

Impacto do solubilizador da Embrapa na cultura do Milho

O fósforo é um nutriente essencial para o milho, pois participa de processos fundamentais como a transferência de energia, a fotossíntese e o desenvolvimento do sistema radicular. Sua presença adequada favorece o crescimento inicial da planta, melhora a absorção de água e nutrientes e contribui para a formação e o enchimento dos grãos.

Nos solos brasileiros, a absorção de fósforo pelo milho é frequentemente dificultada devido às características químicas desses solos, que geralmente apresentam alta acidez e grande quantidade de óxidos de ferro e alumínio. Esses elementos reagem com o fósforo, tornando-o pouco disponível para as plantas, mesmo quando o nutriente está presente no solo. A deficiência de fósforo compromete o desenvolvimento do milho e reduz a produtividade, tornando seu manejo no solo indispensável para bons resultados na lavoura.

Neste sentido, a tecnologia BiomaPhos/SolubPhos foi desenvolvida para melhorar a disponibilidade de fósforo para as plantas, uma inovação que quebrou paradigmas no contexto dos bioinsumos agrícolas. Trata-se de um produto que possui em sua composição microrganismos exclusivos — especificamente as cepas B119 e B2084 — que atuam na rizosfera das plantas promovendo a solubilização do fósforo que, de outra forma, estaria preso em formas não-disponíveis no solo e, portanto, inacessível às culturas agrícolas.

O desenvolvimento deste solubilizador de fósforo é resultado de aproximadamente duas décadas de pesquisas conduzidas pela Embrapa Milho e Sorgo, em parceria com as empresas do ecossistema Cogny, culminando na comercialização de um insumo pioneiro no Brasil. Essa tecnologia foi lançada no mercado em 2019 e representa o primeiro produto nacional com foco na absorção de fósforo pelas plantas, com forte ênfase em sustentabilidade, redução de dependência de fertilizantes fosfatados importados e promoção da produtividade agrícola com ganhos econômicos expressivos.

Desde sua introdução no mercado brasileiro, o BiomaPhos/SolubPhos tem se consolidado como importante bioinsumo, refletindo em uma ampla adoção pelos produtores rurais e com impacto financeiro relevante no agronegócio nacional. Relatórios

recentes apontam que essa tecnologia impactou dezenas de milhões de hectares desde seu lançamento, com expansão do uso em diversas culturas como soja, milho, feijão e cana-de-açúcar. O impacto econômico estimado desse aumento de produtividade associada ao uso do produto alcança cifras na casa dos bilhões de reais para o país, evidenciando sua relevância na agricultura brasileira moderna.

O uso de BiomaPhos/SolubPhos na cultura do milho não apenas maximiza a eficiência do fósforo presente no solo – o que por si só já seria extremamente relevante, mas também atua no fósforo aplicado via adubação, tornando-o mais acessível às plantas e, conseqüentemente, aumentando a produtividade de grãos.

Tudo isso é possível graças aos múltiplos mecanismos de ação que acontecem através da produção inúmeros compostos que solubilizam fósforo e promovem o crescimento da planta. Esses mecanismos foram caracterizados a partir de diversos estudos científicos, conforme tabela 1, confirmando o alto potencial do BiomaPhos/SolubPhos para condições reais de campo nas distintas regiões do Brasil, com solos, clima, características e níveis de fósforo variáveis. Os trabalhos verificaram ações multifuncionais que compreendem solubilização e mineralização de fósforo, produção de hormônios vegetais do tipo AIA (auxina), produção de sideróforos, produção de exopolissacarídeos (EPS) e formação de biofilmes. Essas características são fundamentais para aumentar a mobilidade e a absorção do fósforo, especialmente em solos tropicais, que possuem alta capacidade de adsorção de P.

Tabela 1. Características *in vitro* da promoção de crescimento vegetal promovida pelos isolados de microorganismos presentes no BiomaPhos/SolubPhos (B119 e B2084).
Fonte: Adaptado de Oliveira-Paiva et al. (2024).

