neoprene® ou neopreno é marca comercial do polímero do cloropreno ou policloropreno, desenvolvido pela DuPont.

Temperatura da água	Traje apropriado
0 a 10 °C	Roupa seca
10 a 15 °C	Neoprene de 5 a 7 mm
15 a 22 °C	Neoprene de 3 a 5 mm
22 a 25 °C	Roupa de lycra ou de surfe
Acima de 25 °C	Desnecessário o uso

As roupas secas, por sua vez, foram desenvolvidas para isolar o mergulhador do contato com a água, pela formação de finíssima camada de ar entre estes, seja a temperaturas muito baixas ou quando poluídas. Igualmente confeccionadas em neoprene®, permitem o uso de agasalhos sob estas e apresentam vedação nos punhos, tornozelos e pescoço. Usualmente dispõem de um inflador frontal na altura do tórax para ajuste de flutuação".

Por fim, vale lembrar que a temperatura das águas marinhas e dos corpos d'água superficiais são influenciadas pelas estações do ano, pela latitude e pela altitude dos criadouros em relação ao nível do mar, bem como pela exposição solar destas águas, que pode ser fator do bioma em que este está inserido.

7 Conclusões

Neste breve capítulo de livro, pudemos perceber que a proteção dos trabalhadores da aquicultura vai mais além do que o fornecimento e a disponibilidade de luvas, máscaras, botas, coletes salva vidas ou outro aparato de proteção individual.

A adequada prevenção de oportunidades de danos à integridade destes obreiros dependerá da correta capacidade de análise e do controle do conjunto de fatores que poderá contribuir para a instalação e a concretização de ocorrências indesejadas, sejam doenças, sejam acidentes.

Ademais do apresentado até o momento, cabe também salientar a importância do registro e investigação de acidentes e incidentes, como forma de estabelecer uma memória técnica para o sistema de saúde e segurança do trabalho (SSST), que servirá, igualmente, ao intuito de suportar o desenvolvimento e ajustes neste sistema e, assim, permitir o estabelecimento e a manutenção de condições de trabalho intrinsecamente seguras e saudáveis.

Diante da complexidade de fatores que, conforme explicitado, podem influenciar estas condições de trabalho, esperamos que o presente texto, que visou estabelecer um roteiro sistematizado para a estruturação de SSST nas organizações produtivas relacionadas à aquicultura, tenha cumprido adequadamente o seu propósito.

Sugestões de leitura

- ACHA, P.N.; SZYFRES, B. Zoonosis y enfermedades transmisibles comunes al hombre y a los animales. 3. ed. 3 v. Washington/DC: Organización Panamericana de la Salud (OPAS), 2003. (Publicación Científica y Técnica No. 580).
- BARBOSA FILHO, A.N. Saúde e Segurança Ocupacional em Arqueologia. Olinda: Babecco, 2019.
- . Segurança do Trabalho na Agropecuária e na Agroindústria. São Paulo: Atlas, 2017.
- BRASIL/MTE/DSST/SIT. Norma Regulamentadora NR 31 Segurança e Saúde no Trabalho na Agricultura, Pecuária, Silvicultura, Exploração florestal e Aquicultura.
- BRASIL/MAPA/SDA/DSA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Departamento de Saúde Animal. Instrutivo para coleta, preparo, acondicionamento e remessa ao laboratório de amostras oficiais de camarão. Disponível em: www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sanidade-animal-e-vegetal/saude-animal/programas-de-saude-animal/CpiadeInstrutivo_Camarao_mar2023.docx2.pdf
- CARVALHO, I.E.M.; et al. Lesão com infecção secundária e sequelas graves causadas por um peixe-robalo (Centropomus spp.) em um pescador. In Rev Bras Saude Ocup 2021; 46: e19. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1590/2317-6369000003420

- CAVALLI, L.S.; et al. (org). Principais doenças infecciosas em camarões e tilápias na aquicultura. Porto Alegre: SAPDR/DDPA, 2021. (Estado do Rio Grande do Sul, Secretaria da Agricultura Pecuária e Desenvolvimento Rural, Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária).
- CNA CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA AGRICULTURA. SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RU-RAL. Doenças de Animais Aquáticos de Importância para o Brasil - Manual de identificação no campo. Brasília: CNA/SENAR, 2018. Disponível em: https://www.cnabrasil.org.br/publicacoes/cartilhas-de-cna--de-sanidade-aquicola
- DA SILVA, C.C.; DA SILVA, J.C. Cultivo de ostras. Rio de Janeiro: Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro RE-DETEC, 2022. (Dossiê Técnico).
- LEIRA, M.H.; et al. Principais infecções bacterianas na criação de peixes. de água doce do Brasil uma revisão. Revista de Ciência Veterinária e Saúde Pública, v. 3, n. 1, 2016, pp. 44-59.
- ROSSI, G.A.M. Importância da Aquicultura na Saúde Pública. Revista de Educação Continuada em Medicina Veterinária e Zootecnia do CRMV/SP. São Paulo: Conselho Regional de Medicina Veterinária, v. 10, n. 2 e 3, 2012, pp. 16-21.
- SENAR SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL. Piscicultura: fundamentos da produção de peixes. Brasília: SENAR, 2017. (Coleção SENAR, n. 195).

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

DOI 10.29327/5345677.2-8

Nathan Gabriel Presotto¹ Alexandre Magno de Melo Faria²

Resumo: (a) Objetivo: Este artigo tem como objetivo evidenciar os modelos de produção e seus desdobramentos, no modelo atual é necessário a demanda de grandes áreas de pasto, fazendo com que haja desmatamento para que esse tipo de atividade obtenha lucro, além de emitir grandes quantidades de CO₂ para a atmosfera. (b) Métodos: Segundo o Fundo Mundial para Natureza, o conceito de desenvolvimento sustentável mais aceito é desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações. Assim, o método utilizado é a aplicação da taxa pigouviana, corrigindo assim a falha de mercado que são as externalidades negativas causadas por esse meio de produção, impedindo também o consumo excessivo do produto que no caso é a criação de gado de maneira extensiva. (c) Resultados: Os governos precisarão apoiar os pioneiros da indústria e incentivar negócios responsáveis por meio de políticas inovadoras e incentivos financeiros. A sociedade civil também tem um papel importante a desempenhar aqui, pressionando os varejistas por meio de classificações comparativas ou campanhas de conscientização para incentivar os pioneiros e chamar a atenção para aqueles que não seguem o exemplo. Os formuladores de políticas que consideram esses tipos de intervenções precisarão garantir que as estratégias sejam abrangentes e tenham apoio financeiro duradouro. (d) Conclusão: Assim, esse trabalho conclui trazendo possibilidades tanto no âmbito da demanda com políticas governamentais de incentivos a alimentos alternativos, como em relação a oferta com a facilidade da obtenção de créditos verdes visando incentivar o produtor a mudar o seu modelo de produção, logo debater o modelo de pecuária utilizada atualmente no país, trazendo alternativas como o do comércio de créditos de carbono pode influenciar tanto na economia do país quanto na qualidade de vida do cidadão, sendo melhor utilizado para gerar lucros para a nação.

