

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA TROPICAL

**DOSES DE FÓSFORO E POTÁSSIO NO CULTIVO DE SOJA SOB
SISTEMA PLANTIO DIRETO EM SUCESSÃO À *Urochloa brizhanta*
cv. MARANDU**

RONALDO COSTA DA LUZ

MANAUS

2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA TROPICAL

RONALDO COSTA DA LUZ

**DOSES DE FÓSFORO E POTÁSSIO NO CULTIVO DE SOJA SOB
SISTEMA PLANTIO DIRETO EM SUCESSÃO À *Urochloa brizhanta*
cv. MARANDU**

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Agronomia Tropical, como requisito
parcial para obtenção do título de
mestre em Agronomia tropical, área
de concentração Produção Vegetal.

Orientadora: Prof.^a Dra. Sônia Maria Figueiredo Albertino

Coorientador: Prof. Dr. Vairton Radmann

MANAUS

2024

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Luz, Ronaldo Costa da
L979d Doses de fósforo e potássio no cultivo de soja sob sistema
plantio direto em sucessão à Urochloa brizhanta cv. Marandu /
Ronaldo Costa da Luz . 2024
71 f.: 31 cm.

Orientadora: Sônia Maria Figueiredo Albertino
Coorientador: Váirton Radmann
Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical) -
Universidade Federal do Amazonas.

1. Fósforo. 2. Potássio. 3. Soja. 4. Sistema plantio direto. I.
Albertino, Sônia Maria Figueiredo. II. Universidade Federal
do Amazonas III. Título

RONALDO COSTA DA LUZ

**DOSES DE FÓSFORO E POTÁSSIO NO CULTIVO DE SOJA SOB SISTEMA
PLANTIO DIRETO EM SUCESSÃO À *urochloa brizantha* CV. MARANDU**

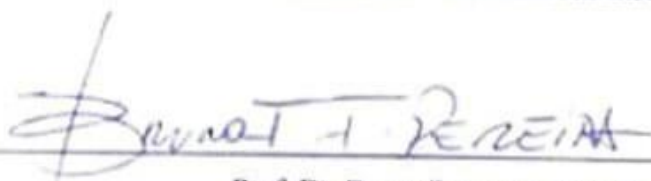
Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Agronomia
Tropical como parte dos requisitos para
obtenção do título de Mestre em
Agronomia Tropical, área de
concentração Produção Vegetal

Aprovado em 05 de junho de 2024.

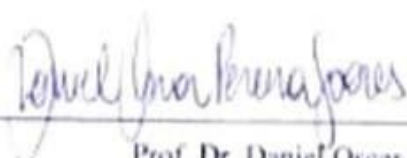
BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Sônia Maria Figueiredo Albertino - Presidente
Universidade Federal do Amazonas



Prof. Dr. Bruno Fernando Faria Pereira
Universidade Federal do Amazonas



Prof. Dr. Daniel Oscar Pereira Soares
Universidade Federal do Amazonas

Dedico ao meu
filho Nicolas Gabriel

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por ter me fortalecido, me dado coragem e sabedoria para chegar até aqui. A realização de um sonho nos exige planejamento, organização, disciplina, muita dedicação e fé. Muitas vezes abdicar de lazeres que tiram o foco, incluir algumas horas a mais de estudos. Levantar cedo e dormir mais tarde passam a fazer parte da rotina. Temporariamente temos que abrir mãos do convívio familiar e amigos. O apoio dos mesmos é essencial, pois nos dão mais alegria e confiança para seguir nossa jornada.

Nessa jornada muitos imprevistos acontecem, e não nos conformamos, gerando muitos porquês sem explicações, mas a partir dos desafios superados que passamos a entender e estabelecer novos propósitos de vida, diria que seria até necessário, pois contribui para o amadurecimento pessoal e profissional. Passamos a ser grato também pelos desafios, que nos tornam experientes e fortes para lidar com futuras situações adversas.

Agradeço à minha professora orientadora Sônia Maria Figueiredo Albertino, trocamos muitas experiências que levarei pra vida. Sempre buscou melhores métodos para potencializar a aprendizagem. Ao me orientar sempre usou as melhores palavras, não deixando lacunas. Em momentos complicados, algumas vezes até sonhei com ela, me aconselhando, e tenho pra mim que não seria diferente se eu fosse conversar com ela. Foi minha professora de graduação, tenho muito respeito e admiração, e sempre a considerearei uma profissional de excelência.

Ao meu coorientador Váirton Radmann pelas palavras motivacionais e direcionamento, pela dedicação e por estar sempre disponível ajudar. O professor Váirton Radmann me surpreendeu muito, não mediu esforços em acompanhar a execução do experimento em campo, sempre muito atencioso e detalhista. Muito positivo, mesmo quando eu questionava negativamente, as suas respostas sempre foram otimistas. A sua participação foi indispensável para execução do projeto, sou muito grato por todo ensinamento. Há muitos adjetivos que eu gostaria de usar para expressar suas habilidades e competência, mas, ficaria muito longo, também o considero um profissional de excelência.

Aos professores do Programa de pós-graduação em Agronomia Tropical que me acompanharam com as disciplinas e contribuíram para minha formação. Levo comigo, suas melhores frases, em momentos de campo, sempre me vinha à memória, o seus ensinamentos. Também agradeço aos professores que me ajudaram no decorrer da

execução do projeto.

Agradecimento especial ao professor André Atroch que na etapa de escrita me acompanhou, me deu uma grande ajuda na interpretação dos dados estatísticos, fez várias sugestões de como melhorar a apresentação dos resultados.

Agradeço ao meu pai Francisco Joaquim, sua profissão pedreiro, homem honesto e íntegro. Sempre indicou os estudos como o melhor caminho a ser seguido, não teve as mesmas condições favoráveis para estudar, mas, em muitas conversas com ele, me falava que seu sonho era esse, me ver progredir nos estudos, que ao concluir também estaria realizando seu sonho. Sou muito grato a ele por muitas vezes ter aberto mão dos seus interesses pessoais para se dedicar à família.

À minha mãe Sandra Farias pelo incentivo e apoio. Minha mãe que me compreendia, e entendia que a pós-graduação exige dedicação integral. Sua profissão professora de Educação infantil, em momentos de dúvida e solidão que todo estudante passa, sempre me ouviu. Em algumas conversas, ela disse: - Filho sou uma senhora de 44 anos e ainda choro, é comum se sentir fragilizado pela adversidade da vida, isso faz parte da vida e serve para o seu crescimento pessoal. Enquanto estive distante, todos os dias me mandava mensagem, falando que orava por mim, perdindo que Deus me guardasse, e que eu tivesse um excelente dia de estudo e trabalho, minha gratidão a ela.

Agradeço a minha grande amiga Aline Santos que enquanto estive em Humaitá-AM me fez companhia, me ajudou em questão do dia-a-dia, pelos momentos divertidos de descontração. Ao Wildson Benetido pela troca de experiência, incentivo e ajuda.

Ao meu Filho Nicolas Gabriel pela compressão da minha ocupação e comprometimento com o projeto de pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Programa POSGRAD da Fapeam pelo custeio de diárias pela manutenção da condução do experimento em Humaitá.

À UFAM e ao PPGATR pela oportunidade de formação.

"Quem fica esperando que o vento mude
e que o tempo fique bom, nunca plantará, nem colherá nada".

Eclesiastes11:4

RESUMO

Fósforo (P) e potássio (K) são nutrientes muito exigidos pela soja, sendo de grande importância que sua disponibilidade seja proveniente do cultivo anterior, ou fornecido em forma de adubação. Dessa forma, é importante avaliar os efeitos do sistema plantio direto (SPD) em sucessão, visto que aumenta a disponibilidade desses nutrientes, reduzindo a necessidade de adubos químicos nos plantios sucessivos. O objetivo do trabalho foi avaliar diferentes doses de P_2O_5 e K_2O aplicadas na safra anterior sobre os atributos físicos e químicos do solo e nas características agronômicas da cultura da soja em sucessão à *Urochloa brizhanta* cv. Marandu. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro níveis de P e quatro níveis de K, totalizando 16 tratamentos, mais um tratamento adicional, com três repetições. A adubação foi com 240 kg de N - P - K no formulado 5 - 25 - 25, e no tratamento adicional 400 kg ha⁻¹ sobre as diferentes doses de P e K do plantio anterior. A dose de N - P - K sobre as diferentes combinações de níveis de P_2O_5 e K_2O não influenciaram significativamente as variáveis agronômicas da soja, nem nos atributos físicos e químicos do solo.

Palavras chaves: fósforo, potássio, soja, sistema plantio direto.

ABSTRACT

Phosphorus (P) and potassium (K) are nutrients highly required by soybeans, it is of great importance that their availability comes from the previous crop, or supplied in the form of fertilizer. Therefore, it is essential to evaluate the effects of the no-tillage system in succession, as it increases the availability of these nutrients, reducing the need for chemical fertilizers in successive plantings. This study evaluated increasing rates of P_2O_5 and K_2O at different levels of phosphorus and potassium that provide desirable quality to the physical and chemical attributes of the soil, and to the agronomic characteristics of soybeans in succession to *Urochloa brizhanta* cv. Marandu. The experimental design was in randomized blocks, with four levels of potassium and four levels of phosphorus, totaling 16 treatments, with three replications, distributed in 48 plots, plus one additional treatment. Fertilization was with 240 kg of NPK in the 5 - 25 - 25 formula, and in the additional treatment 400 kg ha⁻¹ on the different doses of P and K from the previous planting. The doses of N - P - K on different combinations of potassium (K_2O) and phosphorus (P_2O_5) levels did not differ significantly in the agronomic variables of soybean and soil fertility.

