



AVALIAÇÃO DO CONSUMO, PRODUÇÃO, MERCADO MUNDIAL E IMPACTOS AMBIENTAIS NA INDÚSTRIA DE FERTILIZANTES NITROGENADOS

MARIANA C. S. FERNANDES¹, DAYANA D. F. PALHARES¹, LUIZ GUSTAVO M. VIEIRA¹,
RICARDO A. MALAGONI^{1,*}

¹Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química
Faculdade de Engenharia Química
*e-mail: malagoni@ufu.br

RESUMO – O uso de fertilizantes na agricultura é um dos principais fatores que aumenta a produção alimentar global, pois sem sua aplicação apenas metade dos alimentos básicos seriam produzidos. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivos analisar a indústria de fertilizantes nitrogenados em termos do consumo, produção, mercado mundial e impactos ambientais. A China, Índia, Estados Unidos e Brasil somam 58% do consumo total de fertilizantes minerais. Dentre os fertilizantes nitrogenados, a ureia é o mais consumido, com valores superiores a 50 milhões de toneladas em 2018 e 2019. Os maiores produtores de fertilizantes nitrogenados são a China, Índia, Estados Unidos e Rússia. A produção mundial de ureia foi superior a 170 milhões de toneladas e a de nitrato de amônio em torno de 15 milhões de toneladas em 2018 e 2019. Em 2020, o Brasil destacou-se como o maior país importador (12,5%) e a Rússia como o maior país exportador (12,1%) de fertilizantes minerais, e a Índia e a China como os maiores países importadores e exportadores de fertilizantes nitrogenados, respectivamente. Uma alternativa para minimizar os impactos ambientais são os fertilizantes de liberação lenta que apresentam melhores resultados quando comparados com os fertilizantes convencionais.

INTRODUÇÃO

Os fertilizantes (adubos) são aplicados no solo para repor os nutrientes necessários visando, assim, a garantir o desenvolvimento das plantações. A prática de adubação iniciou-se em 8.000 a.C. na China e estendeu-se por outras regiões como França e Bélgica durante a Idade Média, onde restos animais e esterco humano eram utilizados nas lavouras (DIAS, 2005).

Uma das maiores descobertas sobre a adubação dos solos deu-se através das publicações do químico e cientista Justus Von Liebig, na qual foi relatada a importância dos compostos químicos presentes no solo para o crescimento da vegetação. Liebig observou que uma porção dos materiais importantes para o crescimento das plantas era removida

durante a colheita e que somente uma parte conseguia ser novamente suprida pela fonte atmosférica (DEROSSI, 2018; DIAS, 2005).

A aplicação dos fertilizantes na agricultura é uma das principais razões que possibilita o aumento da produção alimentar global, pois sem a sua aplicação, seria possível produzir somente metade dos alimentos básicos e mais áreas precisariam ser convertidas em áreas de cultivo. O aumento da produtividade agrícola faz-se necessário devido ao constante aumento da população mundial ao longo dos anos. Segundo a ONU, é estimado que a população mundial seja de 10 bilhões de pessoas até o ano de 2050 (ONU, 2021; REETZ JR, 2017).

À medida que a produção das culturas aumenta, a necessidade de reposição dos nutrientes na vegetação também cresce, demandando cada vez mais o manuseio de

fertilizantes no solo, a fim de garantir altos níveis de produção. Conseqüentemente, o consumo de fertilizantes vem aumentando em todo o mundo (REETZ JR, 2017).

Entre todos os elementos químicos necessários para a fertilização do solo, o nitrogênio (N), o potássio (K) e o fósforo (P) são os mais requeridos pela vegetação e constituem os fertilizantes nitrogenados, potássicos e fosfatados, respectivamente. Dentre estas três categorias, os nitrogenados destacam-se, pois são responsáveis por grande quantidade de consumo e produção de fertilizantes no mundo, além do alto impacto ambiental gerado através da sua utilização nas lavouras (REETZ JR, 2017).

Fertilizantes nitrogenados

O nitrogênio é o composto mais requerido pelas plantas em termos de quantidade. É responsável pelo processo de fotossíntese, atua na produção de proteínas das culturas, na molécula de clorofila, na composição dos aminoácidos e na ação de diversas enzimas, por isso é essencial para o desenvolvimento da vegetação e participa das fases de crescimento, floração e frutificação. Pode ser absorvido pelas plantas na forma de nitrato (NO_3^-) ou amônio (NH_4^+). A falta de nitrogênio nas plantas causa retardamento no crescimento e clorose nas folhas, deixando-as com tom verde-amarelado, podendo causar até perda foliar (RAMOS, 2020; COLOMBO, 2017).

A produção deste tipo de fertilizante vem de uma variedade de formulações, contudo, tem como precursor inicial a síntese da amônia anidra (NH_3) que é produzida a partir do nitrogênio (obtido pela atmosfera) e hidrogênio (obtido do gás natural). A combinação da amônia com outros compostos produzem vários tipos de fertilizantes com diferentes propriedades, fórmulas e usos na agricultura, possibilitando diversas maneiras de manejar o nitrogênio e atender as necessidades de cada vegetação (REETZ JR, 2017).

Dentre os vários tipos de fertilizantes nitrogenados, os mais consumidos no mundo são a ureia, o nitrato de amônio e o sulfato de amônio.

A ureia (NH_2CONH_2) é um produto sólido, contendo aproximadamente 46% de nitrogênio na forma amídica (NH_2), sendo o fertilizante mais utilizado no mundo inteiro devido a sua facilidade de produção. É obtido através da reação da amônia (NH_3) com o dióxido de carbono (CO_2). Possui alta solubilidade em água, por isso é rapidamente introduzida ao solo através da irrigação ou da água da chuva. Possui também baixo custo de obtenção e baixa corrosividade. Contudo, apresenta perda por volatilização (PAULA, 2020; REETZ JR, 2017).