Palavras-chave: Agropecuária; créditos de carbono; economia; pecuária-intensiva; pecuária extensiva.

ANALYSIS OF BRAZILIAN BEEF LIVESTOCK: PRODUCTION MODELS AND ENVIRONMENTAL COMPENSATIONS

Abstract: (a) **Objective**: This article aims to highlight the production models and their consequences, in the current model it is necessary to demand large areas of pasture, causing deforestation for this type of activity to obtain profit, in addition to emit large amounts of CO₂ into the atmosphere. **(b) Methods**: According to the World Wide Fund for Nature, the most accepted concept of sustainable development is development capable of meeting the needs of the present generation without compromising the ability to meet the needs of future generations. Thus, the method used is the application of the Pigouvian tax, thus correcting the market failure that are the negative externalities caused by this means of production, also preventing excessive consumption of the product, which in this case is extensive cattle raising. **(c) Results**: Governments will need to support industry pioneers and encourage responsible business through innovative policies and financial incentives. Civil society also has an important role to play here, putting pressure on retailers through comparative ratings or awareness

 ^{1 -} Pesquisador da UFMT – Universidade Federal de Mato Grosso. Mestrando em Administração - Instituto Politécnico de Bragança
 ORCID: 0009-0000-1637-550X. E-mail: nathangpresotto@hotmail.com

^{2 -} Professor e Pesquisador da UFMT – Universidade Federal de Mato Grosso. Pós-doutor em Gestão e Economia. ORCID: 0000-0001-6584-1925. E-mail: alexandre.faria1@ufmt.br

campaigns to encourage early adopters and draw attention to those not following suit. Policymakers considering these types of interventions will need to ensure that the strategies are comprehensive and have lasting financial backing. (d) Conclusion: Thus, this work concludes by bringing possibilities both in terms of demand with government policies to encourage alternative foods, and in relation to supply with the ease of obtaining green credits in order to encourage the producer to change his production model, then discuss the livestock model currently used in the country, bringing alternatives such as trading carbon credits that can influence both the country's economy and the quality of life of citizens, being better used to generate profits for the nation.

Keywords: Agriculture; carbon credits; economy; livestock-intensive; extensive livestock.

Introdução

Estima-se que o Brasil possui em torno de 224,6 milhões de cabeças de gado (IBGE, 2021), sendo responsável por 16,78% da produção mundial, número que o coloca em segundo lugar na classificação de maiores produtores mundiais, inserindo assim a pecuária brasileira como um dos principais emissores de GEEs1 sendo responsável por 28% das emissões (Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases do Efeito Estufa SEEG), fato preocupante para as metas climáticas firmadas no acordo de Paris em 2015.

Ademais, a demanda por proteína animal está crescendo, e prevê-se que o consumo global de carne aumente 76% em relação aos níveis recentes até meados do século. Uma 'transição de proteína' está ocorrendo em todo o mundo em desenvolvimento: à medida que a renda aumenta, o consumo de carne também aumenta.

No mundo desenvolvido, a demanda per capita por carne atingiu um platô, mas em níveis excessivos. Entre os países industrializados, a pessoa média consome cerca de duas vezes mais do que os especialistas consideram saudável. Nos Estados Unidos, o múltiplo é quase três vezes, e isso não é sustentável. Uma população global crescente não pode convergir para os níveis de consumo de carne dos países desenvolvidos sem um enorme custo social e ambiental.

Assim, analisar a pecuária brasileira exige um certo cuidado, pois o país possui uma alta oferta, isso permite que o preço médio do corte brasileiro seja um dos mais baratos do mercado, fazendo com que o consumo interno, (249g/dia), tenha um número altamente elevado ocasionando em médio e longo prazo o aumento em 18% de chances de desenvolver doenças cardíacas (PAPIER et al. 2021).

Há um longo debate sobre políticas de tributação para diminuir este consumo, porém a exemplo de outros modelos, que serão mencionados posteriormente, o aumento do preço diminui o consumo apenas das famílias de baixa renda, uma vez que a demanda de carnes no Brasil é um bem inelástico a curto prazo (BACCHI, 2020).

Desse modo, gerando um aumento da desigualdade social no âmbito nutricional, privar essas famílias de nutrientes importantes poderá causar uma redução da qualidade de vida.

Assim, este trabalho possui como objetivo trazer possibilidades para que não ocorra perca de receita pelos produtores, visando a mudança do modelo de produção brasileiro para alcançar as metas definidas nos acordos internacionais.

O mercado de créditos de carbono é a principal política abordada para diminuição da emissão de CO2, ademais uma proposta de incentivo fiscal para alimentos alternativos pode melhorar os índices de consumo elevado de carne, reduzindo o equilíbrio do preço de mercado demandado, em outra via propor uma política de tributação, a exemplos de políticas utilizadas por países desenvolvidos,

^{1 -} Gases de efeito estufa são substâncias capazes de absorver a radiação infravermelha refletida pela Terra após absorção da luz solar. A consequência dessa propriedade é o aumento da temperatura da superfície da Terra em níveis de manutenção da vida. Contudo a crescente concentração derivada da atividade humana está causando maiores eventos climáticos extremos. Os principais gases-estufa são o dióxido de carbono (CO2) que representa cerca de 60% da concentração, o metano (CH4) que representa cerca de 20% da concentração e o óxido nitroso (N2O) que representa cerca de 6% da concentração de gases (ASSAD et al., 2019).

para alimentos com o desgaste ambiental elevado, propondo restringir a demanda interna, visando a redução do consumo de proteína animal sem causar prejuízo nutricional às famílias de baixa renda, e a diminuição das emissões de Gases de efeito estufa.

Métodos

Referencial teórico

Segundo o Fundo Mundial para Natureza, o conceito de desenvolvimento sustentável mais aceito é "desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações".

