UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
***CAMPUS* DE LARANJEIRAS DO SUL**
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

PEDRO HENRIQUE RISSARDI BERTOLDI

EFEITO DE PLANTAS DE COBERTURA DE INVERNO E DA COINOCULAÇÃO SOBRE A BIODISPONIBILIDADE DAS FRAÇÕES DE FÓSFORO DO SOLO E NO RENDIMENTO DA SOJA NO SUDOESTE PARANAENSE

LARANJEIRAS DO SUL
2024

PEDRO HENRIQUE RISSARDI BERTOLDI

EFEITO DE PLANTAS DE COBERTURA DE INVERNO E DA COINOCULAÇÃO SOBRE A BIODISPONIBILIDADE DAS FRAÇÕES DE FÓSFORO DO SOLO E NO RENDIMENTO DA SOJA NO SUDOESTE PARANAENSE

Trabalho de conclusão do curso apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. José Francisco Grillo

Coorientador: Prof. Dr. Henrique von Hertwig Bittencourt

LARANJEIRAS DO SUL

2024

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Bertoldi, Pedro Henrique Rissardi
EFEITO DE PLANTAS DE COBERTURA DE INVERNO E DA COINOCULAÇÃO SOBRE A BIODISPONIBILIDADE DAS FRAÇÕES DE FÓSFORO DO SOLO E NO RENDIMENTO DA SOJA NO SUDOESTE PARANAENSE / Pedro Henrique Rissardi Bertoldi. -- 2024.
38 f.:il.

Orientador: Prof. Dr. José Francisco Grillo
Co-orientador: Prof. Dr. Henrique Von Hertwig Bittencourt
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Bacharelado em Agronomia, Laranjeiras do Sul,PR, 2024.

1. Fracionamento de Fósforo no Solo. I. Grillo, Prof. Dr. José Francisco, orient. II. Bittencourt, Prof. Dr. Henrique Von Hertwig, co-orient. III. Universidade Federal da Fronteira Sul. IV. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

PEDRO HENRIQUE RISSARDI BERTOLDI

EFEITO DE PLANTAS DE COBERTURA DE INVERNO E DA COINOCULAÇÃO SOBRE A BIODISPONIBILIDADE DAS FRAÇÕES DE FÓSFORO DO SOLO E NO RENDIMENTO DA SOJA NO SUDOESTE PARANAENSE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) do *Campus* Laranjeiras do Sul como requisito parcial para obtenção do grau de bacharel em Agronomia.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 29/11/24.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Francisco Grillo – UFFS
Orientador

Prof. Dr. Rubens Fey – UFFS
Avaliador

Eng. Agr. Miguel Angelo Cambruzzi – Prefeitura Municipal de Saudade do Iguaçu
Avaliador

Agradecimentos

Agradeço primeiramente à Deus pelo dom da vida e por todas as oportunidades dadas para a realização de meus sonhos.

À toda minha família em especial Stéfani Natália Hellmann (Noiva), Gilmar Bertoldi (Pai), Romilda Terezinha Rissardi Bertoldi (Mãe), João Luís e Bruna (irmãos), por todo o apoio perante os desafios que a vida acadêmica nos proporciona.

À família Lucion pela disponibilidade da área para a execução do experimento.

Aos meus amigos em especial Fernando Luis Lucion e Victor Luis Cortese que sempre estiveram juntos nesta jornada. Também tantos outros presentes em diversas fases deste caminho.

Agradeço aos Professores, ao orientador Dr. José Francisco Grillo e ao coorientador Dr. Henrique von Hertwig Bittencourt, por todos os conhecimentos repassados em aula, pelos conselhos, incentivos e principalmente pela disponibilidade na orientação deste trabalho.

Todos que de uma forma ou outra colaboraram com este trabalho, em especial técnica Eng.ª Agrônoma MSc. Silvana da Costa e professor Dr. Luciano Tormen, que se fizeram presentes várias vezes auxiliando nas dificuldades dentro do laboratório.

Às empresas Corteva Agriscience ™ (RC. Cristiano Colet – Chopinzinho -PR) e Ballagro Agro Tecnologia LTDA pelo fornecimento de materiais para pesquisa.

“No que diz respeito ao empenho, ao compromisso, ao esforço, à dedicação, não existe meio termo. Ou você faz uma coisa bem-feita ou não faz.”

Ayrton Senna

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Croqui contendo a distribuição das parcelas com plantas de cobertura (inverno) e subparcelas com inoculantes na soja (verão), nos diferentes tratamentos testados na área experimental.....10

Figura 2. Fluxograma do método de fracionamento do fósforo. Fonte: Gatiboni & Condron (2021).....14

Figura 3: Amostras de solo acondicionadas para irem à mesa agitadora (A); Amostras acondicionadas na centrifuga (B) e Extração de P_T (C) e Amostras após a colorimetria (D)…….....15

Figura 4. Valores médios capacidade de sorção de P no solo (P_{sor}), em porcentagem, em diferentes mix de plantas de cobertura (MIX) (Tb, Nf, Ap, Er) e bactérias solubilizadoras de fósforo (BSF): sem inoculação, Bs + Bm (*Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*), e Pf (*Pseudomonas fluorescens*), em relação à testemunha (com adubação 100%) (C.V = 0,11%) 16

Figura 5. Valores de nível crítico de fósforo (Nicri-P) no solo, em diferentes mix de plantas de cobertura (MIX) (Tb, Nf, Ap, Er) e bactérias solubilizadoras de fósforo (BSF): sem inoculação, Bs + Bm (*Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*), e Pf (*Pseudomonas fluorescens*), em relação à testemunha (com adubação 100%) (C.V = 0,39%).....17

Figura 6. Valores de fósforo total (P_T) do solo, em diferentes mix de plantas de cobertura (MIX) (Tb, Nf, Ap, Er) e bactérias solubilizadoras de fósforo (BSF): sem inoculação, Bs + Bm (*Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*), e Pf (*Pseudomonas fluorescens*), em relação à testemunha (com adubação 100%) (C.V = 5,05%).....19

Figura 7. Valores de fósforo solúvel (P_{SOL}) no solo, em diferentes mix de plantas de cobertura (MIX) (Tb, Nf, Ap, Er) e bactérias solubilizadoras de fósforo (BSF): sem inoculação, Bs + Bm (*Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*), e Pf (*Pseudomonas fluorescens*), em relação à testemunha (com adubação 100%) (C.V = 6,45%).....21

Figura 8. Valores de fósforo disponível em Mehlich 3 (P_{M3}) no solo, em diferentes mix de plantas de cobertura (MIX) (Tb, Nf, Ap, Er) e bactérias solubilizadoras de fósforo (BSF): sem inoculação, Bs + Bm (*Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*), e Pf (*Pseudomonas fluorescens*), em relação à testemunha (com adubação 100%) (C.V = 4,37%).....23

Figura 9. Valores P inorgânico extraído por NaOH (Pi_{OH}), em diferentes mix de plantas de cobertura (MIX) (Tb, Nf, Ap, Er) e bactérias solubilizadoras de fósforo (BSF): sem inoculação, Bs + Bm (*Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*), e Pf (*Pseudomonas fluorescens*), em relação à testemunha (com adubação 100%) (C.V = 3,73%).....25

Figura 10. Valores médios de P orgânico extraído por NaOH (Po_{OH}) no solo, em diferentes mix de plantas de cobertura (MIX) (Tb, Nf, Ap, Er) e bactérias solubilizadoras de fósforo (BSF): sem inoculação, Bs + Bm (*Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*), e Pf (*Pseudomonas fluorescens*), em relação à testemunha (com adubação 100%) (C.V = 8,40%).....27

Figura 11. Valores médios de variável fósforo em HCl (P_{HCl}) no solo de diferentes mix de plantas de cobertura (MIX) (Tb, Nf, Ap, Er) e bactérias solubilizadoras de fósforo (BSF): sem inoculação, Bs + Bm (*Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*), e Pf (*Pseudomonas fluorescens*), em relação à testemunha (com adubação 100%) (C.V = 9,34%).....28

Figura 12. Valores médios de fósforo ocluso (P_{OCL}) no solo, em diferentes mix de plantas de cobertura (MIX) (Tb, Nf, Ap, Er) e bactérias solubilizadoras de fósforo (BSF): sem inoculação, Bs + Bm (*Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*), e Pf (*Pseudomonas fluorescens*), em relação à testemunha (com adubação 100%) (C.V = 5,48%).....30

Figura 13. Valores médios de índice de fósforo legado (P_{LGC}) no solo, em diferentes mix de plantas de cobertura (MIX) (Tb, Nf, Ap, Er) e bactérias solubilizadoras de fósforo (BSF): sem inoculação, Bs + Bm (*Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*), e Pf (*Pseudomonas fluorescens*), em relação à testemunha (com adubação 100%) (C.V = 3,59%).....32

Figura 14. Valores médios de produtividade de grãos (PROD), em kg ha^{-1}, na cultura da soja (133 DAE) em diferentes mix de plantas de cobertura (Tb, Nf, Ap, Er) e bactérias solubilizadoras de fósforo (BSF): sem inoculação, Bs + Bm (*Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*), e Pf (*Pseudomonas fluorescens*), em relação à testemunha (com adubação 100%) (C.V = 9,36%).....33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Atributos químicos do solo coletado na profundidade de 0-20 cm, anteriormente ao período experimental. Chopinzinho – PR (2023).....11

Tabela 2. Densidades de semeadura dos diferentes tratamentos com mix de plantas de cobertura (inverno) nas parcelas (72 m^2) da área experimental.....12

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO 8
METODOLOGIA 9
RESULTADOS E DISCUSSÃO 15
CONCLUSÃO 34
AGRADECIMENTOS 35
REFERÊNCIAS 36

Efeito de plantas de cobertura de inverno e da coinoculação sobre a biodisponibilidade das frações de fósforo do solo e no rendimento da soja no sudoeste paranaense

RESUMO

O fósforo (P) é um fator limitante na produção da soja (*Glycine max* (L.) Merril), devido a ligações com óxidos hidratados de Fe e Al, torna-o não disponível às plantas. Desta forma, o manejo do P além de visar a maximização de sua eficiência, deve primar pela redução da quantidade necessária aplicada e perdas de P no solo. Neste trabalho foram testadas diferentes misturas de planta de coberturas de inverno, juntamente com a inoculação da soja no verão com bactérias solubilizadoras de P, com objetivo de avaliar os efeitos destes tratamentos sobre a biodisponibilidade das frações de P do solo (lábeis, moderadamente lábeis e não lábeis) e na produtividade desta cultura. O experimento foi realizado à campo em Chopinzinho – PR, em LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argiloso em área agrícola sob sistema de plantio direto com delineamento de blocos casualizados e arranjo fatorial 5 x 3 + 1 (Testemunha), sendo utilizados 5 tipos de mix de plantas de cobertura de inverno (*Raphanus sativus* L., *Lupinus albus* L., *Avena strigosa* S. e *Vicia sativa* L.) e 3 formas de inoculação na soja/verão (sem inoculação, *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium e Pseudomonas fluorescens*) + Testemunha (sem mix plantas de cobertura de inverno, sem inoculação com bactérias solubilizadores de fósforo e adubação completa de fósforo e potássio na soja). As variáveis analisadas no solo foram: capacidade de sorção (P_{sor}), nível crítico de fósforo (Nicri-P), fósforo total (P_T), fósforo solúvel (P_{SOL}), fósforo disponível em Mehlich 3 (P_{M3}) P inorgânico extraído por NaOH (Pi_{OH}), P orgânico extraído por NaOH (Po_{OH}), fósforo em HCl (P_{HCl}), fósforo ocluso (P_{OCL}), fósforo legado (P_{LGC}). Na cultura da soja a variável considerada foi produtividade de grãos (PROD). No experimento foi possível notar interração entre os fatores planta de cobertura x bactérias solubilizadoras de fósforo em todas as variaveis analisadas. O inoculante *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium (*Bs+Bm*)* mostrou melhor resultado sobre fósforo total (P_t), fósforo disponível em Mehlich 3 (P_{M3}) e fósforo legado (P_{LGC}), quando combinado com o mix nabo forrageiro + aveia preta + ervilhaca. Por outro lado, a inoculação com Pseudomonas *fluorescens* (Pf) mostrou grande resultado sobre as frações de fósforo solúvel (P_{SOL}) e fósforo inorgânico e orgânico extraído por NaOH (Pi_{OH} e Po_{OH}) juntamente com o mix tremoço branco + nabo forrageiro + aveia preta + ervilhaca. Os dados foram submetidos à análise de variância (<0,05) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p<0,05$)

Palavras-chave: Solubilizador de fósforo, Fósforo orgânico, Fósforo inorgânico, *Pseudomonas fluorescens, Bacillus subtilis, Bacillus megaterium*

INTRODUÇÃO

O fósforo (P) é o segundo maior nutriente limitante na produção agrícola sendo necessária aplicação constante (Gomes *et al*., 2016). Sua baixa disponibilidade é devido às ligações com óxidos hidratados de Fe e Al, assim não ficando disponível a planta (SCHULZE, 1989; RAIJ, 1991). A maioria dos solos não disponibiliza esse nutriente de forma adequada para as plantas, o que torna necessário seu fornecimento (RAIJ *et al*., 2001). Portanto, o manejo do P não deve apenas seguir práticas que maximizem sua eficiência, mas sim aplicar a menor quantidade necessária e minimizar as suas perdas (GATIBONI, 2003). Entretanto, de todo P aplicado na adubação fosfatada no solo, apenas 20% ficam disponíveis podendo ser usada pelas plantas, enquanto os outros 80% estão indisponíveis, ficando fixados em argilas, óxidos de ferro e alumínio (CARVALHO *et al*., 2006). Desta forma, o P é um elemento de baixa mobilidade no solo, presente tanto nas formas orgânicas quanto nas inorgânicas. Sua disponibilidade para as plantas é influenciada por fatores como o pH do solo, a quantidade de matéria orgânica e a atividade microbiana (MARINEZ *et al*., 2021).

A utilização de adubação de verde tem grande contribuição na melhoria da condição química do solo (KIEHL, 1985), onde as plantas de cobertura contribuem para o aumento da fitomassa e, com o passar dos anos, melhoram os teores de matéria orgânica do solo. Assim temos a elevação da troca catiônica (CTC), aumentando a retenção de nutrientes junto às partículas, reduzindo perdas por lixiviação e ocasionando uma melhoria gradual neste solo. O cultivo de adubos verdes também pode melhorar a disponibilidade de P nos solos, pois estimula a presença de microrganismos, como bactérias, fungos e actinomicetos, que liberam enzimas responsáveis pela solubilização dos fosfatos. Além disso, ocorre a liberação de enzimas nos exsudatos radiculares e durante a decomposição dos resíduos vegetais (CARNEIRO *et al.,* 2004).

Conforme Oliveira-Paiva *et al.* (2022), o fósforo que não é absorvido pelas culturas permanece no solo na forma não disponível para as plantas (P não lábil), o que torna essencial o uso de alternativas sustentáveis e economicamente viáveis, como inoculantes microbianos, para aumentar a disponibilidade desse nutriente. Desta forma, o uso de solubilizadores comerciais de fósforo em diversas regiões brasileiras, tem tornando-se um importante aliado no aumento da rentabilidade dos produtores e de grande valor para preservação do meio ambiente. (OLIVEIRA-PAIVA et al., 2020).

