UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS

FERTILIZANTES E A PERSPECTIVA DA CAMA DE FRANGO COMO FERTILIZANTE ORGÂNICO SOB A ÓTICA MULTICRITÉRIO

JOYCE CASTRO XAVIER GALEGO

DOURADOS-MS
2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS

FERTILIZANTES E A PERSPECTIVA DA CAMA DE FRANGO COMO FERTILIZANTE ORGÂNICO SOB A ÓTICA MULTICRITÉRIO

Linha de Pesquisa: Bioeconomia

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronegócios da Universidade Federal da Grande Dourados – Faculdade de Administração, Ciências Contábeis e Economia.

Mestrando
JOYCE CASTRO XAVIER GALEGO
Orientador (a)
Prof(a). Dr(a). Carla Eloize Carducci

Dourados-MS
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

G152f	Galego, Joyce Castro Xavier. Fertilizantes e a perspectiva da cama de frango como fertilizante orgânico sob a ótica multicritério. / Joyce Castro Xavier Galego. – Dourados,2022. Orientadora: Carla Eloize Carducci. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) – Universidade Federal da Grande Dourados. 1. Cadeia produtiva de fertilizantes. 2. Resíduo orgânico agroindustrial. 3. Adubação orgânica. 4. Bioeconomia. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD.

©Todos os direitos reservados. Permitido a publicação parcial desde que citada a fonte.

ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA POR JOYCE CASTRO XAVIER GALEGO, ALUNA DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM AGRONEGÓCIOS .

Aos dez dias do mês de março do ano de dois mil e vinte-dois às sete horas, em sessão pública realizou-se na Universidade Federal da Grande Dourados, a Defesa de Dissertação de Mestrado intitulada **"FERTILIZANTES E A VIABILIDADE DA CAMA DE FRANGO COMO ADUBO ORGÂNICO SOB A ÓTICA MULTICRITÉRIO"**, apresentada pela mestranda Joyce Castro Xavier Galego, do Programa de Pós-Graduação em Agronegócios, à Banca Examinadora constituída pelos membros: Prof.ª Dr.ª Carla Eloize Carducci/UFGD (presidente/orientador), Prof. Dr. Joao Gilberto Mendes dos Reis/UNIP (membro titular interno), Prof. Dr. Gabriel da Silva Medina/UNB (membro titular externo), Dr. Fábio Satoshi Higashikawa/EPAGRI-SC (membro titular externo) Profª Drª Alessandra Mayume Tokura Alovisi/UFGD (membro titular externo). Iniciados os trabalhos, a presidência deu a conhecer ao candidato e aos integrantes da Banca as normas a serem observadas na apresentação da Dissertação. Após a candidata ter apresentado a sua Dissertação, os componentes da Banca Examinadora fizeram suas arguições. Terminada a Defesa, a Banca Examinadora, em sessão secreta, passou aos trabalhos de julgamento, tendo sido a candidata considerada **APROVADA**, fazendo jus ao título de MESTRA em AGRONEGÓCIO. A Presidente da Banca atesta a participação dos membros que estiveram presentes de forma remota, conforme declarações anexas. Nada mais havendo a tratar, lavrou-se a presente ata, que vai assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Dourados/MS, 10 de março de 2022

Prof.ª Dr.ª Carla Eloize Carducci – Carla Eloize Carducci

Prof. Drª. Alessandra Mayumi Tokura Alovisi (Participação Remota)

Dr. Fábio Satoshi Higashikawa - (Participação Remota)

Prof. Dr. Gabriel da Silva Medina - (Participação Remota)

Prof. Dr. Joao Gilberto Mendes dos Reis - (Participação Remota)

(PARA USO EXCLUSIVO DA PROPP)

ATA HOMOLOGADA EM:_____/_____/_____, PELA PROPP/ UFGD.

FERTILIZANTES E A PERSPECTIVA DA CAMA DE FRANGO COMO FERTILIZANTE ORGÂNICO SOB A ÓTICA MULTICRITÉRIO

RESUMO: Os altos preços e a necessidade de importação de fertilizantes minerais oneram custos da produção agrícola, uma consequência da desindustrialização do país. Nesse cenário, tem-se utilizado e valorizado os benefícios agronômicos e econômicos dos resíduos orgânicos gerados por alguns segmentos do agronegócio, principalmente devido ao potencial nutricional, especialmente o nitrogênio. Essa prática agrícola proporciona a destinação ambientalmente adequada e contribui para a economia circular, importante ramo da bioeconomia. Partindo dessa premissa, objetivou-se avaliar a cadeia produtiva brasileira de fertilizantes minerais, e a perspectiva do uso da cama de frango como fertilizante agrícola em relação aos minerais através de um modelo de análise multicritério, para fins de apoio a tomada decisão do produtor rural na região Cone-Sul do MS ao se investir em fertilizantes minerais ou orgânicos. Foram utilizadas informações de bases científicas (periódicos indexados), governamentais, associações e instituições privadas, para o levantamento do estado da arte da cadeia produtiva de fertilizantes minerais. Foi empregada a metodologia do Analytic Hierarchy Process (AHP) para avaliar os critérios que influenciam na tomada de decisão do produtor rural, ao se investir em fertilizantes minerais e/ou orgânicos. Verificou-se que há a concentração de mercado massiva em grupos multinacionais, e o país importa em média 88% dos fertilizantes que consome, sendo os fertilizantes potássico e o nitrogenado os produtos com maior demanda interna. A substituição do fertilizante mineral pela cama de frango ainda não é uma boa alternativa para o produtor rural do Cone-Sul do MS, principalmente pelo fato desse fertilizante orgânico não possuir uma estruturação de mercado e canais de distribuição consolidados para atender o produtor rural no momento desejado, sem causar prejuízos produtivos. Ainda não são disponibilizadas informações em relação a quantidade de cama de frango produzida na região, e o período de disponibilidade é incerto, o que dificulta para o produtor rural o planejamento da atividade agrícola.

Palavras-chave: cadeia produtiva de fertilizantes; resíduo orgânico agroindustrial; adubação orgânica; bioeconomia.

FERTILIZERS AND THE PERSPECTIVE OF POULTRY LITTER AS ORGANIC FERTILIZER FROM THE MULTICRITERIA PERSPECTIVE

ABSTRACT: High prices and the need to import mineral fertilizers increase agricultural production costs due to the country's de-industrialization. In this scenario, the agronomic and economic benefits of organic residues generated by some agribusiness segments have been used and valued, mainly due to the nutritional potential, especially nitrogen. This agricultural practice provides an environmentally appropriate destination and contributes to the circular economy, an essential branch of the bioeconomy. Based on this premise, the objective was to evaluate the Brazilian production chain of mineral fertilizers and the perspective of the use of poultry litter as an agricultural fertilizer to minerals, through a multicriteria analysis model to support the decision-making of the rural producer in the Southern Cone region of MS when investing in mineral or organic fertilizers. Information from scientific databases (indexed periodicals), governmental, associations, and private institutions were used to survey the state of the art of mineral fertilizer production chain. The Analytic Hierarchy Process (AHP) methodology was used to evaluate the criteria that influence the rural producer's decision-making when investing in mineral and/or organic fertilizers. It was found that there is a massive market concentration in multinational groups, and the country imports an average of 88% of the fertilizers it consumes, with potassium and nitrogen fertilizers being the products with the highest domestic demand. However, the replacement of mineral fertilizer by poultry litter is still not a good alternative for rural producers in the Southern Cone of MS, mainly because this organic fertilizer does not have a market structure and consolidated distribution channels to serve the rural producer at the moment, desired, without causing production losses. Information regarding poultry litter produced in the region is not yet available. The availability period is uncertain, making it difficult for the rural producer to plan the agricultural activity.

Keywords: fertilizer production chain; agro-industrial organic waste; organic fertilization; bioeconomy.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1 - Produtores de Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K) no mundo 19
Figura 2 - Cadeia Produtiva de Fertilizantes..... 20
Figura 3 - Mapa de produção de fertilizantes nitrogenados, fosfatados e potássicos no Brasil 22
Figura 4 - Market share das indústrias de fertilizantes nitrogenados, fosfatados e potássicos atuantes no Brasil 23
Figura 5 - Market Share da produção brasileira de misturas de formulações NPK ... 24
Figura 6 - Fluxo de fertilizantes entre países, portos marítimos e estados brasileiros 25

CAPÍTULO II

Figura 1 - Árvore de decisão AHP 45

LISTA DE QUADROS

CAPÍTULO II

Quadro 1 - Pesos na comparação paritária.....42

LISTA DE TABELAS

CAPITULO I

Tabela 1 - Os 10 principais países importadores de fertilizantes e market share nos anos de 2017, 2018 e 2019 27
Tabela 2 - Produção brasileira, importação e origem de matérias-primas (nutrientes) 28
Tabela 3 - Entrega de fertilizantes por região de janeiro à novembro, em milhões de toneladas 29

CAPITULO II

Tabela 1 - Composição de 1 tonelada de cama de frango 39
Tabela 2 - Descrição da literatura utilizada para auxiliar na atribuição dos pesos dos critérios nas comparações paritárias 46
Tabela 3 - Matriz média geométrica de comparações paritárias relativas aos critérios 46
Tabela 4 - Matriz média geométrica de comparações paritárias relativas aos subcritérios 47
Tabela 5 - Matriz média geométrica de comparações paritárias relativas as alternativas 47
Tabela 6 - Prioridade calculada dos critérios e alternativas 48
Tabela 7 - Prioridade calculada dos critérios, subcritérios e alternativas 48

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO **11**

CAPÍTULO I: CADEIA PRODUTIVA DE FERTILIZANTES (N, P, K) NO BRASIL . **13**

1. INTRODUÇÃO **15**

2. METODOLOGIA **17**

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO **18**

3.1. Cenário Mundial de Consumo e Produção de Fertilizantes 18

3.2. Cadeia Produtiva de Fertilizantes 20

3.2.1. Players da indústria brasileira de fertilizantes 21

3.2.2. Players na produção de misturas de formulações NPK 24

3.2.3. Caracterização do fluxo de fertilizantes no Brasil 25

3.3. O Mercado de Fertilizantes N, P e K 26

3.3.1. Produção nacional e importações 26

3.3.2. Entrega de fertilizantes ao consumidor final 28

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS **30**

5. REFERÊNCIAS **31**

CAPITULO II: PERSPECTIVA DO USO DA CAMA DE FRANGO COMO FERTILIZANTE NA PRODUÇÃO AGRÍCOLA DO CONE-SUL DO MS: UMA ABORDAGEM USANDO ANÁLISE MULTICRITÉRIO **35**

1. INTRODUÇÃO **36**

2. REVISÃO DE LITERATURA **38**

2.1. A cama de frango e o uso como fertilizante agrícola 38

2.2. Processo de hierarquia analítica (AHP) no setor agrícola 41

3. METODOLOGIA **43**

3.1. Coleta de Dados 43

3.2. Árvore de Decisão 44

3.3. Análise de Dados 45

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO **48**

4.1. Resultados 48

4.2. Discussão 49

4.2.1. Mercado 49
4.2.2. Logística 51
4.2.3. Qualidade 52
4.2.4. Meio Ambiente 53
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS 54
6. REFERÊNCIAS 56

INTRODUÇÃO

O agronegócio vem ganhando cada vez mais representatividade na economia brasileira. O setor é forte em momentos de crise econômica e sanitária, pois mesmo apresentando quedas em alguns setores, outros abriram-se a novos mercados, ganhando espaço, vendendo mais produtos e fortalecendo o comércio exterior. Em 2020, apesar da crise sanitária (COVID 19), o agronegócio tem representado resultados favoráveis, auxiliando assim na redução da queda da economia brasileira (MARCELINO; SVERZUTI; TRIZOLIO, 2020). Em números financeiros esse segmento representou 26,6% do PIB brasileiro em 2020 com quase R$ 2 trilhões, com grande contribuição para o resultado superavitário da balança comercial (CEPEA, 2021).

Dentre os insumos que possuem maior contribuição para o aumento da produtividade agrícola no Brasil estão os fertilizantes minerais. Todavia, a produção nacional desses insumos apresenta-se insuficiente para atender a demanda da agricultura brasileira e depende, desse modo, do mercado internacional, o que acaba aumentando os preços finais dos produtos (ALENCAR, 2017; OGINO et al., 2021).

O país é o quarto maior consumidor global de fertilizantes minerais e é responsável somente por 2% da produção (IFA, 2021). No ano de 2020, foram importadas 34,2 milhões de toneladas de matérias-primas usadas na fabricação de fertilizantes, um gasto de US$ 8 milhões (SECINT, 2021). As principais barreiras para produção interna de fertilizantes são o alto custo e indisponibilidade de reservas minerais consideráveis, tornando um desafio o aumento da capacidade produtiva tanto pelos setores públicos quanto pelos privados (MARIN et al., 2016).

Países como a China, Rússia e Bielorrússia controlam o mercado mundial do insumo e seus problemas políticos, logísticos e energéticos, além da pandemia do novo coronavírus, modificaram, nos últimos anos, a economia do planeta colocando os produtores em alerta (FAEP; SENAR-PR, 2021). A Rússia iniciou, no dia 24 de fevereiro de 2022, uma invasão da Ucrânia, e esse conflito preocupa os produtores rurais brasileiros que importam fertilizantes do Leste Europeu (CANAL RURAL, 2022).

Nesse cenário, os produtores rurais precisam procurar alternativas para garantir solos férteis de maneira a não impactar o custo de produção e, ao mesmo

tempo, aumentar a produtividade e a produção. Para mitigar essa dependência, novas pesquisas e novas tecnologias sobre fontes inovadoras de fertilizantes estão se destacando no mercado agrícola. A abundante produção de resíduos por alguns segmentos do agronegócio vem despontando como possíveis alternativas aos fertilizantes minerais, devido aos nutrientes presentes nesses rejeitos e que podem ser reaproveitados, promovendo, assim, a destinação ambientalmente adequada além de contribuir para a economia circular no agronegócio brasileiro (CRUZ; PEREIRA; FIGUEIREDO, 2017).

O reuso desses resíduos agroindustriais, quando feito com critério, culmina em benefícios econômicos e ambientais para a agricultura. Estudos confirmam que a adubação orgânica em substituição à mineral permite uma economia monetária de 14% a 32% na produção agrícola, além de incrementos na produtividade das culturas, aumento dos estoques de carbono no solo e redução de emissão de gases do efeito estufa (MAILLARD; ANGERS, 2014; METZNER et al., 2015; ZAPAROLI e BARROS, 2016; LOCATELLI et al., 2019; BORGES et al., 2020).

Dentre os resíduos das atividades agropecuárias, a cama de frango possui o maior potencial nutricional, podendo conter, em média, 26 kg t^{-1} de nitrogênio (N), 21 kg t^{-1} de fósforo (P) e 21 kg t^{-1} de potássio (K), e 75 % de matéria seca (PALHARES et al., 2019; NUSSELDER et al., 2020). Durante o processo de criação de aves, esse é o resíduo sólido gerado em maior quantidade e é composto por dejetos, penas, restos de ração e algum substrato vegetal proveniente da produção de aves que se acumulam no piso das granjas (PAULA JUNIOR, 2014).

A geração desse resíduo pode alcançar de 1,2 a 2 kg ave^{-1}, variando de acordo com a dieta, idade de abate dos frangos, manejo da cama, condições climáticas, época do ano e a gestão dos resíduos na propriedade (RINALDI et al., 2012; MIGLIAVACCA e YANAGIHARA, 2017). No ano de 2019, foram geradas cerca de 24 milhões de toneladas de cama de frango no Brasil (GLOBALFERT, 2020).

No estado de Mato Grosso do Sul, a avicultura se destaca como atividade essencial à economia, o estado se encontra na oitava posição em produção e sexto em exportações no âmbito nacional (ABPA, 2020). A região conta com 1.225 aviários provenientes de 497 produtores ativos integrados a um dos cincos frigoríficos existentes no estado. Os aviários estão instalados em 27 municípios, em

sua maioria pertencente à Microrregião de Campo Grande e de Dourados (SOUZA et al., 2021).

Diante do atual cenário da indústria brasileira de fertilizantes minerais e com uma criação intensiva de aves concentrada na região do Cone-Sul, a hipótese é que exista um grande volume de cama de frango sendo gerado passível de ser utilizado na agricultura, o que torna a região um importante objeto de estudo para avaliar o que influência os produtores a adotar ou não esse tipo de fertilizante.

Assim, o objetivo geral do trabalho foi avaliar a cadeia produtiva brasileira de fertilizantes minerais, e a perspectiva do uso da cama de frango como fertilizantes agrícola, através de um modelo de análise multicritério, para fins de apoio a tomada decisão do produtor rural na região Cone-Sul do MS ao se investir em fertilizantes minerais ou orgânicos.

Especificadamente, pretendeu-se investigar:

a) Identificar o estado da arte da cadeia produtiva de fertilizantes minerais;
b) Verificar a quantidade nacional produtiva e importada;
c) Identificar os critérios que influenciam na decisão de escolha do produtor rural ao adotar fertilizantes minerais e/ou orgânicos;
d) Utilizar um modelo que auxilie a tomada de decisão do produtor rural da região em estudo, ao adotar fertilizantes, a partir da análise multicritério *Analytic Hierarchy Process* (AHP).

O trabalho está dividido em dois capítulos: o primeiro é uma análise bibliográfica do cenário atual da cadeia de fertilizantes minerais no Brasil, e o segundo é uma análise da perspectiva do uso da cama de frango como fertilizante agrícola, através de um modelo de análise multicritério.

