

Campina Grande, PB / Maio, 2026

OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL



Produtividade e qualidade das fibras de algodoeiro submetido a doses crescentes de fósforo e bactérias solubilizadoras de fosfato

Magna Maria Macedo Nunes Costa⁽¹⁾, Manoel Francisco de Sousa⁽¹⁾, José Wellington dos Santos⁽¹⁾ e Kauã Souza Gouveia⁽²⁾

⁽¹⁾ Pesquisadores, Embrapa Algodão, Campina Grande, PB. ⁽²⁾ Bolsista, Embrapa Algodão, Campina Grande, PB.

Resumo — Visando estudar o efeito do BiomaPhos[®], a produtividade e a qualidade da fibra em área de produção orgânica de algodoeiro cv. BRS Aroeira, foi conduzida uma pesquisa no Assentamento Queimadas, zona rural do município de Remígio, PB. O experimento foi instalado no dia 1 de maio de 2024. Antes da instalação, foram coletadas amostras simples de solo, as quais foram homogeneizadas para formar uma amostra composta, a fim de determinar a fertilidade inicial em relação ao P. O experimento constou de uma combinação fatorial de quatro doses de P — 0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ — na ausência e na presença do BiomaPhos[®], totalizando oito tratamentos, com quatro repetições, em delineamento em blocos ao acaso, perfazendo um total de 32 parcelas experimentais. Cada parcela mediu uma área de 6 x 5 m, ou seja, 30 m². Foram dispostas seis linhas de 5 m, nas quais plantou-se o algodão espaçado em 0,5 m. O bloco inteiro apresentou uma área de 40 x 6 m, isto é, 240 m². O experimento total ocupou uma área de 960 m². Os demais nutrientes essenciais foram fornecidos por meio do biofertilizante bokashi, antes da instalação do experimento. Nenhuma característica avaliada respondeu significativamente à aplicação de BiomaPhos[®]. A produtividade aumentou linearmente com as doses de P. O comprimento da fibra, a uniformidade da fibra e o índice de fibras curtas apresentaram modelo quadrático às variações das doses de P no solo, apresentando os valores máximos de 29,06 mm; 85,41% e 8,57 com as doses de 153,8; 114,28 e 47,87 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente.

Termos para indexação: *Gossypium hirsutum*, BiomaPhos[®] adubação fosfatada.

Productivity and quality of cotton fibers subjected to increasing doses of phosphorus and phosphate-solubilizing bacteria

Abstract — Aiming to study the effect of the BiomaPhos[®] on the productivity and fiber quality in an area of organic production of cotton cv. BRS Aroeira, a research was carried out in the Queimadas Settlement, rural area of the municipality of Remígio, PB. The experiment was installed on May 1st, 2024. Before installation, simple soil samples were collected and homogenized so that to form a composite sample in order to determine the initial fertility in relation to P. The experiment consisted of a factorial combination of four

Embrapa Algodão
Rua Osvaldo Cruz, 1.143,
Centenário
58.428-095, Campina Grande, PB
www.embrapa.br/algodao
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
Presidente
Daniel da Silva Ferreira
Secretária-executiva
Magna Maria Macedo Nunes Costa
Membros
Joao Henrique Zonta, Lucia
Vieira Hoffmann, Marcone Cesar
Mendonça das Chagas, Roseane
Cavalcanti dos Santos e Ziany
Neiva Brandão

Edição executiva
Geraldo Fernandes de Sousa Filho
Revisão de texto
Marcela Bravo Esteves
Normalização bibliográfica
Enyomara Lourenço Silva
(CRB-4/1569)
Projeto gráfico
Leandro Sousa Fazio
Diagramação
Geraldo Fernandes de Sousa Filho
Publicação digital: PDF
Tiragem: 100 exemplares

Todos os direitos reservados à Embrapa.

P doses — 0, 30, 60 and 90 kg ha⁻¹ of P₂O₅ — in the absence and presence of BiomaPhos®, totaling eight treatments, comprising four repetitions, in a randomized block design, making a total of 32 experimental plots. Each plot measured an area of 6 x 5 m, that is, 30 m². There were six rows of 5 m, in which cotton was planted, spaced at regular intervals of 0.5 m apart. The entire block had an area of 40 x 6 m, that is, 240 m². The total experiment occupied an area of 960 m². Other essential nutrients were supplied through the biofertilizer bokashi, before the installation of the experiment. None of the characteristics evaluated responded significantly to the application of BiomaPhos®. Productivity increased linearly with P₂O₅ doses. Fiber length, fiber uniformity and short fiber index showed a quadratic model to the variations of P doses in the soil, presenting the maximum values of 29,06 mm; 85,41% and 8,57 with the doses of 153,8; 114,28 and 47,87 kg ha⁻¹ of P₂O₅, respectively.

Index terms: *Gossypium hirsutum*, BiomaPhos®, phosphate fertilizer.

Introdução

O fósforo (P) é considerado um nutriente pouco disponível às plantas por sua baixa solubilidade no solo. Esse fato ocorre devido ao elemento se adsorver fortemente aos constituintes minerais do solo, formando complexos com óxidos de cálcio, ferro e alumínio, especialmente em solos tropicais. Além disso, uma baixa taxa de difusão dificulta a sua absorção pelas raízes. Nesse contexto, apenas de 20 a 30% do P aplicado ao solo como fertilizante mineral é absorvido pelas plantas (Pereira, 2009), com a maior parte se fixando às argilas e se tornando indisponível.