O nitrato de amônio (NH_4NO_3) é produzido pela reação do gás (NH_3) com ácido nítrico (HNO_3). Contém aproximadamente 34% de nitrogênio e é uma das formas mais rápidas e eficientes, pois não necessitam da conversão da forma de nitrato no solo antes de serem absorvidos pelas plantas. A apresentação na forma nítrica e amoniacal gera menor perda por volatilização e acidificação do solo (COLOMBO, 2017; MENDONÇA, 2015).

O sulfato de amônio [$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$] possui 21% de nitrogênio e é obtido a partir da amônia com o ácido sulfúrico. Apesar de possuir alto preço e baixo teor de nitrogênio é bastante utilizado em solos que necessitam de enxofre, pois possui em sua composição 24% deste composto. Devido a suas propriedades físicas, este fertilizante possui poucas perdas por volatilização, baixa taxa de nitrificação e boa absorção dos nutrientes pelas plantas. Porém, possui alto poder de acidificação do solo e, devido ao seu alto preço por unidade de nitrogênio, a sua participação no mercado é reduzida (COLOMBO, 2017; MENDONÇA, 2015).

Levando em consideração o crescimento e a importância da aplicação dos fertilizantes nitrogenados na agricultura, há a necessidade da análise da indústria deste produto visando a compreender melhor as perspectivas futuras deste setor.

OBJETIVOS

O presente artigo teve como objetivos analisar a indústria de fertilizantes nitrogenados por meio da avaliação do cenário mundial em termos do consumo, produção,

importação, exportação e dos impactos ambientais causados pelo manuseio dos fertilizantes no solo. Para isso, realizou-se uma pesquisa descritiva e explicativa.

ANÁLISE DA CONJUNTURA MUNDIAL

Consumo

O uso de adubos minerais iniciou-se na Europa no século XIX e acentuou-se nos países industrializados no início do século XX. Após a 2ª Guerra Mundial, seu uso foi consolidado e nos países em desenvolvimento sua utilização foi amplamente difundida com a Revolução Verde a partir de 1960. Em 1900, o consumo mundial dos três maiores fertilizantes minerais (nitrogenados, fosfatados e potássicos) era de quatro milhões de toneladas. Já em 1950, o consumo ultrapassou 17 milhões de toneladas e no final dos anos 1980 foi atingido o patamar de 130 milhões de toneladas. Nos dias de hoje, a demanda mundial de fertilizantes é superior a 180 milhões de toneladas (ALMEIDA e VOLOTÃO, 2020; OLIVEIRA *et al.*, 2019 *apud* TEIXEIRA, 2021).

O aumento no consumo de fertilizantes foi causado pela Revolução Verde nos anos 1960, a qual se consistiu na modernização da agricultura por meio de inovações tecnológicas, como os maquinários agrícolas e os fertilizantes. Dessa maneira, houve uma maior lucratividade em regiões com solo fértil e foi ampliado o escopo produtivo de países que até então não haviam atingido patamares eficientes de produtividade (SANTOS, 2021).

Os fertilizantes nitrogenados são os mais consumidos mundialmente. Ao longo dos anos, o nitrogênio foi o nutriente com mais de 50% do consumo global de fertilizantes, como pode ser observado na Figura 1. Os valores no período de 2011 a 2020 representam a quantidade consumida, enquanto que no período de 2020/2021 representam uma estimativa.

Os maiores consumidores de fertilizantes minerais são a China, a Índia, os Estados Unidos e o Brasil, totalizando 58% do consumo global. Além disso, 24% do consumo mundial são atribuídos apenas à China (SANTOS, 2021). Na Figura 2 é possível

visualizar o consumo dos fertilizantes nitrogenados nesses países no ano de 2018.

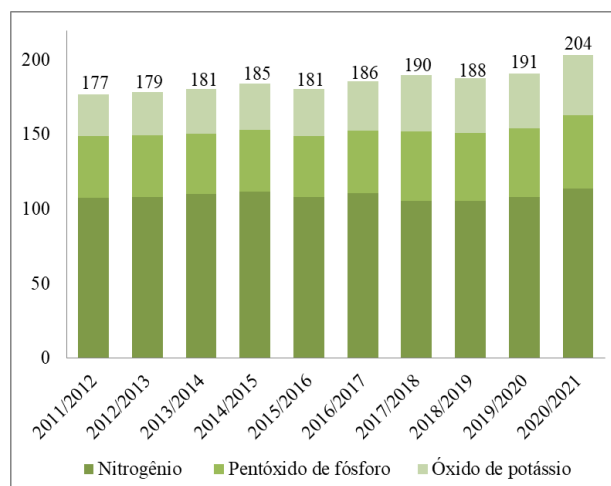


Figura 1: Consumo mundial de fertilizantes NPK ao longo dos anos por nutriente, em milhões de toneladas. (adaptado de STATISTA, 2022b).

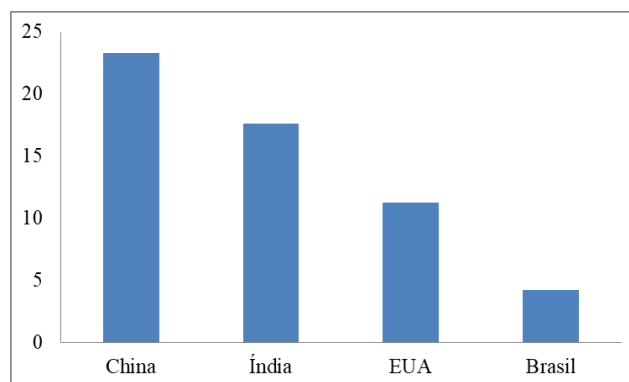


Figura 2: Consumo dos fertilizantes nitrogenados no ano de 2018, em milhões de toneladas (elaborado pelos autores com dados de STATISTA, 2022a).