Características*	B119	Referências	B2084	Referências
Produção de biofilme	++	Velloso et al. (2020)	+	Oliveira-Paiva et al. (2024)
Produção de exopolissacarídeos (EPS)	+	Velloso et al. (2020)	+	Oliveira-Paiva et al. (2024)
Tolerância ao estresse osmótico	+	Velloso et al. (2020)	++	Oliveira-Paiva et al. (2024)
Fixação biológica de nitrogênio	+	Velloso et al. (2020)	+	Oliveira-Paiva et al. (2024)
Fosfatase ácida (µg pNP mL ⁻¹ h ⁻¹)	45,54	Velloso et al. (2020)	44,30	Oliveira-Paiva et al. (2024)

Fosfatase alcalina ($\mu\text{g pNP mL}^{-1} \text{ h}^{-1}$)	57,99	Velloso et al. (2020)	68,04	Oliveira-Paiva et al. (2024)
Ácido orgânico total (mmol L^{-1}) Solubilização Fe-P	8,55	Oliveira-Paiva et al. (2024)	3,20	Oliveira-Paiva et al. (2024)
Ácido orgânico total (mmol L^{-1}) Solubilização Ca-P	57,16	Oliveira-Paiva et al. (2024)	40,64	Oliveira-Paiva et al. (2024)
Tipo de sideróforo	Carboxilato	Ribeiro et al. (2018)	Carboxilato	Oliveira-Paiva et al. (2024)
Sideróforo (μM) 72 h	8,13	Ribeiro et al. (2018)	0,59	Sousa et al. (2021)
Sideróforo (μM) 120 h	20,3	Oliveira-Paiva et al. (2024)	93,5	Oliveira-Paiva et al. (2024)
Fitase extracelular (mU mL^{-1})	3,0	Velloso et al. (2020)	2,0	Oliveira-Paiva et al. (2024)
Fitase intracelular (mU mL^{-1})	42,0	Velloso et al. (2020)	25,00	Oliveira-Paiva et al. (2024)
Mineralização de fitato (mg L^{-1})	15,08	Oliveira-Paiva et al. (2024)	24,66	Oliveira-Paiva et al. (2024)
Ácido indolacético (AIA) ($\mu\text{g mL}^{-1}$)	61,67	Sousa et al. (2021)	30,16	Sousa et al. (2021)
Solubilização Fe-P (mg L^{-1})	39,52	Batista et al. (2018)	83,58	Batista et al. (2018)
Solubilização Ca-P (mg L^{-1})	925,22	Velloso et al. (2020); Abreu et al. (2017)	120,42	Velloso et al. (2020); Abreu et al. (2017)

*Os sinais positivos (+) indicam resultados positivos para cada característica de promoção do crescimento vegetal, onde “+” significa positivo em menor intensidade e “++” positivo em maior intensidade.

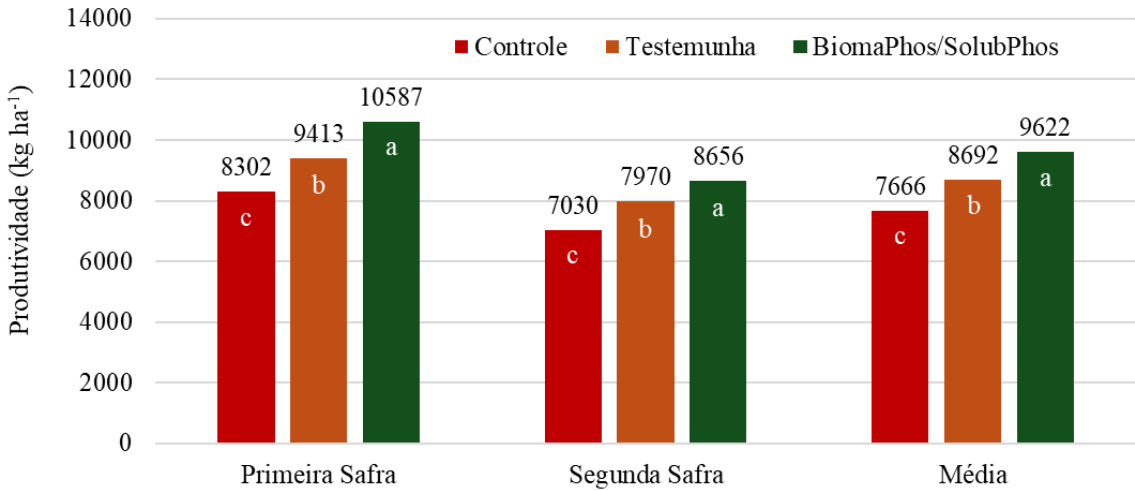
A produção de EPS e biofilme está associada à maior tolerância a seca, maior adesão das bactérias às raízes e maior sobrevivência no solo. Bactérias gram-positivas, como do BiomaPhos/SolubPhos, usam EPS e biofilme como principal forma de se fixar às raízes. Essa maior adesão significa mais bactérias ativas próximas à raiz e mais fósforo liberado exatamente onde a planta precisa.

