

MATERIAL SUPLEMENTAR

NPK: ESSENTIALS FOR SUSTAINABILITY

Fernando Galembeck^{a,*}, André Galembeck^b, Leandra P. dos Santos^a

^aDepartamento de Físico-Química, Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, 13083-861 Campinas – SP, Brasil

^bDepartamento de Química Fundamental, Universidade Federal de Pernambuco, 50740-560 Recife – PE, Brasil

RESUMO ESTENDIDO:

NPK, OS ELEMENTOS ESSENCIAIS À SUSTENTABILIDADE

Em 1960 a população mundial era de 3 bilhões de habitantes e, desde então, tem aumentado em mais um bilhão a cada 12 ou 13 anos. Este crescimento está fortemente correlacionado com o uso extensivo de fontes de energia não-renováveis, cujo impacto negativo sobre o meio ambiente poderá tornar-se irreversível, em menos de duas décadas. Para reverter esta tendência, é fundamental o estabelecimento de uma Bioeconomia Verde em escala global, que possibilite o crescimento das novas gerações em sintonia com a proteção ao meio ambiente. Isso só será possível através da substituição extensiva de matérias-primas fósseis por derivados de biomassa.

A “crise do petróleo” ocorrida na década de 1970 em decorrência de conflitos políticos (e não por escassez de petróleo) fez com que alguns países tomassem iniciativas no sentido de buscar fontes alternativas de energia. Entre elas destacou-se o programa do álcool brasileiro, que ainda hoje tem posição destacada no cenário internacional. Já neste século, a “crise alimentar” (2007-2008) despertou muitas críticas, sugerindo que o uso da terra para a produção de energia havia prejudicado a produção de alimentos. Ao contrário, a experiência brasileira vem mostrando, há mais de quarenta anos, ganhos de produtividade expressivos, tanto para a produção de alimentos quanto para a geração de energia, através do desenvolvimento e implementação de novas tecnologias. Hoje, está

claro que a crise alimentar teve mais relação com a especulação financeira do que com a produção de bioenergia.

A produção agrícola, base da Bioeconomia Verde, está fortemente apoiada no uso de fertilizantes, principalmente os macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), cujo consumo anual é de quase 190 milhões de toneladas, com crescimentos estimados de 1,5% (N), 2,2% (P) e 2,4% (K) até 2020. O Brasil é o quarto maior consumidor de fertilizantes no mundo mas aproximadamente 74% dos macronutrientes são importados (N - 75%; P - 51%; K - 91%). De 2007 a 2017, as importações de NPK aumentaram em mais de 100%, chegando a USD 2.75 bilhões em 2017. Isso exige um esforço de busca de alternativas à importação que, por sua vez, requer o domínio de muitas informações, de diferentes áreas.

Nitrogênio. A fixação de N_2 atmosférico pode ser incrementada por associação simbiótica com bactérias, o que ocorre espontaneamente em várias leguminosas e foi introduzido na cultura de soja pela Embrapa na década de 1960, apoiada nas pesquisas de Johanna Döbereiner, na UFRRJ. Essa prática permite hoje grandes economias no uso de fertilizantes nitrogenados e contribuiu para que o Brasil tenha se tornado recentemente o maior produtor mundial de soja. A uréia é a substância mais utilizada em fertilizantes nitrogenados sintéticos e responde por 45% da utilização, em escala global. É produzida a partir da amônia que, por sua vez, é fabricada pelo processo Haber-Bosch, diretamente associado à indústria de óleo e gás, da qual obtém o hidrogênio que consome em altas quantidades.

Potássio. É um elemento essencial ao desenvolvimento das plantas mas de baixa disponibilidade em solos agriculturáveis. As principais fontes minerais de potássio são solúveis em água: KCl , $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6(H_2O)$, $MgSO_4 \cdot KCl \cdot 3H_2O$ e $MgSO_4 \cdot K_2SO_4$, o que limita a formação de depósitos minerais a apenas dois tipos: subterrâneos (protegidos de lençóis freáticos) e em regiões áridas. As principais reservas minerais estão situadas no Canadá (38,7%), Rússia (31,4%), Europa Ocidental (18,5%) e Índia (10,8%). O potássio é um elemento abundante e as reservas estimadas atualmente garantem sua disponibilidade por alguns milhares de anos. Também pode ser encontrado em fontes hoje inexploradas comercialmente, como a água do mar. Entretanto, a ocorrência dos depósitos mais ricos em poucas regiões do planeta torna grandes produtores de alimentos, como China e Brasil, dependentes de importações.

Fósforo. Nos contextos dos seres vivos, biomassa e fertilizantes a disponibilidade de P é quase que exclusivamente representada pelos fosfatos, que ocorrem como minerais

insolúveis em água. São diversas as fontes minerais de fosfatos quase sempre associados a vários elementos químicos, sendo alguns deles indesejáveis para a agricultura. Existe atualmente uma preocupação com a disponibilidade de fosfato, mas há grandes discordâncias sobre as reservas disponíveis. Aproximadamente 85% das atuais reservas exploráveis comercialmente estão localizadas no Marrocos.

No **Brasil**: dependência e estratégias de superação. No Brasil, o peso das importações de fertilizantes é amplamente compensado pelos ganhos na balança comercial propiciados pela exportação de grãos, papel e celulose, frutas e outras culturas, mas exige medidas para sua redução. Estima-se que as perdas na aplicação de fertilizantes são próximas a 50%. Essas perdas ocorrem, principalmente, pela solubilização dos compostos que contém K e N e são lixiviados pelas chuvas, bem como pelo sequestro de fosfatos nos solos ricos em íons como Fe^{3+} , por exemplo. Fatos como esses exigem a elaboração de estratégias para fortalecer a capacidade de produção agrícola do país: comida, energia e matérias-primas requeridas pelo consumo da população e atividades industriais. As estratégias para se atingir esse objetivo incluem práticas como a “safrinha” (plantio de milho logo após a colheita da soja, aproveitando o nitrogênio fixado por esta) e o desenvolvimento de biotecnologias baseadas, por exemplo, na associação de microorganismos solubilizadores de fosfato, além dos sistemas nanoestruturados de liberação controlada de fertilizantes, baseados em hidrogéis ou polímeros biodegradáveis. Há ainda um potencial a ser explorado, integrando biotecnologia de cultura de tecidos vegetais e nanoestruturas de liberação controlada, ou a produção de metabólitos secundários de alto valor comercial.