CAPÍTULO I: CADEIA PRODUTIVA DE FERTILIZANTES (N, P, K) NO BRASIL[1]

Resumo: O agronegócio vem ganhando cada vez mais representatividade na economia brasileira. No entanto, o país é altamente dependente do mercado internacional de fertilizantes. Nesse sentido, o presente capítulo tem como objetivo analisar a cadeia produtiva de fertilizantes, desde a indústria extrativa mineral até o produtor rural brasileiro. Para esse fim, utilizou-se de pesquisas bibliográficas em

[1] Capítulo publicado no V volume do Livro: Estudos em Agronegócios: Cadeias Produtivas. Publicado: Agosto/2021**.** Disponível em: https://ppgagro.agro.ufg.br/p/25388-download-dos-livros-estudos-em-agronegocio.

bases de dados acadêmicas, científicas e de instituições do setor público e privado. Além disso, estabeleceu-se uma análise gráfica do mercado de importação de fertilizantes por meio dos dados do sistema de comércio exterior brasileiro (COMEXSTAT). Os resultados da pesquisa indicaram que o Brasil é o maior importador de fertilizantes minerais do mundo e representou 13,2% em valor nas importações mundiais em 2019. O país importa, em média, 88% dos macronutrientes que consome, sendo o potássio e o nitrogênio os produtos com maior demanda interna. A principal forma de entrada desses nutrientes no país ocorre pelos portos de Santos (SP) e Paranaguá (PR). Na indústria brasileira de fertilizantes (extração e sintetização), as multinacionais Mosaic e Yara possuem a maior participação no mercado em relação a capacidade produtiva, já a produção de formulações NPK e a comercialização, são realizadas, principalmente, pelas estrangeiras (Mosaic e Yara) e brasileiras (Fertipar e Fertilizantes Tocantins). A utilização de tecnologias e fontes alternativas de nutrientes, bem como, de técnicas de rotação, consórcio de culturas, conservação do solo, manutenção da matéria orgânica, agricultura de precisão, podem minimizar essa dependência externa de fertilizantes minerais no Brasil em curto prazo, além de proporcionar à agricultura e à economia interna uma produção agrícola mais sustentável e rentável.
Palavras-chave: produção brasileira, *Market share*, importações, NPK.

Abstract: Agribusiness has been gaining more and more representation in the Brazilian economy. However, the country is highly dependent on the international fertilizer market. In this sense, this chapter aims to analyze the productive chain of fertilizers, from the mineral extractive industry to the Brazilian rural producer. For this purpose, bibliographic research was used in academic and scientific databases and in public and private sector institutions. In addition, a graphical analysis of the fertilizer import market was established using data from the Brazilian foreign trade system (COMEXSTAT). The survey results indicated that Brazil is the largest importer of mineral fertilizers in the world and represented 13.2% in value of world imports in 2019. The country imports, on average, 88% of the macronutrients it consumes, with potassium and nitrogen the products with the highest domestic demand. The main way these nutrients enter the country occurs through the ports of Santos (SP) and Paranaguá (PR). In the Brazilian fertilizer industry (extraction and

synthesis), the multinationals Mosaic and Yara have the largest market share in terms of production capacity, while the production of NPK formulations and commercialization are carried out mainly by foreign companies (Mosaic and Yara) and Brazilian companies (Fertipar and Fertilizantes Tocantins). The use of technologies and alternative sources of nutrients, as well as rotation techniques, intercropping, soil conservation, maintenance of organic matter, precision agriculture, can minimize this external dependence on mineral fertilizers in Brazil in the short term, in addition to to provide agriculture and the domestic economy with more sustainable and profitable agricultural production.

Keywords: Brazilian production, Market share, imports, NPK..

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos principais países produtores e exportadores de commodities agrícolas. Na safra 2019/2020, alcançou-se a maior produção de grãos da história do Brasil, foram 256,94 milhões de toneladas (CONAB, 2021). Dessa produção, entre as cinco grandes regiões brasileiras, o Centro-Oeste respondeu por quase metade da safra, foram 123,99 milhões de toneladas de grãos produzidas. Neste mesmo ano, o destaque em exportações no país foram grãos e fibra, a soja teve participação de 14%, seguido do milho com 2,8%, café com 2,4% e o algodão, com 1,5% (SECINT, 2021).

Em números financeiros, o agronegócio representou 26,6% do PIB brasileiro no ano de 2020 com grande contribuição para o resultado superavitário da balança comercial (CEPEA, 2021). Apesar dos efeitos da pandemia (COVID-19) sobre a economia, o valor gerado pelo setor foi superior a US$ 100 bilhões ao ano, o que compensou o déficit comercial de outros setores (US$ 37 bilhões) e, gerou um superávit de US$ 87,76 bilhões (CEPEA, 2021).

Nos próximos anos as projeções do agronegócio brasileiro apontam para um crescimento em produção e na produtividade. A expansão da agricultura gera um desafio para a indústria nacional de fertilizantes em suprir a demanda crescente de um mercado, em que as matérias-primas são importadas e altamente sensíveis às variações cambiais.

O país é o quarto maior consumidor global de fertilizantes químicos e é responsável somente por 2% da produção (IFA, 2021). Segundo dados da

Secretaria Especial de Comércio Exterior e Assuntos Internacionais (SECINT, 2021), fertilizantes ou fertilizantes (exceto matéria-prima) estão na segunda colocação no ranking dos principais produtos importados pelo Brasil, em 2020 foram 34,2 milhões de toneladas de fertilizantes, um gasto de US$ 8 milhões.

A economia brasileira passa por um processo de desindustrialização, fenômeno que se refere a uma perda acentuada da atividade industrial (CORONEL, 2020). A dependência externa de fertilizantes representa a maior vulnerabilidade do agronegócio e da economia interna frente às variações dos preços no mercado internacional, influenciando diretamente no custo da produção agrícola (RIBEIRO e LEITE, 2017; GLOBALFERT, 2020). Além disso, os produtos importados passam por diversos entraves até chegar ao consumidor final, pois o setor logístico não acompanha o crescimento agrícola nacional.

Os fertilizantes estão definidos na legislação brasileira (Decreto 86.955, de 18 de fevereiro de 1982) como “substâncias minerais ou orgânicas, naturais ou sintéticas, fornecedoras de um ou mais nutrientes às plantas”. Assim, as plantas extraem do solo grande quantidade de nutrientes durante o ciclo vegetativo e, consequentemente, uma proporção substancial desses nutrientes é removida do campo na colheita. Desse modo, estes nutrientes devem ser repostos por meio da adubação/fertilização para manter ou mesmo ampliar a produtividade das culturas (SANTOS et al., 2018; SINPRIFERT, 2021).

Os nutrientes são classificados em: macronutrientes - o carbono (C), o oxigênio (O) e o hidrogênio (H) que são fornecidos pelo ar e pela água; o nitrogênio (N), o fósforo (P) e o potássio (K), o enxofre (S), o cálcio (Ca) e o magnésio (Mg) fornecidos pelo solo, são necessárias reposições na proporção de kg ha^{-1}; e micronutrientes: o boro (B), o ferro (Fe), o manganês (Mn), o zinco (Zn), o cobre (Cu), o molibdênio (Mo), o cloro (Cl) e o níquel (Ni), fornecidos pelo solo, são exigidos em menor quantidade (g ha-1) (KRONENBERGER e ALBUQUERQUE, 2000; MALAVOLTA; PIMENTEL-GOMES; ALCARDE, 2000; REETZ, 2016). Sem esses nutrientes em quantidades adequadas, as plantas fornecerão rendimentos mais baixos e serão mais susceptíveis a pragas e doenças.

Uma prática conservacionista do solo é garantir a oferta adequada dos nutrientes para as culturas/plantas, o que repercute em maior produtividade por área cultivada (ADEYEMI et al., 2017). Isso está relacionado com o menor impacto no

uso do solo e pode diminuir a abertura de novas áreas para a produção de alimentos (BALAFOUTIS et al., 2017). O uso abusivo de fertilizantes está associado com a salinidade, a acidificação, a lixiviação de nutrientes para o lençol freático, volatilização para a atmosfera com impactos negativos ao meio ambiente e no aquecimento global (SANTOS et al., 2018).

Para a indústria de fertilizantes, os macronutrientes primários (N, P e K) formam o grupo mais relevante, eles compõem a base do uso de fertilizantes na agricultura praticada no Brasil e seu uso e comércio envolve grandes volumes.

A ênfase nessas três matérias-primas vem de longa data e prevalece até a atualidade, existindo críticas a “mentalidade NPK”, que inclui o otimismo gerado desde o início da disseminação de fertilizantes químicos no mundo (CAPORAL, 2008; CAPORAL e COSTABEBER, 2007).

Portanto, o objetivo deste capítulo é abordar de forma detalhada a cadeia produtiva de fertilizantes N, P, e K no Brasil, identificar os importantes players do mercado nacional, o fluxo de movimentação de fertilizantes, bem como a quantidade de fertilizantes entregues ao mercado brasileiro de produção nacional e importada.

2. METODOLOGIA

Para isso, foi desenvolvida uma pesquisa de caráter qualitativo exploratório por meio de uma revisão sistemática com base no levantamento da literatura científica e da literatura “cinzenta”, ou seja, sites das empresas, anuários, notícias de revistas do agronegócio. O padrão da revisão é embasado nos estudos de Biolchini et al. (2007), com contribuições de Khan et al. (2003).

Iniciou-se primeiramente pela análise do cenário mundial e brasileiro dos fertilizantes minerais utilizando-se dados da Associação Internacional da Indústria de Fertilizantes (IFA, 2021), Centro do Comércio Internacional (ITC, 2021), Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEADATA, 2021), de relatórios e dados divulgados pela Secretaria Especial de Comércio Exterior e Assuntos Internacionais (SECINT, 2021).

Para identificar os principais segmentos da cadeia produtiva, a produção nacional e internacional, bem como as principais empresas que compõem o mercado nacional de fertilizantes nitrogenados, fosfatados e potássicos, realizou-se uma busca abrangente em artigos científicos publicados nas bases de dados:

Google Acadêmico, Scielo, Web of Science e Scopus, dispondo-se das palavras-chaves: “fertilizantes minerais, cadeia produtiva, concentração de mercado, fertilizantes nitrogenados, fosfatados, potássicos, importação de fertilizantes minerais”, além disso, buscou-se dados em sites de empresas, associações, instituições e páginas especializadas em elaboração de informações sobre fertilizantes no Brasil, tais como Associação de Misturadores de Fertilizante do Brasil (AMA), da Agência Nacional para Difusão de Fertilizantes (ANDA), GlobalFert, Associação Nacional da Industria Química, Petrobras e Mosaic.

Realizou-se uma estimativa de participação (*market share*) das empresas produtoras de fertilizantes, considerando a capacidade produtiva de cada empresa em tonelada por ano, a partir de informações disponibilizadas pela ANDA, GLOBALFERT e Argus Fertilizantes Brasil. Análise particularmente desafiadora, pois muitas empresas não disponibilizam os dados sobre sua participação, sobretudo as multinacionais.

Por fim, a partir dos dados coletados do COMEXSTAT (SECINT, 2021) foi possível verificar o fluxo de movimentação no país, desde a chegada aos portos até a distribuição para os estados brasileiros. Para isto, utilizou-se o método de redes sociais (Social Network Analysis – SNA), que permite representar graficamente os fluxos e as relações entre os atores através do software NETDRAW (2.138) (Network Visualization Software).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Cenário Mundial de Consumo e Produção de Fertilizantes

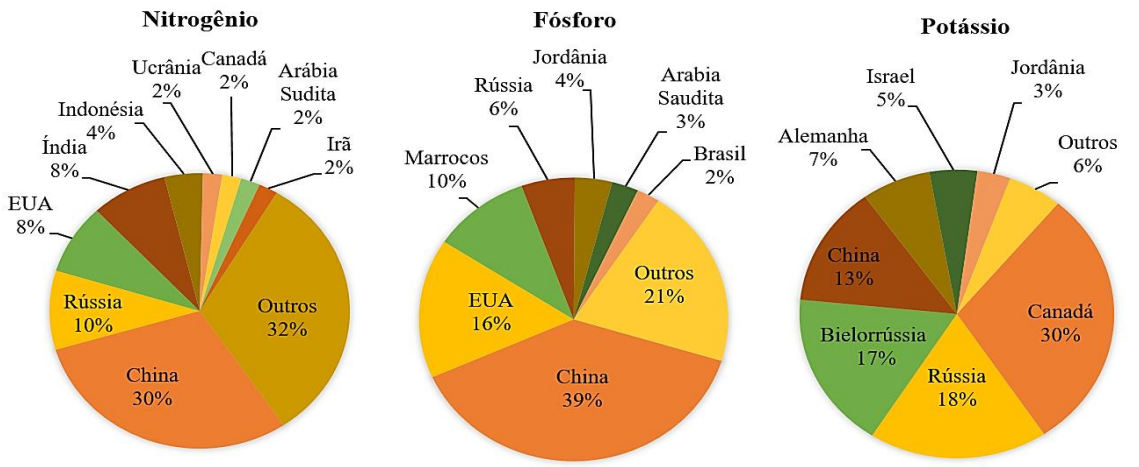
A demanda atual por fertilizantes no mundo é liderada pela China, Índia, Estados Unidos e Brasil. Estes países concentram 58% do consumo global e influenciam diretamente na dinâmica do mercado mundial de fertilizantes (GLOBALFERT, 2020).

O Brasil é responsável por 7% do consumo mundial do insumo agrícola, ocupando o segundo posto no consumo de potássio, o terceiro de fósforo, e a quarta posição no consumo de nitrogênio. Estima-se que sejam aplicados 163,7 kg de fertilizantes por hectare em solo cultivado, acima da média mundial correspondente a 137,6 kg ha^{-1} (BORGES, 2019; GLOBALFERT, 2020).

A China, além de demandar a maior quantidade de fertilizantes, é a maior produtora mundial, seguida da Rússia e dos Estados Unidos (Figura 1). Em 2017, o volume da produção global de fertilizantes minerais atingiu 104 milhões de toneladas 1,5 vezes a mais se comparado a 2000 e seis vezes mais em relação a década de 60 (DYUZHEVA e TINKOVA, 2019).

Em relação aos fertilizantes nitrogenados, os produtores mais expressivos são: a China, Rússia, Estados Unidos e Índia, concentram 56% do total produzido no mundo. Para fertilizantes fosfatados, pode-se citar como os principais produtores a China com participação de 39%, seguido dos Estados Unidos (16%), Marrocos (10%) e Rússia (6%). Já os potássicos têm como os principais atores: o Canadá, Rússia, Bielorrússia e China, e representam juntos aproximadamente 80% do total produzido no mundo (Figura 1) (GLOBALFERT, 2021).

Figura 1 - Produtores de Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K) no mundo.



Fonte: Adaptado de GlobalFert (2021).

Em relação às empresas produtoras de fertilizantes do mundo a Nutrien, a Yara e a Mosaic possuem juntas 25% do *market share* total do mercado mundial. Na produção de nitrogenados as principais são, a Nutrien no Canadá (fusão entre a Agrium e a Potash), a Yara na Noruega, indústrias CF nos Estados Unidos, Uralkali e Togliattiazot na Rússia, e EuroChem na Suíça (SANTOS et al., 2018).

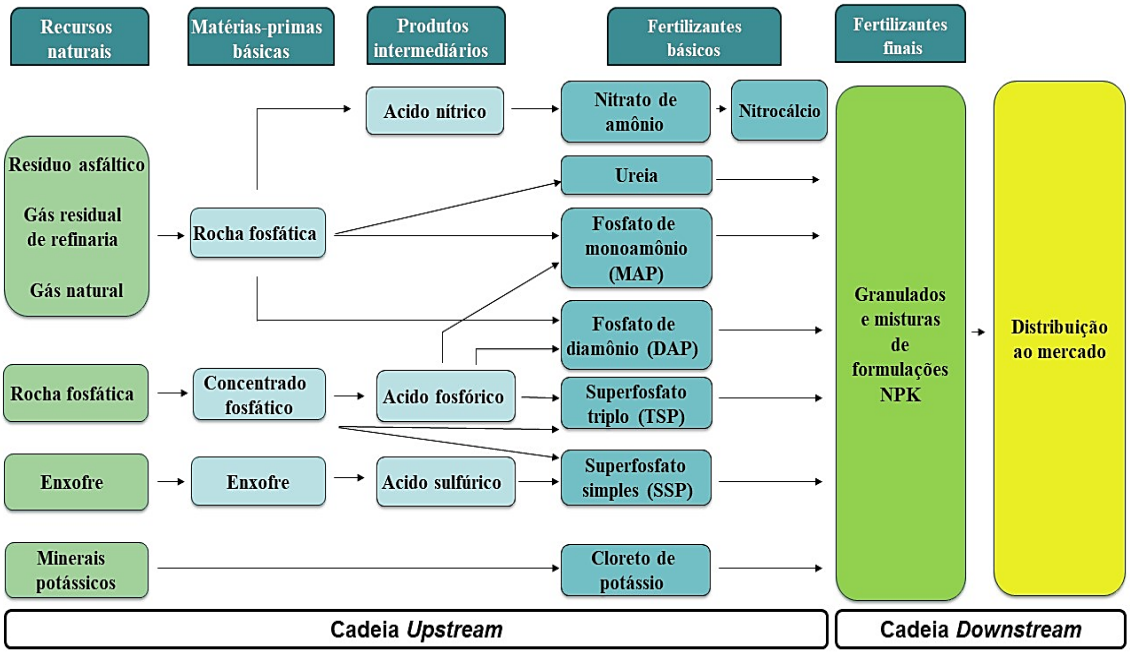
Entre as empresas que atuam no mercado de fertilizantes fosfatados, além da Mosaic e a Nutrien, tem-se também a Phosagro, na Rússia, a OCP, no Marrocos, e a Ma’aden e Groupe Chimique Tunisien na Arábia Saudita. Com relação às

produtoras de potássicos atuam no mercado a Nutrien, Mosaic e a Uralkali, além da K+S na Alemanha, ICL de Israel e Belaruskali na Bielorrússia. A Belaruskali é um dos maiores fabricantes e exportadores de fertilizantes potássicos do mundo e é responsável por um quinto da produção mundial (SANTOS et al., 2018; GLOBALFERT, 2020; BELARUSKALI, 2021).