Keywords: phosphorus, potassium, soybeans, no-tillage systems.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise química de solo em condição natural, sem correção antes do 1º cultivo. Humaitá-AM, 2019.	21
Tabela 2. Análise de variância de Macroporosidade (MACROP), Mesoporosidade (MESOP), Microporosidade (MICROP), densidade (DS), Porosidade Total (PT), Umidade volumétrica (UV) e Resistência à penetração de raízes (RP) na profundidade de 0-10 e 10-20 cm de solo. Humaitá-AM, 2023.	30
Tabela 3. Resumo das Análises de variâncias para potencial hidrogeniônico (pH), matéria orgânica do solo (M.O.S.) acidez trocável (Al^{3+}), acidez potencial (H+Al), fósforo (P), potássio(K), cálcio (Ca) da profundidade 0-10 e 10-20 cm de solo. Humaitá-AM, 2023.	34
Tabela 4. Resumo das Análises de variâncias para potencial hidrogeniônico (pH), matéria orgânica do solo (M.O.S.) acidez trocável (Al^{3+}), acidez potencial (H+Al), fósforo (P), potássio(K), cálcio (Ca) da profundidade 0-10 e 10-20 cm de solo. Humaitá-AM, 2023.	35
Tabela 5. Desdobramento das interações dos fatores potássio e fósforo; fatorial vs tratamento adicional de pH, M.O.S, na camada 0-10 cm e 10-20cm do solo . Humaitá-AM, 2023.	36
Tabela 6. Desdobramento das interações dos fatores potássio e fósforo; fatorial vs tratamento adicional de Al^{3+} , H+Al, na camada 0-10 cm e 10-20cm do solo. Humaitá-AM, 2023.	38
Tabela 7. Desdobramento das interações dos fatores potássio e fósforo; fatorial vs tratamento adicional de Al^{3+} , H+Al, na camada 0-10 cm e 10-20cm do solo. Humaitá-AM, 2023.	39
Tabela 8. Desdobramento das interações dos fatores potássio e fósforo; fatorial vs tratamento adicional de Ca e Mg na camada 0-10 cm e 10-20cm do solo. Humaitá-AM, 2023.	41
Tabela 9. Desdobramento das interações dos fatores potássio e fósforo; fatorial vs tratamento adicional de SB, (T) e (t) na camada 0-10 cm e 10-20cm do solo. Humaitá-AM, 2023.	42
Tabela 10. Desdobramento das interações dos fatores potássio e fósforo; fatorial vs tratamento adicional de M%, e V% na camada 0-10 cm e 10-20cm do solo. Humaitá-AM, 2023.	44
Tabela 11. Análise de variância para a concentração de fósforo e potássio do tecido foliar da soja em SPD. Humaitá-AM, 2023.	45
Tabela 12. Desdobramento das interações dos fatores potássio e fósforo; fatorial vs tratamento adicional de potássio e fósforo no tecido foliar da soja. Humaitá-AM, 2023.	45
Tabela 13. Análise de variância da Altura de plantas (AP), inserção da primeira vagem (IPV), plantas por metro linear (PML), vagens por plantas (VP) e grãos por vagens (GV) em sistema plantio direto. Humaitá-AM, 2023.	46
Tabela 14. Análise de variância de vagens cheias (VC), vagens vazias (VV), massa de mil grãos (MMG) e produtividade $kg\ ha^{-1}$ (PROD) da soja em SPD. Humaitá-AM, 2023.	48
Tabela 15. Desdobramento das interações dos fatores potássio e fósforo; fatorial vs tratamento adicional de produtividade da cultura da soja	49

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS.....	15
2.1. Objetivo geral	15
2.2. Objetivos específicos	15
3. REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1. Características de solo no Sul do Amazonas	16
3.2. Potencial produtivo em Sistema Plantio Direto	16
3.3. Cobertura vegetal no SPD.....	17
3.4. Sistema de Plantio Direto e suas influências no solo	18
4. MATERIAL E MÉTODOS	21
4.1. Localização da área experimental	21
4.2. Histórico da área e implantação da soja.....	21
4.3. Delineamento experimental	23
4.4. Condução do experimento em campo.....	23
4.5. Variáveis biométricas/agronômicas e nutricionais da soja	24
4.5.1. Altura de inserção da 1º vagem.....	24
4.5.2. Altura de plantas	24
4.5.3. Número de vagens por planta	24
4.5.4. Vagens cheias e vagens vazias.....	24
4.5.5. Massa de mil grãos.....	25
4.5.6. Produtividade	25
4.5.7. Variáveis nutricionais da soja	25
4.6. Análise física de solo	25
4.6.1. Coleta de solo.....	25
4.6.2. Microporosidade, mesoporosidade e macroposidade de solo.....	25
4.6.3. Densidade.....	26
4.6.4. Porosidade total do solo	26
4.6.5. Umidade Volumétrica do solo	26
4.6.6. Resistência à penetração de solo.....	26
4.7. Análise química de solo	27
4.7.1. Coleta e preparo de solo.....	27
4.7.2. Determinação de pH do solo	27
4.7.3. Determinação de Al^{3+}	27
4.7.4. Determinação de Acidez potencial	28

4.7.5. Determinação de P.....	28
4.7.6. Determinação de K	28
4.7.7 Determinação Ca e Mg	28
4.7.8. Cálculo de parâmetros SB, T, t, m% e V%.....	29
4.8. Análise estatística.....	29
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1. Análise dos atributos físicos de solo em Sistema Plantio Direto	30
5.3. Análise química de solo em sistema plantio direto	34
5.4. Análise de potássio e fósforo no tecido foliar da soja.....	44
5.5. Desenvolvimento e produtividade da soja	46
6. CONCLUSÃO	51
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

1. INTRODUÇÃO

O Brasil estima uma colheita de 125,5 milhões de toneladas de soja na safra 2021/2022 (CONAB, 2022) e lidera o mercado internacional na produção e exportação de soja (CONAB, 2023).

A soja é muito exigente em nitrogênio, fósforo e potássio, sendo que a deficiência destes nutrientes afeta diretamente a fotossíntese, armazenamento de ATP, síntese de proteínas, germinação e absorção de nutrientes (SILVA, 2022a), também controla a abertura e o fechamento de estômatos, atua na regulação osmótica e nas características qualitativas e quantitativas das vagens e sementes. (TAGLIEBER *et al.*, 2022).

A dependência e a escassez destes nutrientes em solo brasileiro contribuem para o alto consumo de fertilizantes no país, sendo o Brasil um dos maiores consumidores do insumo, e a soja responsável por 40% deste consumo (PNF250, 2022).

A maior parte dos fertilizantes químicos é proveniente da Rússia, e os recentes conflitos nesta região, comprovaram o impacto desta dependência, havendo escassez do recurso e consequentemente aumento dos preços e redução na produção agrícola (SOUZA, 2023a). Sendo necessário levantar manejos alternativos que contribuam para fertilização dos cultivos.

O Sistema Plantio Direto (SPD) é o sistema mais adotado na superação de escassez de fertilizantes, isso porque reúne práticas tecnológicas e agroecológicas, com ênfase no mínimo revolvimento do solo, rotação de culturas e cobertura vegetal (GHISLENI, 2022). A partir da dessecação e decomposição da palhada do cultivo anterior, possibilita a disponibilização de parte dos nutrientes à cultura subsequente.

Além disso, minimiza as operações de manejo, uso de insumos, atenua as perdas por lixiviação e reduz os custos de produção, como consequência a melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do sistema (SILVA, EDUARDO, 2022).

Dentre os limitantes da produtividade e da manutenção da qualidade dos grãos pode-se destacar os solos com pH baixo e por consequência baixa disponibilidade de nutrientes, (MEYER *et al.*, 2022), como os solos da Amazônia, conhecidos por sua baixa fertilidade natural, ácido, pouca disponibilidade de N, P e K, necessitando da correção do pH e dos níveis de nutrientes (OLIVEIRA, 2022; MOREIRA & FAGERIA, 2009). É indispensável à busca pela disponibilidade de nutrientes em plantios nesta região. Entende-se, portanto, que o SPD é excelente opção para amenizar esta

problemática, visto que pode disponibilizar nutrientes, reduzindo a necessidade de adubos químicos nos plantios sucessivos (MOTERLE, 2009; SILVA, 2022).

No Amazonas, grande parte dos estudos envolvendo a fertilidades dos solos agrícolas é desenvolvida em sistema convencional de preparo do solo, desse modo são necessárias pesquisas, voltadas ao SPD. Seu histórico de introdução é recente na região, porém com rápida evolução dessa prática conservacionista que vem mostrando resultados promissores em outras regiões do país.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar os níveis de P e K da cultura antecessora e doses de P e K aplicadas ao solo que proporcionem qualidade nos atributos físicos e químicos do solo, e maior produtividade da soja em sucessão à *Urochloa brizhanta* cv. Marandu.

2.2. Objetivos específicos

- Mensurar a dose de fósforo e potássio aplicada na cultura antecessora que proporcione maior produtividade da soja.
- Determinar o nível de fósforo e potássio no solo que proporcione maior produtividade de soja.
- Avaliar os componentes de rendimento da soja em função da dose aplicada e dos níveis de fósforo e potássio no solo.
- Analisar os teores de P e K no tecido foliar da soja e avaliar o grau de suficiência na planta.
- Determinar a macroporosidade, microporosidade, densidade do solo e resistência do solo à penetração de raízes em diferentes níveis de fertilidade do solo.
- Verificar a eficiência da palhada *Brachiara brizanta* cv. qualidade do solo e produtividade da soja.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Características de solo no Sul do Amazonas

A região Sul do Amazonas tem sido conhecida pela expansão agrícola, sobretudo na produção de grãos. No entanto, no município de Humaitá onde este tipo de exploração é comum encontra-se solos pobres, por conta das diversas atividades agrícolas, com suas propriedades físicas e químicas alteradas. (MANTOVANELLI, 2015).

Em pesquisas recentes, áreas com pastagem, agrofloresta, mandioca, floresta nativa, reflorestamento, foram observados solos ácidos com valor de $\text{pH} < 5,0$ (CaCl_2), na camada mais superficial com concentrações críticas de P, Ca, K e Mg (JORDÃO, 2018). A indisponibilidade de macro e micronutrientes no solo eleva o valor de produção no Amazonas, recorrendo com frequência a insumos químicos, sendo o calcário o mais utilizado para a correção de acidez do solo (RADMANN et al., 2023; MOREIRA & FAGERIA, 2009).

3.2. Potencial produtivo em Sistema Plantio Direto

O SPD é um dos sistemas mais utilizados na produção de grãos, principalmente, milho, arroz, feijão, soja, trigo e café. O sucesso produtivo dessas culturas de grande impacto socioeconômico é devido à adoção de práticas agrícolas sustentáveis (CONAB, 2022). Nesse modelo de sistema economicamente rentável, as culturas agrícolas tendem a ter um excelente desenvolvimento. A partir dos primeiros anos de implantação, já gera benefícios, e nos anos subsequentes, a produção aumenta significativamente (FONTOURA, 2010).

O milho, por exemplo, precisa de grande quantidade de N para sua germinação, crescimento e desenvolvimento, seu cultivo em Sistema Plantio Direto aumenta a produção de matéria seca, e no processo de decomposição fornece uma quantidade significativa de N, que serve para cultura subsequente (LIMA et al., 2023).

Em geral as culturas necessitam de grandes quantidades de N para alcançar seu potencial produtivo, pois o nutriente auxilia nas funções fisiológicas, como formação de cloroplastos, indispensáveis para a absorção de luz e participação estrutural na formação de proteínas (AFONSO et al., 2023).

No SPD ainda há incremento da matéria orgânica no solo, através de práticas conservacionistas, tais como, cobertura vegetal e rotação de cultura. Essas técnicas aumentam a fertilidade do solo, resultando num maior potencial produtivo agrícola

(REIS, 2022), além de melhorar a qualidade física do solo, porque dispensa o revolvimento de solo e utiliza apenas equipamentos que revolvam minimamente o solo para o cultivo. O SPD estar sendo mais escolhido na produção de grãos, devido aos seus vários benefícios para qualidade do solo e potencial produtivo desses grãos.

Em regiões de solos com baixa fertilidade, baixo pH, mudanças frequentes de temperaturas, práticas agrícolas prejudiciais à biodiversidade, o SPD é um excelente sistema de preparo de solo para mitigar esses problemas (BRAIDA, 2004).

Na região amazônica é bastante comum a prática agrícola da derrubada e corte de florestas para aberturas de áreas, além do uso do fogo para redução da biomassa, como atividades de limpeza da área para o plantio. Essa prática agrícola também tem por objetivo fertilizar o solo com P, K, Mg e Ca (LIMA et al., 2011).