Dessa maneira, a influência causada pela agropecuária no meio ambiente é algo preocupante sabendo das grandes emissões de GEEs liberados na atmosfera por conta desse meio de produção. Assim, uma das maneiras mais abordadas para a solução desse problema é a aplicação da taxa pigouviana, corrigindo assim a falha de mercado que são as externalidades negativas causadas por esse meio de produção, impedindo também o consumo excessivo do produto que no caso é a criação de gado de maneira extensiva.

Deste modo, se a taxa é inserida por exemplo, por cada tonelada de CO2 emitida na atmosfera, a fábrica ou o agricultor que emitir menos toneladas de CO2 pode receber incentivos por menos emissões e isso incentiva a criação e implementação de processos tecnológicos sustentáveis e renováveis.

Metodologia

A pesquisa bibliográfica foi realizada em 30/07/2022 na Plataforma Periódicos CAPES. Os termos utilizados foram "tax food", "tax carbon" e "livestock", sendo que representam em português "taxação alimentar", "taxação sobre carbono" e "pecuária".

A busca retornou 54 materiais com os termos da busca, sendo ordenados por relevância de citação. O sistema reportou a presença de materiais com a temática entre os anos de 2001 e 2022.

Dos 54 materiais, 52 estavam em língua inglesa, um em língua portuguesa e um em chinês. Do universo de artigos da pesquisa, 36 estavam disponíveis em periódicos revisados por pares. As bases de artigos que reportaram presença de publicações com as temáticas foram:

- Science Citation Index Expanded (Web of Science) 24
- Social Sciences Citation Index (Web of Science) 18
- ScienceDirect Journals 13
- Springer Online Journals Complete 12
- Academic Search Premier 10
- PubMed 9
- Gale Academic OneFile 9
- DOAJ Directory of Open Access Journals 7
- PubMed Central 5
- HighWire Press (Free Journals) 5
- Taylor & Francis Open Access 2
- Science Magazine 2
- SciELO Brazil 2
- Arts & Humanities Citation Index (Web of Science) 2
- Elsevier ClinicalKey Journals 1
- Wiley-Blackwell Full Collection 2013 1

- Latindex 1
- Wiley Online Library All Journals 1
- Emerald Journals 1
- Oxford Journals Current Collection 1

Foram considerados apenas os periódicos revisados por pares e após a leitura do resumo, foram selecionados 15 artigos para serem utilizados nesta pesquisa.

Modelos de pecuária

O setor pecuário é altamente heterogêneo: os sistemas de produção variam conforme o local, e como resultado, a gama de emissões totais diretas e indiretas associadas a uma determinada carne ou laticínios pode ser muito ampla.

Segundo Serrão (1992), a pecuária extensiva, responsável por 90% da produção brasileira é um modelo tradicional, em que o gado é criado em áreas extensas de pastagens naturais, tendo ele solto em áreas amplas para pastar livremente, exigindo menos intervenção humana.

A alimentação é baseada principalmente em capim e recursos naturais disponíveis, possui menor necessidade de investimento em infraestrutura e alimentação suplementar.

Aproveitamento de áreas extensas de pastagens naturais, utiliza uma baixa produtividade por área, dependendo das condições climáticas e disponibilidade de pasto.

Por sua vez, a pecuária Intensiva envolve criação de gado em áreas menores, com maior controle e uso de tecnologia tem como forma de manejo os animais mantidos em confinamento ou pastagens restritas, recebendo alimentação suplementar balanceada e acompanhamento veterinário regular. Pode incluir a utilização de sistemas de irrigação, inseminação artificial e controle de doenças. Obtendo assim, maior produtividade por m².

Por norma, o investimento em tecnologia resulta em maior lucratividade, requerendo assim investimento em infraestrutura, equipamentos e alimentação suplementar, por fim a pecuária integrada, tem como o objetivo a criação de sistemas como a agropecuária e a pecuária-floresta, possuindo o benefício de agredir minimamente o meio ambiente, tendo como custo o alto investimento em controle ambiental.

Embora os ganhos para a saúde de dietas predominantemente à base de vegetais estejam bem estabelecidos, o acesso físico e econômico a essa dieta, bem como a capacidade de utilizar esses alimentos de forma eficaz, pode ser limitado.

Segundo pesquisas realizadas pela empresa Florida Food Products (EUA), enquanto a procura por novas alternativas de proteínas a base de vegetais cresce, esse mercado possui desafios para o desenvolvimento de produtos que possam substituir a carne bovina e ainda trazer em sua composição ingredientes naturais e não processados, tal fator aumenta o custo da produção de muitos produtos, dificultando assim o acesso para a população que possui renda menor.

Até 2050, a população mundial de bovinos pode aumentar em mais de um bilhão de animais, e a população global de cabras e ovelhas em mais de 700 milhões de animais (HUBERT et al., 2010). Globalmente, sistemas mistos de lavoura e pecuária produzem 69% do leite (407.000.000 milhões de toneladas) e 61% da carne (43.000.000 toneladas) de ruminantes.

Tanto em países desenvolvidos como em desenvolvimento, os sistemas mistos lavoura-pecuária são os sistemas de produção mais importantes em termos de produção de ruminantes (HERRE-RO et al., 2013). A distribuição de ruminantes pela terra se sobrepõe extensivamente com áreas que abrigam altos níveis de biodiversidade.

Além de exigir a maior área por quilo de carne (ou proteína) produzida de todos os tipos de gado e ocupar globalmente mais área do que qualquer outro uso da terra, a fermentação entérica da produção de ruminantes sozinha é a maior fonte de emissões antropogênicas de metano (RIPPLE et al., 2014).

Pecuária no Brasil

Ao longo das últimas quatro décadas, a pecuária no Brasil se desenvolveu por vários motivos, sendo um dos principais o abastecimento de alimentos durante a década de 1970, em que houve grande fluxo migratório, principalmente voltados para a região Centro-Oeste do país.

Com esse fluxo, houve também grande oferta de empregos e consequentemente aumentou a preocupação com as políticas sustentáveis do local já que grandes terras eram exploradas de maneira deliberada.

Uma das preocupações da época com o crescimento repentino da agropecuária foi a emissão de CO2 causados por esse tipo de prática, principalmente com o desmatamento de grandes terras já que grande parte da técnica de pecuária (bovina, suína e ovina) utilizada é a extensiva, a qual os animais são soltos em grandes pastagens e engordados, servindo assim para o consumo.