A tecnologia consegue atuar sobre diferentes formas de fósforo, através da produção de ácidos orgânicos que irão agir em fosfatos de cálcio, sideróforos e EPS que quelam o ferro e liberam fósforo dos fosfatos de ferro, fitases e fosfatases que permitem acessar uma fração enorme de P que normalmente as plantas não conseguem usar e através da interação com fertilizantes reduzindo a “fixação” do fósforo no solo.

Segundo estudo realizado por Oliveira-Paiva et al. (2024), considerando trabalhos experimentais de 5 anos agrícolas em áreas com alto e baixo teor de fósforo, o BiomaPhos/SolubPhos incrementou a produtividade do milho em média 930 kg ha^{-1} na

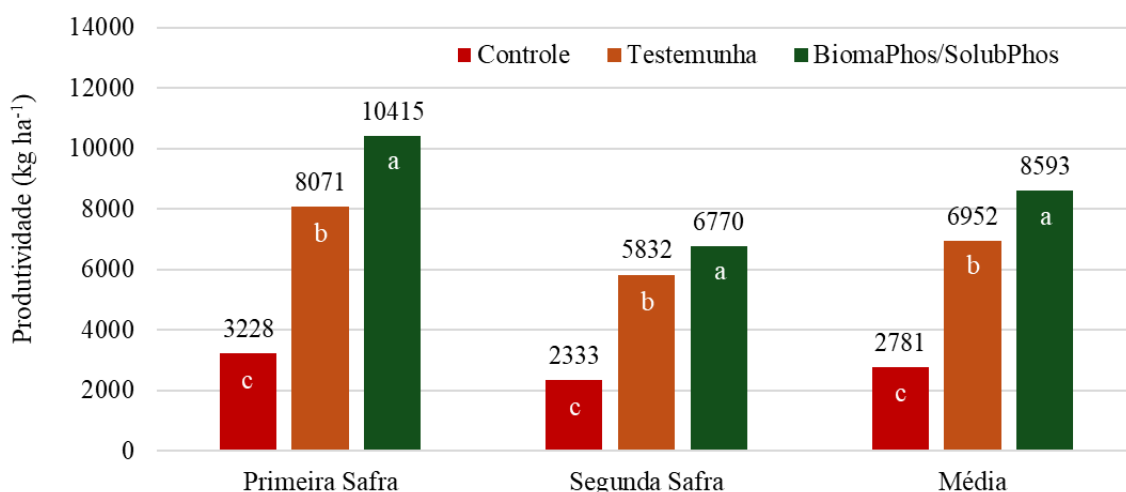
área de alto teor de fósforo (Imagem 1) e em média 1641 kg ha⁻¹ na área de baixo teor de fósforo (Imagem 2). Desta forma, a tecnologia demonstra excelente potencial independente do teor de fósforo da área, incrementando em 10,7 e 23,6%, respectivamente. No que se refere à milho cultivado em primeira ou segunda safra, os resultados obtidos deixaram evidente que a tecnologia responde positivamente em qualquer uma das duas épocas de cultivo (Imagem 1 e 2).

Imagem 1. Efeito da utilização de BiomaPhos/SolubPhos (B119+B2084) na produtividade do milho em diferentes épocas de cultivo (Primeira Safra e Segunda Safra), média de 5 anos agrícolas (2015, 2016, 2017, 2020 e 2021) em área com alto teor de Fósforo no município de Santo Antônio de Goiás/GO, Brasil. Fonte: Adaptado de Oliveira-Paiva et al. (2024).