Outra fonte importante de P no solo é a matéria orgânica (MO) na forma de fosfatos de inositol, fosfolípidos, ácidos nucleicos e ésteres fosfatados, podendo representar de 20 a 80% do P total, em que a liberação para a solução do solo é controlada pela taxa de mineralização da MO dependente da atividade microbiana do solo (Leite et al., 2016). Os microrganismos, especialmente bactérias e fungos, desempenham um papel fundamental na disponibilização do P na solução do solo, solubilizando o P inorgânico e mineralizando o orgânico (Carneiro et al., 2004).

As bactérias solubilizadoras de fosfatos inorgânicos são capazes de solubilizar o P complexo aos óxidos de Ca, Fe e Al através da liberação, para a solução do solo, de ácidos orgânicos

— especialmente os ácidos láctico, glicólico, cítrico, málico, oxálico, succínico e tartárico —, tornando o nutriente disponível às raízes das plantas (Manzoor et al., 2017). Já as bactérias mineralizadoras do P presentes na MO do solo liberam o nutriente para a solução por meio da produção e da excreção de enzimas fosfatases, que atuarão nos compostos orgânicos contendo P de modo a depois liberá-lo para a absorção pelas raízes (Sun et al., 2017).

É grande a importância das bactérias solubilizadoras e mineralizadoras do P que estão presentes no solo, mas indisponíveis às raízes das plantas, pela sua forte interação com as frações química e orgânica. Essa importância se deve ao fato de que esse nutriente exerce funções no crescimento e na produtividade das culturas, tais como, por exemplo, ser parte integrante do DNA, do RNA e dos fosfolípidos das membranas; ser transportador de substratos, como na forma de glicose-P e de muitas coenzimas; ser transportador e transdutor de energia como na forma de ATP e participar da sinalização celular, como na forma de IP₃ – inositol trifosfato (Schachtman et al., 1998).

Diante da importância das bactérias citadas, torna-se relevante a produção e a comercialização de inoculantes contendo esses microrganismos, capazes de aumentar a eficiência no uso de P pelas plantas. Esses inoculantes apresentam baixo custo, não causam danos ao meio ambiente e podem ser usados para suplementar ou substituir o uso de adubos fosfatados. Além de promover a solubilização e a mineralização de fosfatos, produzem fito-hormônios, enzimas e sideróforos que vão potencializar o crescimento e a produção das plantas, e fornecer bioproteção contra fitopatógenos do solo, o que faz aumentar indiretamente a eficiência de outros nutrientes essenciais (Oliveira et al., 2020).

Diversos estudos têm demonstrado o efeito positivo das bactérias solubilizadoras de P no solo sobre a braquiária e o guandu (Barroti; Nahas, 2000); sobre as plantas da Amazônia brasileira (Barroso; Oliveira, 2001); sobre a soja (Fernández et al., 2005); o milho (Baldotto et al., 2012); a pupunha (Patiño-Torres; Sánchez de Prager, 2012); a alface (Sánchez-López et al., 2014); a laranja (Yfran-Elvira et al., 2015); o café (Cisneros-Rojas et al., 2017); a cana-de-açúcar, o milho, o mamão e a *Brachiaria decumbens* (Padron et al., 2018); a fisális (Sánchez-López et al., 2018) e o cedro (Ascencio-Lino et al., 2021).

A Embrapa Milho e Sorgo vem pesquisando e selecionando, há duas décadas, bactérias solubilizadoras de P para as plantas. Resultados desses anos de pesquisa culminaram com o lançamento do produto comercial BiomaPhos®, o primeiro do País

com essa finalidade. Segundo Oliveira et al. (2020), o BiomaPhos® é um inoculante líquido, recomendado no tratamento de sementes ou aplicação via jato dirigido ao sulco de semeadura, associando-se à planta desde o início da formação das raízes. As cepas BRM 119 (*Bacillus megaterium*) e BRM 2084 (*Bacillus subtilis*) multiplicam-se e colonizam a rizosfera, produzindo os ácidos orgânicos que vão solubilizar o P, que está retido ao cálcio, ao ferro e ao alumínio presentes no solo, deixando-o prontamente disponível para a absorção e a assimilação pela planta. Além disso, o BiomaPhos® também atua na mineralização do P presente na MO do solo, dando maior aporte desse elemento para o cultivo.

O BiomaPhos® é um produto que contém a tecnologia Embrapa para aumentar a eficiência do uso de P pelas plantas, o que pode resultar em menores doses de fertilizantes fosfatados e, conseqüentemente, menos dispêndio de energia na produção. Além disso, ao aumentar a produtividade das culturas, há uma diminuição da pressão sobre novas áreas e um aumento da sustentabilidade dos atuais agroecossistemas. Assim, o uso desse produto representa uma contribuição para atingir a meta ODS 12, que visa garantir sistemas sustentáveis de produção de alimentos, fibras e energia, e implementar práticas agrícolas resilientes que fortaleçam a capacidade de adaptação às mudanças climáticas e que melhorem progressivamente a qualidade do solo (Oliveira et al., 2020).

Assim, a produção orgânica de algodão no Brasil é realizada por agricultores familiares e concentra-se na região Semiárida — nos estados da Paraíba, do Piauí, de Pernambuco, do Rio Grande do Norte, do Ceará e de Minas Gerais. Os estados de Alagoas e Sergipe também estão produzindo, porém, suas áreas encontram-se em processo de transição. A produção de algodão orgânico da safra de 2019 no Brasil foi de 30 toneladas, numa área de 620 hectares, com cerca de 600 famílias envolvidas (Embrapa, 2020).