3.2. Cadeia Produtiva de Fertilizantes

As fontes de matéria prima para produção de fertilizantes são de origem mineral (concentrado de rocha fosfática ou rocha potássica) ou de subproduto de processamento de petróleo e gás (enxofre, gás natural) (SOUZA, 2018). A cadeia produtiva de fertilizantes envolve as atividades que vão desde a extração dos recursos naturais até a distribuição no mercado. Na Figura 2 é exibido um diagrama da cadeia produtiva de fertilizantes apresentando os principais elos.

Figura 2 - Cadeia Produtiva de Fertilizantes.



Fonte: Adaptado de Bucker (2019).

Na cadeia *upstream*, o primeiro elo é formado pela indústria extrativa mineral que é responsável pela extração, beneficiamento e fornece as matérias-primas básicas (rocha fosfática, rocha potássica, enxofre, gás natural, subprodutos das refinarias de petróleo e nitrogênio) para produção de fertilizantes. O segundo elo consiste na indústria de fabricação de produtos químicos inorgânicos, que, a partir

dos insumos obtidos na indústria extrativa, produzem matérias primas básicas e intermediárias (ácido sulfúrico, ácido fosfórico e amônio anidra). O terceiro elo é composto pela indústria de fabricação de fertilizantes simples e intermediários, do qual resultam: superfosfato simples (SSP); superfosfato triplo (TSP); fosfato de amônio (MAP e DAP); nitrato de amônio; sulfato de amônio; ureia; cloreto de potássio; termofosfatos; e rocha fosfática parcialmente acidulada (DIAS e FERNANDES, 2006).

O quarto elo está inserido na cadeia *downstream* e é composto pelas misturadoras que criam suas próprias fórmulas para atender às culturas brasileiras em fases específicas do cultivo vegetal, essas serão entregues no quinto elo ao produtor final. A fabricação de misturas NPK não envolve qualquer complexidade técnica e é feita pela mistura de fertilizantes simples nas proporções adequadas. Essa mistura física de vários componentes pode ser em forma de pó ou de grânulos. Existem também equipamentos desenvolvidos para a granulação de fertilizantes simples, de forma que cada grânulo contenha os macronutrientes primários.

No setor de produção de fertilizantes, atuam dois tipos de empresas: aquelas que produzem matérias-primas e produtos intermediários (ou fertilizantes simples) e estão inseridas na cadeia upstream; e aquelas que fabricam os fertilizantes finais e as misturas de formulações NPK, pertencentes à cadeia downstream. Essas empresas serão abordadas nos próximos tópicos.

3.2.1. Players da indústria brasileira de fertilizantes

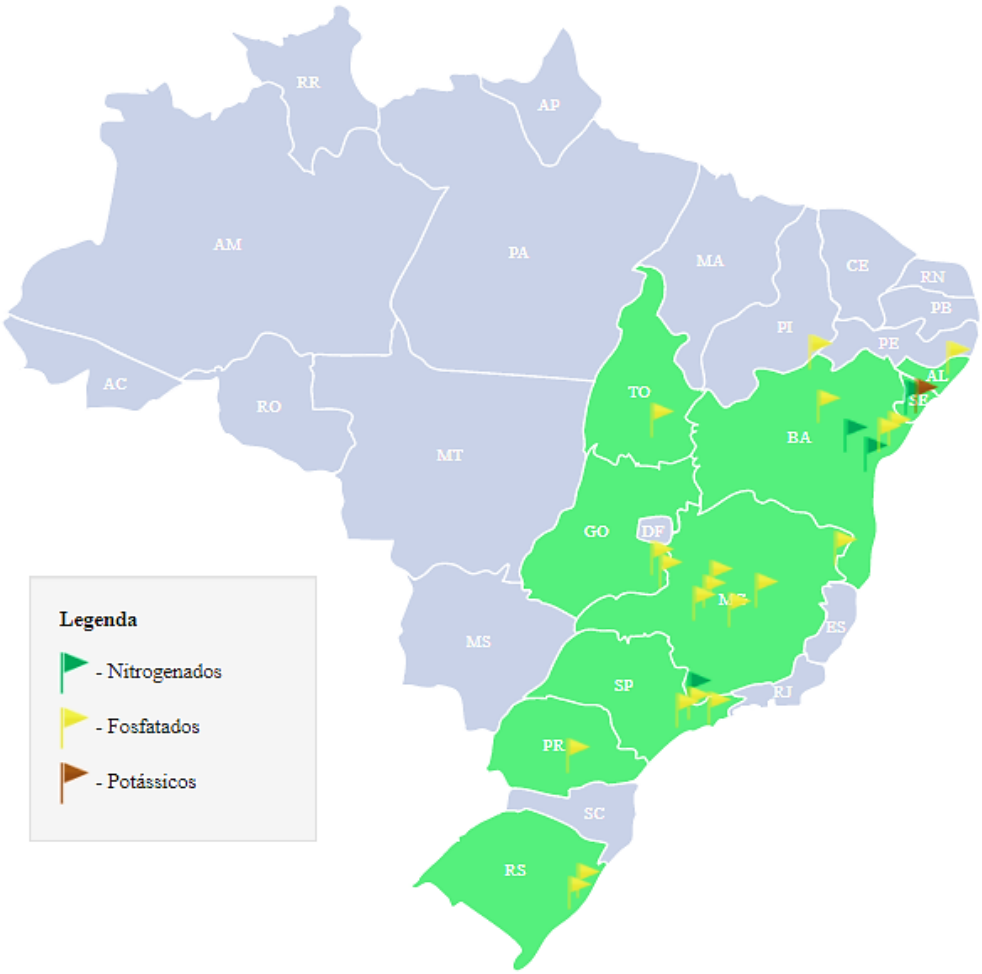
A produção de fertilizantes no Brasil está concentrada em regiões de agricultura intensiva, mas ainda é um pouco distante do foco da agricultura brasileira: o Centro-Oeste do país. Por outro lado, a proximidade de produção de fertilizantes nitrogenados em relação ao litoral é estratégica, para evitar o maior custo de transporte com gás natural (combustível fóssil), que é o insumo vital na fabricação dos fertilizantes (Figura 3).

Na produção de nitrogenados, a brasileira Unigel, arrendatária das Fábricas de Fertilizantes Nitrogenados (FAFENS) pertencentes à Petrobras, possui a maior capacidade produtiva no país. Estão localizadas no polo petroquímico de Camaçari na Bahia e no município de Laranjeiras em Sergipe e, ainda, estão em manutenção após arrendamento que ocorreu em 2019, com previsão de retomada das atividades para 2021 (Figura 4).

A norueguesa Yara, após adquirir o complexo Vale Cubatão Fertilizantes, passou a ser a segunda maior produtora de nitrogênio no país, além do mais é a única produtora de nitrato de amônio. A multinacional também ocupa a segunda maior parte do mercado de produção de rocha fosfática e fertilizantes fosfatados nas cidades de Rio Grande (RS), Serra do Salitre (MG) e Cubatão (SP).

A estadunidense Mosaic Fertilizantes surgiu da união da International Agricultural Corporation - IMC Global e da Cargil Fertilizantes em 2004, e em 2018, adquiriu as operações da Vale Fertilizantes. Atualmente é uma das líderes mundiais em produção e comercialização de fertilizantes fosfatados e potássicos combinados, as atividades da empresa no país abrangem mineração, produção, importação, comercialização e distribuição de fertilizantes para diferentes culturas (MOSAIC, 2021).

Figura 3 - Mapa de produção de fertilizantes nitrogenados, fosfatados e potássicos no Brasil.



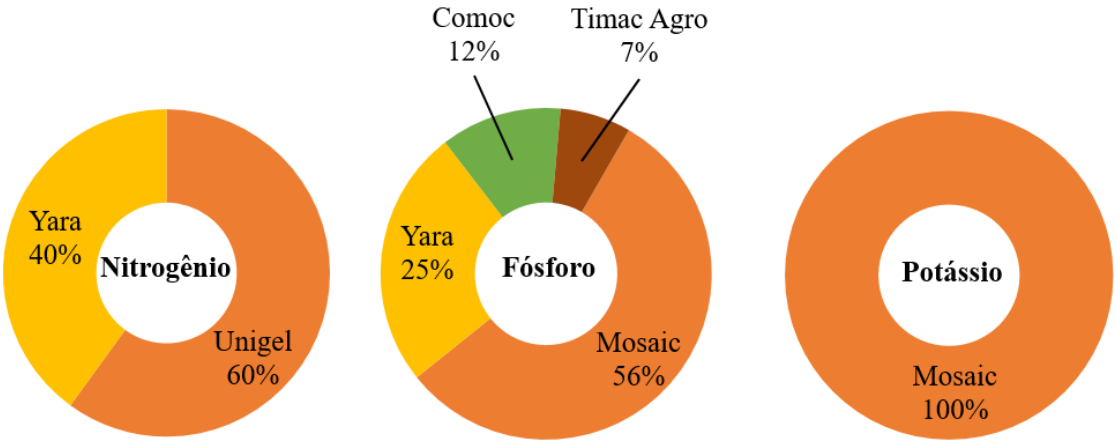
Fonte: Adaptado de GlobalFert (2021).

A multinacional exerce suas atividades nas cidades de Araxá (MG), Catalão (GO), Pato de Minas (MG) e Tapira (MG), onde é extraída a rocha fosfática para produção de fertilizantes fosfatados, e também na cidade de Cubatão (SP) onde são apenas produzidos fertilizantes simples e intermediários. A empresa também detém 100% do mercado de produção de potássio no país, por meio da exploração da mina de Taquari-Vassouras em Rosário do Catete (SE) (Figura 4).

A Copebrás também é a terceira em produção de fertilizantes fosfatados no Brasil, atualmente a empresa é controlada pelo grupo chinês, China Molibdênio (CMOC). A partir da mina em Ouvidor (GO) é extraída a rocha fosfática para produção dos fertilizantes, este material segue para as unidades industriais de Catalão (GO) e Cubatão (SP), onde são fabricados os fertilizantes fosfatados (CMOC, 2021).

A TIMAC Agro é uma multinacional francesa e possui três plantas industriais de fertilizantes fosfatados nas cidades de Candeias (BA), Santa Luzia do Norte (AL) e em Rio Grande (RS). A brasileira Cibra Fertilizantes controlada pelo grupo americano Omimex Group e atua na produção de fertilizantes fosfatados na cidade de Camaçari (BA). As unidades de Angico dos Dias (BA) e Irecê (BA) da brasileira Galvani encontram-se paralisada e desativada. A canadense Itafos também possui uma unidade paralisada em Arraias (TO) e outra em projeto em Santana (PR).

Figura 4 - *Market share* das indústrias de fertilizantes nitrogenados, fosfatados e potássicos atuantes no Brasil.



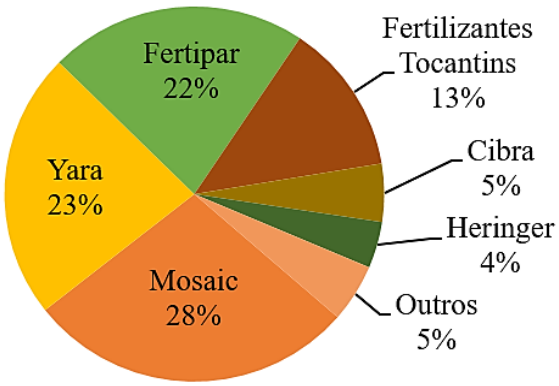
Fonte: Elaborado pelos autores.

Na indústria brasileira de fertilizantes (extração e sintetização), as multinacionais Mosaic e Yara possuem a maior participação no mercado em relação a capacidade produtiva, sendo que a brasileira Unigel, quando retomar as atividades após arrendamento, terá a maior capacidade de produção de nitrogenados (Figura 4).

3.2.2. Players na produção de misturas de formulações NPK

Atualmente o Brasil tem registrado no Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA, 2021) 513 empresas atuando no mercado de mistura NPK. As maiores empresas são as multinacionais Mosaic e a Yara, seguidas das brasileiras Fertipar e Fertilizantes Tocantins. Essas quatro empresas respondem por 86% da entrega total de fertilizantes formulados NPK (nitrogênio, fósforo e potássio) no país (Figura 5).

Figura 5 - *Market Share* da produção brasileira de misturas de formulações NPK.



Fonte: Adaptado de Globalfert (2021).

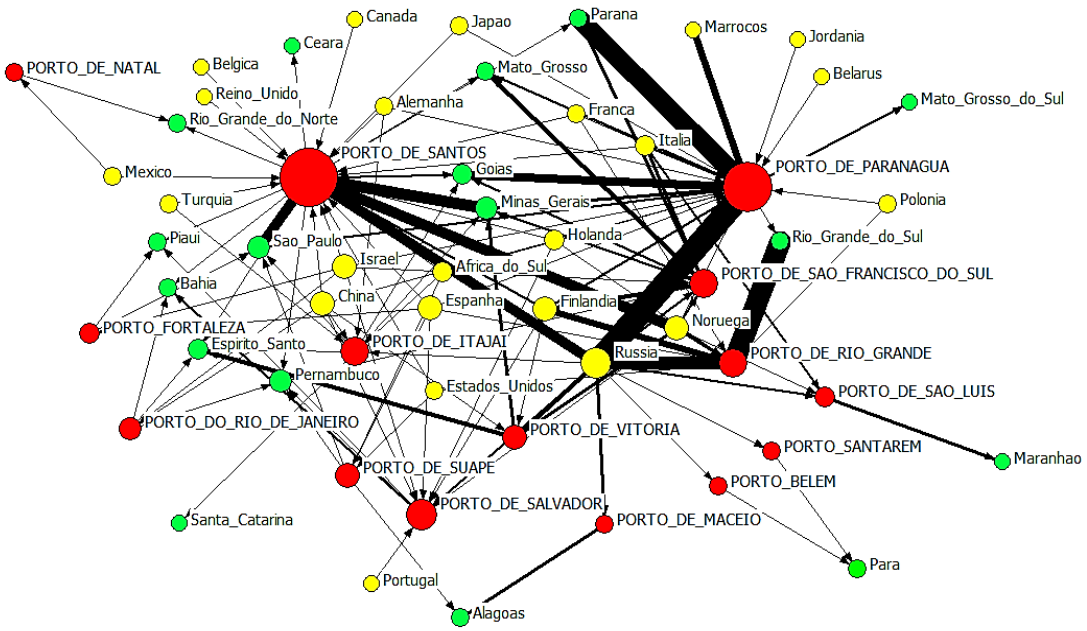
As unidades misturadoras estão concentradas em regiões estratégicas, próximas aos portos e aos consumidores finais, sendo mais presentes por ordem de relevância na Região Sudeste, Sul, Centro-Oeste, Nordeste e Norte. Os principais canais de distribuição de fertilizantes no país para os pequenos e médios produtores rurais são as cooperativas e unidades de revenda. Sabe-se que no Brasil existem 296 cooperativas registradas para comercialização de fertilizante mineral que representam aproximadamente 30% da distribuição de insumos. Já as revendas, existem 877 empresas registradas, que representam 45% da distribuição. Os demais 25% são comercializados pelas fabricantes de produtos diretamente com grandes produtores rurais (MAPA, 2021).

3.2.3. Caracterização do fluxo de fertilizantes no Brasil

A principal forma de entrada de fertilizantes no país é dada pelos portos marítimos. Na figura 6 tem-se o fluxo de fertilizantes no país, os nós em vermelho representam os portos, em verde os estados brasileiros e em amarelo os países exportadores de fertilizantes para o Brasil. Quanto maior a espessura das linhas maior é o volume relacionado, e quanto maior for o tamanho do nó maior é o número de relações com países, estados e portos.

Os portos de Paranaguá (PR), Santos (SP) e Rio Grande (RS) recebem a maior quantidade de fertilizantes importados, provenientes principalmente da Rússia, Canadá, Marrocos, China, Bielorrússia e Estados Unidos (SECINT 2021). Segundo Reis et al. (2020) os portos de Santos e Paranaguá respondem por 36% cada um do volume total de fertilizantes NPK importados pelo Brasil.

Figura 6 - Fluxo de fertilizantes entre países, portos marítimos e estados brasileiros.



Fonte: Autores via software NETDRAW ® a partir de dados da Secretaria Especial de Comércio Exterior e Assuntos Internacionais (SECINT, 2021).

A partir destes e demais portos nacionais, os insumos são transportados para os principais estados consumidores pelas rodovias, ferrovias e hidrovias, com destaque para Mato Grosso, Paraná, São Paulo, Minas Gerais e Goiás (SECINT, 2021).

O modal de transporte predominante na logística de insumos minerais no país é o rodoviário, que se realiza, principalmente, através do frete de retorno. Nesta operação logística, o veículo retorna com uma carga secundária que é compatível com o equipamento de transporte, ou seja, ele não retorna vazio. No agronegócio nacional, se trata de uma conjugação bastante comum, sendo o fluxo principal a exportação de grãos (via portos) e, na sequência, os fretes de retorno com fertilizantes (PÉRA e CAIXETA-FILHO, 2018).

3.3. O Mercado de Fertilizantes N, P e K

3.3.1. Produção nacional e importações

No cenário mundial, o Brasil é o maior importador de fertilizantes e representa 13% das importações mundiais. Em 2019, foram desembolsados US$ 9,1 bilhões, um acréscimo de 6,1% ao se comparar ao ano de 2018, quando foram importados US$ 8,6 bilhões em fertilizantes (ITC, 2019). Já em 2020, segundo a Secint (2021) foram US$ 8 bilhões de NPK importadas, 12,2% a menos em relação a 2019. Na tabela 1 evidencia-se o ranking dos países importadores de fertilizantes nos últimos anos.

O Brasil importa aproximadamente de 88% dos nutrientes utilizados em sua cadeia produtiva. A maior dependência do mercado nacional é do potássio e nitrogênio (Tabela 2). Além das matérias-primas e da produção nacional de formulações, o Brasil também importa formulações NPK prontas. Em 2020, o volume importado foi de 1,44 milhões de toneladas oriundos, principalmente, da Rússia, Finlândia e Marrocos (GLOBALFERT, 2021).