As bactérias solubilizadoras de fósforo e outros microrganismos, habitam a região rizosférica próxima à raiz e atuam como promotores de crescimento de plantas com base em relações simbióticas (GOMES *et al.*, 2016), as quais se dão através dos diversos mecanismos

de solubilização que essas bactérias possuem, como a produção de ácidos orgânicos, fosfatases ácidas, sideróforos e troca de cátions (CRUZ *et al*., 2024). As bactérias dos gêneros *Bacillus sp.* e *Pseudomonas sp* possuem a habilidade de liberar ácidos orgânicos, sintetizar fosfatases ácidas e ativar diversos mecanismos que promovem a solubilização e mineralização do fosfato. (MENDONÇA *et al.*, 2020).

A presente pesquisa teve por objetivo avaliar o efeito dos diferentes manejos de (mix) de plantas de cobertura de inverno e diferentes inoculantes com bactérias solubilizadores de P na soja (verão) sobre a biodisponibilidade das frações de fósforo do solo (lábeis, moderadamente lábeis e não lábeis), bem como a sua influência na produtividade desta cultura.

METODOLOGIA

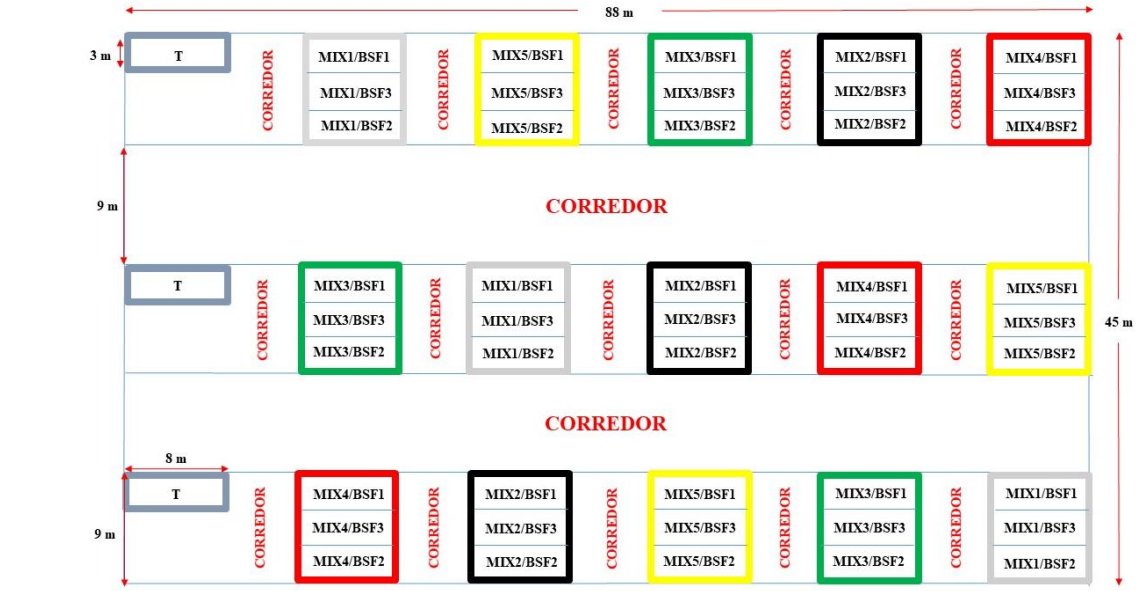
O experimento foi realizado a campo, na Fazenda Lucion localizada no município de Chopinzinho – PR a cerca de 75 km do campus da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), de Laranjeiras do Sul. A área denominada para a pesquisa possui a Latitude de: 25° 50′ 46″ Sul e Longitude: 52° 36′ 17″ Oeste, altitude em torno de 775 m e clima temperado tipo Cfb, com temperaturas médias amenas (18ºC no inverno e 22ºC no verão), sem estação seca definida e precipitação entre 2.400 e 2.600 mm ano^{-1} (IAPAR, 2019). A propiedade trabalha sobre o sistema de plantio direto por volta de 25 anos, o solo do local foi classificado como um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argiloso (teor de argila de 570 g kg^{-1}) (EMBRAPA, 2018).

O experimento foi implantado em esquema bifatorial 5 x 3 +1 (Testemunha), sendo testados 5 tipos de mix de plantas de cobertura no inverno e no verão na cultura da soja foi testado 3 manejos de inoculação com bactérias solubilizadores de fósforo, desta forma ficou um total de 16 tratamentos, com 3 repetições, resultado das seguintes combinações: *(i)* Fator A – tipos de mix de plantas de cobertura de inverno (MIX): MIX1= Tremoço branco + nabo forrageiro + aveia preta (Tb+Nf+Ap); MIX2= Nabo forrageiro + aveia preta + ervilhaca (Nf+Ap+Er); MIX3= Tremoço branco + nabo forrageiro + ervilhaca (Tb+Nf+Er); MIX4 = Tremoço branco + aveia preta + ervilhaca (Tb+Ap+Er); e MIX5= tremoço branco + nabo forrageiro + aveia preta + ervilhaca (Tb+Nf+Ap+Er); *(ii)* Fator B – tipos de inoculação com bactérias solubilizadores de fósforo (BSF): BSF1 = sem inoculação (SI); BSF2 = *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* (Bs+Bm) na forma de Omsugo™ P e BSF3 = *Pseudomonas fluorescens* (Pf) *na forma de* HoberPhos® na cultura da soja (verão) (Figura 1).

O tratamento adicional Testemunha (T) foi composto por subparcelas que ficaram em

pousio no período de inverno, sem nenhum mix de plantas de cobertura (MIX) e no verão não recebeu nenhum inoculante com bactérias solubilizadoras de fósforo (BSF) na cultura da soja e com adubação de base completa (P_2O_5 + K_2O).

Para a condução foi utilizado o delineamento blocos casualizados (DBC), dispostos em parcelas subdividas, onde no inverno/2023 as parcelas (total de 15 parcelas medindo 9 x 8m, com 72m^2 e área útil de 42 m²) receberam 5 tipos de mix de plantas de cobertura (MIX). As subparcelas (3 x 8m, totalizando 24 m² e área útil de 5,4 m²) foram instaladas posteriormente com a semeadura da soja no verão/2023, contendo os 3 tipos de inoculação com bactérias solubilizadores de fósforo (BSF), um total de 45 subparcelas. Além destas também foi delimitado 3 subparcelas da Testemunha adicional, totalizando-se 48 subparcelas de 24 m² cada (Figura 1).



Legenda (tratamentos testados):

- MIX1/BSF1 - Tb+Nf+Ap/SI;
- MIX1/BSF2 - Tb+Nf+Ap/Bs+Bm;
- MIX1/BSF3 - Tb+Nf+Ap/Pf;
- MIX2/BSF1 - Nf+Ap+Er/SI;
- MIX2/BSF2 - Nf+Ap+Er/Bs+Bm;
- MIX2/BSF3 - Nf+Ap+Er/Pf;
- MIX3/BSF1 - Tb+Nf+Er/SI;
- MIX3/BSF2 - Tb+Nf+Er/Bs+Bm;
- MIX3/BSF3 - Tb+Nf+Er/Pf;
- MIX4/BSF1 - Tb+Ap+Er/SI;
- MIX4/BSF2 - Tb+Ap+Er/Bs+Bm;
- MIX4/BSF3 - Tb+Ap+Er/Pf;
- MIX5/BSF1 - Tb+Nf+Ap+Er/SI;
- MIX5/BSF1 - Tb+Nf+Ap+Er/Bs+Bm;
- MIX5/BSF3 - Tb+Nf+Ap+Er/Pf;
- T (Testemunha) = subparcelas sem mix de plantas de cobertura/inverno (MIX), sem inoculação com bactérias solubilizadores de fósforo (BSF) na cultura da soja (verão) e com adubação de base completa (P_2O_5 + K_2O).

Figura 1. Croqui contendo a distribuição das parcelas com plantas de cobertura (inverno) e subparcelas com inoculantes na soja (verão), nos diferentes tratamentos testados na área experimental.

Antes da implantação do experimento (Abril/2023) foi coletada uma amostra composta de solo (n= 5 amostras simples), na profundidade de 0 a 20 cm, para a determinação

dos atributos químicos (Tabela 1) (EMBRAPA, 2009) e posterior recomendação da adubação de base para a cultura da soja (verão) (SBCS/NEPAR, 2017).

Tabela 1. Atributos químicos do solo coletado na profundidade de 0-20 cm, anteriormente ao período experimental. Chopinzinho – PR (2023).

pH	M.O.	Al^{3+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	CTC	V	P Mehlich	P-rem
$CaCl_2$	g dm^{-3}	----------$cmol_c$ dm^{-3}----------					%	----------mg dm^{-3}---------	
4,78	40,12	0,40	4,11	1,38	0,34	11,42	51,0	5,00	23,50

Fonte: Laboratório Agro TecSolo - Análises Agronômicas e Consultoria (Guarapuava-PR).

O experimento foi iniciado no dia 30/04/2023 com a semeadura de diferentes misturas de plantas de cobertura de inverno (MIX) dos tratamentos testados (Figura 1), utilizando os seguintes implementos: trator (New Holland 7630 – 110 CV) e semeadeira (Semeato SHM 15/17), sem a aplicação de adubação de base. A determinação da densidade de semeadura das plantas de cobertura de inverno (MIX) dos respectivos tratamentos testados (parcelas) está na Tabela 2. Nas parcelas dos tratamentos MIX1, MIX2, MIX3 e MIX4, por se tratar da mistura de três espécies utilizou-se 40% a menos da densidade de semeadura recomendada para cultivo isolado das plantas de cobertura (inverno). Já no tratamento do MIX5 por se tratar de 4 espécies a redução foi na ordem de 50% (BRSEEDS, 2024).

Tabela 2. Densidades de semeadura dos diferentes tratamentos com mix de plantas de cobertura (inverno) nas parcelas (72 m^2) da área experimental.

MIX	Tremoço	Nabo forrageiro	Aveia preta	Ervilhaca
	---------- Kg ha^{-1} ----------			
MIX1	42	6	36	-
MIX2	-	6	36	24
MIX3	42	6	-	24
MIX4	42	-	36	24
MIX5	35	5	30	20

Após o período de desenvolvimento das plantas de cobertura (inverno) e por ocasião do florescimento da maioria das espécies, especialmente do nabo forrageiro, foi realizada a rolagem da fitomassa produzida (87 DAE MIX inverno) nas parcelas com os diferentes MIX testados (Figura 1), com auxílio de um rolo-faca (Agromann Industrial – RF3000).

Após esta etapa, nove dias antes da semeadura da cultura da soja (verão) e com auxílio de um pulverizador autopropelido (potência de 75 C.V.), foi realizada a dessecação da área experimental. Foram utilizados os herbicidas glifosato potássico (dosagem de 1,5 L de i.a. ha^{-}

^{1}) e saflufenacil (dosagem de 50 g i.a. ha^{-1}) para eliminação das plantas de cobertura (inverno) remanescentes e adequação da área para o tratamento fitossanitário convencional da soja (verão).

Após a dessecação e de acordo com os resultados da análise química do solo (Tabela 1), foi realizada a adubação de base para a semeadura da soja (verão) (SBCS/NEPAR, 2017) utilizando-se 300 kg de P_2O_5 ha^{-1} e 143 kg de K_2O ha^{-1}, na forma de superfosfato triplo (45% de P_2O_5) na adubação de base (semeadura – dose integral) e de cloreto de potássio (60% de K_2O) distribuído à lanço em cobertura, com auxílio de um distribuidor rotativo (Lancer – Jan 1.350), parcelada em 2 vezes: (*i*) em pré-semeadura (8 dias antes da semeadura da soja/verão – 05/11/23) e (*ii*) 33 dias após a semeadura da soja (verão) (16/12/2023). Vale destacar que apenas o tratamento adicional Testemunha (T), ou seja, um total de 3 subparcelas sem mix de plantas de cobertura/inverno (MIX), sem inoculação com bactérias solubilizadores de fósforo (BSF) na cultura da soja (verão), receberam adubação de base recomendada acima contendo P_2O_5 + K_2O. Para os demais tratamentos das subparcelas (total de 45 com 24 m²), a adubação de base fosfatada (P_2O_5) foi totalmente subtraída, sendo realizada apenas a adubação com K_2O parcelada em cobertura, conforme descrito anteriormente.

Para a semeadura da soja de verão ocorrida em 13/11/23, a cultivar utilizada foi a BMX 55i57 IPRO ZEUS, utilizando-se uma densidade de 355.000 plantas ha^{-1} (16 sementes por metro linear), com auxílio de um conjunto trator/semeadora adubadora (110 cv de potência/Kuhn PG 900).

Momentos antes da semeadura da soja, as sementes de todos os tratamentos (total de 48) foram inoculadas à sombra com inoculante turfoso contendo bactérias *Bradyrhizobium japonicum* e *Bradyrhizobium elkanii* (CEPA SEMIA 5079 e CEPA SEMIA 5019), com concentração mínima de 5 x 10^9 UFC/g. A dosagem utilizada foi de 100 g de inoculante para cada 50 kg de sementes (BRACCINI *et al.*, 2016), visando o suprimento de todo N requerido pela soja através da fixação biológica de nitrogênio (FBN). Na sequência, conforme os tratamentos propostos para as subparcelas (Figura 1), foram realizadas as co-inoculações das sementes com bactérias solubilizadoras de fósforo (BSF): *(i) cepas de Bacillus subtilis* (CNPMS B2084 - BRMO34840) e *Bacillus megaterium* (CNPMS B119 - BRMO33112) na forma de Omsugo™ P, com concentração mínima de 4 x 10^9 UFC/mL e na dosagem de 100 mL de inoculante para 50 kg de sementes (OLIVEIRA-PAIVA *et al.*, 2020) e *(ii)* estirpe de *Pseudomonas fluorescens* (ATCC 13525) na forma de HoberPhos®, com uma concentração mínima de 2 x 10^8 UFC/mL, na dosagem de 100 mL de inoculante para 50 kg de sementes (OLIVEIRA *et al.*, 2019).

Durante o ciclo da cultura foram realizados, de forma convencional, os seguintes tratos culturais (capinas químicas) e tratamentos fitossanitários (segundo recomendações dos fabricantes): *(i)* 2 capinas químicas (estádios V2 e V3, respetivamente) através da aplicação de glifosato potássico (1 L ha^{-1}) e *(ii)* 4 tratamentos fitossanitários: a) 1° aplicação: trifloxistrobina e ciproconazol (0,20 L ha^{-1}); b) 2° aplicação: bixafem, protioconazol e trifloxistrobina (0,50 L ha^{-1}) e mancozebe (1,5 kg ha^{-1}); c) 3° aplicação – fenpropimorfe (0,5 L ha^{-1}), mancozebe (1,5 kg ha^{-1}) e metomil (1 L ha^{-1}) e d) 4° aplicação: bixafem, protioconazol e trifloxistrobina (0,5 L ha^{-1}), mancozebe (1,5 kg ha^{-1}) e tiametoxam e cipermetrina (200 mL ha^{-1}).

Durante o ciclo da cultura da soja, houve um acumulado de precipitação de 837 mm, distribuídos irregularmente durante o crescimento/desenvolvimento das plantas. Houve a ocorrência de um período de veranico (36 dias sem precipitação, de 11/12/2023 a 15/01/2024), o qual interferiu no desenvolvimento/crescimento da soja. Com relação as temperaturas, durante o ciclo da soja, as máximas ficaram em torno de 30,6°C e as mínimas próximas aos 19,2°C (COASUL, 2024).