Dentre os principais fertilizantes nitrogenados, a ureia é o que se destaca em termos de consumo mundial. Nos anos de 2018 e 2019, o consumo de ureia foi superior a 50 milhões de toneladas, seguida pelo nitrato de amônio, com mais de seis milhões de toneladas e pelo sulfato de amônio com quase quatro milhões de toneladas. O consumo dos principais fertilizantes nitrogenados no mundo encontra-se retratado na Figura 3.

A Índia é o maior país consumidor de ureia no mundo, seguida pela China, EUA e Brasil. Os países consumidores de nitrato de amônio são Estados Unidos e Brasil. Já com relação ao sulfato de amônio, o Brasil destaca-se como o maior consumidor desse fertilizante,

seguido pelos Estados Unidos, Índia e China (IFA, 2022b).

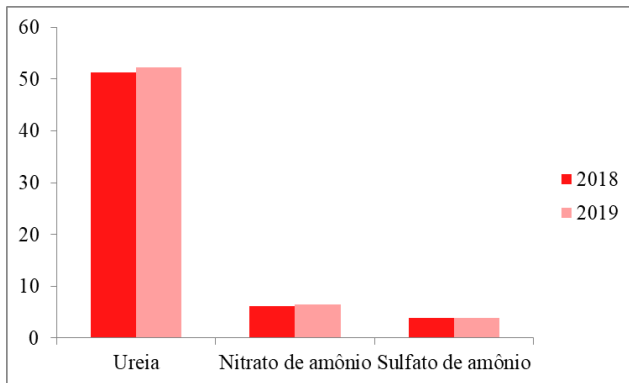


Figura 3: Consumo dos principais fertilizantes nitrogenados no mundo, em milhões de toneladas (elaborado pelos autores com dados de IFA, 2022b).

Produção

Os fertilizantes com maior produção mundial são os nitrogenados. Em 2019, a produção de nitrogênio foi superior a 120 milhões de toneladas, enquanto que a produção de pentóxido de fósforo e óxido de potássio foram 42 e 43 milhões de toneladas, respectivamente. A produção mundial de fertilizantes por nutriente ao longo dos anos está ilustrada na Figura 4.

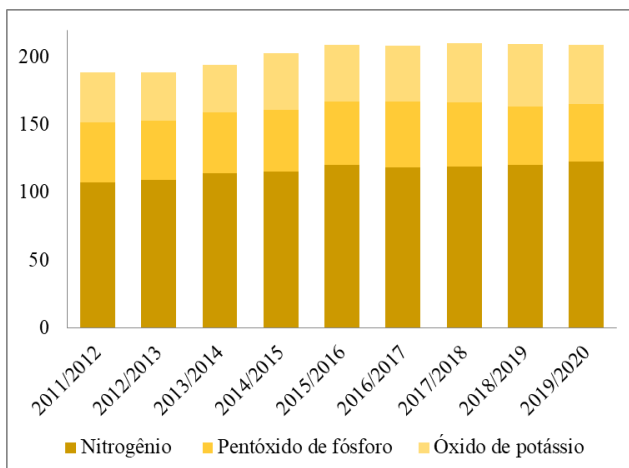


Figura 4: Produção mundial de fertilizantes por nutriente, em milhões de toneladas (adaptado de STATISTA, 2022c).

Os maiores produtores de fertilizantes minerais são a China, Rússia, Estados Unidos, Marrocos, Canadá e Bielorrússia. Já os maiores produtores de fertilizantes nitrogenados são a China, Índia, Estados Unidos e Rússia. A produção de fertilizantes

nitrogenados nos anos de 2018 e 2019 pelos principais países encontra-se na Figura 5.

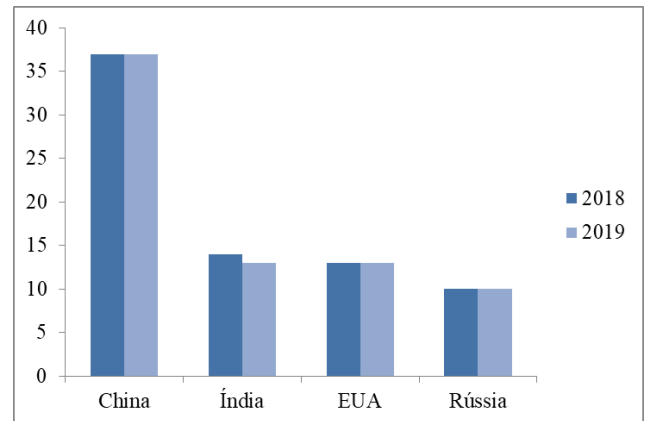


Figura 5: Produção de fertilizantes nitrogenados, em milhões de toneladas (elaborado pelos autores com dados de Nationmaster, 2022).

Nos anos de 2018 e 2019, a produção mundial de ureia foi superior a 170 milhões de toneladas e a de nitrato de amônio foi em torno de 15 milhões de toneladas (STATISTA, 2022e; 2022d). A ureia produzida também é destinada para a mistura com outros fertilizantes para a formulação de fertilizantes complexos, o que justifica sua alta produção.