Tabela 1 - Os 10 principais países importadores de fertilizantes e *market share* nos anos de 2017, 2018 e 2019.

Importadores	Participação em valor nas importações mundiais (%)			Valor importado (Bilhões US$)		
	2017	**2018**	**2019**	**2017**	**2018**	**2019**
Brasil	12,0	12,5	12,5	7,3	8,6	9,1
Índia	6,9	8,7	8,7	4,2	5,9	7,1
Estados Unidos	9,9	10,4	10,4	6,1	7,1	7,03
China	3,8	4,0	4,0	2,3	2,7	3,5
França	3,2	3,1	3,1	1,9	2,1	2,1
Tailândia	2,8	2,5	2,5	1,7	1,7	1,6
Canada	2,0	2,0	2,0	1,2	1,3	1,5
Indonésia	2,8	2,8	2,8	1,7	1,9	1,5
Austrália	2,1	2,1	2,1	1,2	1,4	1,5
México	2,2	2,3	2,3	1,3	1,5	1,3

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados do Mapa do Comércio, Centro do Comércio Internacional (ITC, 2021).

Em 2019, o processo de arrendamento das fábricas de fertilizantes nitrogenados na Bahia e Sergipe ocasionou um aumento de importações de nitrogenados neste ano. Em janeiro de 2020, a Petrobras também encerrou as atividades da ANSA (Araucária Nitrogenados S.A.), localizada em Araucária, no Paraná. Além do mais, a produção de insumos para fertilizantes nitrogenados depende da oferta de amônia e enxofre que, por sua vez, são subprodutos derivados do petróleo e gás natural, segmento este que varia ao longo do ano em função do clima.

Em relação ao fosfatados, mesmo com várias empresas atuando na produção no Brasil, a demanda nacional ainda não é suprida e o país ainda importa 73% do fósforo que utiliza (Tabela 2). Isso ocorre, principalmente, porque as reservas de fosfato no Brasil são compostas por minerais de menor qualidade, o que aumenta o custo de produção. Por essa razão, atualmente, é mais barato importá-lo (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2018). Também existem unidades de produção desativadas, paralisadas ou ainda em projeto que poderiam elevar essa capacidade produtiva no país.

Tabela 2 - Produção brasileira, importação e origem de matérias-primas (nutrientes).

Nutrientes	Produção (%)	Importação (%)	Origem
Nitrogênio (N)	4	96	Rússia (21%), China (20%), Catar (17%). Argélia (15%), outros (22%).
Fósforo (P_2O_5)	27	73	Marrocos (38,1%), Rússia (15,2%), Arábia Saudita (11,4%), Estados Unidos (8,3%), China (7,4%). Outros (19,7%).
Potássio (K)	4	96	Canadá (31%), Rússia (28,2%), Israel (7,3%), Alemanha (7,2%), outros (2%).
Total	12	88	

Fonte: Associação misturadores de Fertilizantes do Brasil (AMA, 2021) a partir de dados da Agência Nacional para Difusão de Fertilizantes (ANDA, 2021).

No caso do potássio, o Brasil não possui elementos químico-minerais de fácil acesso e existe apenas uma mina em operação no país. Vale ressaltar que há reservas consideráveis de mineral nos estados de Sergipe e Amazonas a serem exploradas, que poderiam fornecer uma solução em curto prazo para o problema de abastecimento desse fertilizante (SIPERT et al., 2020).

3.3.2. Entrega de fertilizantes ao consumidor final

Entre os anos de 2010 a 2019 o consumo de fertilizantes intermediários no país (tipo simples que são utilizados em misturas NPK ou em aplicação direta ao solo) passou de 16 milhões para 36 milhões de toneladas. Em 2019, dessa quantidade consumida, 29 milhões de toneladas foram de origem externa (IPEADATA, 2021). Já em 2020, entre os meses de janeiro a novembro, o setor de fertilizantes entregou ao mercado agrícola 37,1 milhões de toneladas (Tabela 3), 10,28% a mais do que os 36 milhões de toneladas entregues no mesmo período de 2019.

Tabela 3 - Entrega de fertilizantes por região de janeiro a novembro, em milhões de toneladas.

REGIÕES E UNIDADES FEDERATIVAS	2019	2020	2019/2020	Participação*
	Milhões de toneladas		**(%)**	**(%)**
	Região Sul			
Rio Grande do Sul	4.181	4.639	10,95	12,52
Paraná	3.900	4.035	3,46	10,89
Santa Catarina	827	922	11,49	2,49
Subtotal	**8.908**	**9.596**	**7,72**	**25,89**
	Região Centro-Oeste			
Mato Grosso	7.001	7.907	12,94	21,34
Goiás	3.276	3.473	6,01	9,37
Mato Grosso do Sul	1.786	2.114	18,37	5,70
Distrito Federal	60	66	10,00	0,18
Subtotal	**12.123**	**13.560**	**11,85%**	**36,59**
	Região Sudeste			
Minas Gerais	3.598	4.005	11,31	10,81
São Paulo	3.667	3.990	8,81	10,77
Espírito Santo/ Rio de Janeiro	423	453	7,09	1,22
Subtotal	**7.688**	**8.448**	**9,89**	**22,80**
	Região Norte/Nordeste			
Bahia	1.850	2.018	9,08	5,45
Maranhão	653	840	28,64	2,27
Tocantins	719	782	8,76	2,11
Pará	470	549	16,81	1,48
Piauí	486	517	6,38	1,40
Alagoas	139	148	6,47	0,40
Outros	570	602	5,61	1,62
Subtotal	**4.887**	**5.456**	**11,64**	**14,72**
TOTAL BRASIL	**33.606**	**37.060**	**10,28**	**100%**

Fonte: Elaborado pela Associação dos Misturadores de Fertilizante do Brasil (AMA, 2021) a partir de dados da Associação Nacional para Difusão de Fertilizantes (ANDA, 2021).

Destacaram-se os estados de Mato Grosso com 7,9 milhões de toneladas, equivalente a 21,34% do total entregue no Brasil, seguido pelo Rio Grande do Sul com 4,6 milhões de toneladas, Paraná com 4,04 milhões de toneladas, Minas Gerais com 4 milhões de tonelada e São Paulo com 3,9 milhões de toneladas.

As culturas da soja e do milho responderam em 44 e 17 % do consumo de fertilizantes no Brasil, sendo o estado de Mato Grosso o maior produtor brasileiro desses grãos, o consumo de fertilizantes acompanha seu alto índice produtivo.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao se analisar a cadeia de fertilizantes no Brasil, verificou-se que há a concentração de mercado massiva em grupos multinacionais, principalmente na indústria (extração e sintetização). A estadunidense Mosaic Fertilizantes possui 56% do mercado sobre a produção de matérias-primas e produtos intermediários fosfatados, é a única produtora de fertilizantes potássicos locada em território brasileiro, além de dominar em 28% o market share sobre a fabricação de misturas de formulados NPK. Para produção de nitrogenados, a brasileira Unigel, quando retomar as atividades após arrendamento, terá a maior capacidade de produção. A segunda maior produtora tanto de nitrogênio quanto de fósforo é a multinacional Yara, além do mais é a única produtora de nitrato de amônio no país.

O Brasil é fortemente dependente da importação de fertilizantes minerais. Os nutrientes mais demandados são o potássio e o nitrogênio, em ambos 96% é de origem externa, seguido do fósforo, com 73%. A desativação e arrendamento de algumas unidades produtoras pertencentes à Petrobras são a razão pelo qual, as importações de nitrogenados aumentaram em 2020.

No caso do fósforo, a baixa qualidade e concentração de matéria-prima minerada tem limitado a capacidade de produção nacional e elevado o volume de importação, além disso, existem unidades de produção no país que foram desativadas ou estão paralisadas. Já para o potássio, a única solução é a importação visto que existe apenas uma mina no país para exploração.

A dependência externa de fertilizantes minerais representa a maior vulnerabilidade do agronegócio, bem como, afeta a economia brasileira frente às variações dos preços do mercado internacional. Essa dependência pode ser minimizada em curto prazo através de tecnologias para elevar a eficiência agronômica dos fertilizantes, por meio do aprimoramento químico; transferência, desenvolvimento e disseminação de práticas conservacionistas do solo, preservação da matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes; agricultura de precisão, visando o uso racional desses nutrientes sem causar desperdícios; além da utilização de outras fontes alternativas de nutrientes a exemplo, do reaproveitamento de resíduos agroindustriais, assim como, outras práticas de policultura que podem incorporar e conservar os nutrientes no sistema produtivo. Isso propicia à agricultura e a economia interna uma produção agrícola mais sustentável e rentável.

Devem-se haver políticas públicas, planos governamentais, incentivos e investimentos à pesquisa para criação de novas estratégias a fim de elevar a capacidade produtiva nacional a médio e longo prazo, para descoberta de novos depósitos minerais e reavaliação de potenciais já conhecidos, com perspectiva de aumento do recurso existente, a fim de minimizar a notória dependência externa do Brasil em relação aos fertilizantes.

5. REFERÊNCIAS

ADEYEMI, O. GROVE, I. PEETS, G. NORTON, T. Advanced monitoring and management systems for improving sustainability in precision irrigation. **Sustainability** (Switzerland), v. 9, n. 3, p. 1–29, 2017.

AMA - ASSOCIAÇÃO DOS MISTURADORES DE FERTILIZANTE DO BRASIL. Disponível em: http://amabrasil.agr.br/. Acesso em 20 fev. 2021.

ANDA – ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE FERTILIZANTES. Disponível em: https://anda.org.br/. Acesso em 10 fev. 2021.

ARGUS FERTILIZANTES BRASIL. Disponível em; https://www.argusmedia.com/pt/fertilizer. Acesso em 20 mar. 2021.

BALAFOUTIS, A. BECK, B. FOUNTAS, S. VANGEYTE, J. VAN DER WAL. T. SOTO, I. GÓMEZ-BARBERO, M. BARNES, A. EORY, V. Precision agriculture technologies positively contributing to ghg emissions mitigation, farm productivity and economics. **Sustainability** (Switzerland), v. 9, n. 8, 2017.

BELARUSKALI JOIN STOCK COMPANY. Disponível em: http://kali.by/en/. Acesso em 20 fev. 2021.

BIOLCHINI, J.C.A. MIAN, P.; NATALI, A.; CONTE, T.; TRAVASSOS, G. Scientific research ontology to support systematic review in software engineering. **Advanced Engineering Informatics**, v.21, n.2, p.133-151, 2007.

BORGES, H. As dez empresas que controlam o mercado mundial de fertilizantes. Disponível em: https://oglobo.globo.com/sociedade/as-dez-empresas-que-controlam-mercado-mundial-de-fertilizantes-23040071. Acesso em: 16 fev. 2021.

BUCKER, S.L. **Design da cadeia de suprimentos de fertilizante: aplicação do modelo de otimização**. 2019. Dissertação (Mestrado em Agronegócios). Universidade Federal da Grande Dourados, 2019.

CAPORAL, F. R. **Agroecologia: uma nova ciência para apoiar a transição a agriculturas mais sustentáveis**: In: Savanas: Desafios e estratégias para o

equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Planatlina: Embrapa Cerrados, 2008. P. 895-929.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Agroecologia e Extensão Rural: contribuições para a promoção do desenvolvimento rural sustentável. Brasília: MDA/SAF/DATER. 2007. 166p.

CEPEA – **Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada.** PIB-AGRO/CEPEA: com avanço de 24,3% no ano, PIB agro alcança participação de 26,6% no PIB brasileiro em 2020. Disponível em: https://www.cepea.esalq.usp.br/br/releases/pib-agro-cepea-pib-do-agronegocio-encerra-2019-com-alta-de-3-81.aspx. Acesso em 15 mar. 2021.

CHINA MOLIBDÊNIO (CMOC). Disponível em: https://cmocbrasil.com/br. Acesso em 18 mar. 2021.

CONAB – **Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra Brasileira**. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras. Acesso em 03 fev. 2021.

CORONEL, D. A. Processo de desindustrialização da economia brasileira e possibilidade de reversão. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 17, n. 3, p. 389–398, 2020.

DIAS, V.P.; FERNANDES, E. **Fertilizantes: uma visão global sintética**. BNDES Setorial, n. 24, p. 97-138, set. 2006.

DYUZHEVA, N.V.; TINKOVA, A.A. Mineral fertilizer market consumption trends. **RUDN Journal of Economics**, vol. 27, nº.4, p. 722–731, 2019.DMITRIEVA D.; ILINOVA, A.; KRASLAWSKI, A. Strategic management of the potash industry in Russia, **Resources Policy**, v .52, p. 81-89. 2017.

EMBRAPA. Brasil adicionou 22,8 milhões de toneladas de fósforo em seus solos nos últimos 50 anos. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/33747073/brasil-adicionou-228-milhoes-de-toneladas-de-fosforo-em-seus-solos-nos-ultimos-50-anos#:~:text=Existem%20reservas%20de%20fosfato%20no,em%20regi%C3%B5es%20de%20conflitos%20geopol%C3%ADticos. Acesso em 23 fev. 2021.

GLOBALFERT. **Mapa de produção de fertilizantes no Brasil**. Disponível em: https://www.globalfert.com.br/mapa-de-producao/. Acesso em 15 abr. 2021.

GLOBALFERT. **Outlook da Globalfert 2020**. Disponível em: https://www.globalfert.com.br/. Acesso em 10 fev. 2021.

IFA - **Associação Internacional da Indústria de Fertilizantes**. 2021. Disponível em: https://www.ifastat.org/databases/graph/1_1. Acesso em 25 fev. 2021.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – (IPEA). Disponível em: http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx. Acesso em 29 abr. 2021.

ITC - **International trade map. Trade statistics for international business development**. Disponível em: https://www.trademap.org/Index.aspx. Acesso em 20 fev. 2021.

KHAN, K. S.; KUNZ, R.; KLEIJNEN, J.; ANTES, G. Five steps to conducting a systematic review. **Journa lof the Royal Society of Medicine**, v. 96, p. 118–121, 2003.

KRONENBERGER, G.; ALBUQUERQUE, G. A. S. C. Perspectivas da indústria de fertilizantes no Brasil. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA. Rio de Janeiro. **Anais**... Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2000.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F. ALCARDE, J. C. **Fertilizantes e adubações**. São Paulo: Nobel, 2000.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIO E ABASTECIMENTO – MAPA. Disponível: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/requerimentos/estabelecimentos/registro-de-estabelecimento. Acesso em 05 mai. 2021.

MOSAIC FERTILIZANTES. Disponível em: http://www.mosaicco.com.br/resources/3087.htm. Acesso em 27 fev. 2021.

PÉRA, T.; CAIXETA-FILHO, J. Logística de Transporte no Brasil: Desafios nos Fertilizantes. **Agroanalysis**. v. 38, n. 7, 2018.

REETZ, H. F. **Fertilizers and their Efficient Use**. 1. ed. França: International Fertilizer Industry Association, 2016. p. 1-144.

REIS, J.G.M.; MACHADO, S.T. NETO, F.G.; SOUZA, A. E. NASS, I. A. Brazilian Import Transport Network of Fertilizer (NPK): An Analysis using SNA. International conference on information systems, logistics & supply chain, Austin, Texas. 2020.

RIBEIRO, J. V. S.; LEITE, M. M. B. Solução logística para importação de fertilizantes: Estudo de caso para Mato Grosso. **Departamento de Economia, Administração e Sociologia Grupo de Pesquisa e Extensão em Logística Agroindustrial (ESALQ-LOG)**. São Paulo: USP, 2017.

SANTOS, M.; GLASS, V. **Altas do agronegócio: fatos e números sobre as corporações que controlam o que comemos.** 1. ed. Brasil: Fundação Heinrich Böll Brasil e a Fundação Rosa Luxemburgo, 2018. p. 1-58.

SECINT - **Secretaria Especial de Comércio Exterior e Assuntos Internacionais**. Disponível em: http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home. Acesso em: 15 fev. 2021.

SINPRIFERT – **Sindicato Nacional das Indústrias de Matérias Primas para Fertilizantes**. Disponível em: https://www.sinprifert.com.br/. Acesso em 15 fev. 2021.

SIPERT, S.; COHIM, E.; NASCIMENTO, F. Identification and quantification of main anthropogenic stocks and flows of potassium in Brazil. **Environmental Science and Pollution Research**. v. 27**.** 2020**.**

SOUZA, V. D. **Cadeia Produtiva de Minerais Utilizados no Agronegócio no Estado de São Paulo**. Governo do estado de São Paulo. 2018. Disponível em: http://dadosenergeticos.energia.sp.gov.br/portalcev2/intranet/biblioVirtual/mineracao/Cadeia-produtiva-mineracao-agronegocio.pdf. Acesso em 01 mar. 2021.

CAPITULO II: PERSPECTIVA DO USO DA CAMA DE FRANGO COMO FERTILIZANTE NA PRODUÇÃO AGRÍCOLA DO CONE-SUL DO MS: UMA ABORDAGEM USANDO ANÁLISE MULTICRITÉRIO

Resumo: O presente estudo tem o objetivo de avaliar a perspectiva do uso da cama de frango como fertilizante agrícola através de um modelo de análise multicritério, para fins de apoio a tomada decisão do produtor rural na região Cone-Sul do MS ao investir em fertilizantes minerais ou orgânicos. Para isso utilizou-se a metodologia de multicritério *Analytic Hierarchy Process* (AHP), e a partir de uma análise bibliográfica e documental, utilizando-se bases de dados nacionais e internacionais, acerca do uso da cama de frango em comparação ao uso de fertilizantes minerais potássicos, fosfatados e nitrogenados na agricultura, identificou-se os principais critérios que influenciam na decisão de escolha do produtor rural, por ordem de relevância são: mercado, logística, qualidade e meio ambiente. Também foram realizadas entrevistas com alguns produtores agrícolas e com uma empresa que comercializa cama de frango na região, para o entendimento do funcionamento do critério mercado. Os resultados indicaram que, para o produtor rural, a utilização de fertilizante mineral ainda é a melhor alternativa, principalmente pelo fato da cama de frango ainda não possuir uma estruturação de mercado e canais de distribuição consolidados para atendê-los no momento desejado, sem causar prejuízos produtivos. Ainda não são disponibilizadas informações em relação a quantidade de cama de frango produzida na região, e o período de disponibilidade é incerto, o que dificulta para o produtor rural o planejamento da atividade agrícola.