Controle: sem BiomaPhos/SolubPhos e sem fertilizante fosfatado. Testemunha: sem BiomaPhos/SolubPhos e com fertilizante fosfatado. BiomaPhos/SolubPhos: adição de BiomaPhos/SolubPhos. Letras diferentes entre as colunas presentes dentro de cada época (Primeira Safra, Segunda Safra ou Média) são significativamente diferentes (teste de Duncan $p \leq 0,05$).

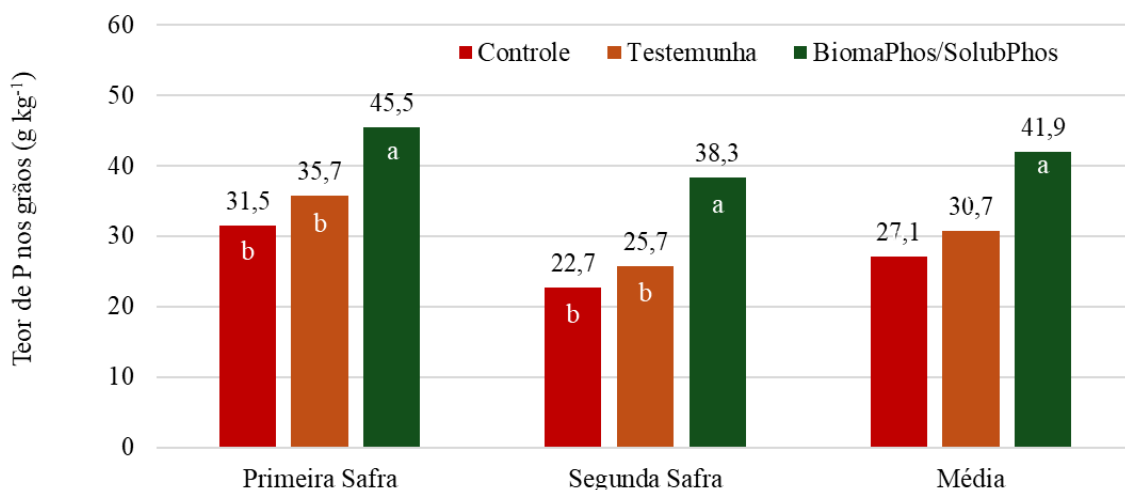
Imagem 2. Efeito da utilização de BiomaPhos/SolubPhos (B119+B2084) na produtividade do milho em diferentes épocas de cultivo (Primeira Safra e Segunda Safra), média de 5 anos agrícolas (2015, 2016, 2017, 2020 e 2021) em área com baixo teor de Fósforo no município de Sete Lagoas/MG, Brasil. Fonte: Adaptado de Oliveira-Paiva et al. (2024).



Controle: sem BiomaPhos/SolubPhos e sem fertilizante fosfatado. Testemunha: sem BiomaPhos/SolubPhos e com fertilizante fosfatado. BiomaPhos/SolubPhos: adição de BiomaPhos/SolubPhos. Letras diferentes entre as colunas presentes dentro de cada época (Primeira Safra, Segunda Safra ou Média) são significativamente diferentes (teste de Duncan $p \leq 0,05$).

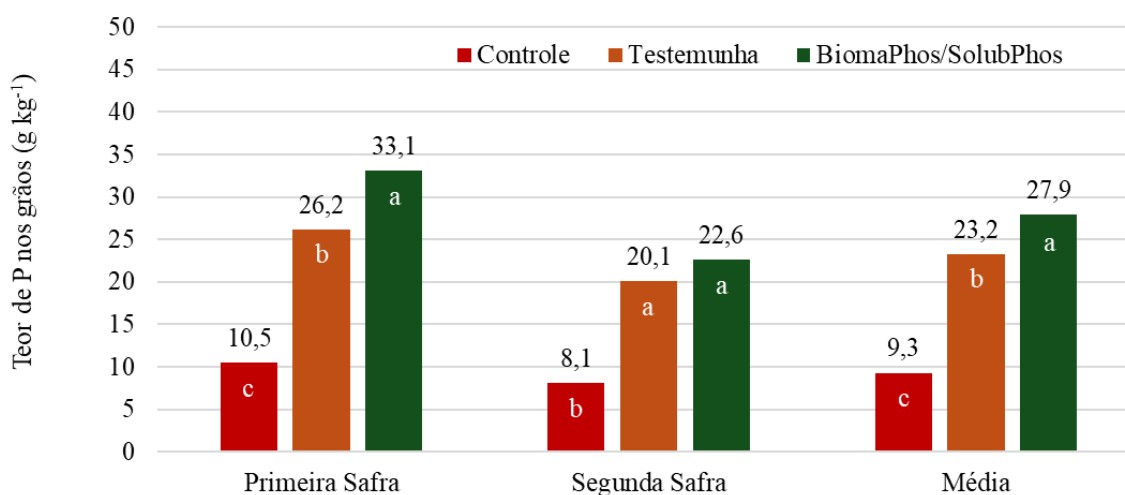
Além da produtividade do milho, os pesquisadores Oliveira-Paiva et al. (2024) também analisaram os teores de fósforo nos grãos da cultura, observando médias superiores com a utilização do BiomaPhos/SolubPhos (Imagem 3 e 4). Na área de alta fertilidade o incremento médio foi de 36,5% (Imagem 3) e na área de baixa fertilidade de 20,3% (Imagem 4). Esses resultados reforçam e comprovam a eficiência do BiomaPhos/SolubPhos na solubilização de fósforo, incrementando o teor do nutriente nos grãos de milho.