Importação e Exportação

Em 2020, o total mundial de fertilizantes minerais importados e exportados foi de US\$ 62,6 bilhões. Na Tabela 1 é possível visualizar os maiores países importadores e exportadores de fertilizantes. O Brasil destaca-se como o maior país importador, com 12,5% do total importado, e a Rússia como o maior país exportador, com 12,1% do total exportado.

O comércio de fertilizantes nitrogenados foi de US\$ 22,5 bilhões em 2020. A Índia e a China foram os maiores países importadores e exportadores desse tipo de fertilizante, respectivamente. Os dados dos principais países importadores e exportadores encontram-se na Tabela 2.

No ano de 2020, o comércio total de ureia foi de US\$ 13,7 bilhões. Já os valores do comércio de nitrato de amônio e de sulfato de amônio foram, respectivamente, US\$ 1,96 bilhão e US\$ 2,05 bilhões. Os dados do comércio mundial da ureia, nitrato de amônio e sulfato de amônio para os principais países

importadores e exportadores encontram-se nas Tabelas 3, 4 e 5, respectivamente. Observa-se que o Brasil sempre esteve como um dos principais países importadores desses tipos de fertilizantes. Já os maiores exportadores foram a Rússia (ureia e nitrato de amônio) e a China (sulfato de amônio).

Tabela 1: Maiores importadores e exportadores de fertilizantes (elaborado pelos autores com dados de OEC, 2021a).

Importadores		Exportadores	
Brasil	\$7,82 bilhões (12,5% do total)	Rússia	\$7,6 bilhões (12,1% do total)
Índia	\$6,5 bilhões (10,4% do total)	Índia	\$6,99 bilhões (11,2% do total)
Estados Unidos	\$5,34 bilhões (8,53% do total)	Canadá	\$5,49 bilhões (8,77% do total)
China	\$2,62 bilhões (4,18% do total)	Marrocos	\$3,71 bilhões (5,92% do total)

Tabela 2: Maiores importadores e exportadores de fertilizantes nitrogenados (elaborado pelos autores com dados de OEC, 2021b).

Importadores		Exportadores	
Índia	\$2,64 bilhões (11,7% do total)	China	\$2,77 bilhões (12,3% do total)
Brasil	\$2,49 bilhões (11,1% do total)	Rússia	\$2,6 bilhões (11,5% do total)
Estados Unidos	\$1,78 bilhões (7,93% do total)	Arábia Saudita	\$1,23 bilhões (5,48% do total)
França	\$963 milhões (4,28% do total)	Holanda	\$1,19 bilhões (5,27% do total)

Tabela 3: Dados de importação e exportação da ureia (elaborado pelos autores com dados de OEC, 2020c).

Importadores		Exportadores	
Índia	\$2,53 bilhões (18,4% do total)	Rússia	\$1,55 bilhões (11,3% do total)
Brasil	\$1,63 bilhões (11,9% do total)	China	\$1,5 bilhões (10,9% do total)
Estados Unidos	\$991 milhões (7,22% do total)	Arábia Saudita	\$1,21 bilhões (8,85% do total)
Austrália	\$615 milhões (4,48% do total)	Qatar	\$1,15 bilhões (8,36% do total)

Tabela 4: Dados de importação e exportação do nitrato de amônio (elaborado pelos autores com dados de OEC, 2020a).

Importadores		Exportadores	
Brasil	\$245 milhões (12,5% do total)	Rússia	\$644 milhões (32,8% do total)
Romênia	\$75,4 milhões (3,84% do total)	Estados Unidos	\$105 milhões (5,38% do total)
Canadá	\$70,7 milhões (3,6% do total)	Bulgária	\$89,9 milhões (4,58% do total)
Índia	\$62,7 milhões (3,2% do total)	Lituânia	\$89,4 milhões (4,56% do total)

Tabela 5: Dados de importação e exportação do sulfato de amônio (elaborado pelos autores com dados de OEC, 2020b).

Importadores		Exportadores	
Brasil	\$416 milhões (20,3% do total)	China	\$1,07 bilhões (52,2% do total)

Tabela 5: Dados de importação e exportação do sulfato de amônio (elaborado pelos autores com dados de OEC, 2020b). (Continuação)

Importadores		Exportadores	
Estados Unidos	\$174 milhões (8,49% do total)	Bélgica	\$171 milhões (8,32% do total)
Indonésia	\$125 milhões (6,1% do total)	Canadá	\$110 milhões (5,35% do total)
Vietnã	\$121 milhões (5,9% do total)	Estados Unidos	\$105 milhões (5,14% do total)

Cenário Brasileiro

O Brasil insere-se no contexto mundial como o quarto país consumidor de fertilizantes, sendo responsável 7% do consumo global (SAAB; PAULA, 2008 *apud* TEIXEIRA, 2021). O fertilizante nitrogenado mais utilizado no Brasil é a ureia, seguida pelo sulfato de amônio e nitrato de amônio. Na Figura 6, é apresentado o consumo desses fertilizantes no ano de 2019.

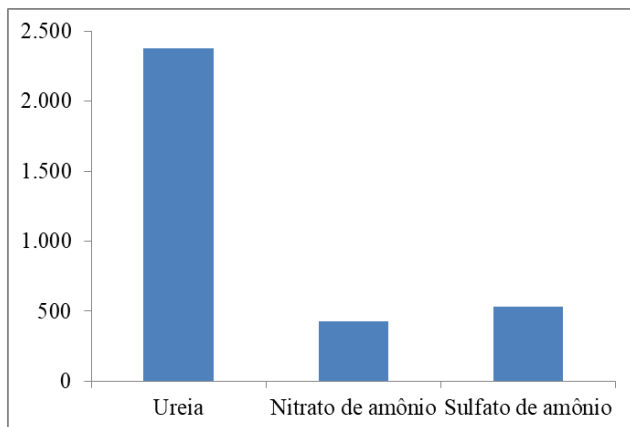


Figura 6: Consumo nacional dos principais fertilizantes nitrogenados no ano de 2019, em mil toneladas (elaborado pelos autores com dados de IFA, 2022b).