Palavras-chaves: Mercado; Logística; Disponibilidade; Decisão do produtor rural.

Abstract: The present study aims to evaluate the perspective of poultry litter as an agricultural fertilizer to minerals through a multicriteria analysis model to support the decision-making of the rural producer in the Southern Cone region of MS to invest in mineral or organic fertilizers. The Analytic Hierarchy Process (AHP) multicriteria methodology was used. From a bibliographic and documentary analysis, using national and international databases, about the use of poultry litter compared to mineral fertilizers. Potassium, phosphate, and nitrogen in agriculture, the main criteria that influence the decision of the rural producer were identified, in order of relevance are market, logistics, quality, and environment. Interviews were also

carried out with some agricultural producers and a company that sells poultry litter in the region to understand how the market criterion works. The results indicated that, for the rural producer, mineral fertilizer is still the best alternative, mainly because the poultry litter still does not have a market structure and consolidated distribution channels to serve them at the desired time, without causing production losses. Moreover, information regarding the amount of poultry litter produced in the region is not yet available. The availability period is uncertain, making it difficult for the rural producer to plan the agricultural activity.

Keywords: Marketplace; Logistics; Availability; Farmer's decision.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é referência no mercado mundial de carne de frango e atualmente é o segundo maior produtor mundial e se mantém como maior exportador, beneficiando-se da sua competitividade e do seu status sanitário (TALAMINI; MARTINS, 2021). Em 2020, foram 13,8 milhões de toneladas de carne de frango produzidas e 31% desse volume foi destinado ao mercado externo, obtendo-se uma receita de US$ 6,097 milhões (ABPA, 2021).

O aumento expressivo do mercado avícola nos últimos anos vem expandindo a instalações de aviários por todo país, inclusive nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, localização estratégica principalmente pelas presenças de mão de obra e de matéria prima (soja e milho), principais componentes da ração de aves (MIGOTTO, 2020). No cenário brasileiro, o estado de Mato Grosso do Sul apresenta-se entre os dez maiores produtores e exportadores de aves no país, foram 176 milhões de animais abatidos em 2020 (FAMASUL, 2021).

Dessa forma, junto ao aumento da produção avícola, toneladas de resíduos têm sido gerados nos aviários, que podem ser tanto um recurso como um poluente, dependendo do manejo e disposição. A cama de frango é o resíduo sólido orgânico gerado em maior quantidade durante a criação intensiva de aves, e o seu reaproveitamento para fertilização dos solos é uma tendência mundial, tanto pela ciclagem dos nutrientes, quanto pela minimização da dependência externa de matéria prima para a fabricação dos fertilizantes minerais (LIM; LEE; WU, 2016; BI et al., 2020). Em 2019, foram geradas cerca de 24 milhões de toneladas de cama de

frango no Brasil, e como este volume está diretamente ligado a produção de carne de aves, a expectativa é de aumento nos próximos anos (GLOBALFERT, 2020).

Antes do desenvolvimento de fertilizantes minerais, os resíduos orgânicos eram a única forma de adicionar nutrientes para o solo. Os fertilizantes minerais têm substituído cada vez mais o uso de resíduos orgânicos como fertilizantes, pois são mais fáceis de manusear e dosar (no que diz respeito a vários nutrientes ao mesmo tempo) levando a um problema de descarte de resíduos orgânicos em vez de seu reuso. Ao mesmo tempo, o paradigma está mudando e cada vez mais tem-se utilizado e valorizado os benefícios agronômicos dos resíduos orgânicos (MISSELBROOK et al., 2012; BROCKMANN; PRADEL; HÉLIAS, 2018).

A indústria brasileira de fertilizantes minerais não atende à demanda interna e o país importa grande parte de matéria prima dos fertilizantes utilizados na agricultura, tornando-o totalmente vulnerável as oscilações do mercado externo, o que reflete diretamente nos custos de produção. Acompanhando a evolução dos preços de fertilizantes importados nos últimos anos, verificou-se que de novembro de 2019 a outubro de 2021, a ureia teve uma alta de 208% e o cloreto de potássio (KCl) 175%, passando de 253 U$ para 780 U$ e de 285U$ para 785U$ por tonelada, respectivamente (AMA, 2022).

Desse modo, é possível que a utilização dos resíduos orgânicos, a exemplo, a cama de frango, ou a sua associação com os fertilizantes minerais reduza os impactos desses aumentos advindos do mercado externo na produção agrícola, além de que o aumento da ciclagem de nutrientes no sistema agroalimentar é uma maneira de alcançar uma gestão de nutrientes mais saudável e uma produção alimentar mais sustentável (HANSERUD et al., 2017).

Na região do Cone-sul do MS, a indústria avícola tem forte presença e existem quatro abatedouros de aves sendo a BRF em Dourados, a JBS em Caarapó e Sidrolândia e a Frango Bello em Itaquiraí (OLIVEIRA; CALEMAN, 2017). A grande concentração de aviários nessa região ocasiona a geração de um grande volume de cama de frango anualmente, beneficiando os agricultores da região pela possibilidade de utilização para adubação de seus cultivos. No entanto, ainda existem alguns entraves que influenciam na tomada de decisão do produtor rural em escolher o tipo de fertilizante a ser utilizado, isso torna a região um importante objeto de estudo.

Existem diversos estudos que comprovam a viabilidade do uso de fertilizantes orgânicos na agricultura (ZAPAROLI; BARROS, 2016; FRAZÃO et al., 2019; CONSOLIN FILHO et al., 2020; LI et al., 2021). No entanto, são escassos os estudos que investiguem os parâmetros inerentes a decisão de escolha do produtor rural ao investir em fertilizantes.

Uma forma de se avaliar objetivamente essa questão vem a ser o uso da análise de decisão multicritério, ferramenta quantitativa que pode ser utilizada para medir os critérios que influenciam na tomada de decisão. Isso é possível com o auxílio do método AHP (*Analitic Hierarchy Process),* que consiste na divisão do problema de decisão em níveis hierárquicos, facilitando, assim, sua compreensão e avaliação (SAATY, 1980).

Partindo dessa premissa, o objetivo do estudo foi avaliar a perspectiva do uso da cama de frango como fertilizante agrícola através de um modelo de análise multicritério, para fins de apoio a tomada decisão do produtor rural na região Cone-Sul do MS ao investir em fertilizantes minerais ou orgânicos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A cama de frango e o uso como fertilizante agrícola

A cama de frango é considerada todo o material que cobre o piso de granjas para servir de leito às aves, ele é composto por um substrato vegetal (serragem, apara de madeira, etc.), penas, descamações da pele das aves, e restos de alimento que caem dos comedouros, sendo indispensável para proteger as aves das intempéries climáticas e do contato direto com o piso dos galpões (VIRTUOSO et al., 2015). Esse material, durante o processo de produção de aves, recebe uma carga significativa de nutrientes como nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), oriundos do metabolismo dos alimentos em forma de dejetos, restos de rações desperdiçadas, penas das aves e descamações da pele (OLIVEIRA et al., 2018).

Esse composto orgânico, dependendo da sua qualidade, volume e manejo, pode ser reutilizado em até doze lotes consecutivos de criação de frangos (42 a 45 dias cada lote), sendo que, no geral, o ideal é se reutilizar por seis lotes consecutivos. Alguns produtores reutilizam a cama de frango por até oito lotes consecutivos devido ao alto custo do material, principalmente em regiões onde

ocorre escassez do mesmo, inviabilizando a troca a cada lote (CAMPOS et al., 2018).

Pelo menos uma vez ao ano toda a cama de frango deve ser retirada da granja, ao menos que, seja identificado algum problema sanitário, que independentemente do número de lotes criados numa mesma cama, é indispensável a retirada de todo o material para limpeza do galpão e higienização, estabelecendo-se o vazio sanitário para alojamento do próximo lote (GUARESKI et al., 2019). Todo resíduo gerado na etapa de criação de aves é de responsabilidade do avicultor (PAULA JUNIOR, 2014).

Uma prática comum entre os avicultores é utilizar esse resíduo em seus cultivos a fim de enriquecer o solo, ou então comercializá-lo para agricultores da localidade. Segundo Oliveira et al. (2015) a comercialização dos resíduos da atividade avícola (cama de frango) como fertilizante orgânico é uma oportunidade, tanto para o avicultor incrementar sua renda, quanto para os agricultores que economizam com a aquisição de fertilizantes minerais. Segundo He et al. (2016) o uso de esterco animal como fertilizante tem potencial para reduzir o impacto ambiental do setor pecuário; os custos de fertilização para os agricultores e a dependência de fertilizantes minerais.

A cama de frango é um dos melhores fertilizantes orgânicos disponíveis e é um recurso extremamente valioso (SHAJI et al., 2021). Segundo Malaquias e Santos (2017) e Showler (2016) esse resíduo é fonte de vários nutrientes, principalmente de nitrogênio, e o seu uso feito com rigorosos preceitos técnicos tem potencial para suprir parcial ou totalmente, o fertilizante mineral. Na Tabela 1 tem-se a composição de uma tonelada de cama de frango.

Tabela 1 - Composição de 1 tonelada de cama de frango.

Componente	**Kg**
Conteúdo Orgânico	458
Conteúdo de Cinzas	112
Conteúdo de água	430
P_2O_5 (Incluído no Conteúdo Orgânico/Conteúdo de Cinzas)	21
K_2O (Incluído no Conteúdo Orgânico/Conteúdo de Cinzas)	21
N (Incluído no Conteúdo Orgânico/Conteúdo de Cinzas)	26
C (Incluído no Conteúdo Orgânico/Conteúdo de Cinzas)	228

Fonte: Adaptado de Nusselder et al., (2020).

Além do potencial nutricional, a utilização da cama de frango em solos agrícolas é impulsionada principalmente pelos incrementos de matéria orgânica no solo e melhorias associadas à qualidade do solo (YANG et al., 2019). Em relação as propriedades químicas do solo, esse material orgânico proporciona o aumento do pH, da capacidade de troca cátions (CTC), da saturação por bases, do magnésio (Mg), fósforo (P), cálcio (Ca), sódio (Na), potássio (K), manganês (Mn), cobre (Cu) e zinco (Zn) (HE et al., 2019).

Segundo Feng et al. (2019) a aplicação da cama de frango no solo também promove melhorias nas propriedades físicas do solo, proporcionando uma redução na densidade aparente e resistência à penetração e um aumento na taxa de infiltração, na condutividade hidráulica saturada, no teor de água disponível, na capacidade de retenção de água do solo, e na estabilidade dos agregados do solo. Além desses benefícios, a aplicação de esterco animal para substituir fertilizantes minerais a base de nitrogênio (com taxa de nitrogênio equivalente) melhoram significativamente o sequestro anual de carbono (XIA et al., 2017), e contribuem na redução das emissões de gases de efeito estufa.

Na região em estudo, os agricultores são beneficiados com a forte presença da atividade avícola e com a disponibilidade desse recurso, utilizando seus nutrientes ou associando-os com os fertilizantes minerais para adubação de seus cultivos, uma alternativa promissora para reduzir custos, para o desenvolvimento das culturas e para produção de alimentos mais saudáveis.

No entanto, existem alguns gargalos da adubação orgânica, alguns deles, abordados por Trani et al. (2013), Goulart et al. (2018) e Pereira et al. (2020) são: os custos de produção, transporte e aplicação, que frequentemente são mais elevados em relação aos fertilizantes minerais; a proporção dos nutrientes contidos nesses fertilizantes, eventualmente, não atende as necessidades das plantas, o que necessita de um volume maior a ser aplicado; e que não está disponível em regiões que não tem a presença da atividade avícola, o que motiva o produtor rural a continuar buscando pelos fertilizantes minerais.

Com a crescente demanda por nutrientes pela agricultura brasileira e a estagnação da indústria de fertilizantes minerais no país, o aproveitamento dos nutrientes providos desses resíduos agroindustriais, serão cada vez mais importantes para produção agrícola. Para incentivar o reaproveitamento desses

resíduos no país, em 2020, foi instituído o Programa Nacional de Bioinsumos, objetivando incentivar práticas e tecnologias de tratamento de resíduos sólidos para geração de insumos apropriados na produção de biofertilizantes. Essa política vai contar com linhas de crédito para incentivar a adoção dessas tecnologias para produtores rurais, que almejam adquirir bioinsumos ou montar biofábricas "*on farm*", para cooperativas, para aquisição de equipamentos para produção de biofertilizantes, e também, para empreendedores (BRASIL, 2020).

O mercado de fertilizantes orgânicos e organominerais representa uma oportunidade de negócio no Brasil e no mundo. O crescimento recente desse mercado decorre justamente da percepção de valor diferenciada que o mercado passou a ter em relação aos fertilizantes minerais. Embora o uso de resíduos vegetais e animais *in natura* seja uma tradição nas áreas rurais, o aproveitamento industrial em larga escala de subprodutos das agroindústrias para fabricação de fertilizantes é uma prática ainda recente no Brasil (CRUZ; PEREIRA; FIGUEIREDO, 2017).

Em relação ao país, é inegável o grande potencial de crescimento da produção e uso dos fertilizantes de base orgânica, visto o avanço tecnológico de setor agropecuário (ABISOLO, 2016). Essa alternativa soma-se aos fertilizantes minerais no atendimento da demanda por nutrientes e, igualmente, contribui para a solução do problema ambiental referente ao uso consciente dos resíduos sólidos como um subproduto, agregando-o valor. A oportunidade da destinação correta, aliada a possibilidade de enriquecimento da matéria orgânica com nutrientes minerais, pode ser benéfica ao solo e apresenta um apelo comercial interessante (OLIVEIRA, 2019).

2.2. Processo de hierarquia analítica (AHP) no setor agrícola

O método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) foi desenvolvido por Thomas L. Saaty nos anos de 1980 e, consiste, em uma análise multicritério que mensura o objeto de investigação, por meio de comparações paritárias e estabelece escalas de prioridade, com base no julgamento de especialistas sobre determinado tema (SAATY e SHANG, 2011), possibilitando assim a tomada de decisão quando existem múltiplos critérios envolvidos.

Esse método tem recebido cada vez mais atenção científica e tem sido amplamente documentado em uma variedade de áreas problemáticas. Vários trabalhos discutem a aplicação do AHP nos mais diversos setores agrícolas como exemplo: na produção de soja, milho, girassol, canola e cana-de-açúcar (REIS et al., 2016; VEISI et al., 2016; SAJADIAN et al., 2017; DEKAMIN et al., 2018; RAMAMURTHY et al., 2021).

Segundo Saaty (2008) para utilizar o AHP é necessário decompor o problema em alguns passos: (1) estruturar a árvore de decisão do objetivo a ser alcançado, passando pelos critérios a serem avaliados para alcançar as possíveis alternativas, em uma estrutura hierárquica; (2) construir uma matriz para comparação paritária, analisando um nível superior com os respectivos níveis imediatamente inferiores a este; e (3) utilizar as prioridades obtidas das comparações para determinar os pesos e prioridades do nível imediatamente inferior.

Quadro 1 - Pesos na comparação paritária.

Escala	**Significado**	**Forma de Avaliação**
1	Igual Importância	Os parâmetros contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância moderada	Um dos parâmetros é moderadamente favorável sobre o outro
5	Grande importância	Um dos parâmetros é fortemente favorável sobre o outro
7	Importância muito grande	Um dos parâmetros é muito mais favorável sobre o outro
9	Extrema importância	Um dos parâmetros é extremamente favorável sobre o outro
2,4,6,8	Valores intermediários	Necessidade de definir valores intermediários para os critérios

Fonte: Adaptado de Saaty (1991).

A metodologia AHP exige que cada objetivo, critério, sub-critério e alternativas sejam comparados em pares seguindo a escala apresentada no Quadro 1, que possibilitará a determinação da importância de cada critério, também chamada de “peso”. A escala numérica proposta por Saaty (2008), varia de 1 a 9, onde o valor 1 define que ambas as alternativas são igualmente importantes de acordo com o objetivo de estudo e 9 indica o grau mais alto de preferência na alternativa selecionada em relação à comparada. Após a determinação dos pesos

de cada critério, o método AHP calcula os dados em forma de matriz, elevando-a a potencias arbitrariamente altos, portanto, são comumente utilizados *softwares* específicos para o método.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a12 & \dots & a1n \\ a21 & 1 & \cdots & a2n \\ \cdots & \dots & \dots & \dots \\ an1 & an2 & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots\dots \quad (1)$$

Em que: *aji = 1/aij e i,j = 1,....., n.*

O uso do AHP correlaciona os diversos critérios e procede com as comparações paritárias, identificando inconsistências nas análises. Ao efetuar o lançamento dos dados no sistema, se o analista especificar que *b>a* e *a>c*, logo espera-se que *b>c*, caso contrário, uma inconsistência é apontada nos cálculos estatísticos. Assim a metodologia AHP estabelece um índice de inconsistência (KURKA, 2013; GARCIA et al., 2014). Este índice de inconsistência é expresso matematicamente de acordo com a equação 2, sendo que a consistência máxima admitida para garantir a confiabilidade na decisão escolhida é *IC* <0,1 ou 10%. Caso seja maior é necessário ajustar as comparações antes de prosseguir na análise dos critérios.

$$IC = \frac{\lambda máx - n}{n-1} \quad \dots\dots\dots\dots \quad (2)$$

Em que: λmáx= auto valor máximo; n = dimensão da matriz

3. METODOLOGIA

Para atender o objetivo proposto, realizou-se um estudo empírico com análise bibliográfica e documental acerca do uso da cama de frango e de fertilizantes nitrogenados, fosfatados e potássicos para adubação na agricultura, no país e no estado de Mato Grosso do Sul.