Para um amadurecimento uniforme da cultura na área experimental, 8 dias antes da colheita de grãos (16/03/2024), próximo ao final de ciclo da cultura da soja, foi realizada a dessecação com glufosinato - sal de amônio (2 L ha^{-1}).

A colheita da soja foi realizada em 24/03/2024 (125 DAE) na área útil de cada subparcela (5,4m^2) para determinação da produtividade de grãos (PROD), em kg ha^{-1} sendo os grãos colhidos manualmente, secados em estufa de ventilação forçada (a 65°C até peso constante) e pesados após resfriamento.

Posteriormente à colheita da soja (133 DAE), após o término do período experimental, foi realizada a coleta do solo, foram coletadas amostras compostas (3 amostras simples/subparcelas de 24 m^2), secadas em estufa de ventilação forçada (a 40°C até peso constante) e tamisadas em malha de 2mm para a determinação das frações de fósforo.

O fracionamento de P no solo foi realizado conforme metodologia descrita em Gatiboni & Condron (2021). Esta técnica consiste na análise separada de três subamostras, promovendo a extração em vários estágios, melhorando o fruxo de trabalho. Destas amostras foram determinados as frações lábeis (100% disponível), moderadamente lábeis (50% disponível) e não lábil (10% disponível) (Gatiboni *et al*.,2007), em diferentes extratores (Figura 2).

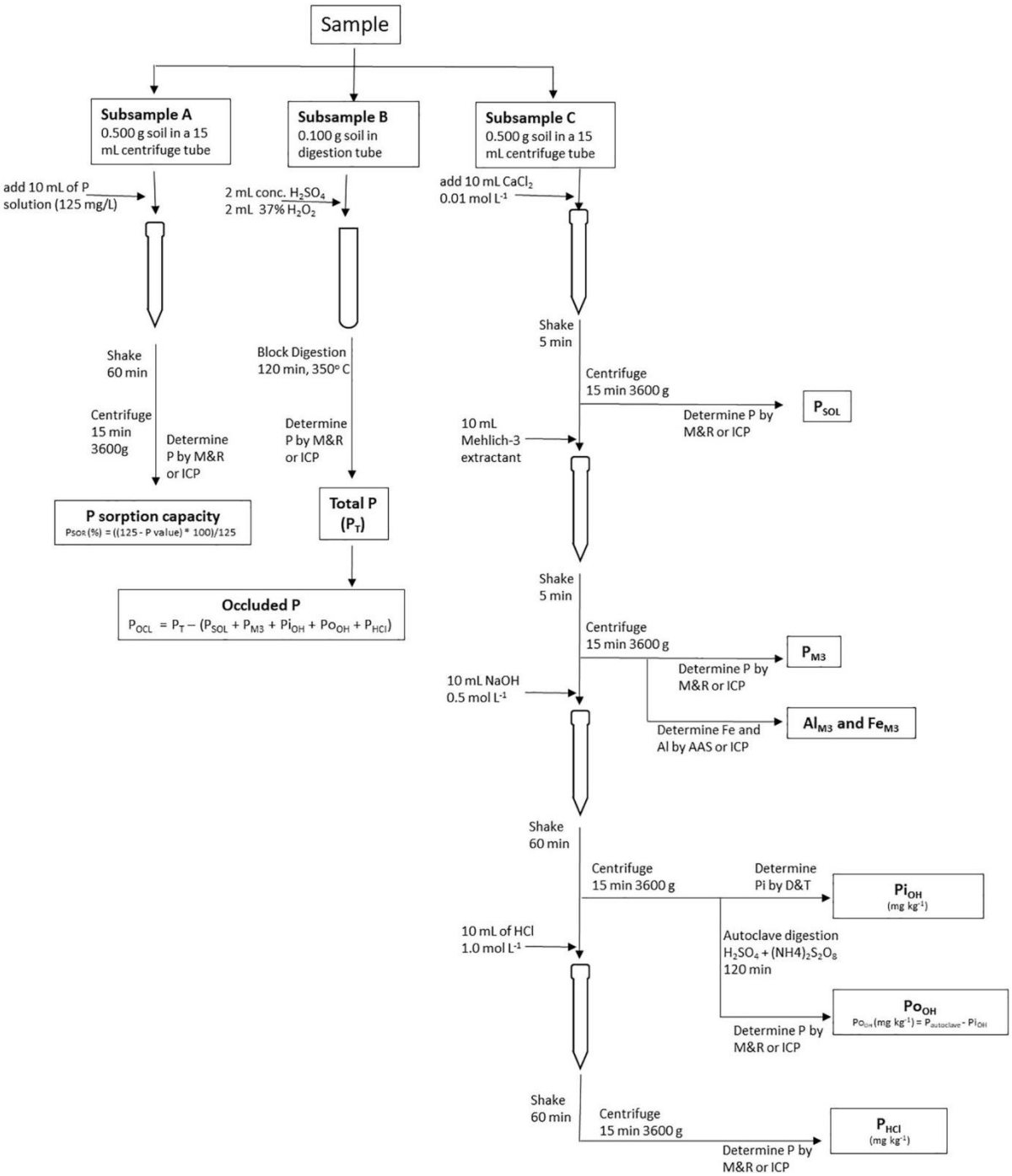


Figura 2. Fluxograma do método de fracionamento do fósforo. Fonte: Gatiboni & Condron (2021).

As variáveis analisadas no solo foram: capacidade de sorção de fósforo (P_{SOR}), nível crítico de fósforo (Nicri-P), fósforo total (P_T), fósforo solúvel (P_{SOL}), fósforo disponível em Mehlich 3 (P_{M3}), P inorgânico extraído por NaOH (Pi_{OH}), P orgânico extraído por NaOH (Po_{OH}), fósforo em HCl (P_{HCl}), fósforo ocluso (P_{OCL}) e índice de fósforo legado (P_{LGC}). Na cultura da soja a varável considerada foi produtividade de grãos (PROD).

Após a extração, as determinações de P foram realizadas utilizando-se a metodologia

proposta por Murphy e Riley (1962), um método de colorimetria (Figura 3). As leituras de P foram realizadas em Espectrofotômetro UV/Visível (marca THERMO SCIENTIFIC) com o comprimento de onda de 830 nm (nanômetros), ponto em que a curva se manteve estável (GATIBONI & CONDRON, 2021).



Figura 3: Amostras de solo acondicionadas para irem à mesa agitadora (A); Amostras acondicionadas na centrifuga (B) e Extração de P_T (C) e Amostras após a colorimetria (D

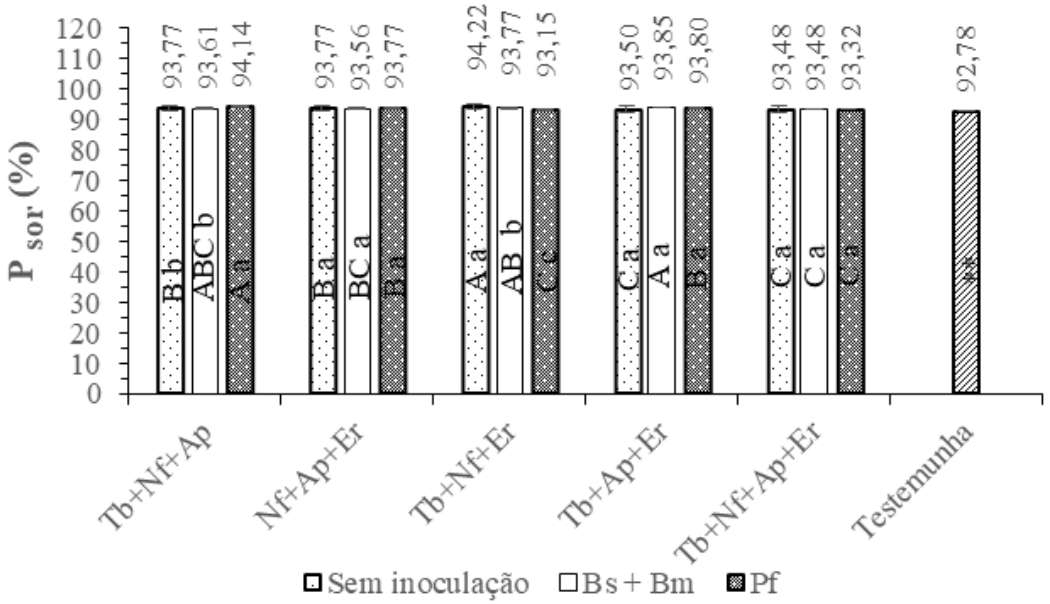
Os dados coletados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) ($p<0,05$) e teste de comparação de médias pelo Teste de Tukey ($p<0,05$) (TUKEY, 1949), onde foi utilizado o aplicativo computacional Genes (CRUZ, 2006) para a realização das análises estatísticas. Devido ao número das amostras deste experimento ser superior a 40 amostras (n=48), os testes paramétricos não foram submetidos anteriormente aos testes de normalidade de dados pois, segundo o teorema central de limites, a distribuição das médias das amostras seguirá uma distribuição normal, mesmo que os dados originais não sejam normalmente distribuídos (ELLIOTT *et al.* 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi observada interação entre os fatores mix de plantas de cobertura (MIX) e as bactérias solubilizadoras de fósforo (BSF) para todas as variáveis analisadas, com significância de 1 % ($p<0,01$): capacidade de sorção de fósforo (P_{SOR}), nível crítico de fósforo (Nicri-P), fósforo total (P_T), fósforo solúvel (P_{SOL}), fósforo disponível em Mehlich 3 (P_{M3}), P inorgânico extraído por NaOH (Pi_{OH}), P orgânico extraído por NaOH (Po_{OH}), fósforo em HCl (P_{HCl}), fósforo ocluso (P_{OCL}) e índice de fósforo legado (P_{LGC}). Na cultura da soja a variável considerada foi produtividade de grãos (PROD).

Para a variável capacidade de sorção (P_{SOR}) do solo (Figura 4), considerando o efeito dos diferentes tipos de inoculação com BSF dentro de cada MIX (letras minúsculas), observou-se que no mix Tb+Nf+Ap, na ausência de inoculação e Bs+Bm na soja, apresentaram valores inferiores de P_{SOR} no solo, quando comparados com ao maior valor e significativo obtido no tratamento com Pf (94,14%). Nos mix Nf+Ap+Er, Tb+Ap+Er,

Tb+Nf+Ap+Er não houve diferença entre os diferentes tipos de inoculação com BSF (sem inoculação, Bs + Bm e Pf). Já no mix Tb+Nf+Er, no solo do tratamento com ausência de inoculação na soja, foi obtido o maior valor de P_{SOR} (94,22%) que diferiu significativamente dos tratamentos Bs+Bm (93,77%) e Pf (93,15%), onde Pf teve a menor resposta para a porcentagem de P_{SOR} e diferiu de Bs+Bm (Figura 4).



Legenda:
Tb+Nf+Ap = tremoço branco + nabo forrageiro + aveia preta;
Nf+Ap+Er = nabo forrageiro + aveia preta + ervilhaca;
Tb+Nf+Er = tremoço branco + nabo forrageiro + ervilhaca;
Tb+Ap+Er = tremoço branco + aveia preta + ervilhaca;
Tb+Nf+Ap+Er = tremoço branco + nabo forrageiro + aveia preta + ervilhaca;
Sem inoculação = sem inoculação com BSF e sem adubação de base com P_2O_5;
Bs+Bm = *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*;
Pf = *Pseudomonas fluorescens*;
Testemunha- sem mix de plantas de cobertura de inverno, sem inoculação com BSF e com adubação base com P_2O_5.
*Médias seguidas pela mesma letra minúscula no mesmo mix de plantas de cobertura de inverno (MIX) e maiúscula no mesmo tipo de inoculação (BSF) na horizontal, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p<0,01$).

Figura 4. Valores médios capacidade de sorção de P no solo (P_{sor}), em porcentagem, em diferentes mix de plantas de cobertura (MIX) (Tb, Nf, Ap, Er) e bactérias solubilizadoras de fósforo (BSF): sem inoculação, Bs + Bm (*Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*), e Pf (*Pseudomonas fluorescens*), em relação à testemunha (com adubação 100%) (C.V = 0,11%).

Observando o efeito dos diferentes MIX dentro de cada tratamento com BSF (letras maiúsculas na Figura 4), (*i)* no tratamento sem inoculação da soja com BSF, o mix Tb+Nf+Er obteve o maior valor (94,22%) e diferiu significativamente dos demais tipos de MIX. Porém, os mix Tb+Nf+Ap e Nf+Ap+Er não diferiram entre si. Os solos dos mix Tb+Ap+Er e Tb+Nf+Ap+Er apresentaram as menores porcentagens de P_{SOR}, diferindo dos demais. *(iii)* No tratamento com inoculante Pf na soja, a melhor resposta significativa foi observada no solo do mix Tb+Nf+Er (94,214%), diferindo de forma significativa dos demais tipos de MIX, onde os

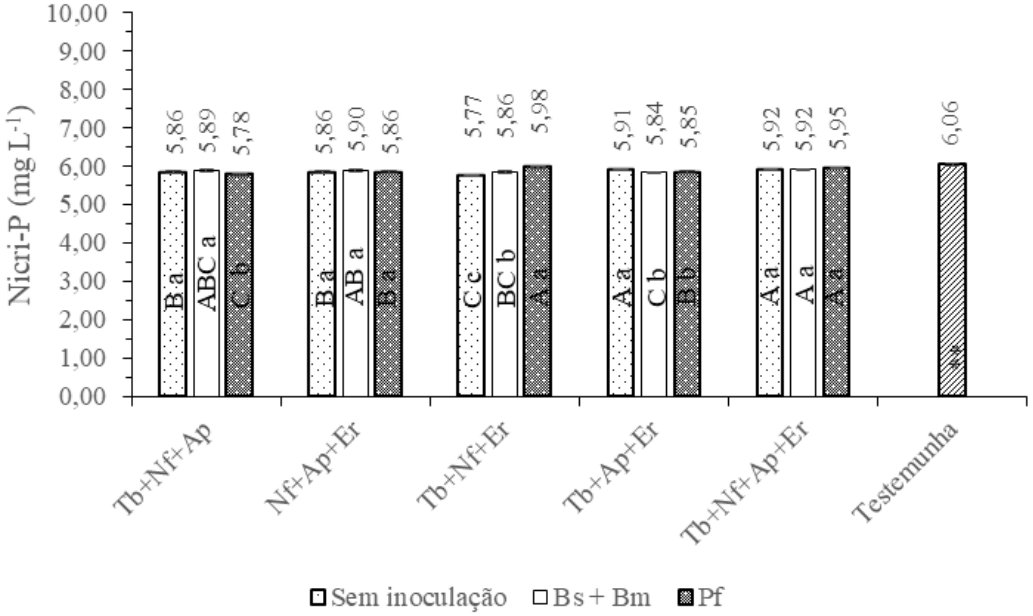
mix Nf+Ap+Er (93,77%) e Tb+Ap+Er (93,80%) não diferiram entre si, porém foram superiores aos mix Tb+Ap+Er e Tb+Nf+Ap+Er que apresentaram as menores % P_{SOR} (93,15 e 93,32%, respectivamente) (Figura 4).

O tratamento Testemunha (sem MIX, sem BSF e com 100% da adubação recomendada) deferiu dos demais tratamentos testados ($p<0,01$), apresentando uma menor capacidade de sorção (92,78%) (Figura 4).