A mudança no modelo de produção pecuária, pretende aumentar a sua eficiência, para reduzir índices como: desmatamento, destruição do solo e perda de espécies.

Uma questão a ser abordada são as propostas para a redução do desmatamento pela pecuária, transformar a pecuária majoritariamente de produção extensiva, para integrada permite um aumento da terra para reflorestamento, este fato aumenta a captura de carbono, gerando uma fonte de renda alternativa para os produtores por meio do mercado de crédito de carbono definido pelo programa IT-MOs (Resultados de Mitigação Internacionalmente Transferidos), que visa calcular o atingimento das metas ambientais dos países e regular o mercado de venda de créditos entre eles.

No âmbito da emissão de gases a pecuária representa 14,5% da emissão total mundial. As fontes de emissões de GEE do setor pecuário podem ser segregadas em duas grandes categorias:

- 1) emissões que emanam de mudanças no uso da terra devido à produção pecuária; normalmente, quando a terra florestal é convertida em pasto ou plantação para acomodar o aumento da produção pecuária, isso resulta em aumento das emissões de GEE devido ao desmatamento e redução do sequestro de carbono a longo prazo; e,
- 2) emissões que são atribuídas a fontes de mudança de uso da terra, como fermentação entérica, produção e processamento de ração, manuseio de esterco e processamento e transporte de produtos animais.

Assim, com o aumento de terras destinadas ao uso da agropecuária, percebeu-se que esse tipo de produção não seria sustentável futuramente, buscando assim alternativas para garantir o lucro do produtor rural, seguindo a demanda utilizando a menor quantidade de recursos naturais possíveis.

Numa visão de futuro, porém, não basta apenas aumentar a produção; a expansão da produção agropecuária deverá respeitar critérios cada vez mais rigorosos de sustentabilidade, que abrangem dimensões técnico-econômicas, sociais e ambientais.

Evitar o avanço da fronteira agrícola, por meio de ganhos crescentes e continuados de produtividade agropecuária, e fomentar a substituição de pastagens de baixa produtividade com outros usos agrícolas e florestais constituem ação prioritária (MARTHA JÚNIOR et al., 2010).

Entretanto, durante o início da década de 1990, houve mudanças quanto ao direcionamento do mercado agropecuário no Brasil, fazendo que aumentasse a exportação de produtos, dessa forma, os excedentes garantiram maior estabilidade para o mercado interno brasileiro.

É válido também ressaltar a importância da quebra da barreira agrícola nos últimos 30 anos, o que possibilitou a implantação da agropecuária no interior do país, possibilitando aumento do PIB local, embora a desigualdade social seja maior nas cidades que investiram no agronegócio.

A tecnologia de renovação e utilização do solo tem-se mostrado de grande potencial, ainda assim o desmatamento e as grandes áreas sem cobertura vegetal ativa influenciam na liberação de CO2, contribuindo para o efeito estufa. Com isso, a demanda de novas ideias para trazer soluções sustentáveis cresceu, sendo algumas delas implementadas ao redor do mundo, como por exemplo a comercialização de créditos de carbono.

Implicações da pecuária

A produção de gases de efeito estufa resulta em mudanças climáticas, os cenários projetados do impacto das mudanças climáticas são de uma menor quantidade de água e temperaturas mais altas. Isso implica que o uso mais eficiente da água para pastagem e criação de gado e mudanças radicais nas práticas de pecuária devem promover a conservação da água e a tolerância ao calor.

As estratégias de adaptação devem promover a conservação da forragem e seu consumo eficiente. A mudança climática também promoverá a proliferação de pragas e doenças, diminuindo assim a produtividade da pecuária. Espera-se que o alcance de muitos insetos se expanda ou mude, e novas combinações de pragas e doenças possam surgir à medida que os ecossistemas naturais respondem à temperatura e precipitação alteradas.

O aumento na frequência ou gravidade de eventos climáticos extremos, incluindo secas, ondas de calor, vendavais e inundações, também pode interromper as relações predador-presa que normalmente mantêm as populações de pragas sob controle.

Portanto, recomenda-se que as tecnologias de preservação de alimentos, estratégias de seleção, captação de água, estratégias de armazenamento e reciclagem e sistemas de produção pecuária intensiva possam ser usados como estratégias de adaptação às mudanças climáticas durante a produção pecuária.

Abordar o consumo insustentável é uma necessidade estratégica para poder alimentar nove bilhões de pessoas até o final do século, evitando mudanças climáticas perigosas. Espera-se que o consumo de carne e produtos lácteos aumente 76% e 65%, respectivamente, até meados do século, impulsionado por uma população crescente e uma mudança nas preferências alimentares para alimentos ricos em proteínas.

Nosso crescente apetite global por esses produtos verá as emissões do setor continuarem a aumentar e exercerá cada vez mais pressão sobre os escassos recursos naturais.

O crescimento nas emissões de GEE associadas ao consumo de carne nesta escala não pode ser contido apenas pela mitigação do lado da oferta. As emissões e a intensidade de recursos dos sistemas de produção animal e de rações, e de diferentes produtos de origem animal, variam muito em nível regional, nacional e de fazenda.

Existe uma oportunidade considerável para encorajar uma mudança de produtos menos amigáveis ao clima e para melhorar a eficiência da produção. Contudo, mesmo que os pecuaristas de todo o mundo mudassem para as práticas mais eficientes atualmente disponíveis, essa mudança não seria suficiente para evitar uma tendência insustentável de aumento nas emissões do setor.

Assim, abordar a contribuição dos gases de efeito estufa produzidos pela pecuária é um componente valioso da conservação da biodiversidade. A pecuária é um importante contribuinte para o aquecimento global e é responsável por aproximadamente 14,5% de todas as emissões antrópicas de gases de efeito estufa, aproximadamente equivalente a todas as emissões diretas do transporte (GERBER et al., 2013; RIPPLE et al., 2014b).

Dessa maneira, a mudança no uso da terra envolve não apenas a liberação de carbono com a conversão de florestas e outros habitats em pastagens, mas também a conversão de pastagens naturais em agricultura intensiva para alimentação animal, que é uma tendência contínua nos países em desenvolvimento como produção pecuária intensiva e industrial (BRUINSMA, 2003; THORNTON, 2010).

Desmatamento e poluição

Outro fator importante a ser mencionado é o aumento da demanda por carne que está pressionando as terras agrícolas, tendo dois terços sendo usadas para pastagens ou para a produção de safras destinadas à alimentação animal.