As queimadas trazem benefícios em curto prazo, às primeiras safras é mais produtiva, entretanto, nos anos subsequentes a safra tem menor produtividade. A prática agrícola de queima é considerada prejudicial, aumentando a emissão de dióxido de carbono, principal gás que enfraquece a camada de ozônio da atmosfera, contribuindo para o aquecimento global, além de degradar o solo, perda de nutrientes como N, Ca, S, etc. (CASTRO, 2022).

O SPD é uma excelente alternativa para substituir o tradicional sistema de agricultura-de-corte-e-queima, e apresenta excelentes condições para a germinação de espécies ornamentais, arbóreas, frutíferas e medicinais (DE SOUSA et al., 2022).

3.3. Cobertura vegetal no SPD

A cobertura vegetal permanente é um dos pilares do SPD, é uma prática agrícola voltada para conservação de solo que consiste na seleção de plantas com alta produção de matéria seca que cobre o solo, impedindo os processos de degradação, quanto mais tempo a palhada permanecer sobre o solo, mais protegido o solo estará (BICA et al., 2022).

As forrageiras mais utilizadas são das espécies da família Fabaceae e Poaceae. A seleção das mesmas depende dos resultados que se espera alcançar, exemplo, as espécies da família das leguminosas são as maiores fixadoras de N, enquanto as espécies da família das gramíneas produzem mais matéria seca. Ao fazer a escolha é necessário analisar os benefícios que as espécies promovem para o solo e para a cultura agrícola. Quando a seleção é sensata, a forrageira potencializa a produção agrícola (HANSEN et al., 2023).

No SPD as Poaceas geralmente são mais escolhidas, pois se adaptam com facilidade em solos ácidos e baixa fertilidade, além de produzir mais palhada com maior relação C/N. Conforme a cobertura vegetal se degrada na superfície do solo, o enriquece com matéria orgânica, influenciando diretamente no aumento dos teores de nutrientes (BOZADA, 2023) além de reduzir a ocorrência de plantas daninhas, reduz a utilização de herbicidas (RUARO, 2022).

O capim *Brachiara brizanta* cv. marandu também é utilizado no SPD, pelo fácil estabelecimento, pela alta produção de matéria. (ALMEIDA et al., 2023). Experimento realizado com palhada de *Brachiara ruzizienses* na produtividade da soja constatou que as palhas armazenam quantidades significativas de P e K, dispensando a complementação de adubos. A palhada de *Brachiara ruzizienses* absorveu 72 kg ha⁻¹ de K, e 42 kg ha⁻¹ de P, somando com os estoques do solo, é suficiente para o desenvolvimento da soja (BETTA et al., 2008).

3.4. Sistema de Plantio Direto e suas influências no solo

O SPD possui três premissas básicas: não revolvimento ou mínimo revolvimento, rotação de culturas e cobertura adequada do solo com palha. A falta de cobertura do solo ou cobertura inadequada, por período prolongado, tem sido um problema apontado para o manejo adequado do solo em lavouras conduzidas com SPD em região tropical do Brasil (ARF et al., 2018; LIMA et al., 2018).

Um dos fatores que contribuíram para o sucesso efetivo do SPD foi a rotação de culturas, que proporciona, alta adição de diferentes tipos de resíduos de culturas ao solo. A tecnologia do SPD é considerada uma abordagem líder para sustentar a produção agrícola, e abordar questões de qualidade ambiental e do solo. A adoção do SPD aumentou lenta e exponencialmente, desde a década de 1960 mundialmente (ANDRADE et al. 2018; CERUTTI e WILLE, 2019; FRANZISKOWSKI et al. 2019).

A crescente área de terra cultivada sob SPD mundialmente, significa que a discussão dos impactos do SPD no ambiente físico do solo é garantida. Muitos discutiram os impactos do SPD no rendimento das culturas, sequestro de C, emissões de gases de efeito estufa, economia, fertilidade do solo e qualidade ambiental, mas falta uma discussão mais abrangente, sobre como o SPD afeta todas as propriedades físicas do solo (CAMPOS et al. 2018; ARAÚJO et al., 2019).

É necessário um melhor entendimento dos impactos do SPD e de outros sistemas de cultivo nos atributos de solo, que afetam diretamente a produtividade agrônômica e a qualidade ambiental.

O SPD perturba menos o solo, e acumula mais resíduos na sua superfície. Até o momento, do ponto de vista agroecológico, o SPD é considerado um dos melhores manejos de solo, comparado com outros sistemas agrícolas (SPERA et al., 2018; SORIANI et al., 2018).

As mudanças nas propriedades físicas do solo afetam todos os serviços ecossistêmicos que os solos fornecem, incluindo alimentos, fibras, ração e produção de combustível, controle da erosão do solo, melhoria na qualidade da água e do ar, ciclagem de nutrientes, dinâmica e sequestro de C do solo e biodiversidade, entre outros. Por exemplo, mudanças nas propriedades físicas do solo podem afetar diretamente o estabelecimento e a produção da cultura (SILVA et al., 2018; FERNANDES et al., 2019).

Especificamente, as propriedades físicas do solo, relacionadas à compactação do solo (ou seja, densidade aparente, resistência à penetração) afetam a emergência de mudas, crescimento de raízes, produção de culturas, porosidade e infiltração de água, entre outros (SANTANA et al., 2018).

Da mesma forma, as mudanças na estabilidade dos agregados do solo podem afetar a severidade da erosão do solo e a proteção do C e dos nutrientes do solo ao nível de macro e microescala dentro do solo.

As propriedades hidráulicas (ou seja, infiltração e retenção de água) determinam a capacidade do solo de captar, reter e liberar água (MILAGRES et al., 2018). Assim, como essas propriedades físicas mudam após a adoção do SPD merece discussão (BERTOLLO e LEVIEN, 2019; CORTEZ et al., 2018).

O carbono orgânico (C) do solo tem efeitos profundos nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, a manutenção do C do solo nas terras cultivadas é importante, não apenas para a melhoria da produtividade agrícola, mas também para a redução da emissão de sua emissão (ROQUETTE, 2018).

As mudanças de curto e médio prazo do COS são difíceis de detectar, devido à sua alta variabilidade temporal e espacial. Ao contrário, as frações de C orgânico lábil do solo, isto é, C da biomassa microbiana, C orgânico dissolvido e C facilmente oxidável que se transformam rapidamente podem responder à perturbação do solo mais rapidamente do que o C orgânico total (OLIVEIRA et al., 2018).

Essas frações foram sugeridas como indicadores sensíveis precoces dos efeitos da mudança do uso da terra na qualidade do solo (COSTA et al., 2020). Práticas agrícolas, como métodos de revolvimento, são convencionalmente usadas na fertilização de solo, mas perturbam o solo, e em longo prazo reduzem o COS na agricultura (SEVERIANO et al., 2021).

A movimentação, aração e gradagem frequente pode destruir a matéria orgânica do solo (MOS) e acelerar o movimento da MOS para as camadas profundas do solo (BRITO et al., 2018). Práticas agrícolas que reduzam a degradação do solo são essenciais para melhorar a qualidade do solo e a sustentabilidade agrícola (FREITAS et al., 2018).

Os resíduos originados da rotação de culturas desempenham função no sequestro de C, aumentando o rendimento das culturas, melhorando a matéria orgânica do solo e reduzindo os gases de efeito estufa (FAGUNDES et al., 2019). Como uma prática agrícola importante, o retorno da palha é frequentemente implementado com o preparo do solo no processo de produção (GONÇALVES et al., 2019).

Embora numerosos estudos tenham indicado que os métodos de cultivo combinados com o retorno da palha tiveram um efeito significativo nas frações lábeis do C, os resultados variaram em diferentes condições de solo/clima (BERTOLLO et al., 2019).

A adaptação de SPD em regiões tropicais depende da escolha de culturas adequadas de verão e inverno que devem contribuir para melhorar as propriedades do solo (SOLAMÃO et al., 2020).

As propriedades biológicas do solo são indicadores importantes da qualidade do solo e devem ser consideradas para gerenciar adequadamente os sistemas agrícolas (DINIZ et al., 2021).

O impacto da rotação de culturas nas propriedades biológicas do solo tem sido demonstrado por muitos pesquisadores (BARBIERI et al., 2019). Especificamente, atributos químicos e biológicos do solo, como atividades enzimáticas, são sugeridos como bons indicadores iniciais de mudanças nas propriedades do solo (ULGUIM et al., 2019). Além disso, a biomassa microbiana e a atividade enzimática são sensíveis a diferentes práticas de manejo (FELICIANO et al., 2020).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Localização da área experimental

O experimento foi implantado na Fazenda Experimental Mangabeira do Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente da Universidade Federal do Amazonas - FAEM/IEAA/UFAM. A fazenda está situada no município de Humaitá - AM na Rodovia Transamazônica, BR 230, km 04, lado direito sentido Humaitá - Porto Velho (RO) ($7^{\circ}31'47''$ S e $63^{\circ}3'12''$ O e 60,0 m de altitude).

De acordo com a classificação de Köppen-Geiger, o clima tropical de monções e ventos alísios, pertencente à categoria Am. A precipitação média anual é de 2.193,6 mm. A estação divide-se em dois períodos: período chuvoso com temperaturas menos elevadas, e o período seco com temperaturas mais altas (PEREIRA, 2022).

4.2. Histórico da área e implantação da soja

A área é de campo natural, com suave inclinação, solo de textura média. Antes da implantação do experimento o solo apresentava as características químicas citadas na tabela 1.

Tabela 1. Análise química de solo em condição natural, sem correção antes do 1º cultivo de soja. Humaitá-AM, 2019.

Propriedades químicas														
pH _{CaCl2}	pHSMP	M.O.	Na	SB	Ca ¹	Mg ¹	Al ¹	T	T	H+Al	P ²	K ²	V	m
-	-	dag kg ¹	-----					cmol _c dm ⁻³	-----			---Mg dm ³ -	-----%----	
3,70	4,90	1,10	5,0	0,33	0,20	0,05	2,40	2,73	13,78	13,45	3,0	24	0,02	0,88

¹KCl, ²Melich⁻¹, pH- Acidez ativa; pH- Tampão SMP, M.O- Matéria orgânica Na- Sódio; SB- Soma de bases; Ca- Cálcio, Mg- Magnésio, Al- Alumínio, ; t- Capacidade de troca de cátions efetiva, T- Capacidade de troca de cátions, H+Al-Acidez potencial (SMP), P- Fósforo, K- Potássio, V- Saturação por bases, m - saturação por alumínio.

O Solo da área experimental apresentava acidez elevada, pouca matéria orgânica, baixa concentração de fósforo, potássio, cálcio e magnésio trocável, alta capacidade de troca catiônica, com elevada concentração de alumínio.

O primeiro cultivo correspondeu ao ano agrícola de 2019/2020, onde a soja foi cultivada em sistema plantio direto, no mês 11/2019. O experimento foi conduzido em blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 4, com 3 repetições. O primeiro fator

correspondia à dose de fósforo com 4 níveis (0, 70, 140 e 210 kg ha⁻¹). O segundo fator, dose de potássio (0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹).