O adequado manejo do P no solo é importante para a cultura do algodoeiro, pois aumenta a produtividade, melhora a qualidade da fibra produzida, diminui os custos de produção, aumenta a renda do cotonicultor e promove a conservação do meio ambiente. Como esse elemento tem uma baixa eficiência nutricional, com grande parte do P aplicado via adubação ficando fixado à matriz do solo, se faz importante o estudo de tecnologias que promovam a recuperação desse fósforo retido, como as bactérias disponibilizadoras de P.

Assim, este trabalho teve como objetivo estudar o efeito do BiomaPhos® e de doses de fosfato insolúvel sobre a produtividade, a percentagem

de fibras e a qualidade das fibras do algodoeiro cv. BRS Aroeira cultivado no sistema orgânico no Assentamento Queimadas, zona rural do município de Remígio, no estado da Paraíba.

Material e métodos

No dia 1 de maio de 2024, foi instalado um experimento no Assentamento Queimadas, zona rural do município de Remígio, PB, cujas coordenadas geográficas são: 593 metros de altitude, 6°57'50" Sul de latitude e 35°47'50" Oeste de longitude, com o objetivo de estudar o efeito do inoculante líquido, desenvolvido pela Embrapa, BiomaPhos®, sobre a produtividade e as características de qualidade da fibra do algodoeiro submetido a doses crescentes de P₂O₅ na forma de fosfato insolúvel. As temperaturas máximas e mínimas da região bem como as precipitações encontram-se na Tabela 1.

Antes da instalação, toda a área do experimento foi percorrida em zigue-zague, coletando-se amostras simples na profundidade de 0–20 cm. Essas amostras foram misturadas e bem homogeneizadas a fim de obter-se a amostra composta, que foi encaminhada ao Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da Embrapa Algodão, Campina Grande, PB, para a determinação da fertilidade. Os resultados dessas análises constam na Tabela 2.

A cultivar utilizada no experimento foi a BRS Aroeira, considerada rústica e de ciclo curto na

Tabela 1. Comportamento da temperatura e da chuva ao longo do ano em Remígio, PB.

Mês	Temperaturas (°C)		Precipitação (mm)
	Mínima	Máxima	
Janeiro	22	31	90
Fevereiro	21	31	111
Março	21	30	132
Abril	21	30	96
Maiο	20	29	50
Junho	19	28	21
Julho	18	28	13
Agosto	18	29	6
Setembro	19°	32	3
Outubro	20	33	10
Novembro	21	33	12
Dezembro	22	33	34

As médias climatológicas são valores calculados a partir de uma série de dados observados durante 30 anos. É possível identificar as épocas mais chuvosas/secas e quentes/frias da região.

Fonte: Climatempo (2025).

Tabela 2. Fertilidade do solo, na camada de 0–20 cm de profundidade, na propriedade do Sr. Paulo Duarte dos Santos, Assentamento Queimadas, município de Remígio, PB.

pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	S	H+Al	T	V	Al ³⁺	P	M.O.
Água (1:2,5)	-----mmol _c .dm ⁻³ -----						%	(mmol _c / dm ³)	(mg/dm ³)	g/kg ⁻¹	
4,8	14,6	7,4	0,7	3,9	26,6	39,6	66,2	40,2	2,5	2,7	10,2

região do Semiárido do Nordeste, sendo apropriada para uso em sistemas de produção de baixo custo, nos quais, com o uso da adubação orgânica e técnicas de manejo e conservação dos solos, pode alcançar bons resultados de produtividade. Além disso, apresenta resistência e tolerância a várias doenças (Freire et al., 2009).

No dia 26 de março de 2024, trinta e cinco dias antes da instalação do experimento, foi feita a calagem da área experimental de acordo com a análise do solo (Tabela 2), utilizando-se o método da saturação por bases através da seguinte fórmula:

$$NC \text{ (t ha}^{-1}\text{)} = \frac{[(V_1 - V_2)] \cdot T}{100} \cdot f$$

onde:

V_1 = percentagem (%) de saturação por bases trocáveis no solo antes da correção (40,2%);

V_2 = percentagem (%) de saturação por bases trocáveis que deve ser alcançada pelo algodoeiro (70%);

T = capacidade de troca de cátions ou CTC; e

f = fator de correção do PRNT do calcário = $\frac{100}{PRNT}$.

O experimento foi instalado no dia 1 de maio de 2024 e constou de uma combinação fatorial de quatro doses de P — 0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅, definidas com base nas tabelas tradicionais de adubação com P para o algodoeiro —, em solo considerado baixo em relação ao teor desse nutriente (Tabela 2), na ausência e na presença do BiomaPhos®, totalizando oito tratamentos, os quais foram repetidos quatro vezes em blocos ao acaso, perfazendo um total de 32 parcelas experimentais. Cada parcela teve uma área de 6 x 5 m, ou seja 30 m². Foram formadas seis linhas com 5 m cada, espaçadas entre si por 1,0 m. Foram consideradas úteis as quatro linhas centrais, tendo as linhas da bordadura uma distância de 0,5 m até o limite da parcela. Já dentro das linhas, as plantas ficaram espaçadas entre si por 0,5 m, perfazendo um total de nove plantas por linha, numa densidade de duas plantas por metro.