A produção pecuária dominou as mudanças no uso da terra, empurrando a terras marginais e em áreas de alto valor de conservação ou biodiversidade. Os danos resultantes e a perda de habitats estão contribuindo para a extinção de espécies em um ritmo alarmante: até 100.000 espécies são perdidas a cada ano.

Um terço das calorias produzidas em todo o mundo e metade de toda a proteína vegetal é fornecida aos animais. Direta ou indiretamente, a produção de animais é responsável por cerca de 27% do consumo global e da poluição dos recursos de água doce.

Embora alguma expansão agrícola seja impulsionada por agricultores que cultivam culturas para consumo humano direto, a produção de gado, incluindo a produção de ração, representa aproximadamente três quartos de todas as terras agrícolas e quase um terço da superfície livre de gelo do planeta, tornando é o maior tipo de uso antropogênico da terra (STEINFIELD et al., 2006).

O consumo de produtos de origem animal é onipresente, e o crescimento futuro projetado varia entre as regiões tropicais da Terra. A Amazônia é a maior floresta tropical contínua do planeta sendo um exemplo primário de perda de biodiversidade impulsionada pela produção de gado.

Nunca antes tanta vegetação primária e floresta primária foram convertidas para uso humano da terra tão rapidamente quanto na região amazônica (WALKER et al., 2009).

Mais de três quartos de todas as terras desmatadas na região foram convertidas em pastagens para gado e produção de forragem para os mercados doméstico e internacional (NEPSTAD et al., 2006; NEPSTAD et al., 2008; WALKER et al., 2009).

O ecossistema do Cerrado que faz fronteira com a região Sul-Sudeste da Amazônia é outro habitat tropical expansivo e diversificado. Mais da metade da extensão original do Cerrado já foi convertida para a agricultura (BIANCHI e HAIG, 2013), principalmente para a produção de carne bovina e soja.

No atual ritmo de perda, todos os 2.000.000 km2 do ecossistema Cerrado (21% do território brasileiro) poderiam ser alterados em menos de duas décadas (STEINFIELD et al., 2006a).

A conversão de florestas em pastagens em outras nações da América Central e da América Latina tem sido igualmente extensa (SZOTT et al., 2000).

Dos países tropicais com taxa de aumento da produção per capita de carne (bovina, suína, de frango) e, até 2050, vários deles (Equador, Brasil e China) estão em trajetória para exigir novas áreas de terras para a produção de carne que são expansões de 30% de suas áreas agrícolas totais atuais.

Malefícios do alto consumo de carne

A quantidade excessiva de carne e laticínios que consumimos globalmente é insustentável não apenas para o meio ambiente, mas também para a saúde.

O consumo excessivo de carne vermelha e processada está diretamente associado ao aumento do risco de doenças não transmissíveis (DNTs): um relatório recente da OMS descobriu que 50 gramas de carne processada por dia podem aumentar o risco de câncer colorretal em 18%.

Também foi identificado como um contribuinte para a obesidade, gerando fardos sociais mais onerosos criados pelos seres humanos, sendo o primeiro, esse padrão de consumo não é compartilhado igualmente, em uma era de cargas de desnutrição complexas, sobrepostas e conectadas, onde o consumo excessivo de carne está elevando a incidência de DNTs para alguns, enquanto o acesso insuficiente aos nutrientes que fornecem pode ser um fator que contribui para a desnutrição generalizada de outras pessoas.

Já o segundo, a industrialização da produção animal para atender à demanda crescente também levou ao uso generalizado de antibióticos para prevenir doenças, contribuindo para o aumento da resistência antimicrobiana e aumento dos custos do tratamento. Metade da produção global de carne agora ocorre em países em desenvolvimento (GREEN et al., 2005), onde o consumo per capita anual de carne mais que dobrou, passando de 11 kg para 25 kg de 1973 a 1997 (DELGADO, 2003; STEINFIELD et al., 2006).

Com o crescimento econômico contínuo, pode-se esperar que o consumo de carne per capita em alguns países em desenvolvimento se aproxime rapidamente dos níveis encontrados em países industrializados de alta renda entre 80 kg e 130 kg ano.

Além dos efeitos ecológicos e relacionados à biodiversidade, o aumento do consumo de produtos de origem animal também afeta diretamente a saúde humana (TILMAN e CLARK, 2014).

Por exemplo, doenças cardíacas, a principal causa de morte humana, estão fortemente associadas ao consumo de produtos de origem animal e podem ser amplamente evitadas ou revertidas com a mudança para dietas à base de plantas (CAMPBELL et al., 1998).

O aumento do consumo de produtos de origem animal está intimamente ligado a muitas 'doenças de extravagância nutricional', como obesidade e taxas mais altas associadas de doenças cardíacas, câncer e diabetes, entre outras doenças (MENOTTI et al., 1999).

Sob condições de abundância de alimentos, as dietas baseadas principalmente em alimentos vegetais estão associadas à saúde e longevidade e mudanças em direção a dietas mais ricas em produtos de origem animal geralmente levam a populações menos saudáveis (NESTLE, 1999).

Estudos sugeriram que mesmo pequenas ingestões de alimentos de origem animal estão associadas a concentrações plasmáticas significativas de colesterol, que estão associadas a aumentos substanciais nas taxas de mortalidade por doenças degenerativas crônicas (CAMPBELL e JUNSHI, 1994), isso ficou evidente com as tendências recentes na China.

Dietas do povo chinês que são mais ricas em produtos de origem animal estão associadas a aumentos em muitas doenças (SHU et al., 1993). Dietas vegetarianas, e especialmente veganas, às vezes podem ser deficientes em vitaminas do complexo B (MCDOUGALL, 2002), mas essa deficiência pode ser corrigida por meio de pequenas quantidades de produtos de origem animal (especialmente peixe) na dieta, diversidade alimentar ou suplementos (DAVIS e KRIS -ETHERTON, 2003).

Importância da renda

A influência dos níveis de renda no consumo de carne e laticínios tem sido estudada extensivamente, com um claro padrão emergindo em nível global. À medida que as sociedades organizam-se e industrializam-se, os rendimentos aumentam e as populações como um todo desfrutam de um melhor acesso físico e econômico a alimentos ricos em proteínas e energia, e há uma mudança de dietas à base de cereais para um maior consumo de proteína animal e alimentos processados.

Em 2011, o consumo médio de carne per capita em países de alta renda foi cinco vezes maior do que em países de baixa renda e quase três vezes maior do que em países de renda média-baixa.