Imagem 3. Efeito da utilização de BiomaPhos/SolubPhos (B119+B2084) no teor de Fósforo nos grãos de milho em diferentes épocas de cultivo (Primeira Safra e Segunda Safra), média de 5 anos agrícolas (2015, 2016, 2017, 2020 e 2021) em área com alto teor de Fósforo no município de Santo Antônio de Goiás/GO, Brasil. Fonte: Adaptado de Oliveira-Paiva et al. (2024).



Controle: sem BiomaPhos/SolubPhos e sem fertilizante fosfatado. Testemunha: sem BiomaPhos/SolubPhos e com fertilizante fosfatado. BiomaPhos/SolubPhos: adição de BiomaPhos/SolubPhos. Letras diferentes entre as colunas presentes dentro de cada época (Primeira Safra, Segunda Safra ou Média) são significativamente diferentes (teste de Duncan $p \leq 0,05$).

Imagem 4. Efeito da utilização de BiomaPhos/SolubPhos (B119+B2084) no teor de Fósforo nos grãos de milho em diferentes épocas de cultivo (Primeira Safra e Segunda Safra), na média de 5 anos agrícolas (2015, 2016, 2017, 2020 e 2021) em área com baixo teor de Fósforo no município de Sete Lagoas/MG, Brasil. Fonte: Adaptado de Oliveira-Paiva et al. (2024).



Controle: sem BiomaPhos/SolubPhos e sem fertilizante fosfatado. Testemunha: sem BiomaPhos/SolubPhos e com fertilizante fosfatado. BiomaPhos/SolubPhos: adição de BiomaPhos/SolubPhos. Letras diferentes entre as colunas presentes dentro de cada época (Primeira Safra, Segunda Safra ou Média) são significativamente diferentes (teste de Duncan $p \leq 0,05$).

Outros trabalhos experimentais também foram realizados em diferentes regiões de todo Brasil, frutos do estudo de consultorias e instituições de pesquisa. Os resultados

reforçam o potencial de ganho produtivo da cultura do milho com a utilização da tecnologia, chegando à uma média geral apresentada de 15,4 sc/ha, o que representa 13,9% de incremento de produtividade (Tabela 2).

Tabela 2. Produtividade e incremento de rendimento do Milho com o uso do BiomaPhos/SolubPhos em diferentes consultorias e instituições de pesquisa.

Consultoria ou Instituição	Local do ensaio	Produtividade Testemunha	Produtividade BiomaPhos/SolubPhos	Incremento
CropSolutions	São Gabriel do Oeste/MS	92,4 sc/ha	103,4 sc/ha	+11,0 sc/ha
Fitoagro	Bom Jesus/PI	127,7 sc/ha	136,2 sc/ha	+8,5 sc/ha
Fundação ABC	Arapoti/PR	252,3 sc/ha	262,3 sc/ha	+10,0 sc/ha
Fundação MS	Maracaju/MS	152,7 sc/ha	175,7 sc/ha	+23,0 sc/ha
Máxima Consultoria	Sandolândia/TO	80,5 sc/ha	106,9 sc/ha	+26,4 sc/ha
PA Consultoria	Diamantino/M	99,1 sc/ha	118,1 sc/ha	+19,0 sc/ha
Rehagro	Nazareno/MG	111,5 sc/ha	125,3 sc/ha	+13,8 sc/ha
Safra Consultoria	Campos de Júlio/MT	121,0 sc/ha	132,0 sc/ha	+11,0 sc/ha
Média dos Resultados Apresentados				+15,4 sc/ha +13,9 %