Também, dentro das quatro linhas centrais, foram consideradas bordaduras aquelas que estavam a 0,25 m das extremidades das parcelas, ou seja, as últimas das linhas. Cada parcela alcançou 54 plantas, e a área útil, 28. Cada bloco apresentou uma dimensão de 40 m de comprimento por 6 m de largura, ou seja, 240 m², e a área total, 960 m².

A primeira aplicação do BiomaPhos® ocorreu por ocasião da instalação do experimento através de pulverizações direcionadas aos sulcos, na concentração de 5 mL do produto para 1 L de água, utilizando-se para isso um pulverizador costal. Cada parcela que continha o fator BiomaPhos® recebeu 2,5 L da solução, medidos com o auxílio de uma proveta. O BiomaPhos® permaneceu armazenado à temperatura ambiente, à sombra, até o momento da pulverização, realizada no final da tarde. A aplicação de P, também realizada por ocasião da instalação do experimento, se deu através do fosfato natural reativo da marca AgroAdubo®, que contém 30% de P₂O₅. O fornecimento dos demais nutrientes essenciais ocorreu por meio da aplicação do biofertilizante líquido BioBokashi® em área total, na concentração de 2 L ha⁻¹.

A germinação ocorreu entre cinco e seis dias após a instalação do experimento. A necessidade hídrica do algodoeiro foi suprida pelas águas das chuvas (Tabela 1). Para o controle das plantas espontâneas, foi feita capina mecânica entre as linhas de plantio, utilizando-se um cultivador, e capina manual entre as plantas dentro das linhas. Aos 24 dias após a germinação (DAG), ocorreu uma segunda aplicação do BiomaPhos®, direcionada ao solo, nas parcelas que o continham como tratamento.

A colheita do algodão em caroço ocorreu aos 142 DAG. Para isso, foram colhidos todos os capulhos de cinco plantas escolhidas ao acaso dentro de cada parcela. Após a obtenção da produtividade, amostras de algodão foram enviadas ao Laboratório de Fibras e Fios da Embrapa Algodão para serem analisadas através do sistema HVI® (High Volume Instruments) 700, o qual forneceu as seguintes características: percentagem de fibras, comprimento da fibra, uniformidade da fibra, índice de fibras

curtas, alongamento à ruptura, índice *micronaire*, reflectância da fibra e grau de amarelo.

Todos os dados obtidos foram submetidos à análise estatística utilizando-se o software R Core Team R. Todas as características foram submetidas à análise de variância em relação ao efeito do BiomaPhos®, do P₂O₅ bem como da interação BiomaPhos® x P₂O₅, a 1% de probabilidade. A fonte de variação P₂O₅ foi submetida à análise de regressão testando-se os modelos lineares e quadráticos, e escolhendo entre os que mostraram significância a 1% de probabilidade, o de maior R².

Resultados e discussão

A Tabela 3, a seguir, traz um resumo da análise de variância (ANOVA) do efeito do BiomaPhos® e de doses crescentes de P₂O₅ na forma de fosfato insolúvel sobre a produtividade de algodão com caroço (Produtividade) e a percentagem de pluma (% de Pluma) do algodoeiro cv. BRS Aroeira.

Conforme Tabela 3, não houve efeito significativo da fonte de variância BiomaPhos® sobre a produtividade do algodão com caroço e a percentagem de fibras. Com relação à fonte de variação doses crescentes de P₂O₅, a produtividade apresentou efeito significativo, mas a percentagem de pluma não. Na interação BiomaPhos® x P₂O₅, nenhuma variável apresentou significância. Dessa forma, a produtividade se mostrou indiferente à aplicação das bactérias solubilizadoras de fósforo nas condições ambientais da presente pesquisa. Por sua vez, a produtividade respondeu às doses crescentes de P₂O₅.

Tabela 3. Resumo da ANOVA do efeito do BiomaPhos® e de doses crescentes de P₂O₅ na forma de fosfato insolúvel sobre a produtividade de algodão (Produtividade) com caroço e a percentagem de pluma em área de produção orgânica de algodoeiro cv. BRS Aroeira no Assentamento Queimadas, Remígio, PB, de maio a outubro de 2024.

FV	GL	Quadrados médios	
		Produtividade (kg ha ⁻¹)	% de Fibras (%)
Bloco	3	20.182,20	1,36
BiomaPhos	1	9.195,71 ^{ns}	1,05 ^{ns}
P ₂ O ₅	3	23.655,58**	0,90 ^{ns}
BiomaPhos x P ₂ O ₅	3	4.112,41 ^{ns}	0,47 ^{ns}
Erro	21	4.319,84	0,81
CV (%)	–	24,23	2,21

Produtividade = Produtividade de algodão com caroço.

^{ns}, *, **: não significativo, significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

A Tabela 4, a seguir, mostra as médias referentes ao efeito do BiomaPhos® e de doses crescentes de P₂O₅ na forma de fosfato insolúvel sobre a produtividade do algodão com caroço e a percentagem de fibras.

A produtividade do algodão com caroço e a percentagem de fibras não foram afetadas pela presença do BiomaPhos® (Tabela 4). Esses resultados contrastam com o de Fiuza et al. (2022), que cultivaram experimentalmente cinco campos com soja durante duas safras (2019/2020 e 2020/2021) para testar a eficácia do BiomaPhos® inoculado via solos e sementes. Através da avaliação do crescimento vegetativo, do estado nutricional, da produtividade e do carbono da biomassa microbiana, eles encontraram respostas positivas.