3.1. Coleta de Dados

Para a coleta de dados utilizou-se das diversas bases de dados disponíveis em órgãos estaduais como: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Desenvolvimento Econômico, Produção e Agricultura Familiar (SEMAGRO, 2021),

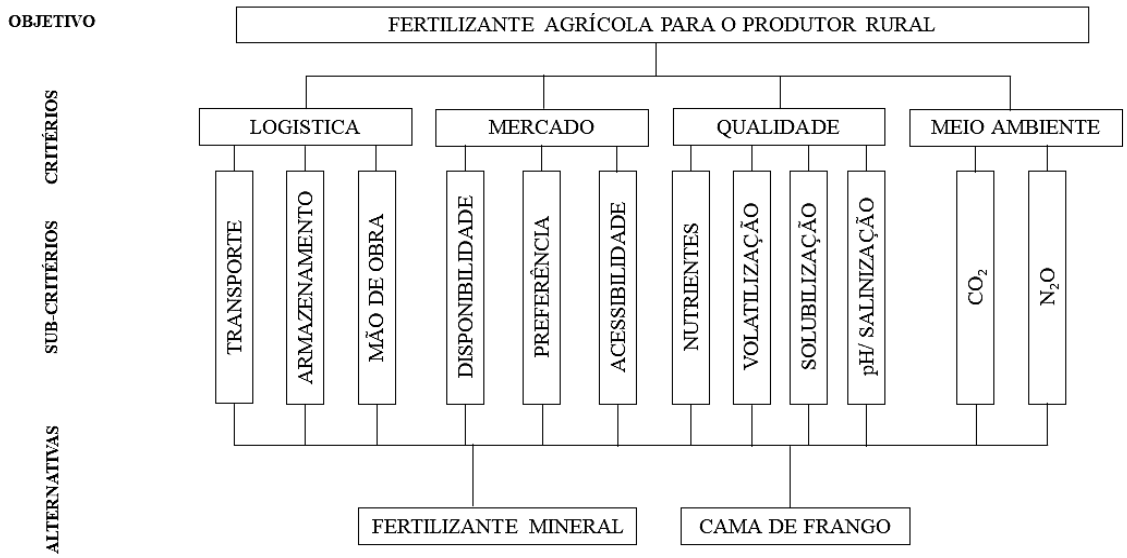
Departamento de inspeção e defesa agropecuária de Mato Grosso do Sul (IAGRO, 2021), Federação da Agricultura e Pecuária Mato Grosso do Sul (FAMASUL, 2021) e Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural (AGRAER, 2021); nacionais como Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA,2021), Instituto Brasileiro Geográfico e Estatístico (IBGE, 2021), Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2021).

Também foi realizada uma busca abrangente em artigos científicos publicados nas bases de dados: Google Acadêmico, Scielo, Web of Science e Scopus, por meio das seguintes palavras-chaves: “cama de frango”, “*poultry litter*”, “*organic fertilizer*” e “*chemical fertilizers*”; “fertilizantes orgânicos”; “fertilizantes orgânicos”. Como também na literatura cinzenta como: dados em sites de empresas, associações, instituições e páginas especializadas em elaboração de informações sobre fertilizantes no Brasil, tais como Associação de Misturadores de Fertilizante do Brasil (AMA, 2021), da Agência Nacional para Difusão de Fertilizantes (ANDA, 2021) e GlobalFert (2021), foram rastreados, selecionados e utilizados. Além disso, também foram realizadas entrevistas com dez produtores rurais e com uma empresa que trabalha na comercialização de cama de frango na região, para entender o funcionamento do mercado desse resíduo na região.

3.2. Árvore de Decisão

A partir das informações relatadas na literatura foram escolhidos os critérios para comparação paritária. Para decidir os valores de comparação baseou-se nos dados coletados e nas entrevistas com a empresa e os produtores. Para este trabalho foi criada a seguinte árvore de valores do problema estudado, Figura 1, onde determina o objetivo, critérios e respectivos subcritérios e, por fim, apontar as alternativas.

Figura 1 - Árvore de decisão AHP.



Fonte: Autores.

3.3. Análise de Dados

Após a construção e identificação das variáveis, os dados foram incluídos no software SuperDecisions versão 3.2. Os pesos das comparações paritárias, respeitando a escala de Saaty (1980), foram estabelecidos pelos pesquisadores, com base na pesquisa realizada e conforme o método de análise proposto pelo AHP. Os pesos dos julgamentos são indicados no quadro 1 e foram estabelecidos conforme análise de literatura descrita na Tabela 2. Foi realizada uma entrevista com produtores rurais e com a empresa que comercializa a cama de frango na região, para auxiliar no entendimento do funcionamento do critério mercado na região, e no julgamento.

Tabela 2 - Descrição da literatura utilizada para auxiliar na atribuição dos pesos dos critérios nas comparações paritárias.

	Logística	Mercado	Qualidade	Meio Ambiente
Malavolta; Vitti; Oliveira (1997)			X	
Odhiambo; Ma gandini, (2008)	X	X		
Aguirela et al. (2014)				X
Hasler et a. (2015)				X
Lima et al. (2016)	X			
Pereira; Oliveira; Leal Junior (2016)	X			
Zaparoli (2016)			X	
Costa et al. (2017)			X	
IBGE (2017)		X		
Lupton (2017)	X	X		
Silva et al. (2017)			X	
Read et al. (2018)			X	
Tur-cardona et al. (2018)	X	X		
Guareschi et al. (2019)				X
He et al. (2019)			X	
Magalhaes et al. (2019)			X	
Ma et al. (2019)	X			
Soliani; Innocentini; Carmo, (2019)	X			X
Liu et al. (2020)				X
Chen et al. (2020)		X		
Masud et al. (2020)			X	
Nusselder et al. (2020)				X
Ogino et al. (2020)		X		
Shaji et al. (2021)			X	
Li et al. (2021)				X
Guangbin et al. (2021)				X
Prado et al. (2022)			X	
Produtor rural		X		
Empresa		X		

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 3 - Matriz média geométrica de comparações paritárias relativas aos critérios.

Critério	Logística	Qualidade	Mercado	Meio Ambiente
Logística	1	1/3	4	1/7
Qualidade	3	1	5	1/4
Mercado	1/4	1/5	1	1/7
Meio ambiente	7	4	7	1
Σ	11,25	5,53	17	1,53
Inc: 0,09				

Fonte: Elaborado pelos Autores.

Tabela 4 - Matriz média geométrica de comparações paritárias relativas aos subcritérios.

Qualidade				
Subcritério	Nutrientes	Volatilização	Solubilização	pH/Salinização
Nutrientes	1	1/4	1/3	4
Volatilização	4	1	2	5
Solubilização	3	1/2	1	5
pH/Salinização	1/4	1/5	1/5	1
Σ	8,25	1,95	3,53	15
Inc: 0,06				
Mercado				
Subcritério	Disponibilidade	Acessibilidade	Preferência	
Disponibilidade	1	1/5	1/7	
Acessibilidade	4	1	1/3	
Preferência	7	3	1	
Σ	12	4,2	1,47	
Inc: 0,03				
Logística				
Subcritério	Transporte	Mão de Obra	Armazenamento	
Transporte	1	2	1/5	
Mão de Obra	1/2	1	1/7	
Armazenamento	5	7	1	
Σ	6,5	10	1,34	
Inc: 0,01				
Meio Ambiente				
Subcritério	CO_2	NO_2		
CO_2	1	3		
NO_2	1/3	1		
Σ	1,33	4		
Inc: 0,00				

Fonte: Elaborado pelos Autores.

Tabela 5 - Matriz média geométrica de comparações paritárias relativas às alternativas.

Subcritérios	**Alternativas**	
	NPK	**Cama de frango**
Transporte	1/5	5
Armazenamento	3	1/3
Mão de obra	5	1/5
Disponibilidade	7	1/7
Preferência	7	1/7
Acessibilidade	1/5	5
Nutrientes	7	1/7
Volatilização	1/5	5
Solubilização	7	1/7
pH/Salinização	1/7	7
CO2	1/5	5
N2O	1/5	5
Σ	37,14	33,10

Fonte: Elaborado pelos autores.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Resultados

O resultado da análise AHP indicou que o critério mercado influenciou significativamente a decisão dos produtores em adotar fertilizantes na região em estudo, seguido pela logística, qualidade e por último o meio ambiente, conforme indica na Tabela 6. Além disso, foi possível verificar que a alternativa que se tornou viável para esse levantamento, segundo o método AHP, foi continuar o uso do fertilizante mineral N, P e K (0,63), corroborando com os estudos de Fangueiro et al. (2018), Wang et al. (2018) e Chen et al. (2020).

Tabela 6 - Prioridade calculada dos critérios e alternativas.

Critérios	**Peso**	**Alternativas**	**Peso**
Mercado	0,592	NPK	0,627
Logística	0,229	Cama de frango	0,372
Qualidade	0,131	Total	1,000
Meio Ambiente	0,046		
Total	1,000		

Fonte: Elaborado pelos Autores.

Nesse sentido, subcritérios e critérios alternativos foram avaliados para realizar o detalhamento de forma minuciosa sobre as escolhas de uso dos fertilizantes em estudo (Tabela 7).

Tabela 7 - Prioridade calculada dos critérios, subcritérios e alternativas.

Critérios	**Subcritérios**	**Alternativas**	
		NPK	**Cama de frango**
Mercado (0,592)	Acessibilidade (0,124)	0,167	0,833
	Disponibilidade (0,417)	0,875	0,125
	Preferência (0,049)	0,875	0,125
Logística (0,229)	Transporte (0,076)	0,833	0,167
	Armazenamento (0,017)	0,750	0,250
	Mão de Obra (0,135)	0,833	0,167
Qualidade (0,131)	Nutrientes (0,031)	0,875	0,125
	Volatilização (0,009)	0,167	0,833
	Solubilização (0,014)	0,875	0,125
	pH/Salinização (0,076)	0,125	0,875
Meio Ambiente (0,046)	CO_2 (0,011)	0,167	0,833
	N_2O (0,035)	0,167	0,833

Fonte: Elaborado pelos Autores.

4.2. Discussão

4.2.1. Mercado

O critério mais importante na decisão de escolha do produtor rural em investir em fertilizantes é o mercado (0,592). Na análise multicritério percebeu-se que a disponibilidade (0,417) é o subcritério que mais influenciou na tomada de decisão do produtor rural, seguido da acessibilidade (0,124) e preferência (0,049).

A incerteza sobre a disponibilidade de cama de frango pode impedir os agricultores de comprar o fertilizante que desejam e limitar o crescimento de consumo (ODHIAMBO; MAGANDINI, 2008). De acordo com os agricultores entrevistados e com a empresa que comercializa a cama de frango na região em estudo, é extremamente difícil substituir a adubação mineral pela cama de frango, principalmente pela incerteza da quantidade que é gerada na região e o período em que a mesma estará disponível.

O período de retirada desse resíduo das granjas de frangos, normalmente, é determinado pela empresa integradora (agroindústria), pois estas possuem programas de biossegurança, em que uma das etapas-chave é a desinfecção das instalações, capaz de destruir microrganismos patogênicos para as aves, chamado de vazio sanitário (BERMUDEZ; STEWART-BROWN, 2003). É nesse período que a cama de frango pode ser retirada das granjas, e pode levar até um ano, o que representa seis lotes de aproximadamente sessenta dias, sendo quarenta e cinco dias com aves e mais quinze dias de vazio sanitário (MIGOTTO, 2020). Isso dificulta o planejamento para os agricultores e a expansão do mercado desse tipo de fertilizante.

De acordo com Lupton (2017), a disponibilidade de dados para a produção de resíduos, não é suficiente, mesmo para países europeus. Sem conhecer o número aproximado de resíduos orgânicos sólidos locais produzidos anualmente e trimestralmente, é difícil prever a quantidade disponível para produzir o fertilizante orgânico, por isso é difícil para os produtores planejar o seu uso na agricultura.

Em pesquisa com produtores da Dinamarca, Case et al. (2017) identificaram que as barreiras mais importantes para o uso de fertilizante orgânico foram: odor desagradável, incerteza no teor de nutrientes e dificuldade no planejamento para uso. Contudo, quando disponíveis, os fertilizantes orgânicos são mais acessíveis

aos produtores rurais, e o aumento do seu consumo está diretamente correlacionado aos preços de fertilizantes minerais (LUPTON, 2017).

O mercado brasileiro de fertilizantes minerais é totalmente dependente de importações (XAVIER et al., 2021). Segundo Ogino et al. (2020) a escassez de fontes minerais no Brasil para produção de fertilizantes minerais faz com que o país fique em risco iminente a possíveis oscilações no mercado, podendo impedir a compra de fertilizantes e reduzir o poder de compra. Em estudo, Odhiambo e Magandini (2008) observaram que 75% dos agricultores entrevistados afirmaram que os fertilizantes eram muito caros e inacessíveis. Isso implica em que aqueles que podem pagar podem não conseguir comprar a quantidade recomendada, levando a solicitações abaixo das taxas recomendada.

O incentivo à entrada de novas empresas no setor poderia ser benéfico. O aumento da competitividade poderia aumentar a oferta de fertilizantes disponíveis no mercado, sobretudo os potássicos, bem como poderia contribuir para a redução de preços no setor. Uma redução de preços, por sua vez, teria impactos positivos sobre o consumo de fertilizantes e a produtividade (ONIGO et al., 2020).

Do total de estabelecimentos rurais consultados no Censo Agropecuário (IBGE, 2017) no estado de Mato Grosso do Sul, apenas 30,4% declararam fazer uso de adubação, sendo que, dos que declararam usar os fertilizantes, 64,3% faziam uso de fertilizante mineral, 21,15% orgânico e 14,47% faziam a associação da adubação mineral e orgânica.

Os agricultores preferem utilizar fertilizantes minerais devido as barreiras logísticas e custos relacionados com a utilização do fertilizante orgânico, “estrume bruto” (por exemplo, transporte, armazenamento, tratamento, aplicação) e também porque relutam em usar materiais com uma ampla gama de características físicas e químicas e com teor de nutrientes desequilibrado (FANGUEIRO et al., 2018). É possível que o processamento dos resíduos orgânicos possa melhorar sua disponibilidade e conteúdo de nutrientes, e assim, aumentar o valor agrícola dos resíduos quando usados como fertilizantes, ao mesmo tempo contribuir para uma economia “circular” de base biológica (CASE et al., 2017).

4.2.2. Logística

O segundo critério encontrado como importante na decisão de escolha de fertilizantes foi a logística (0,229). Os resíduos orgânicos podem enfrentar sérios problemas logísticos, visto que, não possuem canais de distribuição consolidados como os fertilizantes químicos, a menos que existam instalações de tratamento e compostagens localizadas (TUR-CARDONA et al., 2018), como não é o caso da região, onde grande parte do resíduo é aplicado diretamente ao no solo na forma "*in natura*".

A aplicação desses fertilizantes orgânicos consome muita mão de obra (0,135) e são desagradáveis de trabalhar, além de não ser uniforme pela variação na composição de nutrientes, consequência da falta de equipamentos de coleta adequados e das perdas de nutrientes causadas pela demora na remoção dos resíduos (TUR-CARDONA et al., 2018; GLOBALFERT, 2020).

O transporte (0,076) é um componente muito significativo nos custos finais do fertilizante (PEREIRA; OLIVEIRA, 2020), concomitante a esse fato foi apontado como uma das principais restrições no que diz respeito ao uso de fertilizantes (ODHIAMBO; MAGANDINI, 2008). Essa é uma das limitações logísticas para o aproveitamento do potencial desses resíduos, em função da dificuldade de se transportar resíduos por longas distancias, sem que se incorra em custos elevados. De acordo com a empresa que comercializa a cama de frango na região, o comércio desses resíduos na região, é realizado em um raio de distância de aproximadamente 200 km, sendo que o preço médio do frete é de R$ 70,00/ton, desconsiderando o preço de compra do resíduo no aviário, o carregamento e a aplicação.

O transporte de fertilizantes minerais também é complexo, visto que, aqueles produzidos em território nacional e importado, percorrem longas distâncias para chegar às áreas agrícolas (COSTA et al., 2018). Apesar de existir a possibilidade da logística colaborativa ou o frete de retorno (*backhauling*), para o controle dos custos, ainda assim chegam muito caro ao produtor rural. Exatamente em função da distância e do modal rodoviário.

Embora pareça que a disponibilidade do frete de retorno entre portos e regiões produtoras de grãos gere economia média anual de transporte, não há razão para supor que essa economia de custos seja distribuída uniformemente ao longo do ano. Isso porque o período de uso dos fertilizantes e a colheita não são simultâneos,

e o preço do transporte dispara durante a alta temporada de colheita, quando os transportadores precisam lidar com a escassez de veículos e gargalos de transporte, carregamento e descarregamento (LIMA et al., 2016).

O subcritério armazenamento teve menor peso (0,017) e para o produtor rural os fertilizantes minerais são mais fácies de serem armazenados, além do mais deve ser prioridade para qualquer grande produtor de grãos que queira reduzir custos de transporte (LIMA et al., 2016). Já para os fertilizantes orgânicos, o armazenamento causa odores desagradáveis, libera material particulado, bio-aerossol (micróbios, micotoxinas e endotoxinas suspensa no ar) e amônia e, portanto, não é bem recebido pelos moradores próximos (ODHIAMBO; MAGANDINI, 2008).

4.2.3. Qualidade

A qualidade do fertilizante (0,131) é o terceiro critério considerável na hora de decidir sobre os fertilizantes. O subcritério pH e a salinização (0,076) teve maior peso quando se pensa em qualidade do fertilizante. O tipo de fertilizante pode impactar diretamente nos atributos edáficos, na disponibilidade e absorção de nutrientes pelas plantas (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Neste aspecto, a cama de frango se destaca, pois, proporciona o aumento do pH do solo (HE et al., 2019; MASUD et al., 2020) e do carbono total, e reduz a capacidade de sorção de fósforo no solo além de amenizar a salinidade (ALVES, 2020). No caso dos fertilizantes minerais (nitrato de sódio, nitrato de amônio e cloreto de potássio) por possuírem elevado índice salino, podem contribuírem com a salinização do solo (BARROS et al., 2017).