Observando o nível crítico de fósforo no solo (Nicri-P) (Figura 5), foi possível verificar a interação significativa, entre os fatores mix de plantas de cobertura de inverno (MIX) e os diferentes tipos de inoculação com bactérias solubilizadoras de fósforo (BSF).

Considerando os diferentes tipos de inoculação com BSF dentro de cada MIX (letras minúsculas na Figura 5), nos mix Tb+Nf+Ap os tratamentos com ausência de BSF (5,86 mg L^{-1}) e inoculação da soja com Bs+Bm (5,89 mg L^{-1}), não apresentaram diferença significativas entre si para Nicri-P do solo, porém foram superiores ao tratamento com Pf (5,78 mg L^{-1}). Nos mix Nf+Ap+Er e Tb+Ap+Er não houve diferenças significativas entre os tratamentos com BSF (sem inoculação, Bs + Bm e Pf). O mix Tb+Nf+Er teve o maior resultado significativo na presença de Pf na soja (5,98 mg L^{-1}); na presença de Bs+Bm teve o segundo maior resultado e sem um uso de inoculantes o menor resultado, diferindo dos demais. No mix Tb+Ap+Er o tratamento sem BSF apresentou o maior resultado sigficativo (5,91 mg L^{-1}), enquanto PF e Bs+Bm não diferem entre si (Figura 5).

Por outro lado observando o efeito dos diferentes MIX dentro de cada tratamento com BSF (letras maiúsculas na Figura 5) na *(i)* ausência de inoculação da soja com BSF, os mix Tb+Ap+Er (5,91 mg L^{-1}) e Tb+Nf+Ap+Er (5,92 mg L^{-1}), apresentaram os maiores valores de Nicri-P do solo, mas não diferiram estatisticamente entre si. Porém, nos mix Tb+Nf+Ap (5,86 mg L^{-1}), e Nf+Ap+Er (5,92 mg L^{-1}) os valores de Nicri-P do solo não diferiram estatisticamente entre si, sendo estes superiores ao do mix Tb+Nf+Er (5,77 mg $L^{-1)}$. *(ii)* Quando foi utilizado o inoculante Bs + Bm os maiores valores de Nicri-P do solo foi encontrado no mix Tb+Nf+Ap+Er (5,92 mg L^{-1}), seguido pelo mix Nf+Ap+Er e, posteriormente o mix Tb+Nf+Ap. O menor de resultado para Nicri-P foi obtido no mix Tb+Ap+Er (5,84 mg L^{-1}). *(iii)* No entanto, ao utilizar a Pf na inoculação da soja, os maiores valores de Nicri-P foram nos mix Tb+Nf+Er (5,98 mg L^{-1}) e Tb+Nf+Ap+Er (5,95 mg L^{-1}) os quais não demostram diferença significativa. Os mix Nf+Ap+Er e Tb+Ap+Er também não diferiram entre si, ficando o menor valor obtido de Nicri-P para solo do mix Tb+Nf+Ap (5,78 mg L^{-1}).



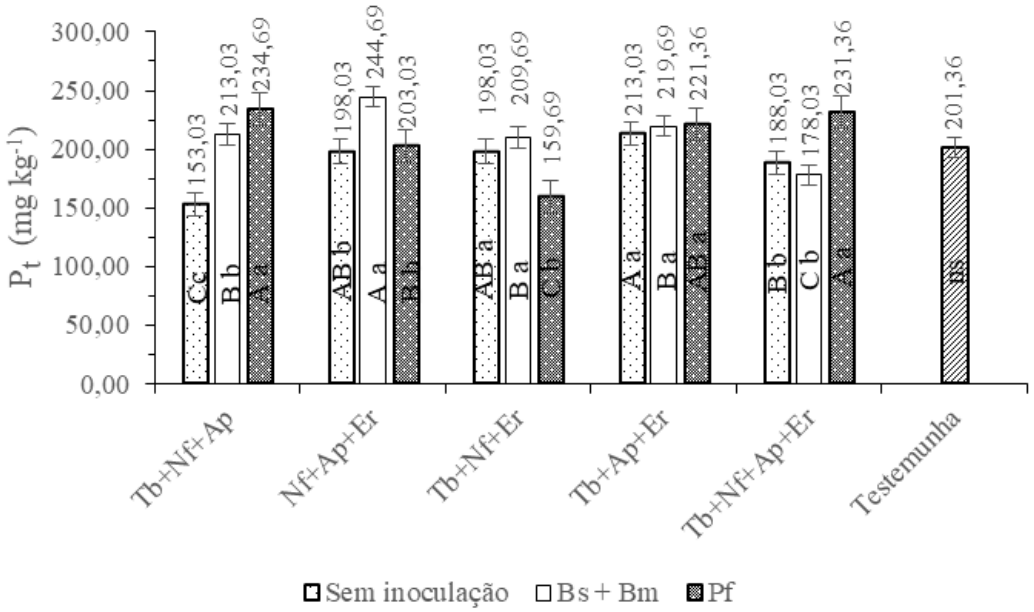
Legenda:
Tb+Nf+Ap = tremoço branco + nabo forrageiro + aveia preta;
Nf+Ap+Er = nabo forrageiro + aveia preta + ervilhaca;
Tb+Nf+Er = tremoço branco + nabo forrageiro + ervilhaca;
Tb+Ap+Er = tremoço branco + aveia preta + ervilhaca;
Tb+Nf+Ap+Er = tremoço branco + nabo forrageiro + aveia preta + ervilhaca;
Sem inoculação = sem inoculação com BSF e sem adubação de base com P_2O_5;
Bs+Bm = *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*;
Pf = *Pseudomonas fluorescens*;
Testemunha- sem mix de plantas de cobertura de inverno, sem inoculação com BSF e com adubação base com P_2O_5.
*Médias seguidas pela mesma letra minúscula no mesmo mix de plantas de cobertura de inverno (MIX) e maiúscula no mesmo tipo de inoculação (BSF) na horizontal, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p<0,01$).

Figura 5. Valores de nível crítico de fósforo (Nicri-P) no solo, em diferentes mix de plantas de cobertura (MIX) (Tb, Nf, Ap, Er) e bactérias solubilizadoras de fósforo (BSF): sem inoculação, Bs + Bm (*Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*), e Pf (*Pseudomonas fluorescens*), em relação à testemunha (com adubação 100%) (C.V = 0,39%).

O tratamento Testemunha (sem MIX, sem BSF e com 100% da adubação recomendada) deferiu dos demais tratamentos testados ($p<0,01$), apresentando um maior Nicri-P no solo (6,06 mg L^{-1}) (Figura 5).

Na variável fósforo total (P_T) (Figura 6), considerando o efeito dos diferentes tipos de inoculação com BSF dentro de cada MIX (letras minúsculas), no mix Tb+Nf+Ap na ausência de BSF o maior valor de P_T foi notado no solo do tratamento com Pf na soja (234,69 mg kg^{-1}), seguido do tratamento com Bs+Bm e o tratamento sem BSF apresentando o menor valor de P_T (153,03 mg kg^{-1}). Para o mix Nf+Ap+Er o maior valor de P_T foi apresentado no tratamento com Bs+Bm (244,69 mg kg^{-1}), o tratamento sem inoculação e com Pf não diferiram entre si. No mix Tb+Nf+Er os tratamentos sem BSF e com Bs+Bm não diferiram entre si, sendo superiores ao tratamento com Pf (159,69 mg kg^{-1}) o qual apresentou o menor valor de P_T.

Observando o mix Tb+Ap+Er não foi notada diferença significativa entre os tipos de BSF na soja. O mix Tb+Nf+Ap+Er teve no maior de P_T quando a soja foi inoculada com Pf (231,36 mg kg^{-1}), diferindo dos tratamentos sem BSF e com Bs+Bm, que tiveram diferenças estatística entre si (Figura 6).



Legenda:
Tb+Nf+Ap = tremoço branco + nabo forrageiro + aveia preta;
Nf+Ap+Er = nabo forrageiro + aveia preta + ervilhaca;
Tb+Nf+Er = tremoço branco + nabo forrageiro + ervilhaca;
Tb+Ap+Er = tremoço branco + aveia preta + ervilhaca;
Tb+Nf+Ap+Er = tremoço branco + nabo forrageiro + aveia preta + ervilhaca;
Sem inoculação = sem inoculação com BSF e sem adubação de base com P_2O_5;
Bs+Bm = *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*;
Pf = *Pseudomonas fluorescens*;
Testemunha- sem mix de plantas de cobertura de inverno, sem inoculação com BSF e com adubação base com P_2O_5.
*Médias seguidas pela mesma letra minúscula no mesmo mix de plantas de cobertura de inverno (MIX) e maiúscula no mesmo tipo de inoculação (BSF) na horizontal, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p<0,01$).

Figura 6. Valores de fósforo total (P_T) do solo, em diferentes mix de plantas de cobertura (MIX) (Tb, Nf, Ap, Er) e bactérias solubilizadoras de fósforo (BSF): sem inoculação, Bs + Bm (*Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*), e Pf (*Pseudomonas fluorescens*), em relação à testemunha (com adubação 100%) (C.V = 5,05%).

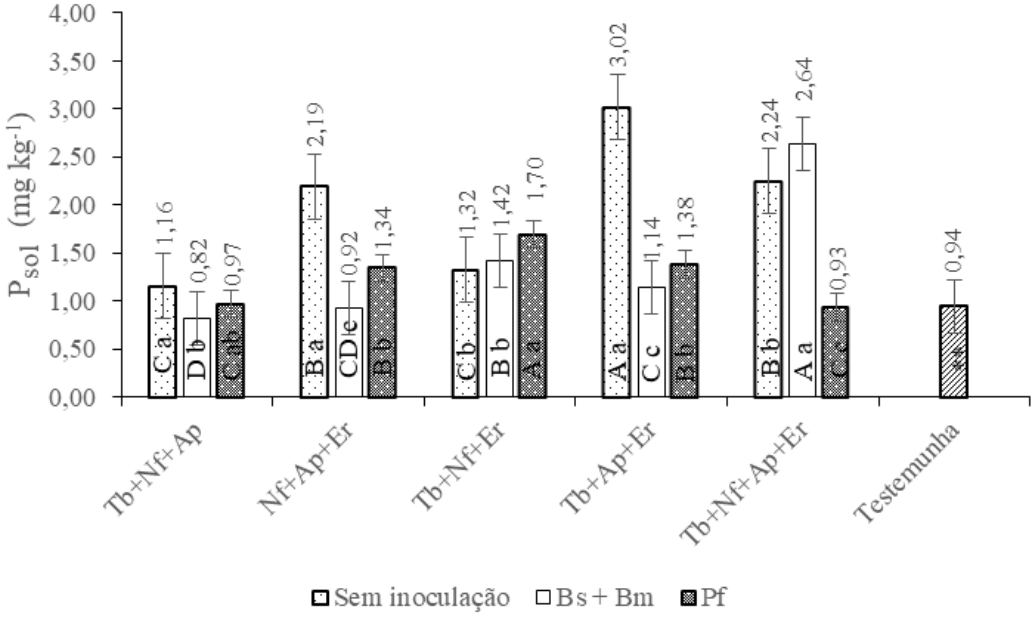
Por outro lado, ao considerar o efeito dos diferentes MIX dentro de cada tratamento com BSF (letras maiúsculas na Figura 6), podemos observar que *(i)* no tratamento sem inoculação da soja com BSF, o melhor resultado de fósforo total (P_T), foi no mix Tb+Ap+Er (213,03 mg kg^{-1}), seguido dos mix Nf+Ap+Er e Tb+Nf+Er que não diferem entre si. O mix Tb+Nf+Ap+Er vem logo abaixo e com o menor resultado foi o mix Tb+Nf+Ap (153,03 mg kg^{-1}). *(ii)* Quando foi utilizado o inoculante Bs + Bm foi observado os mix Nf+Ap+Er (244,69 mg kg^{-1}), os mix Tb+Nf+Ap, Tb+Nf+Er, Tb+Ap+Er não diferiram estaticamente entre si, o menor resultado foi observado no mix Tb+Nf+Ap+Er (178,03 mg kg^{-1}). *(iii)* Ao

utilizar a Pf na inoculação da soja, os melhores resultados foram obtidos nos solos dos mix Tb+Nf+Ap e Tb+Nf+Ap+Er (234,69 mg kg^{-1} e 231,36 mg kg^{-1}, respectivamente) sem diferença estatística, seguidos do mix Tb+Ap+Er e posteriormente pelo mix Nf+Ap+Er. O mix Tb+Nf+Er apresentou o menor valor de P_T (159,69 mg kg^{-1}).

O tratamento Testemunha (sem MIX e BSF) realizado com (100% da adubação recomendada) não deferiu dos demais tratamentos, possuindo o valor de fósforo total (P_t) semelhante aos demais tratamentos (201,36 mg kg^{-1}) (Figuras 6).

Na variável fósforo solúvel (P_{SOL}) (Figura 7), observando o efeito dos diferentes tipos de inoculação da soja com BSF dentro de cada MIX (letras minúsculas), nos mix Tb+Nf+Ap, Nf+Ap+Er e Tb+Ap+Er, o solo do da soja sem inoculação com BSF apresentou os maiores valores de fósforo solúvel (P_{SOL}) (1,16 ; 2,19 e 3,02 mg kg^{-1}, respectivamente), onde estes diferiram estatisticamente dos demais (Bs+Bm e Pf). Nos mix Nf+Ap+Er e Tb+Ap+Er os menores teores de P_{SOL} foram obtidos no solo do tratamento com Bs+Bm (0,92 e 1,14 mg kg^{-1}, respectivamente). Porém, dentro do mix Tb+Nf+Er o maior valor de P_{SOL} no solo foi encontrado no tratamento de Pf na soja (1,70 mg kg^{-1}), diferindo de forma significativa dos tratamentos sem BSF e Bs+Bm, os quais não apresentaram diferenças estatísticas. No mix Tb+Nf+Ap+Er o melhor resultado para P_{SOL} foi com a inoculação da soja com Bs+Bm (2,64 mg kg^{-1}), diferindo na sequência do tratamento sem BSF e do menor resultado notado na inoculação com Pf (0,93 mg kg^{-1}).

Por outro ao observar o efeito dos diferentes MIX dentro de cada tratamento com BSF (letras maiúsculas na Figura 7), pode-se observar que *(i)* no tratamento sem inoculação da soja com BSF o maior valor de P_{SOL} foi encontrado no solo do mix Tb+Ap+Er (3,02 mg kg^{-1}), seguido dos valores dos mix Nf+Ap+Er e Tb+Nf+Ap+Er que não diferira estaticamente entre si. Os menores valores de P_{SOL} foram encontrados nos solos dos mix Tb+Nf+Er (1,32 mg kg^{-1}) e Tb+Nf+Ap (1,16 mg kg^{-1}), respectivamente, não mostram diferença estatística entre eles. *(ii)* Quando foi utilizado o inoculante Bs + Bm o maior valor significativo foi encontrado no mix Tb+Nf+Ap+Er (2,64 mg kg^{-1}) diferindo dos demais. Depois disto, pode-se notar a sequência descrente de resultados: Tb+Nf+Er (1,42 mg kg^{-1}) que diferi dos demais, Tb+Ap+Er, Nf+Ap+Er e, com o menor resultado de $P_{SOL,}$ o mix Tb+Nf+Ap (0,82 mg kg^{-1}). *(iii)* No entanto, ao utilizar a Pf na inoculação da soja, o maior valor de P_{SOL} foi encontrado no solo do mix Tb+Nf+Er (1,70 mg kg^{-1}), seguido dos mix Tb+Ap+Er e Nf+Ap+Er que não diferem entre si. Os menores valores foram encontrados nos mix Tb+Nf+Ap e Tb+Nf+Ap+Er (0,97 mg kg^{-1} e 0,93mg kg^{-1}), respetivamente, sem apresentar diferença estatística entre eles (Figura 7).