Conforme constata-se na Tabela 3, houve efeito significativo a 1% de probabilidade para a produtividade do algodão com caroço, entretanto a resposta foi linear, obedecendo ao modelo $Y = 209,46 + 1,37x$ ($R^2 = 0,95$). Esse tipo de modelo não é adequado para explicar respostas de sistemas biológicos às alterações no meio ambiente. Entende-se então que o espectro de doses de P₂O₅ estudado na pesquisa, entre 0 e 90 kg ha⁻¹, não foi suficiente para atingir o modelo quadrático e obter as doses de máxima eficiência física e econômica. Sugere-se, dessa forma,

Tabela 4. Médias referentes ao efeito do BiomaPhos® e de doses crescentes de P₂O₅ na forma de fosfato insolúvel sobre a produtividade de algodão (Produtividade) com caroço e a percentagem de pluma em área de produção orgânica de algodoeiro cv. BRS Aroeira no Assentamento Queimadas, Remígio, PB, de maio a outubro de 2024.

FV	Variável	
	Produtividade (kg ha ⁻¹)	% de Fibras (%)
BiomaPhos	–	–
0 ⁽¹⁾	254,26a	40,89a
1	288,17a	40,53a
P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	–	–
0 ⁽²⁾	198,63	40,99
30	264,13	41,01
60	297,30	40,36
90	324,80	40,49

Produtividade = Produtividade de algodão com caroço.

⁽¹⁾ 0 e 1: Na ausência e na presença, respectivamente, de BiomaPhos®.

⁽²⁾ 0, 30, 60, e 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ no solo, na forma de fosfato insolúvel.

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste F.

que o experimento seja repetido nas mesmas condições agrônomicas, mas explorando-se uma faixa maior de doses de P_2O_5 em $kg\ ha^{-1}$, uma vez que a produtividade é a variável de maior interesse para o cotonicultor.

A Figura 1, a seguir, mostra o efeito de doses crescentes de P_2O_5 na forma de fosfato insolúvel sobre a produtividade do algodão com caroço na cv. BRS Aroeira.

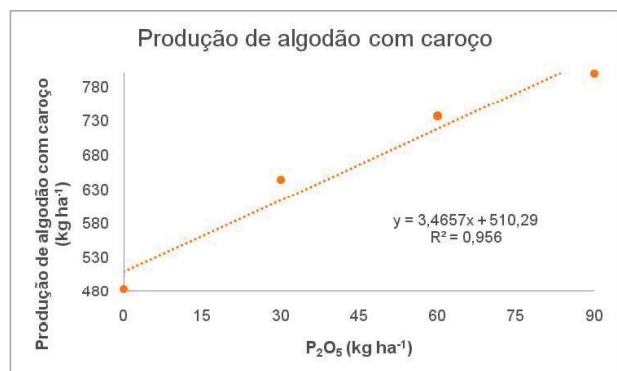


Figura 1. Efeito de doses crescentes de P_2O_5 na forma de fosfato insolúvel sobre a produtividade de algodão com caroço em área de produção orgânica de algodoeiro cv. BRS Aroeira no Assentamento Queimadas, Remígio, PB, de maio a outubro de 2024.

A Tabela 5, a seguir, mostra o resumo da análise de variância (ANOVA) do efeito do BiomaPhos® e de doses crescentes de P_2O_5 na forma de fosfato insolúvel sobre o comprimento da fibra (UHM), a uniformidade da fibra (UNF), o índice de fibras curtas (SFI), o alongamento à ruptura (ELG), o índice

micronaire (MIC), a reflectância da fibra (Rd) e o grau de amarelo (+b).

Conforme constata-se na Tabela 5, não houve efeito significativo da fonte de variação BiomaPhos® em nenhuma das características de qualidade da fibra estudadas. Com relação à fonte de variação doses crescentes de P_2O_5 , as características comprimento da fibra, uniformidade da fibra e índice de fibras curtas foram estatisticamente significativas. Dessa forma, as características relacionadas à qualidade da fibra do algodoeiro orgânico foram indiferentes à aplicação das bactérias solubilizadoras de fósforo nas condições ambientais desta pesquisa.

A Tabela 6, a seguir, mostra as médias referentes ao efeito do BiomaPhos® e de doses crescentes de P_2O_5 na forma de fosfato insolúvel sobre o comprimento da fibra (UHM), a uniformidade da fibra (UNF), o índice de fibras curtas (SFI), o alongamento à ruptura (ELG), o índice *micronaire* (MIC), a reflectância da fibra (Rd) e o grau de amarelo (+b).

A Tabela 7, a seguir, mostra as equações, os coeficientes de regressão e os pontos críticos máximos do efeito de doses crescentes de P_2O_5 na forma de fosfato insolúvel sobre comprimento da fibra (UHM), uniformidade da fibra (UNF) e índice de fibras curtas (SFI).

Comprimento da fibra, uniformidade da fibra e índice de fibras curtas se ajustaram a um modelo quadrático com altos coeficientes de regressão (R^2) (Tabela 7). O comprimento da fibra alcançaria um valor máximo (29,06 mm) com a dose de 153,8 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 . A uniformidade da fibra alcançaria o valor

Tabela 5. Resumo da ANOVA do efeito do BiomaPhos® e de doses crescentes de P_2O_5 na forma de fosfato insolúvel sobre os atributos relacionados à qualidade da fibra em área de produção orgânica de algodoeiro cv. BRS Aroeira no Assentamento Queimadas, Remígio, PB, de maio a outubro de 2024.