O segundo fator determinante na escolha de fertilizantes é a solubilização (0,014). Em algumas formas de fertilizantes minerais, os nutrientes estão prontamente disponíveis para a absorção das plantas, após a solubilização do produto. Já os fertilizantes orgânicos, a maior parte dos nutrientes está ligada aos compostos orgânicos, tornando-se disponível ao longo do tempo através do processo de mineralização em uma taxa que depende das condições do solo (TIECHER, 2016; SHAJI et al., 2021).

O subcritério volatilização teve peso (0,009) e é ocasionado principalmente pelas aplicações de ureia, fonte nitrogenada mais utilizada no mundo todo, e quando aplicada em superfície, as perdas por volatilização de amônia (NH_3), são elevadas

por causa da atividade da enzima urease presente no solo obtida na atividade microbiana (SILVA et al., 2017). Neste critério, a adubação orgânica propicia a redução das perdas por volatilização de N, isso porque o processo de mineralização retarda a liberação de N, deixando o nutriente menos propenso às perdas, de modo que as perdas por volatilização podem ser 50% menores quando comparadas às perdas proveniente da aplicação de fontes minerais de N (ROCHA et al., 2019). A volatilização de amônia (NH_3) da cama de frango é de aproximadamente 2,84 kg tonelada já dos fertilizantes minerais, dependendo da formulação, pode variar de 65,33 até 544 kg por tonelada (HASLER et al., 2015; NUSSELDER et al., 2020).

Em relação aos nutrientes (0,031), as principais diferenças entre fertilizantes orgânicos e minerais estão relacionadas com a concentração do nutriente, as relações de nutrientes (N, P e K) e sua disponibilidade para as culturas após a aplicação no solo. Para uma mesma quantidade de produto, a concentração de nutrientes no fertilizante orgânico é muito menor do que nos fertilizantes minerais e uma grande quantidade de N e P no esterco existe em uma forma não prontamente disponível para as plantas (fração orgânica) (PRADO; FANGUEIRO, 2022).

Sem vantagens óbvias, é difícil para os agricultores trocar os fertilizantes minerais pelos orgânicos, já que eles usam os fertilizantes minerais há muito tempo, que são fonte confiável de nutrientes para eles (TUR-CARDONA et al., 2018). Segundo Chen et al. (2020) a confiança dos produtores no teor de nutrientes e na segurança dos fertilizantes é fundamental para sua aceitação. O uso de fertilizantes orgânicos pelos produtores rurais é movido principalmente pelas propriedades favoráveis da matéria orgânica ao solo, e não pelos nutrientes presentes nesses resíduos. Por este motivo, a utilização de fertilizantes orgânicos normalmente vem associada a fertilização mineral, para melhoria no ambiente edáfico e garantia de nutrientes para as plantas (RIBEIRO et al., 2019; ZAPAROLLI et al., 2019).

4.2.4. Meio Ambiente

No sistema de produção agrícola, os fertilizantes estão entre os insumos que mais emitem dióxido de carbono (CO_2) para a atmosfera, especialmente os nitrogenados (GUARESCHI et al., 2019). No entanto, a maioria dos produtores rurais tendem a comprar fertilizantes orientados pelos preços e pelos outros critérios citados anteriormente, ignorando o provável impacto ao ambiente (HASLER et al.,

2015). Isso acontece principalmente pela falta de informação ambiental e por esse motivo esse critério teve menor peso no presente estudo (0,046).

O processo produtivo de fertilizantes minerais causa a emissão de CO_2 devido ao uso de combustíveis fósseis na produção de amônia, reação de fosfato de rocha com ácido sulfúrico ou durante a extração de fósforo ou potássio das rochas, além do processo e aplicação e transporte pelos caminhões por longas distâncias. O fertilizante nitrogenado contribui especialmente para as emissões de N_2O, um gás com potencial de aquecimento global 298 vezes maior que o CO_2 (IPCC, 2007). As emissões de N_2O ocorrem essencialmente durante a produção e pós-aplicação de fertilizantes. A emissão de CO_2 está relacionada principalmente à combustão do diesel utilizado para o transporte e operações agrícolas (HASLER et a., 2015).

Na proporção de uma tonelada, a aplicação do fertilizante mineral emite aproximadamente 800 – 943 kg CO_2 eq. e 3,9 – 8,96 kg de oxido nitroso (N_2O), já a cama de frango, considerando a aplicação direta, emite aproximadamente 397 kg CO_2 eq e 0,27 kg de N_2O (HASLER et al., 2015; NUSSELDER et al., 2020).

De acordo com Li et al. (2021) a substituição de fertilizante sintético nitrogenado por fertilizante orgânico aumenta o sequestro de carbono no solo, além de promover a redução de N_2O para N_2 e, então, reduzir a emissão de N_2O de 33 até 77% (AGUILERA, 2012; GUANGBIN et al., 2021).

A utilização racional e equilibrada da cama de frango no solo, como fonte de adubação alternativa, pode permitir ganhos de produtividade e qualidade à diversas culturas e ao mesmo tempo contribui com o meio ambiente, pois, transforma um passivo em ativo ambiental, com reflexos na fertilidade do solo e produção vegetal.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção de fertilizantes no Brasil está concentrada em grupos multinacionais, principalmente na indústria (extração e sintetização). O país é fortemente dependente da importação de fertilizantes minerais, sendo o potássio e o nitrogênio, os nutrientes mais demandados. Essa situação tem se agravado com a pandemia do coronavírus, e com o início de uma guerra do principal país exportador desse insumo (Rússia), que poderá impactar diretamente no fornecimento e no preço dos alimentos.

Esses acontecimentos e a incerteza de fornecimento de fertilizantes do mercado externo pode ser o incentivo decisivo para uma onda de inovações sustentáveis na agricultura brasileira, podendo impulsionar mercados de fertilizantes de base orgânica. Todavia, existem alguns entraves que desfavorecem o uso dos benefícios desses fertilizantes pelos produtores rurais.

Os resultados da pesquisa mostraram que os critérios que mais influenciam na tomada de decisão do produtor rural ao investir em fertilizantes minerais ou orgânicos, por ordem de relevância, são: Mercado, Logística, Qualidade e Meio Ambiente.

De acordo com a análise multicritério, o uso da cama de frango para substituição dos fertilizantes minerais para o produtor rural da região do Cone-Sul do Mato Grosso do Sul, ainda não é a melhor alternativa, principalmente pelo fato de não possuir um mercado estruturado com canais de distribuição consolidados, para que possa atendê-los no momento desejado sem causar prejuízos produtivos. Além disso, ainda não são disponibilizadas informações em relação a quantidade de cama de frango produzida na região e o período de disponibilidade é incerto, o que dificulta para o produtor rural o planejamento da atividade agrícola.

Além do mais, a dificuldade de manuseio desses fertilizantes orgânicos, a falta de equipamentos e a desuniformidade na aplicação também influenciam diretamente na decisão do produtor rural, visto que, a confiança dos produtores no teor de nutrientes e na segurança dos fertilizantes minerais é fundamental para sua aceitação.

Através do processamento da cama de frango, por meio de centros de tratamentos e compostagem, seria possível produzir fertilizantes orgânicos de alto valor nutricional, e isso possibilitaria seu armazenamento, facilitaria o transporte e aumentaria a disponibilidade para o produtor rural (CHEN; ZHANG; YUAN, 2020). No entanto, para que isso seja possível é necessária uma boa compreensão do mercado de fertilizantes orgânicos na região.

Uma das limitações iniciais dessa pesquisa foi ponderar critérios que abrangessem de forma geral a prática de adubação tanto com fertilizantes minerais quanto com a cama de frango na região do Cone-Sul do estado de Mato Grosso do sul, não considerando as peculiaridades de cada cultura. Outra limitação foi em

relação ao custo, optou-se por não adotar este critério, principalmente pela possibilidade de enviesar os resultados da pesquisa.

Pesquisas futuras poderiam contemplar a substituição parcial (em diferentes porcentagens) dos fertilizantes minerais pela cama de frango. Além disso, outros materiais como pó de rocha (remineralizadores) localmente ou regionalmente disponíveis poderiam entrar em futuros estudos para comparar com fertilizantes minerais.

A comparação direta entre fertilizantes minerais e resíduos orgânicos realmente são desfavoráveis para os materiais orgânicos, mas a avaliação de diferentes combinações desses e de outros materiais poderia ser uma alternativa.

6. REFERÊNCIAS

ABPA. Associação Brasileira Proteína Animal. Relatórios Anuais. 2020. Disponível em: http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/mercado-mundial. Acesso em 05 mar. 2021.

ABPA. Associação Brasileira Proteína Animal. Relatórios Anuais. 2021. Disponível em: http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/mercado-mundial. Acesso em 03 Jan. 2022.

AGRAER- Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural. Disponível em: https://www.agraer.ms.gov.br/. Acesso em 10 Jan. 2022.

AGUILERA, E. et al. The potential of organic fertilizers and water management to reduce N2O emissions in Mediterranean climate cropping systems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.164, p.32-52, 2012.

ALENCAR, R. S. **Localização de Armazéns: estudo de caso em uma empresa do setor de fertilizantes**. Trabalho Final apresentado ao curso Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense, 2017.

ALVES, A.S. **Adubação orgânica e manutenção da palhada na cana-de-açúcar: efeitos na volatilização de amônia, parâmetros químicos e físicos do solo e produtividade.** 2020. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, 2020.

AMA - ASSOCIAÇÃO DOS MISTURADORES DE FERTILIZANTE DO BRASIL. Disponível em: http://amabrasil.agr.br/. Acesso em 02 fev. 2022.

ANDA - Associação Nacional para Difusão de Fertilizantes. Disponível em: http://anda.org.br/. Acesso em 10 Jan. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE TECNOLOGIA EM NUTRIÇÃO VEGETAL (Abisolo). Anuário brasileiro de tecnologia em nutrição vegetal. São Paulo: Abisolo, 2016. 140 p. Disponível em: <https://abisolo.com.br/anuario-edicoesanteriores/>. Acesso em: 18 jul. 2018.

BARROS, J. S.; MEDEIROS, J.C.; ROSA, J.D.; LACERDA, J.J.J.; SOUSA, D.C.; MAFRA, M.S.H. Corn yield in sandy soil fertilized with poultry litter. **Emirates Journal of Food and Agriculture**. Al Ain: United Arab Emirates Univ, v. 29, n. 12, p. 921-926, 2017.

BERMUDEZ A.J.; STEWART-BROWN B. Disease prevention and diagnosis. In: Calnek B.W., Barnes H.J.; Beard C.W. (Eds). **Diseases of Poultry**. 11th edn. Ames: Iowa University Press, pp.17-55, 2003.

BORGES, F.E; COSTA, A.R. FILHO, E.S.; BIDO, G. S. MANNIGEL, A.R. Rendimento de milho safrinha adubado com resíduo orgânico**. Enciclopédia Biosfera**, Centro Cientifico Conhecer. v.17, nº 34, 2020.

BRASIL. Governo do Brasil. **Programa Nacional de Bioinsumos é lançado e vai impulsionar uso de recursos biológicos na agropecuária. 2020**. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/programa-nacional-de-bioinsumos-e-lancado-e-vai-impulsionar-uso-de-recursos-biologicos-na-agropecuaria-brasileira. Acesso em 20 maio 2021.

BROCKMANN, D. PRADEL, M. HÉLIAS, A. Agricultural use of organic residues in life cycle assessment: Current practices and proposal for the computation of field emissions and of the nitrogen mineral fertilizer equivalent. **Resources, Conservation and Recycling**, v.133, p.50-62, 2018.

CAMPOS, M.F.S.; TEÓFILO, T.S.; CHAVES, D. P.; SANTOS, A. C. G.; LOPES, B. C. A.; BEZERRA, N. P. C.; TORRES, M. A. O. Identificação parasitológica da cama de frango reutilizada em uma granja avícola. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v. 25, n.1, p. 27-30, 2018.

CANAL RURAL - Brasil tem estoque de fertilizantes até junho, informa Anda. Disponível em: https://www.canalrural.com.br/noticias/agricultura/brasil-tem-estoque-de-fertilizantes-ate-junho-diz-anda/. Acesso em: 04 mar. 2022.

CASE, S.D.C., OELOFSE, M., HOU, Y., OENEMA, O., JENSEN, L.S. Farmer perceptions and use of organic waste products as fertilisers - a survey study of potential benefits and barriers. **Agricultural Systems**, v.151, p.84-95, 2017.

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. EXPORT/CEPEA: Volume e faturamento com exportações do agro em 2020 são recordes. Disponível em: https://cepea.esalq.usp.br/br/releases/export-cepea-volume-e-faturamento-com-exportacoes-do-agro-em-2020-sao-recordes.aspx. Acesso em 20 fev. 2021.

CHEN, T.; ZHANG, S.; YUAN, Z. Adoption of solid organic waste composting products: A critical review. **Journal of Cleaner Production**, 2020.

CHIARELOTTO, M.; RESTREPO, J.C.S.; LORIN, H.E.F.; DAMACENO, F.M. Composting organic waste from the broiler production chain: A perspective for the circular economy. **Journal of Cleaner Production**, v.329, 2021.

CONSOLIN FILHO, N.; FARIAS, A. J. B.; CONSOLIN, M. F. B.; PIZA, M. A.; CRESPAN, E. R. Estudo de viabilidade da cama de aviário peletizada não compostada como fertilizante orgânico. **Natural Resources**, v.10, n.3, p.145-161, 2020.

COSTA, P.; AMORIM, M.; ALVES, R.; RAYMUNDO, J. LARA, F.R. A dependência de importações no suprimento da demanda de fertilizantes no Brasil e sua entrada pelo porto de Santos. **Revista Produção Industrial & Serviços**, v. 05, n. 2, p. 53-65, 2018.

CRUZ, A. C.; PEREIRA, F. S.; FIGUEIREDO, V. S. Fertilizantes organominerais de resíduos do agronegócio: avaliação do potencial econômico brasileiro. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 45, p. 137-187, 2017.

DEKAMIN, M., BARMAKI, M., & KANOONI, A. Selecting the best environmental friendly oilseed crop by using Life Cycle Assessment, wate footprint and analytic hierarchy process methods. **Journal of Cleaner Production**, v. 198, 1239-1250, 2018.

FAEP; SENAR-PR. Federação da Agricultura do Estado do Paraná e Administração Regional do Estado do Paraná. Boletim informativo. Ano XXXVI nº 1552. Disponível em: https://sistemafaep.org.br/wp-content/uploads/2021/12/BI_1552_web-2.pdf. Acesso em: 04 fev. 2021.

FAMASUL- Federação da Agricultura e Pecuária Mato Grosso do Sul. Disponível em: https://portal.sistemafamasul.com.br/. Acesso em 10 Jan. 2022.

FANGUEIRO, D.; PEREIRA, J.L.S.; FRAGA, I.; SURGY, S.; VASCONCELOS, E.; COUTINHO, J. Band application of acidified slurry as an alternative to slurry injection in a Mediterranean double cropping system: Agronomic effect and gaseous emissions. **Agricultura, Ecossistemas e Meio ambiente**, v.267, 2018.

FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA MATO GROSSO DO SUL – FAMASUL. Boletim Casa Rural. Disponível em: https://portal.sistemafamasul.com.br/boletim-casa-rural-pecuaria. Acesso em 08 nov. 2021.

FENG, G.; ADELI, A.; READ, J.; MCCARTY, J.; JENKINS, J. Consequences of pelletized poultry litter applications on soil physical and hydraulic properties in reduced tillage, continuous cotton system. **Soil and Tillage Research**, v. 194, 2019.

FRAZÃO, J. J.; BENITES, V. M.; RIBEIRO, J. V. S.; PIEROBON, V. M.; LAVRES JUNIOR, J. Agronomic effectiveness of a granular poultry litter-derived organomineral phosphate fertilizer in tropical soils: soil phosphorus fractionation and plant responses. **Geoderma**, Amsterdam, v. 337, p. 582-593, 2019.

GARCÍA, J. L.; ALVARADO, A; BLANCO, J.; JIMÉNEZ, E.; MADONADO, A.A. CORTÉS, G. et al. Multi-attribute evaluation and selection of sites for agricultural product warehouses based on an Analytic Hierarchy Process. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 100, n. 0, p. 60-69, 2014.

GLOBALFERT. Outlook da Globalfert 2020. Disponível em: https://www.globalfert.com.br/. Acesso em 10 fev. 2021.

GLOBALFERT. **Outlook da Globalfert 2021**. Disponível em: https://www.globalfert.com.br/. Acesso em 10 Jan. 2022.

GOULART, R. G. T.; DOS SANTOS, C. A.; DE OLIVEIRA, C. M.; COSTA, E. S. P.; OLIVEIRA, F. A.; ANDRADE, N. F.; DO CARMO, M. G. F. Desempenho agronômico de cultivares de alface sob adubação orgânica dm Seropédica, RJ. **Revista Brasileira De Agropecuária Sustentável**, v. 8, n.3, 2018.

GUANGBIN, Z.; KAIFU, S.; XI, M.; QIONG, H.; JING, M.; HUA, G.; YAO, Z; KEITH, P.; XIAOYUAN, Y.; HUA, X. Hua, X. Nitrous oxide emissions, ammonia volatilization, and grain-heavy metal levels during the wheat season: Effect of partial organic substitution for chemical fertilizer. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, 311, 2021.

GUARESKI, A. H. P., ZACHOW, M., FACHIN, G., & RIBEIRO, W Sistema Contratual de Integração: Vantagens e Desvantagens percebidas pelos produtores de frangos de corte na região de Cafelândia – Paraná. **Revista de Gestão e Organizações Cooperativas**, v. 6(11), p. 43-60, 2019.