Legenda:

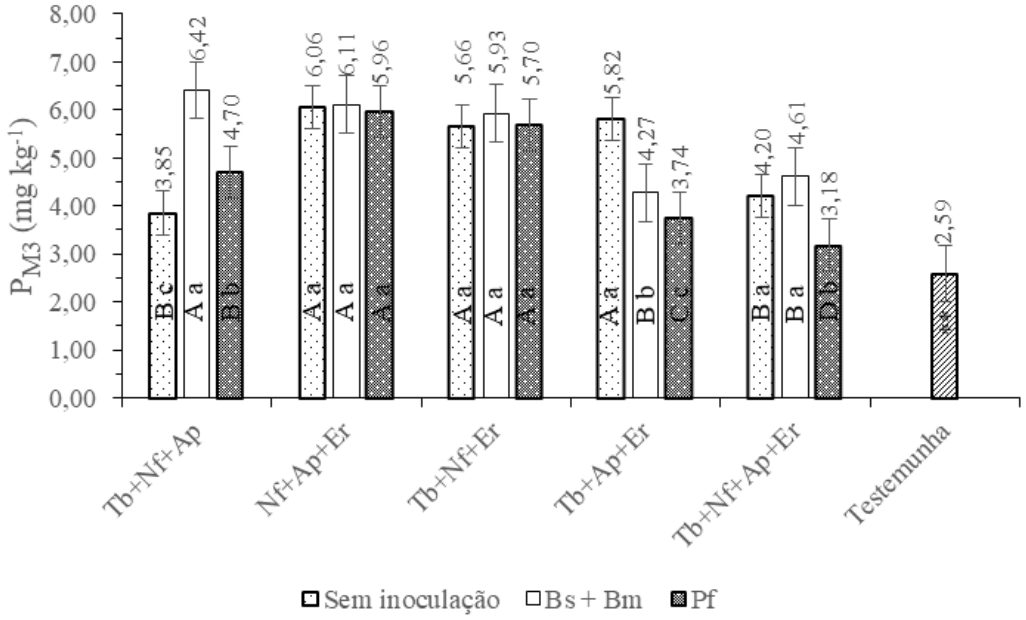
Tb+Nf+Ap = tremoço branco + nabo forrageiro + aveia preta;
Nf+Ap+Er = nabo forrageiro + aveia preta + ervilhaca;
Tb+Nf+Er = tremoço branco + nabo forrageiro + ervilhaca;
Tb+Ap+Er = tremoço branco + aveia preta + ervilhaca;
Tb+Nf+Ap+Er = tremoço branco + nabo forrageiro + aveia preta + ervilhaca;
Sem inoculação = sem inoculação com BSF e sem adubação de base com P_2O_5;
Bs+Bm = *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*;
Pf = *Pseudomonas fluorescens*;
Testemunha- sem mix de plantas de cobertura de inverno, sem inoculação com BSF e com adubação base com P_2O_5.
*Médias seguidas pela mesma letra minúscula no mesmo mix de plantas de cobertura de inverno (MIX) e maiúscula no mesmo tipo de inoculação (BSF) na horizontal, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p<0,01$).

Figura 7. Valores de fósforo solúvel (P_{SOL}) no solo, em diferentes mix de plantas de cobertura (MIX) (Tb, Nf, Ap, Er) e bactérias solubilizadoras de fósforo (BSF): sem inoculação, Bs + Bm (*Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*), e Pf (*Pseudomonas fluorescens*), em relação à testemunha (com adubação 100%) (C.V = 6,45%).

O tratamento Testemunha (sem MIX, sem BSF e com 100% da adubação recomenda) deferiu significativamente dos demais tratamentos testados ($p<0,01$), apresentando um valor de fósforo solúvel (P_{SOL}) de 0,94mg kg^{-1}, menor que a maioria dos tratamentos (Figura 7).

Na variável fósforo disponível em Mehlich 3 (P_{M3}) no solo (Figura 8), observando-se o efeito dos diferentes tipos de inoculação com BSF dentro de cada MIX (letras minúsculas), no mix Tb+Nf+Ap o maior valor observado de P_{M3} foi na presença de Bs+Bm (6,42 mg kg^{-1}) diferindo estatisticamente dos demais, sendo seguido pela inoculação da soja com Pf (4,70 mg kg^{-1}) a qual diferiu do menor teor sem inoculação (3,85 mg kg^{-1}). Porém o mesmo não foi observado no mix Tb+Ap+Er, onde o maior teor de PM_3 foi observado no solo sem inoculação da soja (5,82 mg kg^{-1}) diferindo dos demais onde a inoculação com Bs +Bm (4,27 mg kg^{-1}) diferiu do menor valor na inoculação da soja com Pf (3,74 mg kg^{-1}). Outra resposta diferente para P_{M3} foi observada no mix Tb+Nf+Ap+Er, onde os maiores teores foram

notados nos solos dos tratamentos sem inoculação (4,20 mg kg^{-1}) e com Bs + Bm (4,61 g kg^{-1}), diferindo significativamente do menor teor de com o uso de Pf na soja (3,18 mg kg^{-1}). Nos mix Nf+Ap+Er e Tb+Nf+Er não houve diferença estatística entre os tratamentos com BSF (Figura 8).



Legenda:
Tb+Nf+Ap = tremoço branco + nabo forrageiro + aveia preta;
Nf+Ap+Er = nabo forrageiro + aveia preta + ervilhaca;
Tb+Nf+Er = tremoço branco + nabo forrageiro + ervilhaca;
Tb+Ap+Er = tremoço branco + aveia preta + ervilhaca;
Tb+Nf+Ap+Er = tremoço branco + nabo forrageiro + aveia preta + ervilhaca;
Sem inoculação = sem inoculação com BSF e sem adubação de base com P_2O_5;
Bs+Bm = *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*;
Pf = *Pseudomonas fluorescens*;
Testemunha- sem mix de plantas de cobertura de inverno, sem inoculação com BSF e com adubação base com P_2O_5.
*Médias seguidas pela mesma letra minúscula no mesmo mix de plantas de cobertura de inverno (MIX) e maiúscula no mesmo tipo de inoculação (BSF) na horizontal, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p<0,01$).

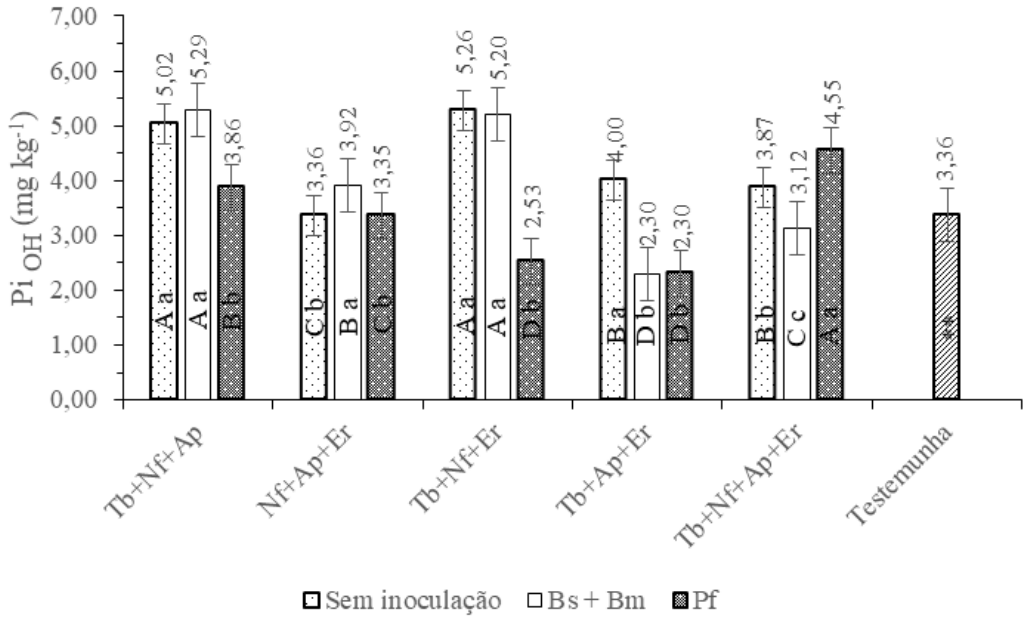
Figura 8. Valores de fósforo disponível em Mehlich 3 (P_{M3}) no solo, em diferentes mix de plantas de cobertura (MIX) (Tb, Nf, Ap, Er) e bactérias solubilizadoras de fósforo (BSF): sem inoculação, Bs + Bm (*Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*), e Pf (*Pseudomonas fluorescens*), em relação à testemunha (com adubação 100%) (C.V = 4,37%).

Ao considerar o efeito dos diferentes MIX dentro de cada tratamento com BSF (letras maiúsculas na Figura 8) os maiores valores de P_{M3} no tratamento *(i)* sem inoculação da soja com BSF foram encontrados nos mix Nf+Ap+Er, Tb+Ap+Er e Tb+Nf+Er (6,06 mg kg^{-1}, 5,82 mg kg^{-1} e 5,66 mg kg^{-1}, respectivamente) e não diferiram estatisticamente entre si, sendo seguidos na sequência pelos mix Tb+Nf+Ap+Er e Tb+Nf+Ap (4,20 mg kg^{-1} e 3,85 mg kg^{-1}) com os menores valores obtidos de P_{M3}, sem diferença entre eles. *(ii)* Quando foi utilizado o inoculante Bs + Bm, os mix que apresentaram os maiores valores foram Tb+Nf+Ap,

Nf+Ap+Er e Tb+Nf+Er (6,42 mg kg^{-1}, 6,11 mg kg^{-1} e 5,93mg kg^{-1}, respectivamente) sem diferença estatística entre si. Os menores valores foram encontrados nos solos dos mix Tb+Nf+Ap+Er e Tb+Ap+Er (4,61 mg kg^{-1} e 4,27 mg kg^{-1}, respetivamente) sem diferença entre si. Na utilização de *(iii)* Pf na inoculação da soja, os maiores teores de P_{M3} foram encontrados nos solos dos mix Nf+Ap+Er e Tb+Nf+Er (5,96 mg kg^{-1} e 5,70 mg kg^{-1}, respectivamente) sem diferença estatística entre eles, porém diferindo dos demais. Na sequência, foi notado que o Tb+Nf+Ap (4,70 mg kg^{-1}) foi superior e diferiu do mix Tb+Ap+Er (3,74) este por sua vez foi superior ao mix Tb+Nf+Ap+Er (3,18 mg kg^{-1}) que representou o menor teor obtido de P_{M3} (Figura 8). Os teores de P_{M3} de todos os tratamentos superaram o da Testemunha. Este aumento na fração de fósforo solúvel está diretamente ligado a ciclagem das plantas de cobertura e a solubilização de P pelas bactérias **(**KIEHL, 1985; RICHARDSON, 2001**).**

O tratamento Testemunha (sem MIX, sem BSF e com 100% da adubação recomenda) deferiu dos demais tratamentos testados ($p<0,01$), diferiu dos tratamentos testados com o menor teor de P_{M3}= 2,59 mg kg^{-1} quando comparados ao demais (Figura 8).

Para a variável P inorgânico extraído por NaOH (Pi_{OH}) do solo (Figura 9), quando considerado o efeito dos diferentes tipos de inoculação com BSF dentro de cada MIX (letras minúsculas), nos mix Tb+Nf+Ap e Tb+Nf+Er os tratamento sem inoculação (5,02 e 5,26 mg kg^{-1}, respectivamente) e com Bs+Bm (5,29 e 5,20 mg kg^{-1}, respectivamente) apresentam os maiores resultados de Pi_{OH} e não diferiram entre si, sendo superiores aos menores teores obtidos na inoculação da soja com Pf (3,86 e 2,53 mg kg^{-1}) (Figura 8). Para o mix Nf+Ap+Er o maior teor de Pi_{OH} foi constado no tratamento com Bs+Bm (3,92 mg kg^{-1}) diferindo do menores teores obtidos nos tratamentos sem inoculação e com Pf (3,36 mg $kg^{-}1$ e 3,35 mg kg^{-1}, respectivamente). Para o mix Tb+Ap+Er o maior teor de Pi_{OH} foi notado no tratamento sem a presença de inoculação com BSF (4,00 mg kg^{-1}) diferindo dos tratamentos com Bs+Bm e Pf, que não diferiram entre si com valores idênticos (2,30 mg kg^{-1}). Porém no mix Tb+Nf+Ap+Er o maior valor de Pi_{OH} foi encontrado no uso de Pf na soja (4,55 mg kg^{-1}), diferindo do tratamento sem a presença de BSF (3,12 mg kg^{-1}) e o qual foi superior quando comparado ao teor da inoculação com Bs+Bm (3,12 mg kg^{-1}).



Legenda:
Tb+Nf+Ap = tremoço branco + nabo forrageiro + aveia preta;
Nf+Ap+Er = nabo forrageiro + aveia preta + ervilhaca;
Tb+Nf+Er = tremoço branco + nabo forrageiro + ervilhaca;
Tb+Ap+Er = tremoço branco + aveia preta + ervilhaca;
Tb+Nf+Ap+Er = tremoço branco + nabo forrageiro + aveia preta + ervilhaca;
Sem inoculação = sem inoculação com BSF e sem adubação de base com P_2O_5;
Bs+Bm = *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*;
Pf = *Pseudomonas fluorescens*;
Testemunha- sem mix de plantas de cobertura de inverno, sem inoculação com BSF e com adubação base com P_2O_5.
*Médias seguidas pela mesma letra minúscula no mesmo mix de plantas de cobertura de inverno (MIX) e maiúscula no mesmo tipo de inoculação (BSF) na horizontal, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p<0,01$).

Figura 9. Valores P inorgânico extraído por NaOH (Pi_{OH}), em diferentes mix de plantas de cobertura (MIX) (Tb, Nf, Ap, Er) e bactérias solubilizadoras de fósforo (BSF): sem inoculação, Bs + Bm (*Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*), e Pf (*Pseudomonas fluorescens*), em relação à testemunha (com adubação 100%) (C.V = 3,73%).