FV	GL	Quadrados Médios						
		UHM (mm)	UNF (%)	SFI	ELG (%)	MIC	Rd (%)	+b
Bloco	3	1,25	3,15	0,64	0,20	0,13	5,77	0,29
BiomaPhos	1	0,72 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,85 ^{ns}	0,05 ^{ns}
P_2O_5	3	4,92*	10,76**	2,63*	0,68 ^{ns}	0,12 ^{ns}	5,06 ^{ns}	1,00 ^{ns}
BiomaPhos x P_2O_5	3	0,52 ^{ns}	3,04 ^{ns}	1,71 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,04 ^{ns}	6,88 ^{ns}	0,94 ^{ns}
Erro	21	1,16	2,03	0,73	0,25	0,07	1,77	0,58
CV (%)	–	3,86	1,69	10,65	7,60	7,53	1,69	7,29

UHM: Comprimento da fibra, UNF: Uniformidade da fibra, SFI: Índice de fibras curtas, ELG: Alongamento à ruptura, MIC: Índice *micronaire*, Rd: Reflectância da fibra, +b: Grau de amarelo da fibra.

(ns), (*), (**): não significativo, significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 6. Médias referentes ao efeito do BiomaPhos® e de doses crescentes de P₂O₅ na forma de fosfato insolúvel sobre os atributos relacionados à qualidade da fibra em área de produção orgânica de algodoeiro cv. BRS Aroeira no Assentamento Queimadas, Remígio, PB, de maio a outubro de 2024.

FV	UHM (mm)	UNF (%)	SFI	ELG (%)	MIC	Rd (%)	+b
BiomaPhos	–	–	–	–	–	–	–
0 ⁽¹⁾	27,75a	84,13a	7,91a	6,58a	3,59a	79,02a	10,41a
1	28,05a	84,18a	8,13a	6,71a	3,68a	78,69a	10,49a
P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	–	–	–	–	–	–	–
0 ⁽²⁾	26,90	82,78	7,39	6,35	3,45	78,35	10,15
30	27,73	83,61	8,74	6,93	3,71	79,93	10,43
60	28,24	85,08	8,15	6,86	3,70	78,99	10,95
90	28,74	85,15	7,79	6,44	3,68	78,16	10,26

UHM: Comprimento da fibra, UNF: Uniformidade da fibra, SFI: Índice de fibras curtas, ELG: Alongamento à ruptura, MIC: Índice *micronaire*, Rd: Reflectância da fibra, +b: Grau de amarelo da fibra.

⁽¹⁾ 0 e 1: Na ausência e na presença, respectivamente, de BiomaPhos®.

⁽²⁾ 0, 30, 60, e 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ no solo, na forma de fosfato insolúvel.

Tabela 7. Equações do efeito de doses crescentes de P₂O₅, na forma de fosfato insolúvel sobre as características relacionadas à qualidade da fibra em área de produção orgânica de algodoeiro cv. BRS Aroeira no Assentamento Queimadas, Remígio, PB, de maio a outubro de 2024.

Característica	Equação	R ²	Ponto Crítico
UHM	$Y = 26,91 + 0,028x - 0,000091x^2$	0,98	(153,8; 29,06)
UNF	$Y = 82,67 + 0,048x - 0,00021x^2$	0,93	(114,28; 85,41)
SFI	$Y = 7,49 + 0,045x - 0,00047x^2$	0,76	(47,87; 8,57)

UHM: Comprimento da fibra, UNF: Uniformidade da fibra, SFI: Índice de fibras curtas.

máximo (85,41%) com a dose de 114,28 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Já o índice de fibras curtas alcançou o valor máximo (8,57) com a dose de 47,87 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Esses pontos críticos, os quais estão além do intervalo das doses estudadas (UHM e UNF) — que estendem-se de 0 a 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ —, indicam que deve-se aumentar o espectro de doses de fosfato insolúvel testado em experimentos futuros.

Os resultados acima foram obtidos com uma cultivar de algodão rústica, de ciclo curto e resistente a várias doenças (BRS Aroeira), cultivada numa região do Semiárido Nordestino. Sendo assim, devem se limitar a esse conjunto experimental. No que se refere a uma cultivar com características diferentes, ou mesmo da própria BRS Aroeira cultivada em uma região com características diferentes das do Semiárido, poderiam acontecer respostas diferentes.

As Figuras 2, 3 e 4, a seguir, mostram o efeito de doses crescentes de P₂O₅ na forma de fosfato

insolúvel sobre o comprimento da fibra, a uniformidade da fibra e o índice de fibras curtas do algodoeiro cv. BRS Aroeira.

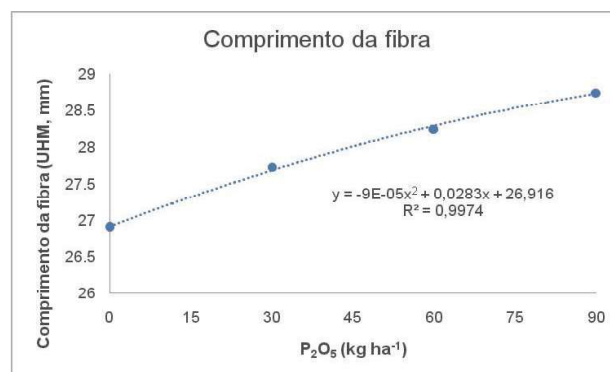


Figura 2. Efeito de doses crescentes de P₂O₅ na forma de fosfato insolúvel sobre o comprimento da fibra de algodão em área de produção orgânica de algodoeiro cv. BRS Aroeira no Assentamento Queimadas, Remígio, PB, de maio a outubro de 2024.