Uma vez que a renda per capita atinge um certo nível, há evidências que sugerem que o consumo de carne estabiliza antes de cair, impulsionado em grande parte por níveis mais altos de educação e conscientização sobre os custos ambientais e de saúde do consumo excessivo. Pesquisas descobriram que essa mesma relação entre renda e níveis de consumo é replicada em nível nacional em alguns países.

No entanto, tanto dentro como entre os países, os níveis de renda em que ocorre um declínio são tão altos que muitos indivíduos e muitos países não o atingirão por algum tempo. Portanto, é provável que sejam necessárias intervenções políticas para antecipar o patamar de consumo no interesse da estabilidade climática.

Relação renda x consumo

A relação entre renda e níveis desejados de consumo de carne e laticínios se desenrolou de maneiras marcadamente distintas em diferentes países. Entre 12 países, apenas quatro mostram uma correlação estatisticamente significativa entre rendas mais altas e maior probabilidade de comer carne. Os que ganham mais tendem a descrever níveis mais altos de consumo habitual de carne do que os que ganham menos.

No caso da China, os entrevistados mais ricos também estão mais inclinados a expressar o desejo de comer mais carne do que atualmente, em contraste, os participantes mais ricos em vários outros países – França, Alemanha, Japão, África do Sul, Reino Unido e Estados Unidos – eram menos propensos a guerer comer mais carne do que aqueles com renda mais baixa.

Embora isso reflita em parte os níveis mais altos de consumo de carne existentes em alguns desses países, também pode ser uma indicação da tendência global de 'platô' ocorrendo em nível nacional.

Ainda que deva ser lembrado que essas respostas fornecem uma estimativa subjetiva dos padrões de consumo individuais, as atitudes variadas em relação aos hábitos alimentares atuais e desejados entre os que ganham mais nos países pesquisados indicam a necessidade de mais pesquisas a serem realizadas em nível nacional para entender melhor como o aumento da renda entre as classes média e baixa provavelmente afetará os padrões de consumo.

Comercialização de créditos de carbono

O conceito da comercialização dos créditos de carbono foi introduzido ao mundo em 1997, no protocolo de Kyoto (tratado internacional que visa a diminuição de poluentes e de gases estufa), onde propõe a comercialização de créditos para cada tonelada de carbono não emitida.

Dessa forma, o Brasil criou o PNDES (Programa Nacional de Desenvolvimento Sustentável), que busca incentivar a redução de gases estufa na atmosfera, também é válido ressaltar que os créditos de carbono também podem ser utilizados por projetos que possuem certificação no RBE (Registro Brasileiro de Emissores).

Outra ideia importante introduzida foi o de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL), destinado especificamente para países em desenvolvimento, são projetos com propósitos sustentáveis de iniciativa privada visando benefícios reais e mensuráveis de médio e longo prazo.

O principal objetivo dos projetos MDL é a diminuição de GEEs, substituição de energia fóssil para energia renovável, reflorestamento, racionalização da energia, entre outros.

Não obstante, segundo LOMBARDI (2008, p.99) "(...) um projeto MDL só será válido se as atividades nele previstas contribuírem de forma inequívoca para a redução de emissões de GEEs (...)", ou seja, o projeto necessita progredir de maneira sustentável e regulada, segundo o modelo de certificação ISO, caso contrário não se capacita para o conceito mencionado.

Além disso, segundo (SEIFFERT, 2009; LOMBARDI, 2008), durante o processo de tramitação do projeto existem agentes que trazem a credibilidade para a certificação de créditos de carbono, tais quais: Autoridade Nacional Designada (AND), Entidade Operacional Designada (EOD) e o Comitê Executivo do MDL (CEMDL).

Dessa maneira, é importante ressaltar que a venda de créditos de carbono possui seus critérios, no entanto, ainda é algo pouco difundido no mercado brasileiro.

Por causa das regulamentações, as empresas que aderem a essa prática precisam reduzir ou compensar a emissão de carbono, transformando assim o CO2 em commodity, o que pode auxiliar principalmente os pequenos e médios empreendedores. Assim, um certificado é gerado a cada tonelada de CO2 não emitida, e por sua vez pode ser comercializado.

A compra e venda podem ser realizadas em duas instâncias, sendo a nacional onde uma empresa que utiliza métodos sustentáveis pode vender os créditos de carbono para outra que ainda não conseguiu atingir os níveis exigidos, e a segunda é por país, onde certos países que investiram em energia limpa possuem mais créditos de carbono e países que emitem mais CO2 acabam comprando o excedente dos países que possuem os créditos.

Assim, quando um país ou empresas emite menos CO₂ do que a meta estipulada, pode vender os créditos excedentes para aqueles que não atingem a quantidade estipulada.

Uma questão importante que dificulta a comercialização de créditos de carbono é a falta de um valor fixo para esses "commodities", sendo que o valor dos créditos varia de países ou moedas.

Um exemplo disso é a diferença de valores entre o mercado europeu e americano, que em agosto de 2022 a licença europeia valia aproximadamente 80 euros (mercado mais avançado em processos de adoção de energias sustentáveis), enquanto um crédito de carbono no mercado estadunidense valia 30 dólares por unidade de tonelada.

Dessa forma, a falta de uma moeda única dificulta a comercialização de créditos e carbono de maneira intercontinental.

Diante da diferença de preços de créditos de carbono das diferentes regiões, pode-se perceber que quanto mais alto o valor dos créditos de carbono maior é a procura por esse tipo de mercado, já no mercado americano o valor é mais baixo comparado com o europeu pelo fato dessa prática ainda ser limitada, e pouco explorada no local.

O comércio de créditos de carbono no Brasil é extremamente promissor, nos últimos anos o investimento em tecnologias sustentáveis no mercado brasileiro cresceu, segundo o relatório da Fundação Getúlio Vargas (FGV), em 2021 o volume de crédito de carbono obteve um aumento significativo em comparação com o ano anterior, aproximadamente 236%, ou seja, mais que o dobro.

A influência do mercado de carbono na alimentação

Com as metas determinadas pelo tratado de Kyoto em 1997, os países mais atuantes às metas de redução de emissão de gases de efeito estufa foram países europeus, isso se dá pela quantidade de energia limpa investida durante os últimos anos, diminuindo assim a quantidade de CO2 emitidos.

Dessa maneira, também houve a diminuição da pecuária extensiva, pois essa prática requer maior área de pasto, influenciando no desmatamento para a criação de gado, suínos, ovinos, etc.