No Brasil também são produzidos fertilizantes nitrogenados, ainda que em pouca quantidade. Na Figura 7, podem ser visualizados os dados de produção no ano de 2019.

Como a demanda brasileira supera a quantidade ofertada nacionalmente, o país é

dependente de importações. No Brasil são importados mais de 85% dos fertilizantes consumidos (TEIXEIRA, 2021). Na Figura 8, é apresentada a dependência externa do Brasil por fertilizantes.

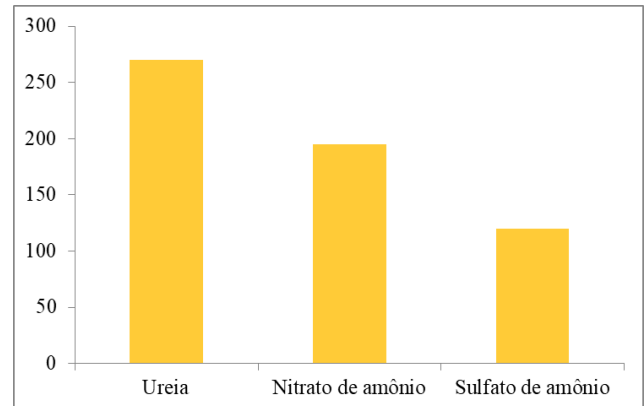


Figura 7: Produção nacional dos principais fertilizantes nitrogenados no ano de 2019, em mil toneladas (elaborado pelos autores com dados de ANDA, 2021).

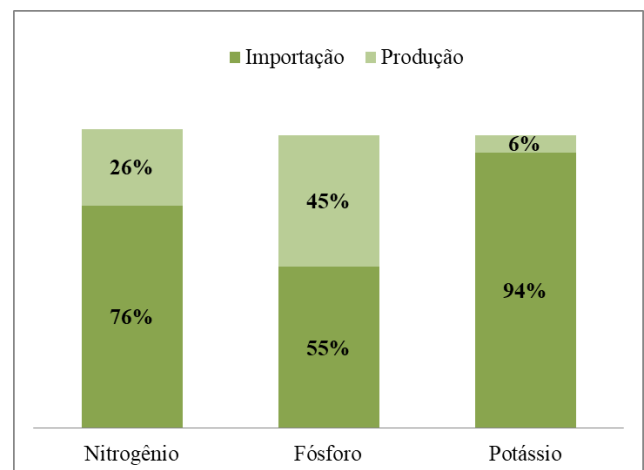


Figura 8: Dependência externa por fertilizantes (adaptado de ALMEIDA e VOLOTÃO, 2020).

Os fertilizantes nitrogenados que são importados pelo Brasil são provenientes principalmente da Rússia e China. As principais origens das importações desse tipo de fertilizante pelo Brasil são mostradas na Figura 9.

Em 2019, foram importadas mais de cinco milhões de toneladas de ureia, mais de um milhão de toneladas de nitrato de amônio e quase três milhões de sulfato de amônio. No ano seguinte, houve um aumento de 28% na quantidade importada de ureia, e as principais importações originaram-se do Catar, Argélia e Rússia. A quantidade importada de nitrato de

amônio permaneceu a mesma e a Rússia foi responsável por 96% do total importado. Houve um aumento de 11,9% da quantidade importada de sulfato de amônio e a China foi a principal origem da importação desse produto (GLOBALFERT, 2021).

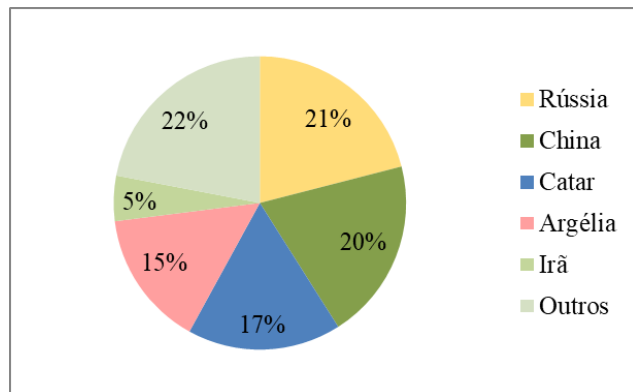


Figura 9: Principais origens das importações de nitrogenados (elaborado pelos autores com base nos dados de GLOBALFERT, 2021).

Panorama Atual

O desenvolvimento do processo de produção de amônia no início do século XX para a obtenção de fertilizantes nitrogenados ampliou significativamente a disponibilidade de alimentos, de forma que hoje os fertilizantes minerais são responsáveis pela metade dos alimentos ingeridos. Atualmente, o conflito na Europa está reduzindo a disponibilidades de *commodities* agrícolas tais como os fertilizantes, impactando o sistema alimentar global que já enfrentava os desafios causados pela pandemia do Covid-19 e pelas mudanças climáticas (IFA, 2022a).

A Guerra na Ucrânia está causando muitas repercussões na cadeia de fornecimento de fertilizantes. As sanções internacionais na Rússia interromperam o fluxo de muitas *commodities*, incluindo fertilizantes de nitrogênio, fosfato e potássio. Com isso, 14% dos volumes de ureia comercializados globalmente, 11% do comércio de fosfatos de amônia e 21% do comércio global de potássio foram interrompidos. A Rússia também fornece 23% do volume mundial de amônia e 46% do comércio de nitrato de amônio (IFA, 2022a).