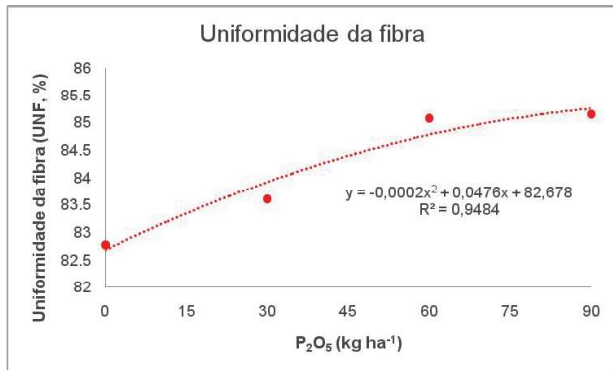


Figura 3. Efeito de doses crescentes de P₂O₅ na forma de fosfato insolúvel sobre a uniformidade da fibra de algodão em área de produção orgânica de algodoeiro cv. BRS Aroeira no Assentamento Queimadas, Remígio, PB, de maio a outubro de 2024.

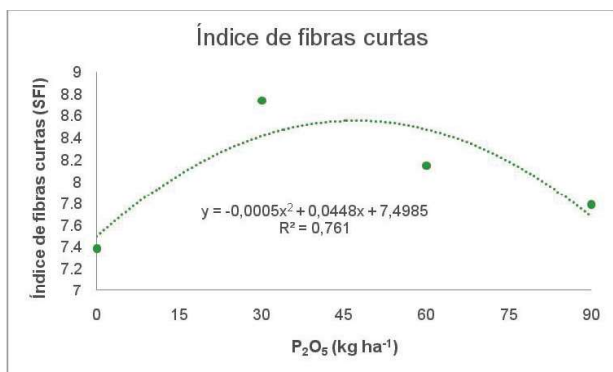


Figura 4. Efeito de doses crescentes de P₂O₅ na forma de fosfato insolúvel sobre o índice de fibras curtas de algodão em área de produção orgânica de algodoeiro cv. BRS Aroeira no Assentamento Queimadas, Remígio, PB, de maio a outubro de 2024.

Conclusões

- 1) Na condição de clima semiárido e para a cultivar de algodão BRS Aroeira, o BiomaPhos® não teve efeito significativo sobre a produtividade e as características de qualidade da fibra.
- 2) A produtividade do algodoeiro aumentou linearmente com o aumento das doses de fosfato insolúvel no solo.
- 3) O comprimento da fibra, a uniformidade da fibra e o índice de fibras curtas apresentaram um modelo quadrático às variações das doses de P no solo, apresentando valores de 29,06 mm; 85,41% e 8,57 com as doses de 153,8; 114,28 e 47,87 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente.
- 4) É necessário aumentar o intervalo de doses de P₂O₅ em um próximo estudo de modo a demonstrar resposta quadrática de produtividade e, assim, obter as doses de maiores produtividades física e econômica, e também de modo a evitar

que as doses máximas para as características de qualidade estudadas sejam encontradas fora da faixa de fosfato insolúvel explorada.

Agradecimentos

À Rede Borborema de Agroecologia, financiadora do Projeto Sistemas Integrados Orgânicos para Cultivo de Algodão, Sisal, Feijão, Milho e Gergelim nos Territórios da Borborema, Agreste e Curimataú do estado Paraíba.

À Embrapa Algodão pelo suporte humano e técnico para a execução do experimento.

Ao técnico da Embrapa Algodão José Marcelo Dias pela valiosa contribuição ao experimento.

Ao agricultor agroecológico do Assentamento Queimadas, Remígio, PB, Paulo Duarte dos Santos, por ceder seu lote para a realização do experimento.

Ao PIBIC/CNPq/Embrapa pela concessão de bolsa de iniciação científica ao colaborador da pesquisa Kauã Souza Gouveia.

Referências

- ASCENCIO-LINO, T.; MATAMOROS-ALCÍVAR, E.; SANDOYA-SÁNCHEZ, V.; BARCOS-ARIAS, M.; NARANJO-MORÁN, J. Estudio exploratorio de bacterias solubilizadoras de fósforo en dos hábitats asociados con *Cedrela montana* Moritz ex Turcz. **Bionatura**, v. 6, n. 1, p. 1575-1578, 2021.
- BALDOTTO, L. E. B.; SILVA, L. G. Jr. S.; CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F. L.; BALDOTTO, M. A. Initial growth of maize in response to application of rock phosphate, vermicompost and endophytic bacteria. **Revista Ceres**, v. 59, n. 2, p. 262-270, 2012.
- BARROSO, C. B.; OLIVEIRA, L. A. Ocorrências de bactérias solubilizadoras de fosfato de cálcio nas raízes de plantas na Amazônia brasileira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 3, p. 575-581, 2001.
- BARROTI, G.; NAHAS, E. População microbiana total e solubilizadora de fosfato em solo submetido a diferentes sistemas de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 10, p. 2043-2050, 2000.
- CARNEIRO, R. G.; MENDES, I. de C.; LOVATO, P. E.; CARVALHO, A. M. de; VIVALDI, L. J. Indicadores biológicos associados ao ciclo do fósforo em solos de Cerrado sob plantio direto e plantio convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 7, p. 661-669, 2004.
- CISNEROS-ROJAS, S. A.; SÁNCHEZ de PRAGER, M.; MENJIVAR-FLORES, J. C. Efecto de bacterias solubilizadoras de fosfatos sobre el desarrollo de plántulas de café. **Agronomía Mesoamericana**, v. 28, n. 1, p. 149-158, 2017.