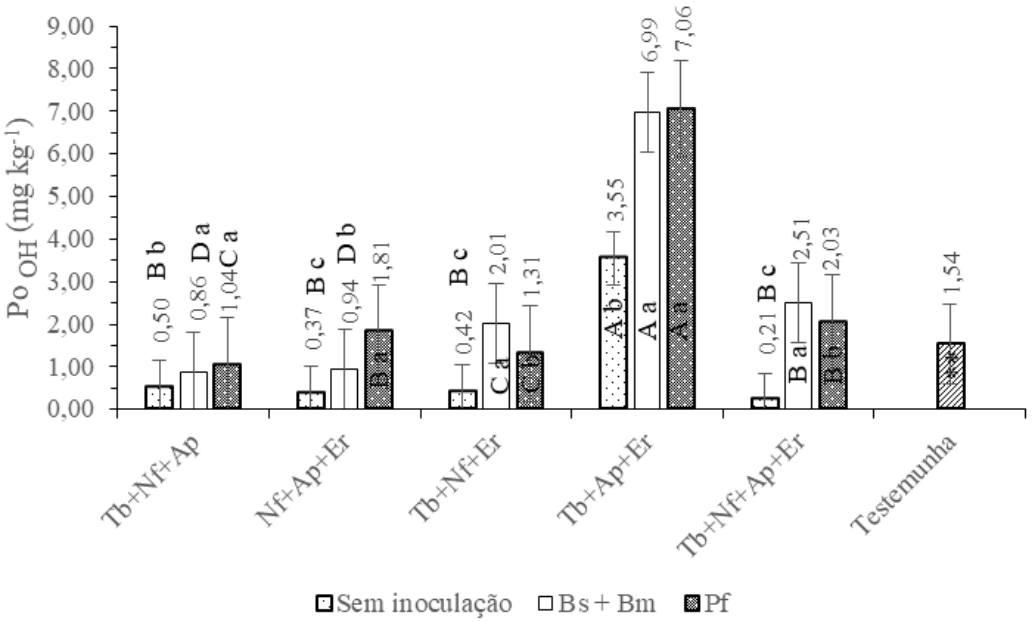
Por outro lado, ao observar o efeito dos diferentes MIX dentro de cada tratamento com BSF (letras maiúsculas na Figura 9) podemos notar que *(i)* no tratamento sem inoculação da soja com BSF as melhores respostas de Pi_{OH} foram verificados nos solos dos mix Tb+Nf+Ap e Tb+Nf+Er (5,02 e 5,26 mg kg^{-1}, respectivamente) não diferiram significativamente entre si, porém foram superiores aos demais, onde os mix Tb+Ap+Er e Tb+Nf+Ap+Er tiveram respostas semelhantes mas significativa em relação ao menor teor do mix Nf+Ap+Er (3,36 mg kg^{-1}). *(ii)* O mesmo efeito foi verificado no tratamento com inoculante Bs + Bm na soja, ou seja onde as melhores respostas de Pi_{OH} também foram verificados nos solos dos mix Tb+Nf+Ap e Tb+Nf+Er (5,29 mg kg^{-1} e 5,26 mg kg^{-1}, respectivamente), seguidos do valor do mix Nf+Ap+Er, Tb+Nf+Ap+Er e o menor teor obtido no mix Nf+Ap+Er (2,30 mg kg^{-1}). *(iii)* No entanto, ao utilizar a inoculação com Pf na soja, o melhor resultado significativo foi no

mix Tb+Nf+Ap+Er(4,55 mg kg^{-1}), seguido do mix Tb+Nf+Ap, posteriormente o mix Nf+Ap+Er e com o menores valores respectivamente os mix Tb+Nf+Er e Tb+Ap+Er (2,53 mg kg^{-1} e 2,30 mg kg^{-1}, respectivamente), sem diferença estatística entre os últimos.

O tratamento Testemunha (sem MIX, sem BSF e com 100% da adubação recomenda) deferiu dos demais tratamentos testados ($p<0,01$), apresentando um valor de de Pi_{OH} (3,36 mg kg^{-1}) (Figura 9).

Ao analisar a variável P orgânico extraído por NaOH (Po_{OH}) no solo (Figura 10), considerando-se o efeito dos diferentes tipos de inoculação com BSF dentro de cada MIX (letras minúsculas), nos mix Tb+Nf+Ap e Tb+Ap+Er, os maiores valores de Po_{OH} foram constados nos solos dos tratamentos com inoculação na soja com Bs+Bm (0,86 e 6,99 mg kg^{-1}, respectivamente) e Pf e (1,04 mg kg^{-1} e 7,06 mg kg^{-1}, respectivamente), sem diferenças entre si, porém significativamente superiores em relação ao tratamento sem a presença de BSF (0,50 mg kg^{-1}). Porém, no mix Nf+Ap+Er o maior valor de Po_{OH} ficou com o solo onde a soja foi inoculada com Pf (1,81 mg kg^{-1}), seguido do inoculante Bs+Bm(0,94 mg kg^{-1}) e com o menor teor do tratamento sem a presença de BSF (0,37mg kg^{-1}). Diferentemente, nos mix Tb+Nf+Er e Tb+Nf+Ap+Er, os maiores valores de de Po_{OH} foram observados no tratamento com Bs+Bm (2,01 e 2,51 mg kg^{-1}, respectivamente), sem diferenças entre si, porém significativamente superior em relação ao tratamento com Pf (1,31 e 2,03 mg kg^{-1}, respectivamente) o qual diferiu dos menores teores de Po_{OH} obtidos na ausência de BSF (0,42 e 0,21 mg kg^{-1}, respectivamente) (Figura 10).

Observando o efeito dos diferentes MIX dentro de cada tratamento com BSF (letras maiúsculas na Figura 10), *(i)* no tratamento sem inoculação da soja com BSF o melhor resultado de Po_{OH} foi observado no solo do mix Tb+Ap+Er (3,55 mg kg^{-1}) diferindo dos demais, onde não apresentaram diferenças estatisitcas entre si (Tb+Nf+Ap, Tb+Nf+Er, Nf+Ap+Er e Tb+Nf+Ap+Er). *(ii)* O mesmo resultado foi notado para a inoculação com Bs+Bm, onde o melhor resultado de Po_{OH} foi observado no solo do mix Tb+Ap+Er (6,99 mg kg^{-1}), seguido pelo mix Tb+Nf+Ap+Er e, posteriormente, o mix Tb+NF+Er e, com os menores resultados, os mix Nf+Ap+Er e Tb+Nf+Ap (0,94 mg kg^{-1} e 0,86 mg kg^{-1}) respetivamente, sem diferença estatística entre eles. *(iii)* Na inoculação com Pf a superioridade do mix Tb+Ap+Er (7,06 mg kg^{-1}) também foi confirmada, apresentando o maior teor de Po_{OH}, seguido dos mix Tb+Nf+Ap+Er e Nf+Ap+Er, os quais não se diferenciaram estatisticamente e dos menores teores obtidos nos mix Tb+Nf+Er e Tb+Nf+Ap (1,31 mg kg^{-1} e 1,04 mg kg^{-1}), respetivamente, não diferindo entre si.



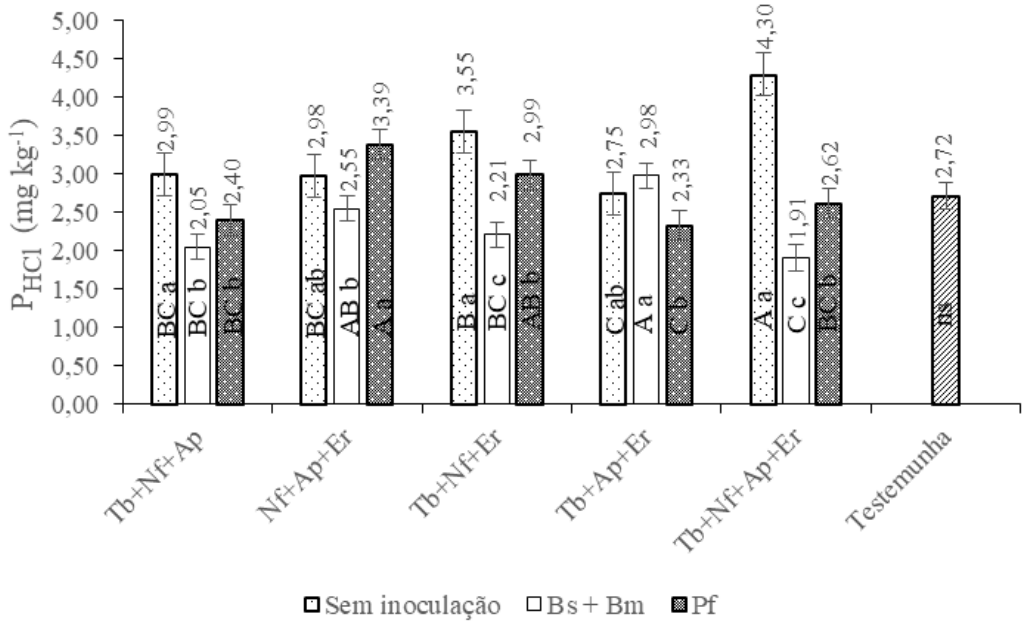
Legenda:
Tb+Nf+Ap = tremoço branco + nabo forrageiro + aveia preta;
Nf+Ap+Er = nabo forrageiro + aveia preta + ervilhaca;
Tb+Nf+Er = tremoço branco + nabo forrageiro + ervilhaca;
Tb+Ap+Er = tremoço branco + aveia preta + ervilhaca;
Tb+Nf+Ap+Er = tremoço branco + nabo forrageiro + aveia preta + ervilhaca;
Sem inoculação = sem inoculação com BSF e sem adubação de base com P_2O_5;
Bs+Bm = *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*;
Pf = *Pseudomonas fluorescens*;
Testemunha- sem mix de plantas de cobertura de inverno, sem inoculação com BSF e com adubação base com P_2O_5.
*Médias seguidas pela mesma letra minúscula no mesmo mix de plantas de cobertura de inverno (MIX) e maiúscula no mesmo tipo de inoculação (BSF) na horizontal, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p<0,01$).

Figura 10. Valores médios de P orgânico extraído por NaOH (Po_{OH}) no solo, em diferentes mix de plantas de cobertura (MIX) (Tb, Nf, Ap, Er) e bactérias solubilizadoras de fósforo (BSF): sem inoculação, Bs + Bm (*Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*), e Pf (*Pseudomonas fluorescens*), em relação à testemunha (com adubação 100%) (C.V = 8,40%).

O tratamento Testemunha (sem MIX, sem BSF e com 100% da adubação recomenda) deferiu dos demais tratamentos testados ($p<0,01$), apresentando um valor de Po_{OH} = 1,54 mg kg^{-1}) (Figura 10).

Na variável fósforo em HCl (P_{HCl}) no solo (Figura 11), ao analisar o efeito dos diferentes tipos de inoculação com BSF dentro de cada MIX (letras minúsculas), pode-se observar que no mix Tb+Nf+Ap o maior teor de P_{HCl} foi encontrado no solo do tratamento sem a presença de inoculante com BSF (2,99 mg kg^{-1}) diferindo significativamente de Pf e Bs+Bm foram encontrados valores menores (2,40 mg kg^{-1} e 2,05 mg kg^{-1}) respectivamente, sem demostrar diferença estatística significativa. No mix Nf+Ap+Er os maiores de P_{HCl} no solo foram obtidos nos tratamentos com a inoculação de Pf (3,39 mg kg^{-1}) e sem inoculação (2,98 mg kg^{-1}), não diferindo entre si. Porém o tratamento sem inoculação também não diferiu do tratamento com Bs+Bm (2,55 mg kg^{-1}), sendo este menor valor obtido. Nos mix

Tb+Nf+Er e Tb+Nf+Ap+Er os maiores teores significativos de P_{HCl} foram observados nos solos do tratamento sem inoculação com BSF (3,55 mg kg^{-1} e 4,30 mg kg^{-1}, respectivamente), seguido da inoculação com Pf (2,99 mg kg^{-1} e 2,62 mg kg^{-1}, respectivamente) sendo este superior aos menores teores obtidos com o uso da inoculação da soja com Bs+ Bm (2,21 e 1,91 mg kg^{-1}, respectivamente). Porém, o mesmo efeito não foi verificado no mix Tb+Ap+Er onde a melhor resposta para P_{HCl} foi encontrado no solo onde foi inoculada a soja com Bs+Bm (2,98 mg kg^{-1}), diferindo de forma significativa dos demais, sendo seguido pelo tratamento sem BSF e pelo menor teor observado no tratamento com Pf (2,33 mg kg^{-1}) (Figura 11).



Legenda:
Tb+Nf+Ap = tremoço branco + nabo forrageiro + aveia preta;
Nf+Ap+Er = nabo forrageiro + aveia preta + ervilhaca;
Tb+Nf+Er = tremoço branco + nabo forrageiro + ervilhaca;
Tb+Ap+Er = tremoço branco + aveia preta + ervilhaca;
Tb+Nf+Ap+Er = tremoço branco + nabo forrageiro + aveia preta + ervilhaca;
Sem inoculação = sem inoculação com BSF e sem adubação de base com P_2O_5;
Bs+Bm = *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*;
Pf = *Pseudomonas fluorescens*;
Testemunha- sem mix de plantas de cobertura de inverno, sem inoculação com BSF e com adubação base com P_2O_5.
*Médias seguidas pela mesma letra minúscula no mesmo mix de plantas de cobertura de inverno (MIX) e maiúscula no mesmo tipo de inoculação (BSF) na horizontal, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p<0,01$).

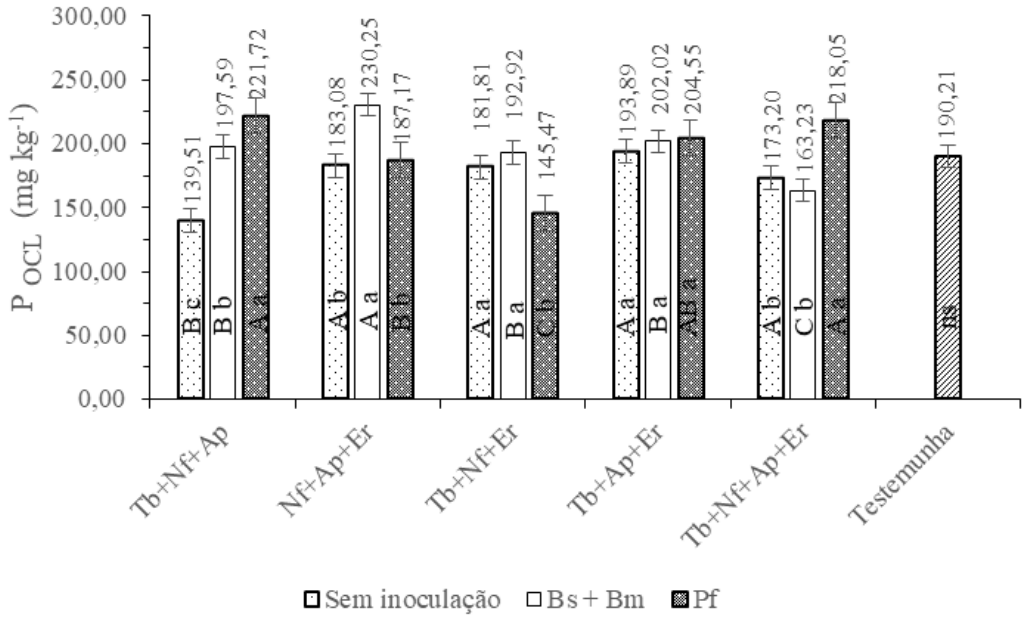
Figura 11. Valores médios de variável fósforo em HCl (P_{HCl}) no solo de diferentes mix de plantas de cobertura (MIX) (Tb, Nf, Ap, Er) e bactérias solubilizadoras de fósforo (BSF): sem inoculação, Bs + Bm (*Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*), e Pf (*Pseudomonas fluorescens*), em relação à testemunha (com adubação 100%) (C.V = 9,34%).