Além disso, as sanções na Bielorrússia restringiram mais de 20% do comércio global de potássio, o que resultou em uma interrupção

de 41% do fornecimento mundial. Algumas das maiores regiões consumidoras de fertilizantes importam volumes significativos da Rússia e da Bielorrússia e, ainda que possam recorrer a outros fornecedores, isso não é suficiente para satisfazer a demanda global. As regiões mais expostas em termos de volume são a Europa, a América Latina e o Sul da Ásia (IFA, 2022a).

A pandemia da Covid-19 causou interrupções no transporte de suprimentos internacionais que, consequentemente, aumentou o tempo e os custos de frete. Além disso, algumas cadeias de suprimentos foram interrompidas devido à alta demanda. Dessa maneira, houve o aumento da inflação dos preços ao consumidor em muitos países. No ano de 2021, houve preocupações quanto à disponibilidade do fornecimento dos fertilizantes devido às interrupções e aos altos preços da matéria-prima. Assim, muitos países restringiram o comércio de insumos agrícolas para evitar desabastecimentos. Com o intuito de proteger o mercado interno, a China congelou as exportações de fertilizantes e a Turquia implementou restrições à exportação de fertilizantes minerais (IFA, 2021).

Em 2021, houve um aumento expressivo dos preços do gás natural, causado pela crescente demanda de energia devido à recuperação econômica e que não foi atendida pela oferta. Além disso, as condições climáticas adversas prejudicaram a produção de energia renovável, o que também contribuiu para o aumento da demanda e dos preços do gás. O gás natural é responsável por 70 a 80% dos custos de produção dos fertilizantes nitrogenados. Dessa maneira, houve também o aumento dos preços dos fertilizantes nitrogenados, como a ureia, que teve seu custo aumentado de US\$ 245 para US\$ 901 por tonelada no último ano. Recentemente, as sanções à Rússia também aumentaram os preços do gás na Europa, o que foi repassado para os custos de produção dos fertilizantes (FAO, 2022; IFA, 2021; IFA, 2022a).

Nesse contexto, o Brasil lançou um Plano Nacional de Fertilizantes para reduzir a dependência da importação de 85 para 45% em 2050. Com preocupações sobre o fornecimento de fertilizantes na safra 2022/2023, ações de curto prazo incluem a

"Caravana Embrapa FertBrasil", a qual tem por objetivos aumentar a eficiência na aplicação de fertilizantes e reduzir o uso em cerca de 20% na próxima safra. A União Europeia tem como objetivo de médio prazo reduzir o uso de fertilizantes em 20% até 2030 com a *Farm to Fork Strategy*, além de ações no curto e longo prazo. Já o governo dos Estados Unidos anunciou em março que apoiaria a produção de fertilizantes dos agricultores do próprio país para lidar com os custos crescentes (IFA, 2022a).

IMPACTOS AMBIENTAIS

O manuseio incorreto do nitrogênio no solo pode causar danos ao meio ambiente e também à saúde humana. O nitrogênio pode ser absorvido pelas plantas por meio do nitrato, o qual também pode ser formado a partir da ação de microrganismos. Este composto pode ser carregado pela chuva ou pela água de irrigação até o lençol freático e também para rios e lagoas. Segundo a Organização Mundial da Saúde (ONU), o nível de nitrato na água para consumo humano não pode ultrapassar 45 mg/L, pois altas concentrações podem causar sérios problemas de saúde, principalmente em bebês, idosos e mulheres grávidas. Dentro do corpo humano, o nitrato reduz-se a nitrito e é capaz de converter hemoglobina em metahemoglobina, o que limita a capacidade do transporte de oxigênio para as células, causando várias doenças (SANTOS; BALSALOBRE, 2018).

No meio ambiente, o nitrogênio pode ser perdido de três formas que causam poluição: perda de nitrato por lixiviação, volatilização de amônia e perda de óxido nitroso durante os processos de desnitrificação. A lixiviação do nitrato causa a eutrofização de águas marinhas e a acidez dos solos, reduzindo a disponibilidade de alguns nutrientes além de provocar a liberação de elementos tóxicos como o alumínio, reduzindo a produção agrícola. Através da volatilização da amônia, este composto reage com óxidos de enxofre formando o sulfato de amônio, que chegando ao solo com a chuva, também causa acidificação. Através da desnitrificação, o gás resultante (óxido nitroso) reage com o oxigênio provocando a destruição da camada

de ozônio e aumentando o efeito estufa. Uma alternativa para reduzir as emissões de óxidos para a atmosfera são as estratégias de manejo da adubação que aumentam a eficiência de absorção de nitrogênio pela vegetação (IFA, 2015).

A acidificação do solo pode ser corrigida através da calagem, processo no qual ocorre a aplicação de materiais de calcário que possuem o pH básico e que conseguem neutralizar a acidez, além de melhorar a disponibilidade de outros nutrientes e diminuir a toxidez de alumínio e manganês. A perda por lixiviação do nitrato ocorre somente se a dosagem de nitrogênio aplicado for maior do que a quantidade necessária das plantas. Os grandes problemas causados pelo excesso de nitrato no meio ambiente têm levado à regulamentação e ao controle de práticas agrícolas na Europa e nos Estados Unidos com limites de dosagens de adubos nitrogenados (ECODEBATE, 2020).

Nos países como China, Índia e Brasil, onde os cultivos de safras cresceram fortemente nos últimos anos, há as mais altas emissões de óxido nitroso. Devido às medidas de proteção, a Europa já conseguiu diminuir as emissões e muitos países começaram a manusear o nitrogênio de forma mais eficiente, reduzindo assim a poluição (ABRANCHES *et al.*, 2016).