CLIMATEMPO. **Climatologia e histórico de previsão do tempo em Remigio, BR**. 2025. Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/climatologia/6611/remigio-pb>. Acesso em: 9 set. 2025.

EMBRAPA. **Live debate a produção de algodão orgânico em consórcios agroalimentares no Semiárido**. Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/53570657/live-debate-a-producao-de-algodao-organico-em-consorcios-agroalimentares-no-semiarido>. Acesso em: 30 set. 2021.

FERNÁNDEZ, L. A.; ZALBA, P.; GÓMEZ, M. A.; SAGARDOY, M. A. Bacterias solubilizadoras de fosfato inorgánico aisladas de suelos de la región sojera. **Ciencia del Suelo**, v. 23, n. 1, p. 31-37, 2005.

FIUZA, D. A. F.; VITORINO, L. C.; SOUCHIE, E. L.; RIBEIRO NETO, M.; BESSA, L. A.; SILVA, C. F. da; TROMBELA, N. T. Effect of rhizobacteria inoculation via soil and seeds on *Glycine max* L. plants grown on soils with different cropping history. **Microorganisms**, v. 10, p. 691, 2022.

FREIRE, E. C.; BELTRÃO, N. E. de M.; VALE, D. G. **Cultivar BRS Aroeira (elevado teor de óleo) e o seu manejo cultural**. 2. ed. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. 2 p.

LEITE, J. N. F.; CRUZ, M. C. P. da; FERREIRA, M. E.; ANDRIOLI, I.; BRAOS, L. B. Frações orgânicas e inorgânicas do fósforo no solo influenciadas por plantas de cobertura e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 5, n. 11, p. 1880-1889, 2016.

MANZOOR, M.; ABBASI, M. K.; TARIQ, S. Isolation of phosphate solubilizing bacteria from maize rhizosphere and their potential for rock phosphate solubilization—mineralization and plant growth promotion. **Geomicrobiology Journal**, v. 34, n. 1, p. 81-95, 2017.

OLIVEIRA, C. A. de; COTA, L. V.; MARRIEL, I. E.; GOMES, E. A.; SOUSA, S. M. de; LANA, U. G. de P.; SANTOS, F. C. dos; 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.

21 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de pesquisa e Desenvolvimento, 210).

PADRON, I.; TORRES-RODRIGUEZ, D. G.; CONTRERAS-OLMOS, J.; LOPÉZ, M.; COLMENARES, C. Aislamientos de cepas fijadoras de nitrógeno y solubilizadoras de fósforo en un suelo alfisol venezolano. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, v. 3, n. 2, p. 285-297, 2018.

PATIÑO-TORRES, C.; SÁNCHEZ de PRAGER, M. Aislamiento e identificación de bacterias solubilizadoras de fosfato, habitantes de la rizosfera de chontaduro (*bactris gasipaes* Kunth). **Biotechnologia en el Sector Agropecuario y Agroindustrial**, v. 10, n. 2, p. 177-187, 2012.

PEREIRA, H. S. Fósforo e potássio exigem manejos diferenciados. **Visão Agrícola**, n. 9, 2009, 4 p.

SÁNCHEZ-LÓPEZ, D. B.; GARCÍA-HOYOS, A. M.; ROMERO-PERDOMO, F. A.; BONILLA-BUITRAGO, R. R. Efecto de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal solubilizadoras de fosfato en *Lactuca sativa* cultivar White Boston. **Revista Colombiana de Biotecnología**, v. 16, n. 2, p. 122-128, 2014.

SÁNCHEZ-LÓPEZ, D. B.; ROMERO-PERDOMO, F. A.; BONILLA-BUITRAGO, R. R. Respuesta de *Physalis peruviana* L. a la inoculación com bacterias solubilizadoras de fosfato. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, v. 5, n. 5, p. 901-906, 2018.

SCHACHTMAN, D. P.; REID, R. J.; AYLING, S. M. Phosphorus uptake by plants: from soil to cell. **Plant Physiology**, v. 116, n. 2, p. 447-453, 1998.

SUN, W.; QIAN, X.; GU, J.; WANG, X. J.; LI, Y.; DUAN, M. L. Effects of inoculation with organic-phosphorus-mineralizing bacteria on soybean (*Glycine max*) growth and indigenous bacterial community diversity. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 63, n. 5, p. 392-401, 2017.

YFRAN-ELVIRA, M. de las M.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, C.; MARTÍNEZ, G. C.; COLLAVINO, M. M. Análisis del efecto de bacterias solubilizadoras nativas sobre la movilización de fósforo en suelos rojos argentinos y su absorción em naranjo. **Ciencia del Suelo**, v. 33, n. 1, p. 45-53, 2015.