Assim, um dos diferenciais é a utilização de outros tipos de proteína para substituição da carne animal, como o desenvolvimento de produtos que possuem quantidade proteica semelhante e o sabor. No entanto, ainda existe um pré-conceito no consumo de proteínas diferentes principalmente pela falta de aceitabilidade social, estudos realizados no Reino Unido apontam que:

(...) é improvável que os substitutos da carne ganhem uma participação substancial no mercado de carne, a menos que seu preço relativo caia significativamente – isso é aparente mesmo em cenários onde a aceitabilidade social é alta. Portanto, é provável que seja necessária uma mudança transformadora na produção de substitutos da carne e em sua estrutura econômica para que esse grupo de produtos alimentícios faça contribuições notáveis para a mitigação de GEE e melhorias na saúde humana (RITCHIE et al. 2018).

Desse modo, os resultados obtidos foram que em países mais desenvolvidos a aceitabilidade de substitutos de carne animal é maior que em países subdesenvolvidos, no entanto, para que o consumo de carne diminua de maneira eficiente, o preço desses produtos deve ser competitivo, ou seja, mais baixos em comparação com o preço da carne animal.

Diante desses dados, é válido ressaltar que a equiparação tanto do preço quanto do sabor desses produtos é algo importante para que o mercado vegetariano cresça. E dessa maneira, é realizado o incentivo ao consumo de substitutos de carne animal, favorecendo assim a diminuição da área desmatada pela agropecuária e a emissão de gases de efeito estufa causados por esse tipo de investimento.

Resultados

Exemplos de políticas públicas e privadas para diminuição do consumo de carne

Segundo Svenska (2015), na Suécia, onde são servidas refeições escolares gratuitas a todas as crianças até aos 18 anos, muitos serviços de catering estão a trabalhar ativamente para oferecer mais alimentos orgânicos e reduzir a quantidade de carne servida e 40% dos municípios suecos introduzem um dia sem carne por semana.

No entanto, medidas para restringir o acesso físico e econômico a produtos alimentícios podem ter um efeito desproporcional nos grupos demográficos mais pobres. Na ausência de medidas complementares para facilitar o acesso a substitutos e educar as pessoas sobre a variedade de alternativas, os preços mais altos da carne podem incentivar o aumento do consumo de produtos mais baratos e de qualidade inferior (GARNETT, 2015).

Impostos específicos sobre produtos têm sido usados por vários governos para remover incentivos ao consumo de certos produtos não saudáveis, principalmente bebidas adoçadas com açúcar, e esses casos apontam para o potencial de influenciar os hábitos de consumo de carne e laticínios por meio de impostos (MARTEAU, 2011).

Ajustar os preços relativos de produtos de origem animal e vegetal, por exemplo, por meio da remoção de subsídios à indústria pecuária, pode ter o mesmo efeito que os impostos específicos sobre produtos, facilitando o acesso a opções de alimentos mais sustentáveis e saudáveis.

As regras de compras públicas para o setor de alimentos oferecem uma oportunidade, segundo a própria regulamentação federal (LEI 14.133/2021) para os governos sinalizarem seu compromisso de promover dietas mais sustentáveis. Ao exigir que as instituições públicas compram apenas produtos que atendam aos padrões mínimos de acordo com os esquemas de certificação comuns, as diretrizes de compras públicas também podem fornecer um incentivo econômico para a adoção de padrões voluntários pela indústria.

Discussão

Os governos precisarão apoiar os pioneiros da indústria e incentivar negócios responsáveis por meio de políticas inovadoras e incentivos financeiros. A sociedade civil também tem um papel importante a desempenhar aqui, pressionando os varejistas por meio de classificações comparativas ou campanhas de conscientização para incentivar os pioneiros e chamar a atenção para aqueles que não seguem o exemplo.

Os formuladores de políticas que consideram esses tipos de intervenções precisarão garantir que as estratégias sejam abrangentes e tenham apoio financeiro duradouro.

A aceitação pública de tais medidas provavelmente será baixa por esta razão, embora a pesquisa (BAILEY, 2015) tenha descoberto que tanto os impactos negativos de preços mais altos quanto a reação pública podem ser mitigados por meio da proteção da receita arrecadada com esses impostos para uso em redes de segurança social.

No extremo do espectro de intervenção estão as medidas para restringir a venda de produtos indesejáveis, seja através da proibição da própria venda, seja através da regulamentação da publicidade e marketing.

Onde as proibições de venda foram implementadas no setor de alimentos, elas visam amplamente produtos ou ingredientes que levantam questões de segurança alimentar, ou então foram aplicadas em um número limitado de contextos para regular a venda de produtos não saudáveis.

Conclusão

A importância do setor público em alguns países como um importante mercado para o setor pecuário e para a indústria de alimentos em geral cria uma oportunidade importante para incentivar

os padrões voluntários da indústria e a autorregulamentação, capitalizando as diretrizes de compras públicas.

O apoio político e financeiro de órgãos multilaterais ou regionais também pode encorajar os governos a assumir um papel de liderança na promoção de mudanças na dieta, sinalizando seu compromisso e, por sua vez, destacando padrões de consumo insustentáveis.

Alternativamente, as autoridades públicas podem se envolver diretamente com a indústria para estabelecer parcerias que aproveitem seu poder de barganha como grandes compradores para alavancar padrões de sustentabilidade mais elevados entre os fornecedores.

No entanto, a aplicação das diretrizes dietéticas varia consideravelmente entre os países. Além disso, é provável que os governos enfrentam resistência significativa da indústria pecuária e do setor varejista de alimentos. Em vários países, o setor pecuário é uma fonte significativa de emprego e contribui para o PIB nacional.

As políticas que editam as escolhas alimentares representam uma opção arriscada para os governos, particularmente aqueles em sociedades liberais e economias de mercado livre, onde a intervenção do estado e a manipulação de preços são consideradas aberrantes e provavelmente provocaram acusações de "Estado babá". Como tal, existem alguns exemplos de tentativas anteriores de empregar medidas restritivas como meio de reduzir o consumo de um determinado produto alimentar e, onde foram implementadas, seu sucesso foi misto.

Em nível global, as abordagens políticas podem se beneficiar inicialmente de uma ênfase na moderação do consumo de carne, em vez da prescrição de uma mensagem generalizada de redução ou substituição, que seria mais apropriadamente direcionada aos países de alto consumo. Igualmente importante globalmente será o desenvolvimento de estratégias para garantir a disponibilidade onipresente, acessibilidade e conveniência de alimentos nutritivos à base de plantas.