Para conseguir aproveitar o máximo de nitrogênio no solo, existem diferentes formas e quantidades que são indicadas para cada cultura. O uso incorreto, com doses altas e desnecessárias, gera a contaminação ambiental e aumenta as perdas. Ainda há grande dificuldade em encontrar a forma mais eficiente de aplicação do nitrogênio, pois este possui complexa dinâmica no solo, é dependente de condições climáticas e perdas vulneráveis (ABRANCHES *et al.*, 2016).

A aplicação dos fertilizantes de liberação lenta apresenta-se como uma alternativa com melhores resultados quando comparados à utilização dos fertilizantes convencionais. A liberação lenta acontece quando os grânulos são encapsulados com polímeros orgânicos termoplásticos ou com resinas sintéticas. Estes recobrimentos fazem com que a liberação do fertilizante no solo aconteça de forma lenta e gradual. A ureia é

um dos fertilizantes que utiliza o recobrimento visando a aumentar a eficiência da adubação, limitar as perdas por lixiviação e as taxas de nitrificação do nitrato, reduzindo o impacto ambiental (GONÇALVES, 2021).

Um grande avanço nos últimos anos aconteceu durante a 41ª Conferência da ONU em 2019, quando foi aprovado o Código Internacional de Conduta para o Uso Sustentável e Manejo de Fertilizantes, que contém práticas que trazem benefícios para a produção e reduzem impactos no clima do planeta, defini papéis, responsabilidades e ações que previnem o uso indevido de fertilizantes. O código visa a incentivar as indústrias de fertilizantes a minimizarem os efeitos ambientais causados, mas garantindo uma boa produção agrícola.

CONCLUSÕES

Analisando o cenário geral dos fertilizantes minerais, o consumo deste produto aumentou muito ao longo dos anos devido à Revolução Verde e à necessidade do aumento da produção alimentar global devido ao aumento da população. Os fertilizantes nitrogenados, ao longo de mais de 10 anos, são os mais consumidos e produzidos mundialmente, sendo a China o maior consumidor, produtor e exportador deste produto. A ureia ganha grande destaque por ser o nitrogenado mais consumido no mundo, seguida do nitrato de amônio e sulfato de amônio.

No Brasil, a produção de fertilizantes minerais não acompanha a demanda brasileira, por isso o país ainda depende da importação, importando atualmente mais de 85% dos fertilizantes, consumindo principalmente ureia e sulfato de amônio. As principais importações são provenientes da Rússia e da China.

Em relação ao panorama atual, a recente pandemia causada pela Covid-19 e os conflitos geopolíticos afetaram drasticamente o mercado de fertilizantes. O aumento dos preços das matérias-primas e dos produtos e as restrições de ofertas causam uma previsão de queda na demanda global de fertilizantes na safra de 2022/2023, o que pode elevar ainda mais os preços dos produtos finais ao consumidor.

No impacto ambiental, o manuseio de fertilizantes revestidos mostra-se como uma alternativa para a redução de perdas. Além disso, o Código Internacional de Conduta para o Uso Sustentável e Manejo de Fertilizantes trouxe grandes incentivos para minimização dos problemas ambientais causados pela aplicação dos fertilizantes no solo.

REFERÊNCIAS

- ABRANCHES, J. L.; FERREIRA, R. L.; PERDONÁ, M. J.. Mitigação da contaminação ambiental pelo uso de ureia revestida por polímeros na agricultura. ANAP, Anais do Fórum Ambiental da Alta Paulista. v. 7, p. 1139–1156, 2016.
- ALMEIDA, J. P.; VOLOTÃO, R. A.. Produção nacional de fertilizantes. 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/planalto/pt-br/assuntos/assuntos-estrategicos/estudos-estrategicos-2/estudo-producao-nacional-fertilizantes>>. Acesso em 15 de fev. 2022.
- ANDA. Anuário estatístico do setor de Fertilizantes - 2021. Disponível em: <http://anda.org.br>>. Acesso em 10 fev. 2022.
- COLOMBO, M.. Produtividade do milho safrinha em função de fontes de nitrogênio e estádios de aplicação. - Monografia (Monografia em Agronomia) Universidade Federal do Paraná. Palatina, 2017.
- DEROSSI, I. N. A “Escola de formação de Químicos” de Justus von Lieberg: A consolidação de uma metodologia de ensino. 138 f. 2018. - Universidade Federal de Juíz de Fora. 2018. Disponível em: Acesso em 12 de dez. 2022.
- DIAS, João Castanho. Raízes da Fertilizadade. Ebook. São Paulo, 2005.
- ECODEBATE. Uso intensivo de fertilizantes nitrogenados ameaça o clima. 2020. Disponível em:

- <<https://www.ecodebate.com.br/2020/10/20/uso-intensivo-de-fertilizantes-nitrogenados-ameaca-o-clima/>>. Acesso em 15 de fev. 2022.
- FAO. El mercado mundial de fertilizantes: balance de la situación de un mercado en dificultades. 2022 Disponível em: <<https://www.fao.org>> . Acesso em 4 mar. 2022.
- GLOBALFERT. 2º Report Anual do mercado de fertilizantes. Disponível em: <<https://www.globalfert.com.br>> . Acesso em 3 de fev. 2022.
- GONÇALVES, Joanisval Brito. Plano nacional de fertilizantes. Disponível em: <<https://static.poder360.com.br/2022/03/plano-nacional-de-fertilizantes-brasil-2050>>. Acesso em 20 de mar. 2022
- IFA. O uso de fertilizantes minerais e o meio ambiente. 2015. Disponível em: <https://www.fertilizer.org>. Acesso em 14 fev. 2022.
- IFA. An unfolding food crisis: a perspective from the fertiliser industry. 2022a. Disponível em: <https://www.fertilizer.org/Public/News___Events/IFA_News/2022_04_21_An_Unfolding_Food_Crisis.aspx>. Acesso em 11 de jul. 2022.
- IFA. Consumption and production of fertilizer. 2022b. Disponível em: <<https://www.ifastat.org/databases/plant-nutrition>>. Acesso em 28 de fev. 2022
- IFA. Public Summary Short-Term Fertilizer Outlook. 2021. Disponível em: <<https://api.ifastat.org>> Acesso em 15 de fev. 2022.
- MENDONÇA, R. S.. Fontes de fertilizantes nitrogenados para a cultura do milho. 23 f. 2015. - Monografia (Monografia em Agronomia) - Universidade Federal de São João Del Rei. Sete Lagoas - MG. 2015.
- NATIONMASTER. Nitrogen Fertilizer Production. 2022. Disponível em: <<https://www.nationmaster.com/nmx/ran-king/nitrogen-fertilizer-production>>. Acesso em 28 de fev. 2022.
- OECD. Ammonium nitrate, including solution, in pack >10 kg. 2020a. Disponível em: <[https://oec.world/en/profile/hs92/ammonium-nitrate-including-solution-in-pack-10-kg#:~:text=Sweden \(%2471M\).-,In 2019%2C the countries that had a largest trade value,and Romania \(%2454.4M\)](https://oec.world/en/profile/hs92/ammonium-nitrate-including-solution-in-pack-10-kg#:~:text=Sweden (%2471M).-,In 2019%2C the countries that had a largest trade value,and Romania (%2454.4M)>)>. Acesso em 28 fev. 2022.
- OECD. Ammonium sulphate, in packs >10 kg 2020b. Disponível em: <<https://oec.world/en/profile/hs92/ammonium-sulphate-in-packs-10-kg>>. Acesso em 28 fev. 2022.
- OECD. Fertilizers - Product Trade, Exporters and Importers. 2021a. Disponível em: <[https://oec.world/en/profile/hs92/fertilizers#:~:text=Exports In 2020 the top,and France \(%241.83B\)](https://oec.world/en/profile/hs92/fertilizers#:~:text=Exports In 2020 the top,and France (%241.83B)>)>. Acesso em 28 fev. 2022.
- OECD. Nitrogenous Fertilizers. 2021b. Disponível em: <<https://oec.world/en/profile/hs92/nitrogenous-fertilizers>>. Acesso em 28 fev. 2022.
- OECD. Urea, including aqueous solution in packs >10 kg. 2020c. Disponível em: <<https://oec.world/en/profile/hs92/urea-including-aqueous-solution-in-packs-10-kg>>. Acesso em 28 fev. 2022.
- PAULA, A. C. S.. Diagnóstico Estratégico da Indústria de Fertilizantes Nitrogenados no Brasil. Monografia (Monografia em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2020.
- SANTOS, P. M.; BALSALOBRE, M. A. A.. Fertilizante nitrogenado. 2. Possíveis efeitos sobre a saúde humana e o meio ambiente. 2018. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao-de-leite/fertilizante-nitrogenado-2-jpossiveis-efeitos-sobre-a-saude-humana-e-o-meio-ambiente-16097n.aspx>. Acesso em 15 de jan. 2022.
- SANTOS, T. D. Balança Comercial de Fertilizantes no Brasil: Determinantes e

Consequências. Monografia (Monografia em Ciências Econômicas). - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis - SC. 2021.

ONU. FAO: Desenvolvimento sustentável nas indústrias de sementes é vital. 2021. Disponível em: Acesso em: 14 mar. 2022.

RAMOS, M. P. Estudo da cadeia produtiva de fertilizantes no Brasil.. - Monografia (Monografia em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro - RJ. 2020.

REETZ JR, H. F. Fertilizantes e seu Uso Eficiente. 1º ed. Copyright 2016 IFA. São Paulo, 2017.

STATISTA. Consumption of nitrogen fertilizer worldwide in 2018, by country. 2022a. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/1252671/nitrogen-fertilizer-consumption-by-country/#:~:text=Global nitrogen fertilizer consumption amounted,11.3 million metric tons%2C respectively>>. Acesso em 3 de mar. 2022.

STATISTA. Global demand for agricultural fertilizer by nutrient from 2011/2012 to 2021/2022 (in million metric tons). 2022b. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/438930/fertilizer-demand-globally-by-nutrient/#:~:text=Global fertilizer demand by nutrient 2011-2022&text=In 2021%2F2021%2C the total,especially noted in recent years>>. Acesso em 4 de mar. 2022.

STATISTA. Global production of fertilizers worldwide from 2005 to 2019, by nutrient. 2022c. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/1290786/global-fertilizer-production-by-nutrient/>>. Acesso em 4 de mar. 2022.

STATISTA. Production of calcium ammonium nitrate worldwide from 2009 to 2020. 2022.d. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/1288991/global-calcium-ammonium-nitrate-production/>>. Acesso em 4 de mar. 2022.

STATISTA. Production of urea worldwide from 2009 to 2020. 2022e. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/1287028/global-urea-production/>>. Acesso em 5 de mar. 2022.

TEIXEIRA, M. J. Análise do Mercado de Fertilizantes no Brasil no período de 2016 a 2020. XII FATECLOG – Gestão da Cadeia de Suprimentos no Agronegócio: Desafios e Oportunidades no Contexto Atual. FATEC Mogi das Cruzes, Mogi das Cruzes, São Paulo, 2021.