Cada unidade experimental foi composta por 5 linhas de cultivo, com 5 m de comprimento, espaçadas por 0,50 m. Para efeito de bordadura foram consideradas duas linhas e 0,50 m nas extremidades da unidade experimental, descartando as duas linhas laterais de cultivo.

A cultivar de soja estudada foi a Agroeste 3850 IPRO, de ciclo precoce, com resistência ao acamamento, boa capacidade de engalhamento, hábito de crescimento determinado e resistência ao Cancro da haste, Mancha olho-de-rã, Pústula bacteriana, Crestamento bacteriano e Oídio (AGROESTE, 2013).

Logo após a colheita dessa safra, em 2020 foi complementada adubação de P e K nas mesmas parcelas, procurando restabelecer um teor médio de cada elemento no solo.

Na determinação da quantidade de P e K para cada parcela foi levado em consideração os seguintes aspectos: teor inicial do elemento no solo; doses aplicadas; extração e exportação pela cultura; fixação e perdas do elemento no solo.

Em sequência aos cultivos foi realizado gradagem para nivelamento, seguida de semeadura de *Urochloa brizhanta* cv. Marandu para posterior dessecação da forrageira e implantação da soja.

No segundo experimento a cultivar de soja foi 75I77RSF IPRO. A abertura dos sulcos de plantio foi realizada em outubro/2020, com auxílio de uma enghoca com 4 hastes, acoplada a um trator. A adubação nas linhas foi manual, sendo aplicado juntamente 300 kg ha⁻¹ de gesso e 70 kg ha⁻¹ de FTE e o potássio foi aplicado de forma parcelada.

Na semeadura utilizou-se 12 sementes por metro linear. Após a semeadura as sementes foram inoculadas com a bactéria *Bradyrhizobium japonicum* (65 ml para cada 10 litros de água), pulverizadas nas linhas de plantio.

Neste experimento, a dose de fósforo com 4 níveis: 0, 70, 140 e 210 kg ha⁻¹ correspondeu ao primeiro fator e o segundo fator dose de potássio com 4 níveis: 0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹.

Cada unidade experimental foi composta por 5 linhas de cultivo espaçadas entre sementes por 0,50 m, com comprimento de 5 m e largura de 2 m. Para efeito de bordadura foram consideradas duas linhas e 0,50 m nas extremidades da unidade

experimental. Foram avaliadas as 3 linhas centrais de cada unidade experimental, descartando as duas linhas laterais de cultivo.

Após a colheita da soja, (safra 2020/2021), a forrageira estabeleceu-se naturalmente, mediante ao banco de sementes. No terceiro ano, safra e safrinha (2021/2022), a área não foi ocupada com cultivos, mas o solo permaneceu coberto com a mesma forrageira.

No quarto ano na safra 2022/2023 foi efetuada a dessecação da forrageira com o herbicida glifosato WG na dose de 6 L ha⁻¹ do produto comercial (p.c), na concentração de 360g/L para produção de palhada, e posteriormente realizado o plantio de soja em SPD.

4.3. Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado nos três primeiros anos de cultivo de soja na área foi em blocos casualizados, sendo o mesmo adotado neste experimento. Nas unidades experimentais (parcelas) foram atribuídas quatro doses de potássio (K₂O) e quatro doses de fósforo (P₂O₅), totalizando 16 tratamentos, com três repetições e 48 parcelas.

As doses de K₂O aplicadas foram 0 kg ha⁻¹; 50 Kg ha⁻¹; 100 Kg ha⁻¹; 150 Kg ha⁻¹ e as de P₂O₅ foram 0 Kg ha⁻¹; 70 Kg ha⁻¹; 140 Kg ha⁻¹; 210 Kg ha⁻¹.

O experimento foi realizado nas mesmas 48 parcelas experimentais, no entanto foi acrescentado um tratamento adicional, passando o delineamento experimental para 4 x 4 +1, totalizando 17 tratamentos com 52 parcelas experimentais.

Com auxílio de um sacho, foram aplicados 240 kg ha⁻¹ de NPK na fórmula 05-25-25 (60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O adicionados), apenas em linha de cultivo em cada parcela experimental que anteriormente continham combinações de diferentes níveis de potássio K₂O e fósforo P₂O₅ aplicados no solo. No tratamento adicional foi aplicada a dose de 400 kg ha⁻¹ de NPK na fórmula de 05-25-25, sendo uma referência da dose normalmente utilizada.

4. 4. Condução do experimento em campo

Cada unidade experimental foi dimensionada com 5 m de comprimento e 2,5 m de largura (5,0 m x 2,5 m), compostas por 5 linhas de soja, espaçadas 0,50 m entre linhas com 10 plantas por metro linear com 120 plantas uteis por parcela.

Foi realizada a abertura de sulcos com auxílio de um trator semeadora-adubadora própria de SPD. De forma manual foi aplicada a dose 240 kg de NPK nos sulcos de plantio, incorporando-se ao solo com sacho. Em seguida foi efetuada de forma manual a semeadura de soja ao longo dos cinco metros lineares até completar todas as parcelas.

Os tratos culturais foram conforme as recomendações técnicas da Embrapa para a cultura da soja (EMBRAPA, 2000).

4.5. Variáveis biométricas/agronômicas e nutricionais da soja

4.5.1. Altura de inserção da 1ª vagem

No estágio de maturação, antes da colheita da soja foi realizada a mensuração da altura de inserção da 1ª vagem. De cada parcela experimental da área útil, aleatoriamente foram selecionadas 10 plantas, com auxílio de uma fita métrica estendida da base da planta ao nível do solo até a inserção da 1ª vagem do primeiro nó do caule obteve a altura de inserção da 1ª vagem em cm.

4.5.2. Altura de plantas

Após a mensuração da altura de inserção da 1ª vagem de cada parcela, nas mesmas 10 plantas selecionadas anteriormente, foram feitas as medições de altura. A fita métrica foi estendida partir da base da planta até a extremidade da haste principal, assim obteve altura de plantas em cm.

4.5.3. Número de vagens por planta

No período em que a soja alcançou a maturação plena, ao acaso foram selecionadas 10 plantas da área útil de cada parcela experimental, a haste principal foi cortada ao nível do solo e levadas para a contagem do número de vagens por planta. Foram contabilizadas todas as vagens das 10 plantas, sem exceção de nenhuma.

4.5.4. Vagens cheias e vagens vazias

Em sequência a realização da contagem de número de vagens por plantas, foi realizada do número de grãos por vagem, bem como a qualificação das vagens cheias e vazias.

4.5.5. Massa de mil grãos

Foram colhidas todas as plantas da área útil e as vagens debulhadas com auxílio de uma trilhadeira. A limpeza dos grãos foi realizada com auxílio de um ventilador. De cada parcela foram retiradas amostras de grãos, pesadas antes e após serem colocadas em estufa à 80° C para correção da umidade a 13%.

4.5.6. Produtividade

Para os cálculos de produtividade foram utilizados os mesmos grãos colhidos e secos, com umidade de 13% e o resultado extrapolado para kg/ha⁻¹.

4.5.7. Variáveis nutricionais da soja

Na determinação da concentração de nutrientes no tecido foliar, as folhas foram coletadas aleatoriamente no período do florescimento. Após a coleta, foram secas em estufa com circulação de ar forçada na temperatura de 65 °C até peso constante. Posteriormente foram moídas para a determinação de nutriente por meio de digestão nítrico-perclórica (HNO₃ + HClO₄) na proporção 2:1, com 0,5 mg do extrato foliar para cada unidade experimental.

Estas amostras foram colocadas no bloco digestor, e ficaram 40 minutos em 140 °C, e depois em 210 °C por 20 minutos. Macro e micronutrientes foram determinados por meio de absorção atômica, espectrometria e fotômetro de chama, conforme as recomendações de Malavolta *et al.*(1997).

4.6. Análise física de solo

4.6.1. Coleta de solo

As amostras foram coletadas antes da implantação do experimento atual, em duas profundidades de 0-10 a 10-20 cm, próximos às linhas.

4.6.2. Microporosidade, mesoporosidade e macroposidade de solo

A microporosidade de solo foi determinada pelo método da mesa de tensão. As amostras das duas profundidades 0-10 e 10-20 cm de cada parcela foram coletadas em

anéis metálicos, na parte inferior foram colocadas telas seguradas com ligas. Após as amostras foram colocadas em bandejas e adicionada água na bandeja. Os demais procedimentos e cálculos seguem as recomendações de Almeida et al.(2017).

Para determinação de Macroporosidade utilizou-se também método da mesa de tensão, calculada pela diferença da porosidade total (g cm^3) e microporosidade (g cm^3) / volume do solo (cm^3). A mesoporosidade foi determinada pelo método mesa de tensão, após o equilíbrio da mesa de tensão foi aplicada coluna de água (1 KPa). Após realização de cálculo da diferença da massa de solo retido e solo seco / volume do anel.

4.6.3. Densidade

O solo foi coletado com auxílio de um anel volumétrico de 100 cm^3 , posteriormente, foi seco em estufa e pesada. A densidade do solo foi obtida pela divisão da massa pelo volume do anel, conforme a metodologia proposta por Teixeira et al.(2017).

4.6.4. Porosidade total do solo

A porosidade total do solo foi determinada pelo método indireto, que estabelece a relação entre a densidade do solo e a densidade de partículas. O cálculo consistiu na subtração da densidade de partículas, menos a densidade de solo, dividido pela densidade do solo, conforme as recomendações de Teixeira et al. (2017).

4.6.5. Umidade Volumétrica do solo

Todos os anéis volumétricos vazios foram pesados, após foram cravados no solo para coletar as amostras nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm. Foram pesados em conjunto para obter o peso da amostra úmida e mais o anel. Após as amostras foram colocadas em estufa 105°C por 48 horas, após foram pesados para obter o peso da amostra seca, mais o anel. Os Cálculos para determinação da umidade volumétrica do solo foram de acordo com as recomendações de Teixeira et al. (2017)

4.6.6. Resistência à penetração de solo

De cada parcela foram coletadas amostras indeformadas em anel. Foi utilizado um penetrômetro de bancada com uma ponteira de ponta cônica de 4 mm. Durante os

ensaios a ponteira com velocidade constante de $0,1667 \text{ mm s}^{-1}$, e célula de carga de 250 N atingia o centro da amostra indeformada e detectava a resistência à penetração.

A leitura se deu pelo sistema de aquisição de dados do penetrográfico, que mostra gráfico representando a força kgf em função do tempo de 250 segundo, que é o tempo que a ponteira atravessa completamente a amostra.

4.7. Análise química de solo

4.7.1. Coleta e preparo de solo

A amostragem de solo foi realizada antes da implantação do experimento atual. Com auxílio de um trado calador próprio de SPD foram coletadas de solo em 3 pontos, um próximo da linha anterior de plantio, e dois laterais em direção ao centro de entre linhas em duas profundidades de 0-10 e 10-20 cm de solo de cada parcela experimental.

As amostras foram secas ao ar e à sombra. Em seguida o solo foi destorroado e peneirado em malha de 2,0 mm, obtendo assim a terra fina seca ao ar - TFSA.