Além de todo estudo científico realizado durante o desenvolvimento e a consolidação do produto, seja pela Embrapa ou consultorias e instituições de pesquisa parceiras, trabalhos de campo conduzidos em diversas regiões produtoras do país desde o lançamento da tecnologia reforçam a afirmação: maior produção de grãos quando comparado às testemunhas não tratadas. Com centenas de campos comerciais conduzidos na cultura do milho, observa-se médias anuais com incrementos de produtividade de até 9,4% e diferenças visuais evidentes à campo, conforme exemplos das imagens 5 e 6.

Imagem 5. Campos comerciais lado à lado em diferentes regiões do Brasil, área testemunha à esquerda e área com BiomaPhos/SolubPhos à direita de cada registro fotográfico.

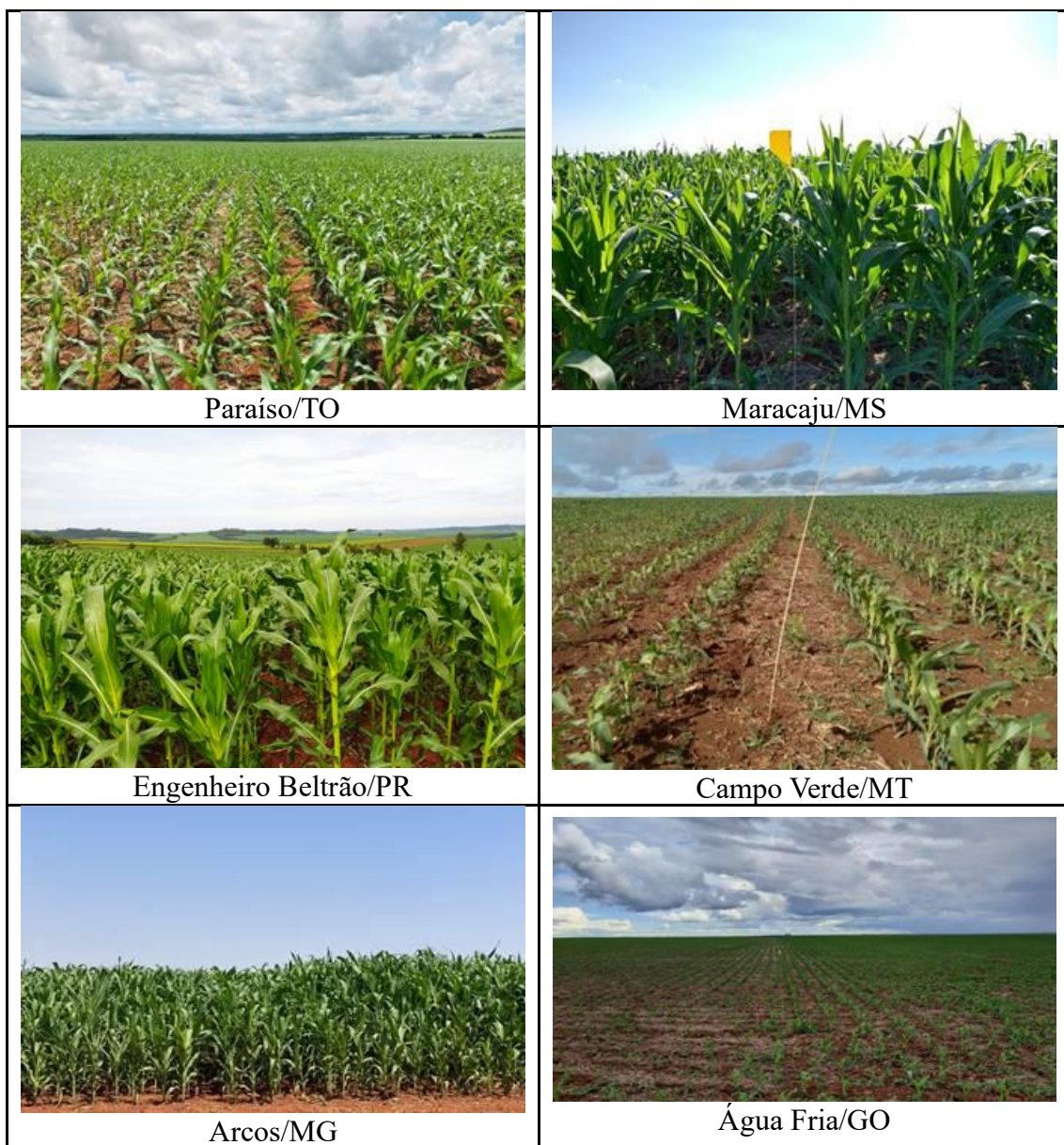
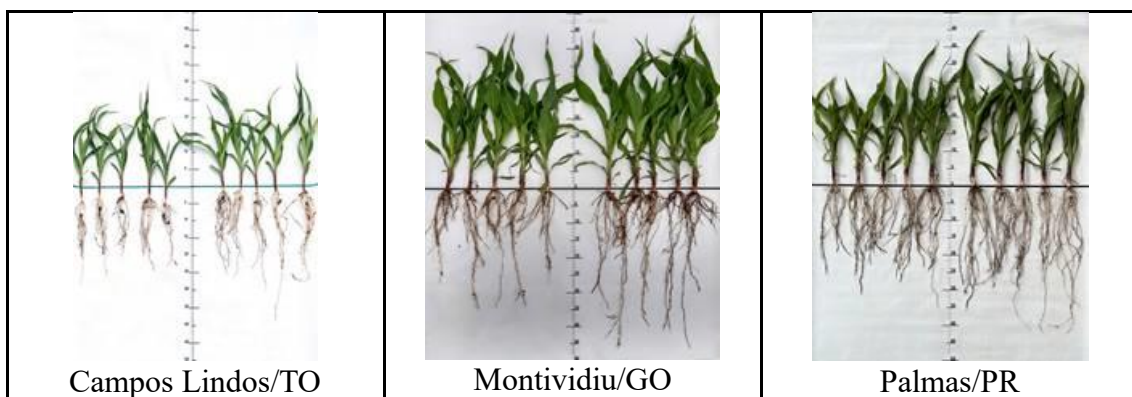
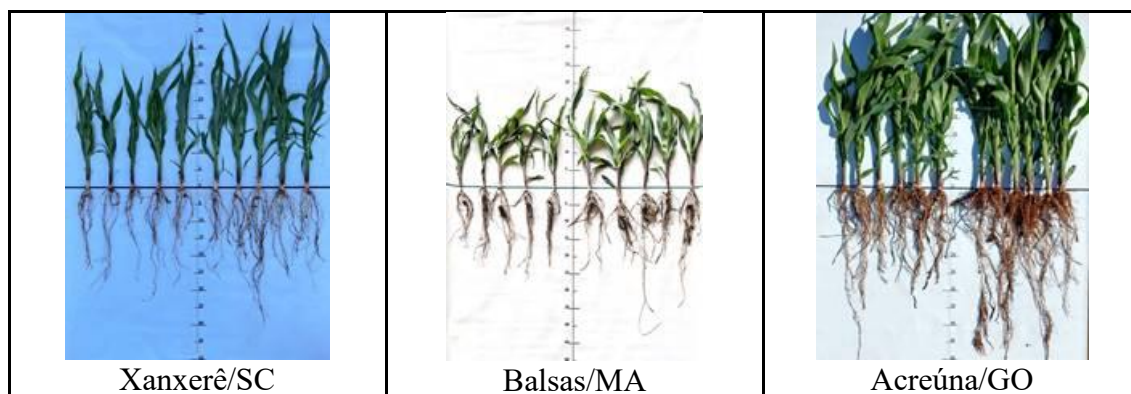


Imagem 6. Campos comerciais lado à lado em diferentes regiões do Brasil, com plantas dispostas em banner de avaliação. Plantas da testemunha à esquerda e plantas com BiomaPhos/SolubPhos à direita do registro fotográfico.