De outro modo, ao observar o efeito dos diferentes MIX dentro de cada tratamento com BSF (letras maiúsculas na Fiura 11), foi verificado que *(i)* no tratamento sem inoculação da soja com BSF o maior de P_{HCl} no solo foi observado no solo do mix Tb+Nf+Ap+Er,

seguido dos mix Tb+Nf+Ap, Nf+Ap+Er e Tb+Nf+Er, que diferiram do Tb+Ap+Er que apresentou o menor valor de P_{HCl} (2,75 mg kg^{-1}). *(ii)* Porém, quando foi utilizado o inoculante Bs + Bm, o maior teor de P_{HCl} foi notado no mix Tb+Ap+Er (2,98 mg kg^{-1}) diferindo significativamente dos demais, onde o menor valor foi verificado para o mix completo Tb+Nf+Ap+Er (1,91 mg kg^{-1}). *(iii)* No tratamento com inoculação da soja com Pf o maior valor de P_{HCl} ficou registrado significativamente no solo do mix Nf+Ap+Er sendo seguido pelo mix Tb+Nf+Er e diferindo dos demais. A menor resposta para P_{HCl} foi encontrada no solo do mix Tb+Ap+Er (2,33 mg kg^{-1}) (Figura 11). Os valores baixos de P_{HCl} indicam que havia pouco P ligado ao cálcio (CROSS & SCHLESINGER,1995), podendo ser resultante da acidez ativa média do solo no início do período experimental (Tabela1).

O tratamento Testemunha (sem MIX e BSF) realizado com (100% da adubação recomenda) com teor de P_{HCl}= 2,72 mg kg^{-1}, não deferiu dos demais tratamentos testados (Figuras 11).

Par a variável fósforo ocluso (P_{OCL}) no solo (Figura 12), quando considera-se o efeito dos diferentes tipos de inoculação com BSF dentro de cada MIX (letras minúsculas) foi observado que, o mix Tb+Nf+Ap na presença de Pf apresentou o maior teor de fósforo ocluso (P_{OCL}) (221,72 mg kg^{-1}) e diferiu dos demais tipos de inoculação, sendo seguido pelo tratamento com Bs+Bm (197,59 mg kg^{-1}) e pelo tratamento com ausência de BSF (139,51 mg kg^{-1}), o qual apresentou o menor teor (Figuras 11). Porém, no mix Nf+Ap+Er o maior teor de P_{OCL} encontrado foi no tratamento com Bs+Bm (230,25 mg kg^{-1}), diferido de forma significativa dos demais tipos de inoculação testados (Pf = 187,17 mg kg^{-1} superior ao menor teor do solo sem inoculação com BSF = 183,08 mg kg^{-1}). Resposta diferenciada das demais foi notada no mix Tb+Nf+Er onde os maiores valores foram obtidos no uso de Bs+Bm e na ausência de BSF (192,92 mg kg^{-1} e 181,81 mg kg^{-1}) respectivamente, sem apresentarem diferença estatística entre si. O menor teor de P_{OCL} foi verificado para o uso de Pf na soja (145,47 mg kg^{-1}). Diferentemente, o mix Tb+Ap+Er não apresentou diferença estatística entre os diferentes tipos de BSF. E finalmente, seguindo a mesma tendência do mix Tb+Nf+Ap, o maior teor de P_{OCL} do mix Tb+Nf+Ap+Er também foi observado para o uso da inoculação da soja com Pf (218,05 mg kg^{-1}), sendo significativamente superior aos demais tratamentos testados, os quais não diferiram estatisticamente (Bs+Bm e sem inoculação).



Legenda:
Tb+Nf+Ap = tremoço branco + nabo forrageiro + aveia preta;
Nf+Ap+Er = nabo forrageiro + aveia preta + ervilhaca;
Tb+Nf+Er = tremoço branco + nabo forrageiro + ervilhaca;
Tb+Ap+Er = tremoço branco + aveia preta + ervilhaca;
Tb+Nf+Ap+Er = tremoço branco + nabo forrageiro + aveia preta + ervilhaca;
Sem inoculação = sem inoculação com BSF e sem adubação de base com P_2O_5;
Bs+Bm = *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*;
Pf = *Pseudomonas fluorescens*;
Testemunha- sem mix de plantas de cobertura de inverno, sem inoculação com BSF e com adubação base com P_2O_5.
*Médias seguidas pela mesma letra minúscula no mesmo mix de plantas de cobertura de inverno (MIX) e maiúscula no mesmo tipo de inoculação (BSF) na horizontal, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p<0,01$)..

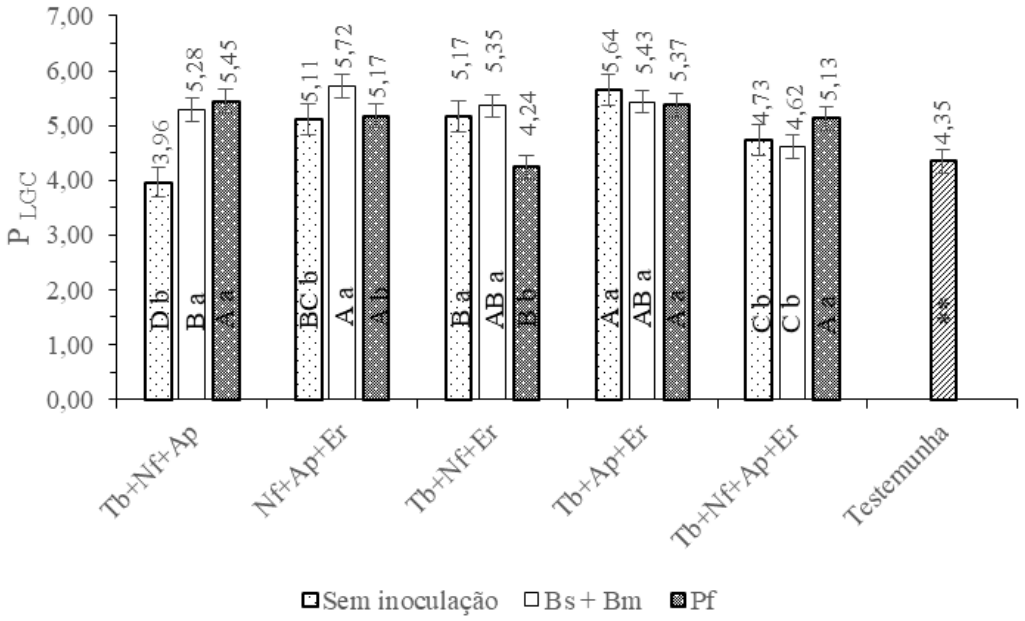
Figura 12. Valores médios de fósforo ocluso (P_{OCL}) no solo, em diferentes mix de plantas de cobertura (MIX) (Tb, Nf, Ap, Er) e bactérias solubilizadoras de fósforo (BSF): sem inoculação, Bs + Bm (*Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*), e Pf (*Pseudomonas fluorescens*), em relação à testemunha (com adubação 100%) (C.V = 5,48%).

Ao observar o efeito dos diferentes MIX dentro de cada tratamento com BSF (letras maiúsculas na Figura 12), *(i)* no tratamento sem inoculação da soja com BSF, os teores de P_{OCL} nos solos dos mix Nf+AP+Er, Tb+Nf+Er, Tb+Ap+Er, Tb+Nf+Ap+Er não diferiram estatisticamente entre si e foram superiores ao mix Tb+Nf+Ap (230,25 mg kg^{-1}) que apresentou o menor teor de P_{OCL}. *(ii)* Quando foi utilizado o inoculante Bs + Bm, o maior valor de P_{OCL} foi encontrado no mix Nf+Ap+Er (230,25 mg kg^{-1}) diferindo dos demais mix. Os mix Tb+Nf+Ap, Tb+Nf+Er, Tb+Ap+Er não diferiram entre si, porém foram superiores em relação ao mix Tb+Nf+Ap+Er (163,23 mg kg^{-1}) com menor valor de P_{OCL}. *(iii)* No entanto, ao utilizar a Pf na inoculação da soja, os mix Tb+Nf+Ap e Tb+Nf+Ap+Er apresentaram os maiores valores (221,72 mg kg^{-1} e 218,05 mg kg^{-1}) respectivamente, não diferindo entre si, porém foram superiores aos demais, onde o menor teor foi verificado para o mix Tb+Nf+Er (145,47 mg kg^{-1}).

O tratamento Testemunha (sem MIX e BSF) realizado com (100% da adubação recomenda) não deferiu dos demais tratamentos, possuindo um valor de fósforo ocluso (P_{OCL}) semelhantes aos demais tratamentos testados (Figuras 12).

Para a variável índice de fósforo legado (P_{LGC}) no solo (Figura 13), considerando-se o efeito dos diferentes tipos de inoculação com BSF dentro de cada MIX (letras minúsculas), foi constado que no mix Tb+Nf+Ap os solos dos tratamentos com Pf e Bs+Bm apresentam os maiores valores do índice de P_{LGC} (5,45 e 5,28, respectivamente) diferindo de maneira significativa do menor índice verificado no tratamento sem inoculação de BSF na soja (3,96). Porém, no mix Nf+Ap+Er o maior índice de P_{LGC} foi observado apenas no uso de Bs+Bm na soja (5,72) diferindo dos demais onde os índices dos tratamentos com Pf (5,17) e sem na ausência de BSF (5,11) na soja, não diferem estatisticamente entre si. Isso não foi verificado no mix Tb+Nf+Er onde os maiores índices foram constados nos tratamentos com Bs+Bm (5,35) e sem inoculação com BSF (5,17) na soja, os quais não diferiram de forma significativa entre si, porém foram superiores ao tratamento com Pf (4,24). Resposta diferenciada foi observada no mix Tb+Ap+Er onde não houve diferença estatística entre os diferentes tratamentos testados com BSF. O mix Tb+Nf+Ap+Er teve o maior índice de P_{LGC} no solo com inoculação com Pf (5,13) na soja, diferindo significativamente dos tratamentos com Bs+Bm (4,62) e na ausência de inoculação (4,73), sendo semelhantes estatisticamente.

Por outro lado, ao considerar o efeito dos diferentes MIX dentro de cada tratamento com BSF (Figura 13), pode-se notar que *(i)* no tratamento sem inoculação da soja com BSF o maior valor do índice de P_{LGC} foi notado no solo do mix Tb+Ap+Er (5,64) diferindo estatisticamente dos demais, onde o menor índice foi notado no mix Tb+Nf+Ap (3,96) (Figura 13). *(ii)* Por outro lado, quando foi utilizado o inoculante Bs + Bm na soja, o maior índice foi constado no solo do mix Nf+Ap+Er (5,72), seguido dos mix Tb+Ap+Er e Tb+Nf+Er que não diferem estatisticamente entre si, porém foram superiores ao mix Tb+Nf+Ap. O mix Tb+Nf+Ap+Er apresentou o menor índice (4,62) e diferiu dos demais. *(iii)* Quando foi utilizada Pf na inoculação da soja, os mix Tb+Nf+Ap, Tb+Ap+Er, Nf+Ap+Er e Tb+Nf+Ap+Er tiveram os maiores índices de P_{LGC} e foram semelhantes estatisticamente entre si, porém diferiram do menor índice encontrado no mix Tb+Ap+Er (4,24). Este resultado expressa que a aplicação de P realizada ao longo dos anos foi maior que as exportações da cultura, resultando no acúmulo de P ao longo do tempo (MOGOLLÓN *et al.,* 2018).



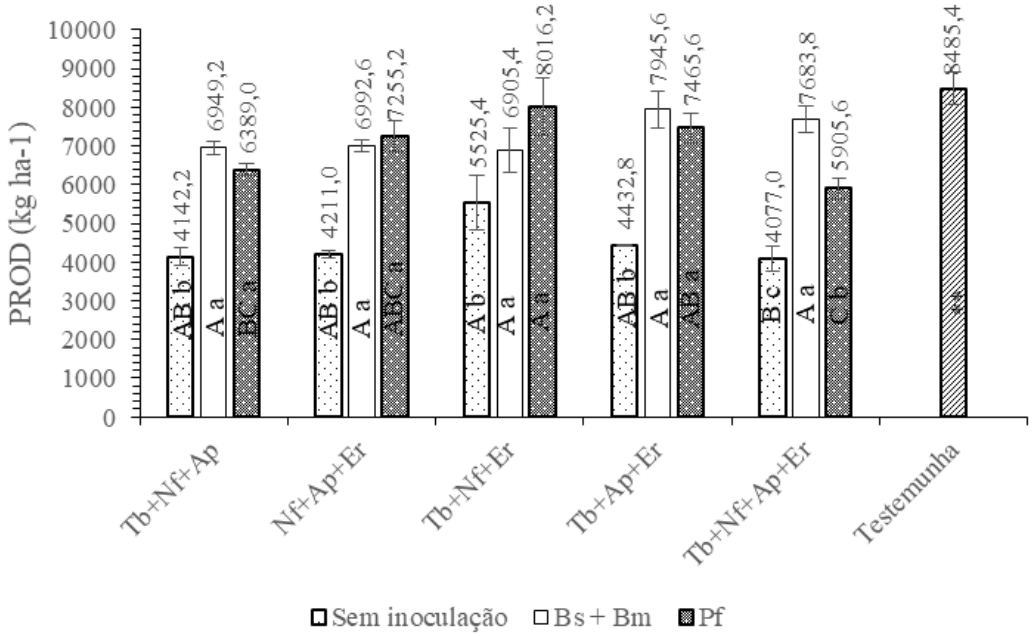
Legenda:
Tb+Nf+Ap = tremoço branco + nabo forrageiro + aveia preta;
Nf+Ap+Er = nabo forrageiro + aveia preta + ervilhaca;
Tb+Nf+Er = tremoço branco + nabo forrageiro + ervilhaca;
Tb+Ap+Er = tremoço branco + aveia preta + ervilhaca;
Tb+Nf+Ap+Er = tremoço branco + nabo forrageiro + aveia preta + ervilhaca;
Sem inoculação = sem inoculação com BSF e sem adubação de base com P_2O_5;
Bs+Bm = *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*;
Pf = *Pseudomonas fluorescens*;
Testemunha- sem mix de plantas de cobertura de inverno, sem inoculação com BSF e com adubação base com P_2O_5.
*Médias seguidas pela mesma letra minúscula no mesmo mix de plantas de cobertura de inverno (MIX) e maiúscula no mesmo tipo de inoculação (BSF) na horizontal, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p<0,01$).

Figura 13. Valores médios de índice de fósforo legado (P_{LGC}) no solo, em diferentes mix de plantas de cobertura (MIX) (Tb, Nf, Ap, Er) e bactérias solubilizadoras de fósforo (BSF): sem inoculação, Bs + Bm (*Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*), e Pf (*Pseudomonas fluorescens*), em relação à testemunha (com adubação 100%) (C.V = 3,59%).

O tratamento Testemunha (sem MIX, sem BSF e com 100% da adubação recomenda) deferiu dos demais tratamentos testados ($p<0,01$), apresentando um índice de P_{LGC}= 4,35 (Figura 13).

Para a variável produtividade de grãos (PROD) da cultura da soja (Figura 14), analisando o efeito dos diferentes tipos de inoculação com BSF dentro de cada MIX (letras minúsculas), pode-se observar que a PROD da soja nos mix Tb+Nf+Ap, Nf+Ap+Er, Tb+Nf+Er e Tb+Ap+Er não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos com Bs + Bm e Pf, porém estes foram superiores aos tratamentos sem inoculante (BSF), os quais apresentaram os menores valores de PROD. No entanto, no mix Tb+Nf+Ap+Er a inoculação com Bs + Bm proporcionou a maior produtividade (7.684 Kg ha^{-1}) e diferiu significativamente das demais (Bs + Bm e sem inoculação). O tratamento sem inoculação

(Tb+Nf+Ap+Er) apresentou o menor de PROD (4.077 Kg ha^{-1}) e foi significativamente inferior aos demais.