4.7.2. Determinação de pH do solo

Foram pesado de cada amostra de 0-10 e 10-20 cm de solo 10 g em copo plástico, e colocados 20 ml de CaCl_2 anteriormente preparado. Com auxílio de um bastão de vidro todas as amostras foram agitadas 60 s individualmente, e deixadas em repouso por 1 h.

Após conforme a ordem das leituras, as amostras foram agitadas rapidamente, e com potenciômetro calibrado os eletrodos foram imersos na amostra homogeneizada, após a estabilização foram realizada a leitura conforme Teixeira et al.(2017).

4.7.3. Determinação de Al^{3+}

A determinação de alumínio trocável foi utilizado o extrator $\text{KCl } 1 \text{ mol L}^{-1}$ e determinada pelo método volumétrica com solução diluída de NaOH . Foi retiradas 25 mL obtida na extração e adicionadas 3 gotas de bromotimol e tituladas com solução padronizada de $\text{NaOH } 0,025 \text{ mol L}^{-1}$ passando a solução de amarelo para verde-azulado. Os procedimentos do preparo da solução do extrator de $\text{KCL } 1 \text{ mol L}^{-1}$, NaOH e bromotimol são conforme Teixeira et al.(2017).

4.7.4. Determinação de Acidez potencial

Foram pesadas 5 g de solo (TFSA) em Erlenmeyes de 125 mL de cada amostras de 0-10 e 10-20 cm de solo. Após foram acrescentada 75mL acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ pH 7,0. Com auxílio de um agitador horizontal, as amostras foram agitadas por 10 m e deixado em repouso de uma noite para o dia seguinte.

De cada amostra foram pipetadas 25 mL da solução sem arrastar as partículas do solo e colocadas em novos Erlenmeyes e adicionadas três gotas da solução de fenolftaleína e tituladas solução padronizada de 0,025 mol L⁻¹ de NaOH até o alcance da coloração rósea, conforme Teixeira et al.(2017).

4.7.5. Determinação de P

Foram pipetados 10 mL extrato sulfúrico e colocados em balão, após adicionados 10 mL de solução de molibdato de amônio, e adicionada água até alcançar 35 mL e 15 mg de ácido ascórbico, foram agitados e completados com água destilada. As curvas padrões e as leituras pelo método espectrofotômetro foram de acordo com as recomendações Teixeira et al.(2017).

4.7.6. Determinação de K

Foram pesados 1 g e moído e colocados em tubos de digestão, e adicionado 1,1 g de mistura catalisadora e 4 mL de H₂SO₄ concentrado, posterior foram preparadas as amostras em branco. Os tubos foram aclopados ao bloco digestor, permanecendo no aquecimento de 150° c por 3 h, após a temperatura elevada para 300°C e permaneceu até a solução passar da coloração esverdeada para incolor. Os procedimentos da mistura catalisadora e demais procedimentos de extração com solução Mehlich⁻¹ para leitura no fotômetro de chama segue as recomendações de Teixeira et al.(2010).

4.7.7 Determinação Ca e Mg

Foram filtradas a suspensão obtida na extração com KCl 1 mol L⁻¹ para ara Erlenmeyer de 20 mL. Foram pipetado 0,1 Ml do extrato e adicionado 4,9 mL de solução de lantânio a 1 g L⁻¹, foram homogeneizados e realizada a leitura no espectrômetro de absorção atômica com chama. As preparações de KCL, solução de lantânio foram de acordo com as recomendações Teixeira et al.(2017).

4.7.8. Cálculo de parâmetros SB, T, t, m% e V%

Para o cálculo de soma de bases todos os elementos foram expressos cmolc/dm³, após somados ($SB = K^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+}$). Nos cálculos de T foi utilizado a fórmula $T = SB + (H + Al)$, e para t a fórmula $t = SB + Al^{3+}$, m% a fórmula $m = Al^{3+}/t \cdot 100$, e V a fórmula $v = SB/T \cdot 100$ conforme Prezotti; Guarçoni (2013).

4.8. Análise estatística

A distribuição dos dados das variáveis biométricas agronômicas/ nutricionais da soja, análise de física e química de solo foram analisados pelo teste de normalidade de Shapiro-Wilk a 5% de significância e atendem ao pressuposto de normalidade e homoscedasticidade.

Para todos os resultados das variáveis foi realizada análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade. As médias dos tratamentos identificados com diferença estatística foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, e os tratamentos adicionais foram analisados pelo teste de Dunnet, e os resultados representados por tabelas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Análise dos atributos físicos de solo em Sistema Plantio Direto

Os fatores K (K_2O) P (P_2O_5) em quatro níveis, nos atributos físicos macroporosidade, mesoporosidade, microporosidade, densidade do solo, porosidade total, umidade volumétrica, e resistência à penetração de solo não apresentaram diferença significativa de forma isolada, nem em interação entre os fatores, também não houve diferença significativa ao analisar o fatorial vs o tratamento adicional nas profundidades 0-10 cm e 10-20 cm do solo (Tabela 2).

Tabela 2. Análise de variância de Macroporosidade (MACROP), Mesoporosidade (MESOP), Microporosidade (MICROP), densidade (DS), Porosidade Total (PT), Umidade volumétrica (UV) e Resistência à penetração de raízes (RP) na profundidade de 0-10 e 10-20 cm de solo. Humaitá-AM, 2023.

Fonte de variação	Quadrados Médios							
	0-10 cm							
	GL	MACROP	MESOP	MICROP	DS	PT	UV	RP
Blocos	2	0,0019 ^{ns}	0,0020 ^{ns}	0,00921 ^{ns}	0,0031 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	0,0126 ^{ns}	0,1130 ^{ns}
K	3	0,00095 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,00237 ^{ns}	0,0182 ^{ns}	0,0026 ^{ns}	0,0016 ^{ns}	0,0756 ^{ns}
P	3	0,00056 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,00031 ^{ns}	0,0454 ^{ns}	0,0064 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	0,3095 ^{ns}
K*P	9	0,00058 ^{ns}	0,0007 ^{ns}	0,00102 ^{ns}	0,0221 ^{ns}	0,0031 ^{ns}	0,0011 ^{ns}	0,1560 ^{ns}
Fatorial Vs Ad	1	0,00035 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,01942 ^{ns}	0,7217 ^{ns}	0,1027 ^{ns}	0,0181 ^{ns}	0,0935 ^{ns}
Resíduo	32	0,00062	0,0003	0,00135	0,026	0,0037	0,0026	0,2187 ^{ns}
C.V(%)		73,54 %	36,76%	9,42%	8,35%	22,44%	13,31%	29,63%
Fonte de variação	10-20 cm							
	GL	MACROP	MESOP	MICROP	DS	PT	UV	RP
	GL	MACROP	MESOP	MICROP	DS	PT	UV	RP
Blocos	2	0,00042 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	7e- ^{04ns}	0,0240 ^{ns}	0,0034 ^{ns}	0,0018 ^{ns}	0,9737 ^{ns}
K	3	2e- ^{05ns}	6e- ^{05ns}	0,00062 ^{ns}	0,0034 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	2e- ^{05ns}	0,1568 ^{ns}
P	3	0,00038 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,00049 ^{ns}	0,0082 ^{ns}	0,0011 ^{ns}	0,0008 ^{ns}	0,0806 ^{ns}
K*P	9	0,00015 ^{ns}	0,0006 ^{ns}	0,00167 ^{ns}	0,0270 ^{ns}	0,0038 ^{ns}	0,0015 ^{ns}	0,3626 ^{ns}
Fatorial Vs Ad	1	7e- ^{05ns}	0,0005 ^{ns}	0,02127 ^{ns}	0,4398 ^{ns}	0,0626 ^{ns}	0,0197 ^{ns}	0,4745 ^{ns}
Resíduo	32	0,00033	0,0005	0,00098	0,0111	0,0015	0,0020	0,3661 ^{ns}
C.V(%)		64,93%	29,54%	8,85%	5,73%	13,11%	13,03	28,61%

**, * significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F.

Ns - não significativo pelo teste de F.

De acordo Reichert *et al.* (2007) o mínimo de volume aceitável de macroporos para o excelente desenvolvimento da soja é $0,10 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$. De acordo com Pena (2020), o volume ideal de macroporos é $0,17 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$. As médias das duas profundidades 0-10 cm e 10-20 cm apresentaram volumes críticos para macroporos. A profundidade 0-10 cm apresentou amplitude de $0,016$ a $0,048 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$, e a profundidade 10-20 cm de $0,017$ a $0,040 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$.

O volume crítico de macroporos presentes nas duas profundidades é justificado pelo alto volume da densidade do solo. Os resultados mostram que o solo em ambas as

profundidades avaliadas apresentam baixa capacidade de drenagem de água, estando propício a inundações.

De acordo com Machado et al.(2023) a compactação é caracterizada por elevado valor de resistência à penetração, e elevado volume de densidade do solo, com reduções na MACROP e PT do solo. Segundo Stefanosoki et al (2013) qualquer alteração numa das propriedades de solo, causa a modificações nas demais.

As médias de mesoporosidade do solo são semelhantes aos resultados de Dalmago (2009) que avaliou a mesoporosidade do solo nas profundidades de 2,5 cm a 75 cm, em seus resultados mostram que o SPD proporcionou maiores quantidades de mesoporos em relação ao sistema convencional de preparo de solo.

As médias de mesoporosidade nas duas profundidades 0-10 e 10-20 cm do solo apresentam volumes semelhantes, os resultados indicam que a adubação de K e P causam os mesmos efeitos em ambas as profundidades.

Entre as classes da porosidade do solo, os microporos são os únicos que a água não é esvaziada totalmente, após a infiltração e drenagem. As médias das duas profundidades indicam que os volumes de microporos apresentaram maiores volumes do que a de macro e mesoporos que contribui para retenção de água na área.

De acordo com Pena, (2020) o volume ideal de microporos é de $0,33 \text{ m}^3.\text{m}^{-3}$, todos os tratamentos nas duas profundidades de solo apresentaram volumes dentro desse volume ideal de microporos, com exceção de três tratamentos na profundidade 10 a 20 cm (TA7, T14 e TA17) que apresentaram volumes menores de microporos.

Os resultados de microporos do solo corroboram com Lima (2023), Sá (2023), Martins et al. (2023), Machado et al. (2023), Augusto (2023), Sabino et al. (2023), Jung (2023), Ostwald (2023) e Backes et al. (2023) que avaliaram a microporosidade do solo e não encontraram diferenças significativa entre os tratamentos.

Os autores ressaltam que a macroporosidade e microporosidade em equilíbrio proporcionam melhoria na qualidade físico-hídrico indispensável ao crescimento radicular da soja. Comumente a macroporosidade se faz mais presente nas camadas mais superficiais do solo, enquanto os microporos são mais presentes ao longo dos perfis de solo.

A porosidade total do solo nas duas camadas avaliadas apresentaram amplitude de 0,20 a $0,45 \text{ m}^3.\text{m}^{-3}$. De acordo com Paulino, (2013) o valor mínimo aceitável de

porosidade total solo é $0,35 \text{ m}^3.\text{m}^{-3}$ e Renynolds (2002) sugerem que o volume ideal seja $0,66 \text{ m}^3.\text{m}^{-3}$.