HANSERUD, O.S.; CHERUBINI, F. OGAARD, A. F. MULLER, D.B. BRATTEBO, H. Choice of mineral fertilizer substitution principle strongly influences LCA environmental benefits of nutrient cycling in the agri-food system. **Science of the Total Environment**, v. 615, p. 219-227, 2018.

HASLER, K.; BRÖRING, S.; OMTA, S.W.F.; OLFS, H.-W Life cycle assessment (LCA) of different fertilizer product types. **European Journal of Agronomy**, v. 69, p. 41–51, 2015.

HE, Z.; TAZISONG, I. A.; YIN, X.; QATTS, D.B.; SENWO, Z. N.; TORBERT, H.A. Long-Term Cropping System, Tillage, and Poultry Litter Application Affect the Chemical Properties of an Alabama Ultisol. **Pedosphere**, v.29, n.2, 2019.

HE, Z.; PAGLIARI, P.H.; WALDRIP, H.M. Applied and Environmental Chemistry of Animal Manure: A Review. **Pedosphere**, v.26, n.6, 2016.

IAGRO- Departamento de inspeção e defesa agropecuária de Mato Grosso do Sul Disponível em: https://www.iagro.ms.gov.br/. Acesso em 10 Jan. 2022.

IBGE- Instituto Brasileiro Geográfico e Estatístico. Censo agropecuário 2017. Disponível em: https://censos.ibge.gov.br/agro/2017. Acesso em 10 Jan. 2022.

IFA - Associação Internacional da Indústria de Fertilizantes. 2021. Disponível em: https://www.ifastat.org/databases/graph/1_1. Acesso em 25 fev. 2021.

IPCC, 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working groups I, II and II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In: Pachauri, R.K., Reisinger, A. (Eds.). Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland.

KURKA, T. Application of the analytic hierarchy process to evaluate the regional sustainability of bioenergy developments. **Energy**, Amsterdam, v. 62, n. 0, p. 393-402, 2013.

LI, Y.; ZHANG, Q.; YANG, R.; ZHUANG, S.; LIN, W.; LI, Y. Evaluating microbial role in reducing N2O emission by dual isotopocule mapping following substitution of inorganic fertilizer for organic fertilizer. **Journal of Cleaner Production**, v.326, 2021.

LIM, S. L. LEE, L. H.; WU, T. Y. Sustainability of using composting and vermicomposting Technologies for organic solid waste biotransformation: Recent overview, greenhouse gases emissions and economic analysis Journal of Cleaner Production. **Journal of Cleaner Production**, v.111, p.262-278, 2016.

LIMA, L.L.; ELIAS, L.P.; CAIXETA-FILHO, J.V.; COLETI, J.C. Fertilizer freight rate disparity in Brasil: a regional approach. **International Food and Agrobusiness Management Review**, v.19, n.4, 2016.

LIU, B., WANG, X., MA, L., CHADWICK, D., CHEN, X. Combined applications of organic and synthetic nitrogen fertilizers for improving crop yield and reducing reactive nitrogen losses from China's vegetable systems: a meta-analysis. **Environmental Pollution**, v.269, 2020.

LOCATELLI, J.L; BRATTI, F.; RIBEIRO, R.H; BESEN, M.R; TURCATEL, D.; PIVA, J.T. Uso de dejeto líquido de suínos permite reduzir a adubação mineral na cultura do milho?. **Revista de Ciências Agrárias**. vol. 42. nº 3, 2019.

LUPTON, S. Markets for waste and wastecomposting products. An empirical survey. **Journal of Rural Studies**, v. 55, p. 83-99, 2017.

MA, Q.; PAUDEL, K. P.; BHANDARI, D.; THEEGALA, C.; CISNEROS, M. Implications of poultry litter usage for electricity production. **Waste Management**, 95, 493–503, 2019.

MAGALHÃES, J.; COSTA, A.; MENEZES, J.; OLIVEIRA, E.; VIEIRA, M.; MAGALHÃES, D.; RODRIGUES, A.A. Chemical attributes of a dystrophic red latosol of brazilian cerrado after poultry litter application associated to a urea Inhibitor. **Journal of Agricultural Science**. v. 11, n.3. 2019.

MAILLARD, É.; ANGERS, D. A. Animal manure application and soil organic carbon stocks: A meta-analysis. **Global Change Biology**, v. 20, n. 2, p. 666-679, 2014.

MALAQUIAS, C.A.A.; SANTOS, A.J.M Adubação organomineral e NPK na cultura do milho (*Zea mays L*). PUBVET – Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 11, n. 5, p.501-512, 2017.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 258p.

MAPA - Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/. Acesso em 10 Jan. 2022.

MARCELINO, J.A.; SVERZUTI, A. R. O.; TRIZOLIO, B.L.G.S. Agronegócio brasileiro e o comportamento do setor em meio às crises econômicas e os impactos sofridos pela pandemia da covid-19. **Boletim de conjuntura,** v. 3, n.9, 2020.

MARIN, F.R.; PILAU, F.G.; SPOLADOS, H.F.; OTTO, R. Intensificação sustentável da agricultura brasileira: cenários para 2050. **Revista de Política Agrícola**, v. 25, n.3, p. 108-124, 2016.

MASUD, M.M.; ADULAHA-AL BAQUY, M.; AKHTER, S.; SEN, R.; BARMAN, A.; KHATUN, M.R. Liming effects of poultry litter derived biochar on soil acidity amelioration and maize growth. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 202, 2020.

METZNER, C.M.; BERTOLINI, G.R.F.; LEISMANN, E.L.; SCHMIDT, A.O. Análise de estudos de viabilidade técnica e econômica do uso da cama de aviário como fertilizante orgânico. **Custos e Agronegócio**. v. 11, nº 3, 2015.

MIGLIAVACCA, A.; YANAGIHARA, J. I. Mass balance applied to brazilian conventional broiler houses during one production cycle. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 19, n. 1, p. 75-86, 2017.

MIGOTTO, D. L. **Efeito da reutilização da cama de frango no conforto térmico das aves e seu uso como fertilizante para a cultura do milho**. 2020. 120 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020.

MISSELBROOK, T. H., MENZI, H., AND CORDOVIL, C. Preface – Recycling of organic residues to agriculture: agronomic and environmental impacts. Agriculture. **Ecosystems and Environment**, v.160, p. 1–2, 2012**.**

NICOLOSO, R. S.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; CERETTA, C. A.; SPAGNOLLO, E.; CASSOL, P. C.; COMIN, J. J.; BRUNETTO, G. Fertilizantes e adubação orgânica. In: SILVA, L. S.; GATIBONI, L. C. (Org.). **Manual de Calagem e Adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** 11. ed. Frederico Westphalen: NRS-SBCS, 2016. p. 317-328.

NUSSELDER, S.; DE GRAAFF, L.G.; ODEGARD, I.Y.R.; VANDECASTEELE, C.; CROEZEN, H.J. Life cycle assessment and nutrient balance for five different treatment methods for poultry litter. **Journal of Cleaner Production**, v. 267, 2020.

NUSSELDER, S.; DE GRAAFF, L.G.; ODEGARD, I.Y.R.; VANDECASTEELE, C.; CROEZEN, H.J. Life cycle assessment and nutrient balance for five different treatment methods for poultry litter. **Journal of Cleaner Production**, v. 267, 2020.

ODHIAMBO, J. J.; MAGANDINI, V.N. An assessment of the use of mineral and organic fertilizers by smallholder farmers in Vhembe district, Limpopo province, South Africa. **African Journal of Agricultural Research**, v.3(5), 2008.

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. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 59, 2020.

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. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 59, n. 1, 2021.

OLIVEIRA, G. M.; CALEMAN, S. M. Q. Avicultores Sul-Mato-Grossenses e a indústria avícola. **Informe Gepec**, 21(2), 24-41, 2017.

OLIVEIRA, J.C.; MOTA, J.M.C.; OLIVEIRA, J.C.; SILVA, L.N.A; FILHO, M.B.S. Diagnóstico ambiental dos resíduos resultantes da produção de frango de corte: um estudo de caso. Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade. 2018.

OLIVEIRA, J.V. **Produção de fertilizantes organominerais no Brasil: Prospecção, mercado e cenários**. 2019. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

OLIVEIRA, K.V. ANDREAZZI, M.A. SANTOS, J.M.G. FERREIRA, S.G.C. Análise econômica da comercialização de camas de aviários na região noroeste do paraná.

IX EPCC – Encontro Internacional de Produção Cientifica UniCesumar. **Anais eletrônico**, n.9, p. 4-8, 2015.

PALHARES, J.C.P. **Produção animal e recursos hídricos: tecnologias para manejo de resíduos e uso eficiente dos insumos**. 210 P. Brasília, DF: Embrapa, 2019.

PALHARES, J.C.P. **Produção animal e recursos hídricos: tecnologias para manejo de resíduos e uso eficiente dos insumos**. 210 P. Brasília, DF: Embrapa, 2019.

PAULA JUNIOR, S. E. M. **Avaliação das alternativas de disposição final do resíduo da produção de frango de corte: cama de frango**. 2014. 100p. Projeto de Graduação (Engenharia ambiental) - Universidade Federal do Rio de Janeiro UFRJ/ESCOLA POLITÉCNICA, Rio de Janeiro, 2014.

PAULA JUNIOR, S. E. M. **Avaliação das alternativas de disposição final do resíduo da produção de frango de corte: cama de frango**. 2014. 100p. Projeto de Graduação (Engenharia ambiental) - Universidade Federal do Rio de Janeiro UFRJ/ESCOLA POLITÉCNICA, Rio de Janeiro, 2014.

PEREIRA, A.A.; OLIVEIRA, M.A. Estratégia e Logística de Distribuição: Um Estudo de caso do Segmento Industrial Brasileiro de Fertilizantes Nitrogenados. **Revista Ciências Administrativas**, v. 26, 2020.

PEREIRA, A.A.; OLIVEIRA, M.A.; LEAL JUNIOR I.C. Custo de transporte e alocação de demanda: análise da rede logística de uma produtora brasileira de fertilizantes nitrogenados. **Journal of Transport Literature**, v.10, p.5-9, 2016.

PEREIRA, G.E.; HENRIQUE, S.M.; MATIAS, C.A.; SEQUINATTO, L. Estratégias Experimentais de ensino híbrido sobre propriedades químicas e físicas em solos do planalto serrano catarinense. In: Congresso Internacional de Educação e Tecnologias. 2020.

PRADO, J.; FANGUEIRO, D. A step towards the production of manure-based fertilizers: Disclosing the effects of animal species and slurry treatment on their nutrients content and availability. **Journal of Cleaner Production**, v. 337, 2022.

RAMAMURTHY, V.; OBI REDDY, G.P.; KUMAR, N. Assessment of land suitability for maize (*Zea mays L*) in semi-arid ecosystem of southern India using integrated AHP and GIS approach. **Computers and Eletronics in Agriculture**, v. 179, 2020.

READ, J.; ADELI, A.; MCCARTY, J.; FENG, GARY. Cotton response to residual poultry litter: leaf area, nitrogen removal, and yield. **Agronomy Journal**, 2018.

REIS, J.G.M.; VENDRAMETTO, O, NAAS, I. A., COSTABILE, L. T. MACHADO, S. T. Avaliação das Estratégias de Comercialização do Milho em MS Aplicando o Analytic Hierarchy Process (AHP). **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 54, n. 1, p. 131-146, 2016.

RIBEIRO D.O.; CARBALLAL, M.R.; SILVA, A.J.; LEAL, A.J.F.; CAETANO, J.O.; RODRIGUES, A.A.; VITAL, R.G.; PRADO, R.L.F.; SILVA, H.D.; FILHO, M.B.M. Organic fertilization in soy farming in a tropical region. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v.11, p.18-22, 2017.

RIBEIRO, D. O.; CASTOLDI, G.; SILVA, H. D.; CALVACANTE, T. J.; JÚNIOR, J. J. DE A.; LIMA, L. I. O.; CARBALLAL, M. R. Atributos físicos de um latossolo após o uso de doses de cama de frango acrescidas à adubação mineral. **Colloquium Agrariae**. ISSN: 1809-8215, v.15, n.2, p. 9–17, 2019.

RINALDI, C. R.; SCHOENHALS, M.; PASSIG, F. H.; FOLLADOR, F. C. Diagnóstico inicial do consumo de insumos e geração de resíduos da avicultura de corte. **Engenharia Ambiental**, v. 9, n. 3, p. 161-182, 2012.

ROCHA, A. A.; ARAÚJO, E.S.; SANTOS, S. S.; GOULART, J. M.; ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALVES, B. J. R.; ROUWS, J. R. C. Ammonia Volatilizatiom from Soil-Applied Organic fertilizers. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2019.

SAATY, T.L. **The Analytic Hierarchy Process.** New York: McGraw-Hill, 1980.

SAATY. T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. **Journal Service Science**, Genebra, v. 1, n. 1, p. 83-98, 2008.

SAATY. T. L.; SHANG, J. S. An innovative orders-of-magnitude approach to AHP-based mutli-criteria decision making: Prioritizing divergent intangible humane acts. **European Journal Operations Research**, Amsterdam, v. 214, p. 703-715, 2011.

SAJADIAN, M., KHOSHBAKHT, K., LIAGHATI, H., VEISI, H., & MAHDAVI DAMGHANI, A. Developing and quantifying indicators of organic farming using analytic hierarchy process. **Ecological Indicators**, 83, 103-11, 2017.

SECINT - Segundo dados da Secretaria Especial de Comércio Exterior e Assuntos Internacionais. Disponível em: http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home. Acesso em 15 fev. 2021.

SEMAGRO - Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Desenvolvimento Econômico, Produção e Agricultura Familiar. Disponível em: https://www.semagro.ms.gov.br/. Acesso em 10 Jan. 2022.

SHAJI, H.; CHANDRAN, V.; MATHEW, L. **Controlled Release Fertilizers for Sustainable Agriculture**. Organic fertilizers as a route to controlled release of nutrientes, p.231–245, 2021.

SHOWLER, A. T. Effects of compost and chicken litter on soil nutrition, and sugar-cane physiochemistry, yield, and injury caused by Mexican rice borer, Eoreuma loftini (Dyar) (Lepidoptera: Crambidae). **Crop Protection**, v. 71, p. 1-11, 2015.

SILVA, D.F.; PEGORARO, R.F.; MAIA, V.M.; KONDO, M.K.; SOUZA, G.L.O.D.; MOTA, M.F.C. Volatilização de amônia do solo após doses de ureia com inibidores de uréase e de nitrificação na cultura do abacaxi. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 64, n.3, p. 327-335, 2017.

SOLIANI, R.D.; INNOCENTINI, M.D.M. CARMO, M.C. Redução das emissões de CO2 por meio da logística colaborativa: uma análise do transporte de soja e fertilizantes nos portos de Santos e Paranaguá. Revista de Administração e Negócios da Amazônia, v.11, n.4, 2019.

SOUZA, S. V. GANDRA, É. R. S.; REIS NETO, J. F. GARCIA, R. G. Fatores críticos de sucesso na produção de frango de corte a partir da percepção do produtor integrado da região da Grande Dourados/MS. **Revista Economia Sociologia Rural**, Brasília, v. 59, n. 3, 2021.

TALAMINI, D.J.D. MARTINS, F.M. Panorama da avicultura e do mercado de carnes. **Anuário 2022 da avicultura industrial**, n. 10, 2021.

TIECHER, T. **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no Sul do Brasil: Práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água**. Porto Alegre, 2016.

TRANI, P. E.; TERRA, M. M.; TECCHIO, M. A.; TEIXEIRA, L. A. J.; HANASIRO, J. **Adubação Orgânica de Hortaliças e Frutíferas**. Campinas (SP), 2013.

TUR-CARDONA, J.; BONNICHSEN, O.; SPEELMAN, S.; VERSPECHT, A.; CARPENTIER, L.; DEBRUYNE, L.; BUYSSE, J. Farmers' reasons to accept bio-based fertilizers: A choice experiment in seven different European countries. **Journal of Cleaner Production**, 197, 406–416.

VEISI, H., LIAGHATI, H., & ALIPOUR, A. Developing an ethics-based approach to indicators of sustainable agriculture using analytic hierarchy process (AHP). **Ecological Indicators**, 60, 644–654, 2016.

VIRTUOSO, M. C. DA S., DIAS, L. N. DE S., FAGUNDES, P. S. DE F., LEITE, P. R. DE S. DA C. Reutilização da cama de frango. **Revista eletrônica nutritime**, v. 12, n. 2, p. 3964– 3979, 2015.

WANG, Y.; ZHU, Y.; ZHANG, S.; WANG, Y. What could promote farmers to replace chemical fertilizers with organic fertilizers?. **Journal of Cleaner Production**, 2018.

XAVIER, J.C.; ALOVISI, A.M.T.; REIS, J.G.M.; SILVA, M.C.; CARDUCCI, C.E. Cadeia produtiva de fertilizantes (N, P, K) no Brasil. In: MEDINA, G.S.; CRUZ, J.E. **Estudos em Agronegócio: participação brasileira nas cadeias produtivas**. v.5, Goiânia / Kelps, 390 p. 2021.

XIA, L.; LAM, S.K.; YAN, X.; CHEN, D. How Does Recycling of Livestock Manure in Agroecosystems Affect Crop Productivity, Reactive Nitrogen Losses, and Soil Carbon Balance?. **Environmental Science & Technology,** 51(13), 2017.

YANG, W.; FENG, G.; TEWOLDE, H.; LI, P.-F. CO2 emission and soil carbon sequestration from spring- and fall-applied poultry litter in corn production as simulated with RZWQM2. **Journal of Cleaner Production**, v. 209, 2019.

ZAPAROLI, M. R. BARROS, R. T. V. Viabilidade do uso de resíduos orgânicos na agricultura como composto para melhoria de sua gestão mediante agregação de valor. VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. 2016.

ZAPAROLI, M.R. BARROS, R.T.V. Viabilidade do Uso De Resíduos Orgânicos na Agricultura Como Composto para Melhoria de Sua Gestão Mediante Agregação De Valor. In: VII Congresso brasileiro de gestão ambiental. 2016.