Legenda:
Tb+Nf+Ap = tremoço branco + nabo forrageiro + aveia preta;
Nf+Ap+Er = nabo forrageiro + aveia preta + ervilhaca;
Tb+Nf+Er = tremoço branco + nabo forrageiro + ervilhaca;
Tb+Ap+Er = tremoço branco + aveia preta + ervilhaca;
Tb+Nf+Ap+Er = tremoço branco + nabo forrageiro + aveia preta + ervilhaca;
Sem inoculação = sem inoculação com BSF e sem adubação de base com P_2O_5;
Bs+Bm = *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*;
Pf = *Pseudomonas fluorescens*;
Testemunha- sem mix de plantas de cobertura de inverno, sem inoculação com BSF e com adubação base com P_2O_5.
*Médias seguidas pela mesma letra minúscula no mesmo mix de plantas de cobertura de inverno (MIX) e maiúscula no mesmo tipo de inoculação (BSF) na horizontal, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p<0,01$).

Figura 14. Valores médios de produtividade de grãos (PROD), em kg ha^{-1}, na cultura da soja (133 DAE) em diferentes mix de plantas de cobertura (Tb, Nf, Ap, Er) e bactérias solubilizadoras de fósforo (BSF): sem inoculação, Bs + Bm (*Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium*), e Pf (*Pseudomonas fluorescens*), em relação à testemunha (com adubação 100%) (C.V = 9,36%).

Por outro lado, ao considerar o efeito dos diferentes MIX dentro de cada tratamento com BSF sobre a PROD (letras maiúsculas na Figuras 14), podemos observar que, *(i)* quando não foi utilizada a inoculação da soja com BSF (sem inoculação), o mix Tb+Nf+Er apresentou a maior produtividade (5.525 Kg ha^{-1}) e diferiu dos demais. Respostas intermediárias da PROD da soja foram observadas com uso dos mix Tb+Nf+Ap, Nf+Ap+Er e Tb+Ap+Er. A menor resposta de PROD da soja foi observada no mix Tb+Nf+Ap+Er (4.077 Kg ha^{-1}). *(ii)* Quando foi utilizado o inoculante Bs + Bm, não houve diferença estatística entre os diferentes tipos de MIX testados. *(iii)* No entanto, ao utilizar a Pf na inoculação da soja, efeito superior e significativo foi observado no mix Tb+Nf+Er onde a PROD da soja (8.016 Kg ha^{-1})

apresentou a maior resposta e diferiu das demais. A menor produtividade significativa foi obtida no mix Tb+Nf+Ap+Er (5.906 Kg ha^{-1}) (Figura 14). O fósforo está diretamente ligado a produção, portanto uma planta deficiente deste nutriente terá menor crescimento, menor floração, maior abortamento de vagens, o que resultará em menor produção (VENTIMIGLIA *et al.,*1999).

O tratamento Testemunha (sem MIX, sem BSF e com 100% da adubação recomenda) deferiu dos demais tratamentos testados ($p<0,01$), apresentando uma maior resposta de produtividade de grãos da soja (8.485 Kg ha^{-1}) (Figura 14).

CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo encontraram interação significativa para as combinações de tipos de mix de plantas de cobertura de inverno (MIX) e formas de inoculação com bactérias solubilizadores de fósforo (BSF) testados na soja (verão), sobre todas as variáveis consideradas, cada qual com suas especificidades. Essa interação destaca a importância destas estratégias combinadas na melhoria da fertilidade do solo e na promoção da sustentabilidade das áreas agrícolas.

Para a fração de P prontamente solúvel no solo (100% disponível), representado pelas variáveis P_{SOL} e P_{M3}, recomenda-se o uso dos mix Tb+Nf+Ap, Nf+Ap+Er e Tb+Nf+Ap+Er no inverno associado a inoculação da soja em sucessão com *Bacillus subtilis* + *Bacillus megaterium* (Bs+Bm). No entanto, ao se utilizar o mix Tb+Ap+Er no inverno, não há necessidade da inoculação da soja(verão) com BSF, para a elevação da disponibilidade de P no solo.

Na fração de P moderadamente lábil (50% disponível) representadas pelo Pi_{OH}, Po_{OH} e P_{HCL}, recomenda-se o uso do mix Tb+Nf+Ap no inverno associado a inoculação com Bs+Bm para maior liberação de P desta fração. No entanto, quando for adotado o uso mix Tb+Ap+Er no inverno, poderá ser utilizado tanto Bs+Bm como Pf na inoculação da soja verão. Não é recomendado o uso de BSF na soja após o uso dos mix Tb+Nf+Er e Tb+Nf+Ap+Er no inverno para melhoria dos teores de P da fração de moderadamente lábil.

Para a fração não lábil de P (10% disponível) representado pelo fósforo ocluso (P_{OCL}), recomenda-se utilizar o mix Tb+Nf+Ap no inverno, portanto sem inoculação da soja no verão como BSF, ou utilizar o mix Tb+Nf+Er no inverno associado com a inoculação da soja verão com Pf (*Pseudomonas fluorescens*).

Tendo em vista a redução da sorção de P pelo solo (P_{sor}), recomenda-se dos mix o mix Tb+Nf+Er e Tb+Nf+Ap+Er no inverno associados a inoculação da soja verão com Pf

(*Pseudomonas fluorescens*). Para o aumento do índice de fósforo legado (P_{LGC}) deve-se utilizar o mix Nf+Ap+Er no inverno combinado com a inoculação da soja (verão) com Bs+Bm, o que irá resultar no aumento de P_t e o P_{M3}. Outra forma recomendação para o aumento de P_{LGC} é o uso do mix Tb+Ap+Er no inverno portanto sem a presença de BSF na inoculação da soja, o que irá aumentar o teor de P_{SOL} do solo.

Para a produtividade de grãos da soja, recomenda-se o uso do mix Tb+Nf+Er no inverno e a inoculação da soja (verão) com Pf, o que irá proporcionar menor capacidade de sorção de P pelo solo (P_{SOR}) e menor quantidade de fósforo ocluso (P_{OCL}) no solo. Também é recomendado o uso do mix Tb+Ap+Er no inverno associada ao uso da inoculação de Bs+Bm na soja verão, para obtenção de incremento na produtividade de grãos e melhoria nos teores de fósforo orgânico (Po_{OH}) do solo. Não houve correlação da produtividade de grãos com as variáveis da fração prontamente solúveis (P_{SOL} e P_{M3}), indicando que outros fatores físicos ou biológicos possam ter interferido nos resultados obtidos na cultura da soja. Desta forma, recomenda-se estudos futuros com implantação de experimentos de longa duração.

AGRADECIMENTOS

As empresas Corteva Agriscience ™ (RC. Cristiano Colet – Chopinzinho -PR) e Ballagro Agro Tecnologia LTDA, pelo fornecimento de materiais para pesquisa.

REFERÊNCIAS

BRSEEDS, **Sementes para cobertura.** Acesso em: 02/10/2024. Disponível em: <https://www.brseeds.com/mixsementesinverno>.

CARNEIRO, R. G.; MENDES, I. 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, jul. 2004. https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004000700007

CARVALHO, F. T. De; NOVAIS, R. F. De; ALVAREZ V. V. H.; BARROS, N. F. De; CANTARUTTI, R. B.; BAHIA FILHO, A. F. C. **Sistema de interpretação de análise de solo para recomendação de NPK para a cultura do milho.** Viçosa, MG. Ceres, v.53, n.306. 2006. Disponível em < https://locus.ufv.br//handle/123456789/21008 >

COASUL. **Sistema meteorológico.** Cooperativa agroindustrial, São João – PR. 2024. Disponível em: <https://www.coasul.com.br/>.

CROSS, A.F.; SCHLESINGER, W.H. A literature review and evaluationof the Hedley fractionation: Applications to thebiogeochemical cycle of soil phosphorus in naturalecossistems. **Geoderma**, Amsterdam, v.64, n.3, p.197-214, 1995 Disponível em: https://doi.org/10.1016/0016-7061(94)00023-4

CRUZ, D. R. C.; FERREIRA, I. V. L.; MONTEIRO, N. O. da C.; NASCENTE, A. S.; OLIVEIRA, R. B.; SANTOS, S. G. F. dos; ROSA, C. O.; VIEIRA, I. C. de O. Microorganismos multifuncionais na agricultura: uma revisão sistemática sobre bactérias solubilizadoras de fósforo. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, *[S. l.]*, v. 17, n. 3, p. e5854, 2024. DOI: 10.55905/revconv.17n.3-358. Disponível em: https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/5854. Acesso em: 21 nov. 2024.

CRUZ, C. D. **Programa Genes - Análise multivariada e simulação**. 1. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2006. v. 1. 175 p. ISBN: 8572692487.

DALL´AGNOL, A. **A Embrapa Soja no contexto do desenvolvimento da soja no Brasil: histórico e contribuições** / Amélio Dall´Agnol. – Brasília, DF : Embrapa, 2016. ISBN 978-85-7035-558-4

ELLIOTT. A. C. WOODWARD, W. A. **Statistical analysis quick reference guidebook with spss examples,** 1sp ed. London: Sage publications, 2007. Disponível em: <https://search.worldcat.org/pt/title/statistical-analysis-quick-reference-guidebook-with-spss-examples/oclc/466356608>.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** Embrapa Solos, Embrapa Informática Agropecuária, 2ª Edição, Editor Técnico Fábio César da Silva. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 627p. ISBN: 978-85-7383-430-7. 2009. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/330496>.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. 5a ed., Brasília EMBRAPA Solos, 356p. ISBN: 978-85-7035-817-2. 2018. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1094003>.

GATIBONI, L. C. **Disponibilidade de formas de Fósforo do Solo às Plantas.** Universidade Federal de Santa Maria- UFSM, 2003,247p. Tese (Doutorado). Pós Graduação em Agronomia, Santa Maria, 2003 Disponível em: http://repositorio.ufsm.br/handle/1/3154

GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. dos S.; FLORES, J. P. C. Biodisponibilidade de formas de fósforo acumuladas em solo sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 691-699, 2007. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000400010

GATIBONI, L. C.; CONDRON, L. M. A. Rapid fractionation method for assessing key soil phosphorus parameters in agroecosystems. **Geoderma**, v. 385:114893.2021.

GOMES, E. A.; SILVA, U. C. C.; PAIVA, A. de O.; PAULA, U. G. de; MARRIEL, L. I. E.; SNATOS, V.L. dos **Microrganismos promotores do crescimento de plantas.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016. 51 p Disponível em: http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1063799

IAPAR. **Atlas climático do estado do Paraná**. Londrina – PR, 2019. Disponível em: <https://www.idrparana.pr.gov.br/Pagina/Atlas-Climatico>.

KIEHL, E J. **Fertilizantes organicos**. São Paulo: Ceres. . Acesso em: 16 nov. 2024. , 1985 item/000764726

MARINEZ, H. E. P.; LUCENA, J. J.; BONILLA, I.; **Relações solo planta: Bases Para a Nutrição e Produção Vegetal**. 1. ed. 307p. Viçosa, MG: UFV, 2021. ISBN: 9786559250196

MENDONÇA, J. J.; JUNIOR, M. A. L.; CARVALHO, E. X.; FRACETTO, G. G. M., FRACETTO, F. J. C.; ALVES, M. J. G.; OLIVEIRA, J. de P. Diversidade, mecanismos de atuação e potencial agrícola de bactérias promotoras de crescimento de plantas, usando milho como cultura exemplo. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 25, n. 2, p. 1-10, 2020 Disponível em: https://doi.org/10.12661/pap.2020.010

MOGOLLÓN, J. M.; BEUSEN, A. H. W.; GRINSVEN, H. J. M.; WESTHOEK, van H.; BOUWMAN, E. A. F. Future agricultural phosphorus demand according to the shared socioeconomic pathways. **Global environmental change**, v. 50, p. 149-163, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2018.03.007

MURPHY, J.; RILEY, JP (1962) Um método de solução única modificado para a determinação de fosfato em águas naturais. **Analytica Chimica Acta**, 27, 31-36. http://dx.doi.org/10.1016/S0003-2670(00)88444-5

OLIVEIRA, L. B. G. de; FILHO, M. C. M. T.; GALINDO, F. S.; NOGUEIRA, T. A. R.; NETO, M. B.; BUZETTI, S. Formas e tipos de coinoculação na cultura da soja cerrado. Sociedade de ciências agrárias de Portugal. **Revista de Ciências Agrárias**, FEIS/UNESP, Brasil, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.19084/rca.15828>.

OLIVEIRA-PAIVA, C. A.; ALVEZ, V. M. C.; GOMES, E. A.; SOUSA, S. M.; LANA, U. G. P.; MARRIEL, I. E. **Microrganismos solubilizadores de fósforo na cultura da soja.** Livro Bioinsumos na cultura da soja - Embrapa, Brasília, 2022. cap.9, p.163-165. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1143389

OLIVEIRA-PAIVA, C. A.; MARRIEL, I. E., GOMES, E. A., COTA, L. V., SANTOS, F. C., SOUSA, S. M., LANA, U. G. de P., OLIVEIRA, M. C., MATTOS, B. B., ALVES, V. M. C., RIBEIRO, V. P., VASCO JUNIOR, R. **Recomendação agronômica de cepas de *Bacillus subtilis* (CNPMS B2084) e *Bacillus megaterium* (CNPMS B119) na cultura do milho**. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas, MG. 18p. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicações/-/publicação/1120362/recomendacao-agronomica-de-cepas-de-bacillus-subtilis-cnpms-b2084-e-bacillus-megaterium-cnpms-b119-na-cultura-do-milho>.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação.** Piracicaba: Agronômica Ceres, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. 343p. Disponível em : https://edepot.wur.nl/480310

RAIJ, B.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, p. 300. 2001. Disponível em: <lab.iac.sp.gov.br/Publicacao/Raij_et_al_2001_Metod_Anal_IAC.pdf>

RICHARDSON, A. E. Prospects for Using Soil Microorganisms to Improve the Acquisition of Phosphorus by Plants. **Australian Journal of Plant Physiology**, 28, 897-906. (2001) Disponível em: http://dx.doi.org/10.1071/PP01093

SCHULZE, D. G. An introduction to soil mineralogy. In: DIXON, J.B.; WEED,S.B. Eds. **Minerals in soil environments.** SSSA, Madison, 1989, p.1-34. Disponível em: https://ku.ac.bd/discipline/uploads/offered-course-material/Chapter%201%20An%20Introduction%20to%20Soil%20Mineralogy.pdf

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Núcleo Estadual Paraná. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. Curitiba: SBCS/NEPAR, 2017.

TUKEY, J. W. Comparing individual means in the analysis of variance. **Biometrics.** 5 (2): 99–114, 1949. Disponível em:< https://doi.org/10.2307/3001913>.

VENTIMIGLIA, L. A.; COSTA, J. A.; THOMAS, A. L.; PIRES, J. L. F. Potencial de rendimento da soja em razão da disponibilidade de fósforo no solo e dos espaçamentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.2, p.195-199, 1999.
Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0100-204X1999000200007