Desta forma, o BiomaPhos/SolubPhos representa uma tecnologia inovadora e estratégica na agricultura brasileira, atuando no melhor aproveitamento de um dos nutrientes mais críticos à produção de grãos, traduzindo-se em ganhos de produtividade, eficiência econômica e sustentabilidade dos sistemas produtivos.

O histórico de desenvolvimento do produto, originado de pesquisas da Embrapa em parceria com as empresas do ecossistema Cogny, e sua rápida consolidação de mercado — com milhões de hectares tratados e impacto econômico significativo — destacam-no como um exemplo de bioinsumo capaz de promover avanços tecnológicos com benefícios práticos para o agricultor.

Os resultados reforçam a importância de práticas integradas de manejo nutricional, em que o uso do BiomaPhos/SolubPhos representa um valioso componente para elevar a produtividade do milho de forma sustentável e economicamente viável no contexto da agricultura moderna no Brasil.

Referências Bibliográficas

Abreu, C. S., Figueiredo, J. E. F., Oliveira, C. A., Santos, V. L., Gomes, E. A., Ribeiro, V. P., et al. (2017). Maize endophytic bacteria as mineral phosphate solubilizers. *Genet. Mol. Res.* 16:gmr16019294. doi: 10.4238/gmr16019294.

Batista, F. C., Fernandes, T. A., Abreu, C. S., Oliveira, M. C., Ribeiro, V. P., Gomes, E. A., et al. (2018). Potencial de microrganismos rizosféricos e endofíticos de milho em

solubilizar o fosfato de ferro e produzir sideróforos. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2018. 21 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 166).

Oliveira-Paiva, C.A., Bini, D., de Sousa, S. M., Ribeiro, V. P., dos Santos, F. C., de Paula Lana, U. G., de Souza, F. F., Gomes, E. A., Marriel, I. E. (2024). Inoculation with *Bacillus megaterium* CNPMS B119 and *Bacillus subtilis* CNPMS B2084 improve P-acquisition and maize yield in Brazil. *Front. Microbiol.* 15:1426166. doi: 10.3389/fmicb.2024.1426166.

Oliveira-Paiva, C. A., Bini, D., Marriel, I. E., Gomes, E. A., Santos, F. C., Cota, L. V., Sousa, S. M., Alves, V. M. C., Lana, U. G. P., Souza, F. F. Inoculante à base de bactérias solubilizadoras de fosfato nas culturas do milho e da soja (BiomaPhos®): dúvidas frequentes e boas práticas de inoculação. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2021. 17 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado técnico, 252).

Oliveira-Paiva, C. A., Cota, L. V., Marriel, I. E., Gomes, E. A., Sousa, S. M., Lana, U. G. P., Santos, F. C., Pinto Junior, A. S., Alves, V. M. C. Viabilidade técnica e econômica do Biomaphos® (*Bacillus subtilis* CNPMS B2084 e *Bacillus megaterium* CNPMS B119) nas culturas de milho e soja. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. 20 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 210).

Ribeiro, V. P., Marriel, I. E., Sousa, S. M., Lana, U. G. P., Mattos, B. B., Oliveira-Paiva, C. A., et al. (2018). Endophytic *Bacillus* strains enhance pearl millet growth and nutrient uptake under low-P. *Braz. J. Microbiol.* 49S, 40–46. doi: 10.1016/j.bjm.2018.06.005.

Sousa, S. M., Oliveira, C. A., Andrade, D. L., Carvalho, C. G., Ribeiro, V. P., Pastina, M. M., et al. (2021). Tropical *Bacillus* strains inoculation enhances maize root surface area, dry weight, nutrient uptake and grain yield. *J. Plant Growth Regul.* 40, 867–877. doi: 10.1007/s00344-020-10146-9.

Velloso, C. C., Oliveira, C. A., Gomes, E. A., Lana, U. G. P., Carvalho, C. G., Guimarães, L. J. M., et al. (2020). Genome-guided insights of tropical *Bacillus* strains efficient in maize growth promotion. *FEMS Microbiol. Ecol.* 96:fiaa157. doi: 10.1093/femsec/fiaa157.

Eng. Agr. Dr. Bruno Agostini Colman

Gerente de Produtos e Dados Agronômicos - Cogny

Eng. Agr. MSc. Ivan Carlos Zorzzi

Líder de Agronomia - Cogny