Os resultados para porosidade do solo mostram que os volumes estão dentro do mínimo aceitável de volume de porosidade total, contudo ainda não estão dentro do volume ideal. O solo apresentou propriedades físicas não favoráveis, mas em construção de melhoria para cultivo de culturas agrícolas.

Mucha (2023) avaliou os efeitos da cobertura vegetal, em seus resultados constam que as camadas que continham os menores volumes densidade do solo são as que continham maiores volumes de Porosidade Total do solo, o que justifica o volume inadequado de porosidade do solo do presente estudo.

Quando a umidade do solo está na mesma proporção que a porosidade total, significa que o solo se encontra saturado, ou seja, todos os espaços vazios estão ocupados pela água. A umidade na camada 0-10 apresenta volumes maiores como esperado, do que na camada 10-20 cm do solo.

Em solos típicos a umidade normalmente está em torno $0,35$ a $0,7 \text{ m}^3.\text{m}^{-3}$. As médias das duas profundidades estão dentro dessa variação. Conforme Reinert et al. (2008) a densidade é um indicador de compactação do solo, o aumento tem forte influência na diminuição da macroporosidade e porosidade total do solo que faz com que diminua a umidade do solo.

Segundo Schaffrath (2008) no SPD a macroporosidade e a densidade são modificadas em longo prazo, porque dependem do crescimento das raízes e da decomposição da palhada para o aumento da porosidade do solo. Já na visão de Borges (2024) a densidade do solo é um atributo que pouco se altera em função do manejo e é muito específico de cada classe de solo.

De acordo com Reinert (2006) a densidade normal dos solos argilosos é de $0,1$ a $1,7 \text{ g cm}^3$ e o valor crítico para o desenvolvimento de raízes é $1,4 \text{ g cm}^3$. Os volumes de densidade das duas profundidades avaliadas são superiores ao valor crítico de desenvolvimento radicular. A densidade possui volumes maiores nas camadas mais profundas do solo pela falta da matéria orgânica, por possuir volumes menores de agregados e menores alcance das raízes (SILVA, 2024).

Os volumes de densidade do solo nas duas profundidades 0-10 e 10 a 20 cm são semelhantes, não houve aumento em função da profundidade. Tormena et al.(2002) justificam que o valores de densidade do SPD são altos, devido o preparo de solo que

não há revolvimento, e comparados com outros sistemas de preparo de solo, o volume de densidade do SPD é superior, justamente por não haver a descompactação do solo.

O resultado de densidade do solo corrobora com Soares (2024) que analisando o SPD em diferentes tipos de cultivos não encontrou diferença significativa nos volumes de densidade do solo. Rovere (2024) avaliou a qualidade do solo em diferentes coberturas vegetais também não encontrou diferença significativa nos volumes de densidade na profundidade 0-10 cm, exceto na profundidade 10-20 cm em áreas de florestas que apresentou um menor volume densidade em comparação com outros cultivos.

Sá (2023) avaliou a qualidade física hídrica do solo: Densidade, macro, micro e porosidade total, e não encontrou diferenças significativas nas camadas 0-10 cm a 10-20 cm, e nem nos tratamentos sem cobertura e com diferentes níveis de coberturas vegetais. Mas constatou que solos homogêneos apresentam os mesmos atributos físicos.

Os resultados também corroboram com Freire (2023) que não encontrou diferença na densidade do solo (Ds) e Lima (2023) que não encontrou significância na densidade do solo (Ds) macro, micro, porosidade total do solo (Pt) nos tratamentos avaliados.

A resistência à penetração de solo na profundidade 0-10 cm do solo apresentou amplitude de 1,6 a 1,9 MPa, e para profundidade de 10-20 cm de 1,7 a 2,7 MPa. De acordo com Beutler (2007) a soja tem excelente produtividade na resistência a penetração de raízes de 1,30 a 1,64 MPa. As médias apresentam resistência à penetração crítica para o desenvolvimento radicular da soja, contudo no presente trabalho, esses valores não impediram o crescimento e produtividade da soja.

De acordo com Moraes et al.(2014) antes o R_p normalmente usados para definir compactação era 2,0 MPa nas variadas classes independentemente dos sistemas de preparo de solo. Contudo em SPD, os valores superiores ao limite crítico de resistência a penetração de solos à raízes não limitam o rendimento de grãos, por essa razão foi estabelecido ao SPD que o valor de resistência à penetração do solo que dificulta o crescimento, desenvolvimento, e o rendimento de grãos é a partir de 3, 5 MPa. Todas os valores de MPa dos tratamentos estão abaixo dessa nova classificação ajustada para o SPD.

Mesmo estabelecido que 3,5 MPa é considerado um limite crítico de produção ao SPD, as culturas agrícolas costumam ter um alto rendimento de grãos. Cortez et al.(2023) avaliaram o rendimento da soja em SPD durante o ano 2015/2016. Por mais

que o solo tenha apresentado valores de MPa acima do limite crítico apresentou maior produtividade de grãos com 2.545, 66 kg ha⁻¹ em comparação com outros sistema de manejo de preparo de solo.

Os incrementos de nutrientes do SPD provenientes da rotação de cultura e palhada favorecem o crescimento radicular que superam a compactação do solo, e naturalmente descompacta o solo por meio das raízes.

De acordo com valente et al.(2019) o Rp é menos expressivo nas camadas mais superficiais do solo, conforme a profundidade o RP apresenta maiores valores de Rp de raízes. Cardoso (2006) avaliou o sistema radicular da soja em função da compactação, não limita a produção de matéria seca e produtividade da soja, mas conforme as camadas mais compactadas do solo há menor exploração do sistema radicular da soja.

Segundo Girardello et al.(2017), que avaliou a resistência do solo durante o ciclo da soja, seus resultados mostram que conforme o desenvolvimento da soja, apesar dos limites físicos de solo impostos pela compactação, o valor inicial de resistência à penetração de solo teve um decréscimo nas diferentes épocas de avaliação.

5.3. Análise química de solo em sistema plantio direto

Na camada 0-10 cm de solo os resultados para pH, H+Al, Al, e Ca não houve efeito significativo isolado do fator K e do fator P, e nem na interação entre os fatores K e P, e fatorial vs adicional. Houve diferença significativa na MOS no adicional vs fatorial, e no P houve efeito significativo isolado do fator P, e no K houve efeito significativo no fator isolado K (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo das Análises de variâncias para potencial hidrogeniônico (pH), matéria orgânica do solo (M.O.S.) acidez trocável (Al³⁺), acidez potencial (H+Al), fósforo (P), potássio(K), cálcio (Ca) da profundidade 0-10 e 10-20 cm de solo. Humaitá-AM, 2023.

Fonte de variação	0-10 cm							
	GL	pH H2O	MOS	Al ³⁺	H+AL	P	K	Ca
Blocos	2	0,43 [*]	25,5 ^{ns}	14,6 ^{ns}	14,6 [*]	4,2 ^{ns}	0 ^{ns}	0,00 ^{ns}
K	2	0,11 ^{ns}	7,9 ^{ns}	1,36 ^{ns}	1,36 ^{ns}	1,2 ^{ns}	0 [*]	0,06 ^{ns}
P	3	0,06 ^{ns}	7,1 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,23 ^{ns}	23,2 [*]	0 ^{ns}	0,00 ^{ns}
K*P	3	0,08 ^{ns}	11,1 ^{ns}	1,11 ^{ns}	1,11 ^{ns}	6,86 ^{ns}	0 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Fatorial Vs Ad	9	0,16 ^{ns}	55,5 [*]	1,56 ^{ns}	1,56 ^{ns}	3,13 ^{ns}	0 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Resíduo	32	0,09	7,8	1,30	1,30	4,23	0	0,03 ^{ns}
C.V(%)		6,92	25,3	2,45	2,45	13,5	4,02	3,96

10-20 cm

Blocos	2	6,2 [*]	7,27 ^{ns}	4,15 [*]	6,22 [*]	0,10 ^{ns}	0 ^{ns}	0,07 ^{ns}
K	2	0,4 ^{ns}	1,3 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,30	0 ^{ns}	0,00 ^{ns}
P	3	0,07 ^{ns}	1,7 ^{ns}	0,49 [*]	0,07 ^{ns}	0,87 [*]	0 ^{ns}	0,00 ^{ns}
K*P	3	0,8 ^{ns}	13,9 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,85 ^{ns}	0,68 [*]	0 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Fatorial Vs Ad	9	0,02 ^{ns}	2,0 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0 ^{ns}	0,00 [*]
Resíduo	32	6,2	4,1	0,16	0,73	0,21	0	0,07
C.V(%)		24,9	31,9	32,7	24,9	47,7	31,2	19,21

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

Ns - não significativo pelo teste de F.

Na camada 10-20 cm de solo os resultados para pH, MOS, H⁺AL e K não houve efeito significativo isolado do fator K e P, e interação dos fatores K e P. Para Al³⁺ houve efeito significativo isolado do fator P, e para P houve efeito significativo isolado do fator P, e efeito significativo na interação dos fatores K e P. Houve efeito do fatorial vs adicional para o teor de Ca (Tabela 3).

Para Mg, SB, T, m% e V% na profundidade 0-10cm do solo não houve efeito significativo isolado do fator K e P. Não houve efeito significativo da interação do fator K e do fator P, e nem do fatorial vs adicional. Na camada 10-20 para Mg, T, e t e m% também não houve efeito significativo. Para SB e V% houve efeito significativo no fatorial vs adicional (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo das Análises de variâncias para potencial hidrogeniônico (pH), matéria orgânica do solo (M.O.S.) acidez trocável (Al³⁺), acidez potencial (H⁺Al), fósforo (P), potássio(K), cálcio (Ca) da profundidade 0-10 e 10-20 cm de solo. Humaitá-AM, 2023.

		0-10 cm						
		Mg	SB	(T)	(t)	m%	V%	
Blocos	2	0,0007 ^{ns}	0,03 ^{ns}	15,8 [*]	2,26 ^{ns}	2301,1 [*]	54,5 [*]	
K	2	0,0001 ^{ns}	0,08 ^{ns}	1,82 ^{ns}	0,12 ^{ns}	7,8 ^{ns}	14,8 ^{ns}	
P	3	0,0002 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,02 ^{ns}	33,23 ^{ns}	0,52 ^{ns}	
K*P	3	0,0000 ^{ns}	0,03 ^{ns}	1,13 ^{ns}	0,13 ^{ns}	111,8 ^{ns}	12,6 ^{ns}	
Fatorial Vs Ad	9	0 ^{ns}	0,00 ^{ns}	1,77 ^{ns}	0,29 ^{ns}	645,2 ^{ns}	6,1 ^{ns}	
Resíduo	32	4 ^{e-04ns}	0,04 ^{ns}	1,35 ^{ns}	0,17 ^{ns}	2301,1 ^{ns}	17,4 ^{ns}	
C.V(%)		4,18	2,88	1,93	3,07	9,43	1,89	
		10-20 cm						
Blocos	2	0,004 ^{ns}	0,11 [*]	7,75 [*]	5,5 [*]	1202,1 [*]	28,17 ^{ns}	
K	2	0,003 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,11 ^{ns}	71,89 ^{ns}	14,14 ^{ns}	
P	3	0,009 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,52 ^{ns}	237,8 ^{ns}	1,91 ^{ns}	
K*P	3	0,003 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,98 ^{ns}	0,17 ^{ns}	101,9 ^{ns}	8,72 ^{ns}	
Fatorial Vs Ad	9	0,001 ^{ns}	0,09 [*]	0,23 ^{ns}	0,09 ^{ns}	372,4 ^{ns}	68,03 [*]	
Resíduo	32	0,002	0,01	0,73	0,18	123,1	14,72	
C.V(%)		128,2	23,77	22,09	25,6	15,86	32,07	

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

Ns - não significativo pelo teste de F

O pH na camada 0-10 cm de solo apresentou amplitude de 4,74 a 5,87, e na camada 10-20 cm de solo amplitude de 4,27 a 5,24, valores indicam pH classificado entre acidez elevada e média.

