

# O FUTURO DO FÓSFORO NA AGRICULTURA

Michael J. McLaughlin<sup>1</sup>



**D**ado o fato bem conhecido de que o fósforo (P) é um componente essencial de muitas biomoléculas em nosso corpo e que a população humana continuará a aumentar pelo menos nas próximas cinco décadas (UNITED NATIONS, 2017), o uso de P na agricultura continuará a avançar por algum tempo no futuro. Os sistemas agrícolas são, por definição, em sua maioria, sistemas abertos, devido à exportação de nutrientes nos produtos agrícolas utilizados para alimentar esta crescente população. Portanto, sempre haverá necessidade de repor o P exportado via adubação, tendo em vista que as taxas de intemperismo do solo são muito lentas para coincidir com as taxas de remoção de P pela colheita (CHADWICK et al., 1999).

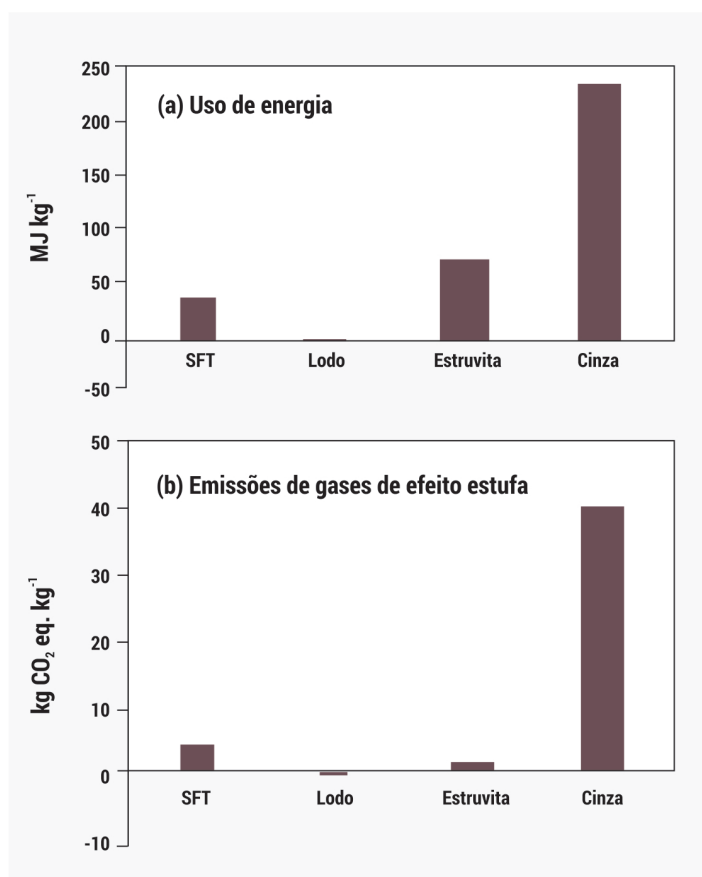
Talvez a grande mudança no futuro possa ser a fonte de P utilizada na agricultura em alguns países – a fonte de P utilizada como insumo agrícola mudou nos últimos 5.000 anos (ASHLEY et al., 2011), do uso exclusivo de estrume humano e animal (que é essencialmente a transferência horizontal do P na biosfera) para o processamento e uso de fosfatos de rochas ígneas e sedimentares, que representam, essencialmente, o movimento vertical e horizontal do P da geosfera para a biosfera. Atualmente, pelo menos em alguns países desenvolvidos, há um movimento de volta, de recuperação do P de efluentes humanos e animais para reutilização na agricultura (DESMIDT et al., 2015). No entanto, a adoção em grande escala dessas tecnologias tem sido lenta, visto que o custo por unidade de P ainda é maior do que o custo da unidade de P minerada. O custo isolado, no entanto, não leva em conta as externalidades relativas

ao consumo de energia e emissões de gases de efeito estufa (GEE) que ocorrem durante a fabricação e o transporte do insumo. Uma comparação do impacto ambiental causado por quatro formas de P utilizadas na agricultura – superfosfato triplo (SFT), estruvita, lodo de esgoto e P recuperado das cinzas de esgoto – revelou que o uso de P proveniente da aplicação de lodo de esgoto em terras agrícolas apresentou menor consumo de energia e menor emissão de GEE, no entanto, seu uso é comprometido pelos contaminantes no material, como, por exemplo, cádmio ou produtos químicos orgânicos permanentes (LINDERHOLM et al., 2012). A recuperação de P a partir das cinzas de esgoto foi a opção que exigiu mais energia e gerou maiores emissões de GEE, comparada ao P minerado (SFT) e à estruvita. O P minerado foi a opção que gerou menores gastos de energia durante o seu ciclo (Figura 1). Além disso, um ponto importante a ser observado em relação à utilização de tecnologias para a recuperação de P dos resíduos é que a eficiência de recuperação raramente será próxima a 100% (LINDERHOLM et al., 2012). Portanto, sempre haverá algum “vazamento” de P para o ambiente, predominantemente para águas e sedimentos frescos e marinhos (WHITE, 1980).

Fechar o ciclo do P é uma meta ambiciosa e certamente há espaço para melhorias na eficiência de uso do P minerado. A eficiência do uso de P na agricultura e a eficiência da obtenção de P a partir do material minerado e da sua transferência para alimentos e resíduos tem sido um assunto de muito estudo e debate (SCHOLZ; WELLMER, 2019). No entanto, até que os fatores econômicos, legislativos

**Abreviações:** GEE = gases de efeito estufa; N = nitrogênio; P = fósforo; SFT = superfosfato triplo.

<sup>1</sup> Fertilizer Technology Research Centre, Waite Research Institute, School of Agriculture Food and Wine, The University of Adelaide, Glen Osmond, Austrália; email: michael.mclaughlin@adelaide.edu.au.