Assim, o impacto do aumento da consciência sobre o comportamento é intrincado, e o aumento da compreensão da ligação entre a pecuária e as mudanças climáticas está associado a uma maior disposição para reduzir o consumo. A questão é complexa, mas a mensagem deve ser simples, esforços devem ser feitos para desenvolver mensagens significativas, acessíveis e impactantes sobre a necessidade de mudança na dieta.

Dessa maneira, fazendo com que o mercado apoie a mudança do tipo de pecuária, auxiliando também na evolução do mercado de carbono, gerando fluxo de capital para o país.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a minha família que sempre me incentivou a concluir este curso, a todos os meus amigos que fiz nesta jornada, ao meu orientador por todo trabalho incansável, a Atlética Barões tendo papel muito importante em minha formação.

Ao amor da minha vida e, por fim, a minha mãe que superou dois cânceres para estar presente neste momento, muito obrigado a todos vocês!

Referências

- ASSAD, E.D.; MARTINS, S.C.; CORDEIRO, L.A.; EVANGELISTA, B.A. Sequestro de carbono e mitigação de emissões de gases de efeito estufa pela adoção de sistemas integrados. ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta. Brasília: Embrapa. 2019.
- APOSTOLIDIS, C.; MCLEAY, F. Should we stop meating like this? Reducing meat consumption through substitution. Food Policy 65, 74–89. 2016.
- BAILEY, R.; HARPER, D.R. (2015), Reviewing Interventions for Healthy and Sustainable Diets (London: Chatham House)
- BORHAN, M.S.; KHANAUM, M.M. Sensores e Métodos para Medição de Emissões de Gases de Efeito Estufa de Diferentes Componentes de Instalações de Produção Pecuária. Journal of Geoscience and Environment Protection. 2022.

- BONNET, C.; BOUAMRA-MECHEMACHE, Z.; RÉQUILLART, V.; TREICH, N. Regulating meat consumption to improve health, the environment and animal welfare. Food Policy, in Press. 2020.
- CORNELSEN, L.; GREEN, R.; TURNE, R.; DANGOUR, A.D.; SHANKAR, B.; MAZZOCCHI, M. What happens to patterns of food consumption when food prices change? Evidence from a systematic review and meta-analysis of food price elasticities globally. Health Econ. 24. 2014.
- CUEVAS, S.; HAINES, A. Health benefits of a carbon tax. Lancet 387, 7 9. 2016.
- DUPRAZ, P. Policies for the ecological transition of agriculture: the livestock issue. Review of Agricultural, Food and Environmental Studies (2020): INRAE and Springer-Verlag France SAS, part of Springer Nature. 2021.
- DHOUBHADEL, S.P.; TAHERIPOUR, F.; STOCKTON, M.C. Demanda Pecuária, Mudanças Globais no Uso da Terra e Emissões Induzidas de Gases do Efeito Estufa. Journal of Environmental Protection, 7, 2016.
- DLAMINI, A.; DUBE, M. Contribution of Animal Agriculture to Greenhouse Gases Production in Swaziland. American Journal of Climate Change, 3. 2014.
- De CARA, S.; JAYET, P. A. Marginal abatement costs of greenhouse gas emissions from European agriculture, cost effectiveness, and the EU non-ETS burden sharing agreement. Ecological Economics, 70. 2011.
- GARNETT, T.; MATHEWSON, S.; ANGELIDES, P.; BORTHWICK, F. (2015), Policies and actions to shift eating patterns: what works? A review of the evidence of the effectiveness of interventions aimed at shifting diets in more sustainable and healthy directions (Oxford: Food Climate Research Network, University of Oxford)
- GERBER, P.; STEINFELD, H.; HENDERSON, B.; MOTTET, A.; OPIO, C.; DIJKMAN, J.; Tackling Climate Change through Livestock: A Global Assessment of Emissions and Mitigation Opportunities. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2013.
- GÓMEZ, M.I.; RICKETTS, K.D. Food value chain transformations in developing countries: selected hypotheses on nutritional implications. Food Policy 42, 139–150. 2013.
- JOSHI, V.K.; KUMAR, S. Meat Analogues: plant based alternatives to meat products. A review. Int. J. Food Ferment. Technol. 5, 107–119. 2016.
- LIU, X.; NELSON, M.; STYLES, E. Validating the demand for goat meat in the US meat market. Agricultural Sciences, 4. 2013.
- LUSK, J.L.; TONSOR, G.T. How meat demand elasticities vary with price, income, and product category. Appl. Econ. Perspect. Policy 38, 1–39. 2016.
- MACHOVINA, B.; FEELEY, K.J;. RIPPLE, W.J. Biodiversity concervation: The key is reducing meat consumption. ELSEVIER: Science of the Total Environment. 2015.
- MARTEAU, T.M.; OGILVIE, D.; ROLAND, M.; SUHRCKE, M.; KELLY, M.P. (2011), 'Judging nudging: can nudging improve population health', British Medical Journal, 342, pp. 263–65
- RITCHIE, H.; REAY, D.S.; HIGGINS, P. Potential of Meat Substitutes for Climate Change Mitigation and Improved Human Health in High-Income Markets. Frontiers in Sustainable Food Systems: Sec. Nutrition and Sustainable Diets, v.2, 2018.
- ROUHAHI, M.H.; SALEHI-ABARGOUEI, A.; AZADBAKHT, P.J.S.A.L. Is there a relationship between red or processed meat intake and obesity? A systematic review and meta-analysis of observational studies. Obesity Reviews: Public Health/Nutrition. 2014.
- SERRÃO, E.D.S. (1992). Modelos alternativos para o desenvolvimento sustentado da pecuária em terras já alternadas na Amazônia.
- SMETANA, S.; MATHYS, A.; KNOCH, A.; HEINZ, V. Meat alternatives life cycle assessment of most known meat substitutes. Int. J. Life Cycle Assessm. 2050, 1254–1267. 2015.
- SPRINGMANN, M.; MASON-D'CROZ, D.; ROBINSON, S.; GARNETT, T.; GODFRAY, H.C.J.; GOLLINN D. Global and regional health impacts of future food production under climate change: a modelling study. Lancet 6736, 491–504. 2016.
- SVENSKA, D. (2015), 'More and more municipalities in favour of meat-free days' [Allt fler kommuner inför köttfria dagar], online, accessed 20 September 2015 at http://www.svd.se/kottfria-dagar-i-fler-kommuner.