Solos com acidez elevada são comumente encontrados no Amazonas por causa da presença de íons H⁺ e Al³⁺ que são resultados das condições naturais da região,

elevadas temperaturas e chuvas intensas (DA SILVA, 2024).

Os resultados de pH corroboram com Beutler (2024), Silva (2024) e Silva et al.(2024) que também encontraram resultados semelhantes atribuídos em função do Sistema Plantio Direto.

Apesar de o pH não ter apresentado significância pelo teste F ($p>0,05$), mas o teste de médias Tukey mostrou que na camada 0-10 cm do solo no desdobramento de fósforo dentro do nível 0 de potássio as médias são diferentes.

O pH variou entre as doses de P_2O_5 na dose zero de K_2O . O pH na dose 70 P_2O_5 foi superior em relação a dose 210 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 , mas não diferiu das doses 0 140 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 , e estas últimas não diferiram da dose 210 de P_2O_5 . Já na camada 10-20 o teste de médias Tukey mostrou que as médias de pH não variaram (Tabela 5).

Tabela 5. Desdobramento das interações dos fatores potássio e fósforo; fatorial vs tratamento adicional de pH, M.O.S, na camada 0-10 cm e 10-20cm do solo . Humaitá-AM, 2023.

	Doses K_2O ($kg\ ha^{-1}$)		Doses de P_2O_5 ($kg\ ha^{-1}$)		
	0	70	140	210	Média
0-10 cm					
	pH (H_2O)				
0	5,05 ab	5,21 a	4,82 ab	4,49 b	4.89 ^{ns}
50	4,98 ^{ns}	5,20 ^{ns}	5,15 ^{ns}	5,12 ^{ns}	5.11
100	5,10	4,96	5,08	5.10	5.06
150	5,02	5,00	4,90	4.94	4.97
Média	5,04 ^{ns}	5,09	4,99	4.91	
Adicional	4,77				
CV (%)	6,31				
10-20 cm					
0	4,72 ^{ns}	4,75 ^{ns}	4,60 ^{ns}	4,92 ^{ns}	4,75 ^{ns}
50	4,62	4,99	4,70	4,63	4,73
100	4,75	4,87	4,86	4,82	4,82
150	4,99	4,91	4,59	4,73	4,80
Média	4,77 ^{ns}	4,88	4,69	4,77	
Adicional	4,65				
CV (%)	4,41				
0-10 cm					
	M.O.S				
0	8,22#	13,09 ^{ns}	10,32 ^{ns}	8,28 #	9,97#
50	11,02 ^{ns}	10,38	11,75 ^{ns}	9,66	10,70
100	9,60	9,70	9,69	13,04	10,51#
150	13,07	11,72	8,97	13,85	11,90
Média	10,48#	11,57	9,84#	11,21	
Adicional	15,21				
CV (%)	25,85				
10-20 cm					
0	6,23 ^{ns}	6,83 ^{ns}	6,88 ^{ns}	6,15 ^{ns}	6,52 ^{ns}
50	7,60	4,79	7,55	6,86	6,70
100	6,08	6,15	6,21	5,51	5,99
150	7,60	6,21	6,46	5,51	6,09
Média	6,52 ^{ns}	6,00	6,77	6,01	
Adicional	7,17				
CV (%)	31,94				

1Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.2Médias seguidas do símbolo # diferem da média do tratamento adicional pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade de erro. (CV) coeficiente de variação.

A média 15,21 da M.O.S na camada 0-10 cm de solo do tratamento adicional foi superior as médias do fator isolado K na dose 0 e 100 kg ha⁻¹, e não diferiram nas doses 50 e 150 kg. ha⁻¹ (Tabela 5).

Também foi superior nas médias do fator isolado P nas doses 0 e 140 kg ha⁻¹, e não se diferiram das doses 70 e 210 kg ha⁻¹ (Tabela 5). A média do tratamento adicional foi superior as médias da interação dos fatores K e P, na combinação das doses 0 kg ha⁻¹ de K e 0 kg ha⁻¹ de P, 0 kg ha⁻¹ de K 140 kg ha⁻¹ de P. Na camada 10-20 cm de solo não houve variação (Tabela 5).

A M.O.S apresentou valores elevados que podem ser atribuído ao SPD e adubação de P e K que favorecem a produção de matéria seca. Na camada 10-20 todos os tratamentos proporcionaram os mesmos efeitos, e apresentaram elevadas concentrações de M.O.S sobre o solo, com pequenos decréscimo em relação a profundidade 0-10 cm.

Na camada 0-10 cm de solo o Al³⁺ variou de 0,1 a 1,8, classificado de baixo a elevado no sol. Solos amazônicos os resultados para Al³⁺ elevado e frequentemente esperado por causa da acidez do solo. Os resultados da camada 10-20 cm de solo condiz com os mesmos encontrados na camada 10-20 cm de solo.

Apesar de na ANOVA o Al³⁺ ter apresentado diferença significativa no efeito isolado de P na camada 10-20 cm de solo, no desdobramento tanto na camada 0-10 como na camada 10-20 cm de solo as médias não se diferiram pelo teste de Tukey (Tabela 6).

Os valores de H+Al encontrados na camada 0-10 cm (1,98 a 6,84) e 10-20 cm (1,26 a 5,21) do solo são considerados baixos a elevados. O H+Al baixo são associados a valores de baixo de M.O.S. No desdobramento em ambas as camadas as médias não diferiram (Tabela 6).

Tabela 6. Desdobramento das interações dos fatores potássio e fósforo; fatorial vs tratamento adicional de Al^{3+} , H+Al, na camada 0-10 cm e 10-20cm do solo. Humaitá-AM, 2023.

Doses K ₂ O (kg ha ⁻¹)	Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)				
	0	70	140	210	Média
0-10 cm					
Al ³⁺					
0	0,87 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,71 ^{ns}
50	0,77	0,60	0,60	0,50	0,67
100	0,46	0,73	0,93	0,80	0,72
150	0,73	0,63	0,67	0,77	0,70
Média	0,75 ^{ns}	0,62	0,73	0,70	
Adicional	1,07				
CV (%)	52,04				
10-20 cm					
0	1,06 ^{ns}	1,03 ^{ns}	1,76 ^{ns}	1,40 ^{ns}	1,31 ^{ns}
50	1,46	0,70	1,20	1,20	1,14
100	1,30	1,00	1,16	1,30	1,19
150	1,30	0,96	1,26	1,50	1,25
Média	1,28 ^{ns}	0,92	1,35	1,35	
Adicional	1,23				
CV (%)	32,74				
H+AL					
0-10 cm					
0	5,12 ^{ns}	4,97 ^{ns}	3,91 ^{ns}	4,46 ^{ns}	4,61 ^{ns}
50	4,59	3,98	4,66	3,30	4,13
100	3,32	4,51	4,37	3,95	4,04
150	4,43	4,95	4,25	5,21	4,71
Média	4,36 ^{ns}	4,34	4,56	4,23	
Adicional	3,63				
CV (%)	26,40				
10-20 cm					
0	3,35 ^{ns}	3,32 ^{ns}	4,07 ^{ns}	3,07 ^{ns}	3,45 ^{ns}
50	4,07	3,13	3,84	3,28	3,58
100	2,82	3,04	3,27	3,50	3,16
150	3,56	3,82	2,72	4,22	3,58
Média	3,45 ^{ns}	3,58	3,16	3,58	
Adicional	3,34				
CV (%)	24,90				

1Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. 2Médias seguidas do símbolo # diferem da média do tratamento adicional pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade de erro. (CV) coeficiente de variação.

Os valores obtidos para fósforo na camada 0-10 e 10-20 cm são considerados de baixa disponibilidade. No teste de comparação de médias Tukey mostrou que a média dose 210 kg ha⁻¹ de P_2O_5 foi superior a dose 0 kg ha⁻¹, e não se diferiu das doses 70 e

140 kg ha⁻¹ de P₂O₅. A dose 0 kg ha⁻¹ não se diferiu das doses 70 e 140 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Tabela 7).

Tabela 7. Desdobramento das interações dos fatores potássio e fósforo; fatorial vs tratamento adicional de Al³⁺, H+Al, na camada 0-10 cm e 10-20cm do solo. Humaitá-AM, 2023.

Doses K ₂ O (kg ha ⁻¹)		Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)			
	0	70	140	210	Média
0-10 cm					
P					
0	2,66 ^{ns}	2,31 ^{ns}	4,77 ^{ns}	2,72 ^{ns}	3,11 ^{ns}
50	1,90	1,30	6,24	6,12	3,89
100	1,55	4,31	2,68	5,32	3,46
150	2,0	3,0	3,0	6,2	3,58
Média	2,03 b	2,74ab	4,17ab	5,11 ^a	
Adicional	2,46				
CV (%)	70,90				
10-20 cm					
0	1,19	0,81AB	0,69 B	0,96	0,91 ^{ns}
50	1,12 ab	0,17 Bb	1,73 a A	1,71 ^a	1,18
100	0,32 b	0,55 ABab	0,79 abAB	1,61a	0,82
150	0,76	1,23 A	0,57B	1,02	0,90
Média	0,85 ab	0,69 b	0,94ab	1,32 a	
Adicional	1,17				
CV (%)	47,70				
K					
0-10 cm					
0	0,005	0,005	0,005	0,004 AB	0,005 A
50	0,005 a	0,004ab	0,005ab	0,003 bB#	0,005 B
100	0,004	0,005	0,006	0,005 AB	0,005A B
150	0,006	0,005	0,006	0,006 A	0,005 B
Média	0,005 ^{ns}	0,005	0,005	0,006	
Adicional	0,0062				
CV (%)	16,58				
10-20 cm					
0	0,003 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,002 ^{ns}
50	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002
100	0,002	0,002	0,003	0,003	0,002
150	0,003	0,003	0,002	0,003	0,003
Média	0,003 ^{ns}	0,002	0,002	0,002	
Adicional	0,002				
CV (%)	31,22				

1Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. 2Médias seguidas do símbolo # diferem da média do tratamento adicional pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade de erro. (CV) coeficiente de variação.

O fósforo na camada 10-20 cm de solo as médias se diferiram no fator isolado P. A dose 210 kg ha⁻¹ de P₂O₅ foi superior às doses 70 P₂O₅, e não se diferiu da dose 0 e 140 kg ha⁻¹ de P₂O₅. As doses 0, 70, e 140 kg ha⁻¹ de P₂O₅ não se diferiram (Tabela 7).