**Figura 1.** Uso de energia (a) e emissões de gases de efeito estufa (b) por kg de fósforo de quatro fontes fosfatadas utilizadas na agricultura sueca. Os valores negativos apresentados pelo lodo são devidos a créditos pelo conteúdo de nitrogênio no material.

Fonte: Redesenhada de Linderholm et al. (2012).

e sociais estejam alinhados e favoráveis, o uso global do P reciclado na agricultura continuará sendo uma pequena porcentagem do total de P utilizado (LINDERHOLM et al., 2012). A eficiência de uso de P na agricultura também é erroneamente mencionada como baixa, quando este não é o caso, porque uma vez que a fertilidade do solo tenha sido construída em relação ao P e a retenção ou “fixação” de P esteja saturada, então as doses de P utilizadas pelos agricultores se reduzem ao nível de “manutenção” e a eficiência do balanço de P aproxima-se de 100% (SYERS et al., 2008; BARROW et al., 2018). Naqueles solos onde os níveis de P são baixos e a retenção de P ainda é forte, ou onde os mecanismos de retenção de P não são saturáveis (por exemplo, nos solos calcários), a eficiência de uso do P é baixa, e são nessas situações que as melhorias na eficiência de uso do P são necessárias por meio de melhoramento de plantas, técnicas agrônomicas ou novas formulações de fertilizantes (McLAUGHLIN et al., 2011). O objetivo é proporcionar aos solos uma eficiência de uso do P de 100% (balanço) e um carregamento menor do legado de P, pois isso traz benefícios agrônomicos e ambientais (SHARPLEY et al., 2018).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na história da humanidade, o P surgiu há 350 anos, porém, na história geoquímica do P o início ocorreu há bilhões de anos. De fato, a origem do P na Terra foi recentemente questionada com a sugestão de que os oxiácidos de P foram sintetizados pela primeira vez a partir da fosfina interestelar e transportados para

a Terra em meteoritos ou cometas (TURNER et al., 2018). Mas não importa a origem do P na Terra... o que importa é que a humanidade foi abençoada com esse elemento essencial e abundante na crosta terrestre. Assim, é fundamental utilizar esse recurso com sabedoria, visando maximizar a produção e a qualidade das colheitas e minimizar os impactos ambientais resultantes do manejo ineficiente do P.

## REFERÊNCIAS

- ASHLEY, K.; CORDELL, D.; MAVINIC, D. A brief history of phosphorus: From the philosopher’s stone to nutrient recovery and reuse. *Chemosphere*, v. 84, n. 6, p. 737-746, 2011.
- BARROW, N. J.; BARMAN, P.; DEBNATH, A. Three residual benefits of applying phosphate fertilizer. *Soil Science Society of America Journal*, v. 82, n. 5, p. 1168-1176, 2018.
- CHADWICK, O. A.; DERRY, L. A.; VITOUSEK, P. M.; HUEBERT, B. J.; HEDIN, L. O. Changing sources of nutrients during four million years of ecosystem development. *Nature*, v. 397, p. 491-497, 1999.
- DESMIDT, E.; GHYSELBRECHT, K.; ZHANG, Y.; PINOY, L.; Van der BRUGGEN, B.; VERSTRAETE, W.; RABAEY, K.; MEESCHAERT, B. Global phosphorus scarcity and full-scale P-recovery techniques: A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, v. 45, n. 4, p. 336-384, 2015.
- LINDERHOLM, K.; TILLMAN, A.-M.; MATTSSON, J. E. Life cycle assessment of phosphorus alternatives for Swedish agriculture. *Resources Conservation and Recycling*, v. 66, p. 27-39, 2012.
- McLAUGHLIN, M. J.; McBEATH, T.; SMERNIK, R.; STACEY, S.; AJIBOYE, A.; GUPPY, C. The chemical nature of P accumulation in agricultural soils-implications for fertiliser management and design: an Australian perspective. *Plant and Soil*, v. 349, p. 69-87, 2011.
- SCHOLZ, R. W.; WELLMER, F.-W. Cycling and anthropogenic use of phosphorus in the 21st century: Geoscientific and geosocial foundations of agriculture. *Better Crops*, v. 103, n. 1, p. 9-12, 2019.
- SHARPLEY, A.; JARVIE, H.; FLATEN, D.; KLEINMAN, P. Celebrating the 350th anniversary of phosphorus discovery: A conundrum of deficiency and excess. *Journal of Environmental Quality*, v. 47, p. 774-777, 2018.
- SYERS, J. K.; JOHNSTON, A. E.; CURTIN, D. (Ed.). **Efficiency of soil and fertilizer phosphorus use: Reconciling changing concepts of soil phosphorus behaviour with agronomic information**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2008. (FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin, 18).
- TURNER, A. M. et al. An interstellar synthesis of phosphorus oxoacids. *Nature Communications*, v. 9, n. 3851, 2018.
- UNITED NATIONS. Department of Economic and Social Affairs, Population Division. **World population prospects: The 2017 revision, Key Findings and Advance Tables**. New York, 2017. 53 p. (Working Paper nº ESA/P/WP/248)
- WHITE, R. E. Pathways of phosphorus in soil. In: HUCKER, T. W. G.; CATROUX, G. (Ed.). **Proceedings of a Symposium on Phosphorus in sewage sludge and animal waste slurries**. Boston: D. Reidel Publishing Company, 1980. p. 21-46.