Na interação as doses de fósforo variaram nas doses 50 e 100 kg ha⁻¹ de K₂O, e as doses de potássio variaram dentro as doses 70 e 140 kg ha⁻¹ de P₂O₅. A dose 210 kg ha⁻¹ na dose 50 kg ha⁻¹ de K₂O foi superior à dose 70 kg ha⁻¹, e não se diferiu da dose 0 e 70 kg ha⁻¹. A dose 0 kg ha⁻¹ de P₂O₅ não se diferiu da dose 70 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Tabela 7).

As doses de potássio variaram nas doses 70 e 140 kg ha⁻¹ de P₂O₅. A dose 150 kg ha⁻¹ de K₂O na dose 70 kg ha⁻¹ foi superior às doses 50 e 100 kg ha⁻¹ de K₂O, e não se diferiu da dose 0 kg ha⁻¹ de K₂O. As doses 0, 50 e 100 de K₂O não se diferiram na dose 70 kg ha⁻¹. A dose 50 kg ha⁻¹ na dose 140 kg ha⁻¹ de P₂O₅ foi superior as doses 0 e 150 kg ha⁻¹ de K₂O, e não se diferiu da dose 100 kg ha⁻¹ de K₂O. As doses 0, 100 e 150 kg ha⁻¹ não se diferiram (Tabela 7).

Os resultados obtidos para potássio em ambas as camadas avaliadas foram considerada baixa, e críticas ao desenvolvimento, crescimento e produtividade da soja. O fator isolado K foi superior na dose 0 K₂O, e não se diferiu 100 kg ha⁻¹ de K₂O. As doses 50, 100 e 150 kg ha⁻¹ não se diferiram (Tabela 7).

Apesar de os resultados da ANOVA para potássio não ter mostrado significativo na interação dos fatores potássio e fósforo, e nem do tratamento adicional vs o fatorial, os resultados do teste de média Tukey mostrou que as médias são dissemelhantes. As doses de fósforos variaram na dose 50 kg ha⁻¹ de K₂O, e as doses de potássio variaram na dose 210 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Tabela 7).

A dose 0 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na dose 50 kg ha⁻¹ de K₂O foi superior a dose 210 kg ha⁻¹, e não se diferiu da dose 70 e 140 kg ha⁻¹ de P₂O₅. As doses 70, 140 e 210 kg ha⁻¹ de P₂O₅ não se diferiram, apresentam os mesmos efeitos no solo. A dose 150 kg ha⁻¹ de K₂O na dose 210 kg ha⁻¹ de P₂O₅ foi superior à dose 50 kg ha⁻¹ de K₂O, e não se diferiu das doses 0 e 100 kg ha⁻¹ de K₂O. No adicional vs fatorial, a média do adicional foi superior a combinação 50 kg ha⁻¹ e 210 kg ha⁻¹ (Tabela 7)

Na camada 10-20 cm do solo, os resultados para potássio não apresentaram diferença de médias, todos os tratamentos proporcionaram os mesmos efeitos na concentração de potássio no solo (Tabela 7).

Os valores de cálcio encontrados foram considerados baixos nas camadas 0-10 e 10-20 cm do solo. Na ANOVA Cálcio não apresentou resultados significativos, mas no teste de Tukey mostrou que as doses de K₂O variam na dose 140 kg ha⁻¹ de P₂O₅. A dose 150 kg ha⁻¹ de K₂O na dose 140 kg ha⁻¹ foi superior à dose 50 kg ha⁻¹ de K₂O, e

não se diferiu das doses 0 e 100 kg ha⁻¹. A dose 0, 50, e 100 kg ha⁻¹ de K₂O não diferiram (Tabela 8).

Tabela 8. Desdobramento das interações dos fatores potássio e fósforo; fatorial vs tratamento adicional de Ca e Mg na camada 0-10 cm e 10-20cm do solo. Humaitá-AM, 2023.

Doses K ₂ O (kg ha ⁻¹)	Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)				
	0	70	140	210	Média
0-10 cm					
Ca					
0	0,40 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,42 AB	0,39 ^{ns}	0,42 ^{ns}
50	0,55	0,45	0,35B	0,39	0,44
100	0,35	0,46	0,47AB	0,48	0,44
150	0,49	0,47	0,79 ^a	0,59	058
Média	0,45 ^{ns}	0,46	0,51	0,46	
Adicional	0,42				
CV (%)	39,31				
10-20 cm					
0	0,41	0,42	0,47#	0,39	0,42#
50	0,44#	0,39	0,37	0,33	0,38#
100	0,40	0,43	0,38	0,42	0,41#
150	0,40	0,39	0,40	0,44#	0,41#
Média	0,41#	0,41#	0,41#	0,40#	
Adicional	0,24				
CV (%)	19,21				
Mg					
0-10 cm					
0	0,03 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,03 ^{ns}
50	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03
100	0,03	0,04	0,05	0,04	0,04
150	0,05	0,05	0,07	0,05	0,05
Média	0,04 ^{ns}	0,04	0,04	0,04	
Adicional	0,04				
CV (%)					
10-20 cm					
0	0,036	0,032	0,038	0,037B	0,036 ^{ns}
50	0,037	0,034	0,030	0,032B	0,033
100	0,035	0,035	0,034	0,038B	0,035
150	0,031 b	0,033 b	0,039 b	0,163 aA#	0,066
Média	0,035 ^{ns}	0,034	0,035	0,067	
Adicional	0,222				
CV (%)	128,26				

1Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. 2Médias seguidas do símbolo # diferem da média do tratamento adicional pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade de erro. (CV) coeficiente de variação.

Na camada 10-20 cm de solo, os valores encontrados do tratamento adicional para Cálcio foi inferior às médias 0, 50, 100 e 150 k.ha⁻¹ do fator isolado K. As médias das combinações, 50 kg ha⁻¹ de K₂O e 0 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 0 kg ha⁻¹ de K₂O e 140 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 150 kg ha⁻¹ de K₂O e 210 kg ha⁻¹ de P₂O₅ foram superior à média do

tratamento adicional. As demais combinações de potássio e fósforo não se diferiram pelo teste de média Dunnet (Tabela 8).

Os valores obtidos para magnésio na camada 0-10 e 10-20 cm de solo foram classificados com teor baixo no solo. Na camada 0-10 cm de solo todos os tratamentos proporcionaram os mesmo efeitos no teor de magnésio. Já na camada 10-20 cm de solo as concentrações de Magnésio variaram conforme as doses de fósforo na dose 0 de K_2O , e doses K_2O na dose 210 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 . A dose 210 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 na dose 0 de $kg\ ha^{-1}$ K_2O foi superior as doses 0, 70 e 140 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 . As doses 0, 70 e 140 $kg\ ha^{-1}$ na dose 0 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O não se diferiram (Tabela 8).

A dose 150 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O na dose 210 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 foi superior a dose 0, 50 e 100 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O . As doses 0, 50 e 100 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O não se diferiram. A média do adicional foi superior a combinação 150 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O e 210 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 (Tabela 8).

Os resultados obtidos para a soma de bases na camada 0-10 cm e 10-20 cm do solo foram considerados baixos. Os valores de SB variaram nas doses de K_2O entre a dose 140 $kg\ ha^{-1}$ de 140 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 . A dose 150 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O na dose 140 $kg\ ha^{-1}$ foi superior à dose 50 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O , e não se diferiu das doses 0, e 100 $kg\ ha^{-1}$. As doses 0, 50, e 100 $kg\ ha^{-1}$ não se diferiram entre si (Tabela 9).

Na camada 10-20 cm de solo, os resultados obtidos para soma de base variaram. O potássio variou entre a dose 140 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 . A dose 150 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O foi superior a dose 50 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O na dose 210 $kg\ ha^{-1}$ e não se diferiu das doses 0 e 100 $kg\ ha^{-1}$. As doses 0, 50 e 100 não se diferiram entre si (Tabela 9).

As médias do fator K na dose 0, 100 e 150 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O , foram superiores a média do tratamento adicional, exceto a dose 50 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O que não se difere. As médias de 0, 70, 140 e 210 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 também foram superiores a média do tratamento adicional. O tratamento adicional foi inferior a combinação de 150 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O e 210 $kg\ ha^{-1}$ (Tabela 9).

Tabela 9. Desdobramento das interações dos fatores potássio e fósforo; fatorial vs tratamento adicional de SB, (T) e (t) na camada 0-10 cm e 10-20cm do solo. Humaitá-AM, 2023.

Doses K_2O ($kg\ ha^{-1}$)		Doses de P_2O_5 ($kg\ ha^{-1}$)			
	0	70	140	210	Média
0-10 cm					
SB					
0	0,44 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,47 AB	0,43 ^{ns}	0,46 ^{ns}

50	0,61	0,50	0,39 B	0,43	0,48
100	0,39	0,52	0,53AB	0,53	0,49
150	0,54	0,53	0,86 A	0,43	0,65
Média	0,50 ^{ns}	0,51	0,56	0,51	
Adicional	0,47				
CV (%)	39,08				
10-20 cm					
0	0,45 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,43AB	0,46 [#]
50	0,48	0,42	0,41	0,37B	0,42 ^{ns}
100	0,44	0,47	0,42	0,46AB	0,45 [#]
150	0,44	0,43	0,44	0,60A [#]	0,48 [#]
Média	0,45 [#]	0,44 [#]	0,44 [#]	0,47 [#]	
Adicional	0,26				
CV (%)	23,77				
(T)					
0-10 cm					
0	5,57 ^{ns}	4,42 ^{ns}	5,44 ^{ns}	4,89 ^{ns}	5,08 ^{ns}
50	5,21	4,48	5,05	3,73	4,62
100	4,97	5,03	4,91	4,48	4,53
150	3,72	5,48	5,12	5,87	5,36
Média	4,87 ^{ns}	4,85	5,13	4,73	
Adicional	4,11				
CV (%)	24,00				
10-20 cm					
0	3,81 ^{ns}	3,78 ^{ns}	4,58 ^{ns}	3,50 ^{ns}	3,92 ^{ns}
50	4,55	3,55	4,25	3,65	4,00
100	3,26	3,51	3,69	3,96	3,61
150	4,00	4,26	3,16	4,83	4,06
Média	3,90 ^{ns}	3,78	3,92	3,99	
Adicional	3,61				
CV (%)	22,09				
(t)					
0-10					
0	1,32 ^{ns}	1,22 ^{ns}	1,17 ^{ns}	1,17 ^{ns}	1,22 ^{ns}
50	1,38	1,10	0,99	0,93	1,10
100	0,86	1,26	1,47	1,34	1,23
150	1,28	1,16	1,53	1,42	1,35
Média	1,21 ^{ns}	1,18	1,29	1,21	
Adicional	1,55				
CV (%)	33,18				
10-20 cm					
0	1,51 ^{ns}	1,49 ^{ns}	2,27 ^{ns}	1,83 ^{ns}	1,78 ^{ns}
50	1,95	1,12	1,61	1,57	1,56
100	1,74	1,47	1,59	1,76	1,64
150	1,74	1,40	1,71	2,10	1,74
Média	1,73 ^{ns}	1,37	1,79	1,82	
Adicional	1,50				
CV (%)	25,89				

1Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. 2Médias seguidas do símbolo # diferem da média do tratamento adicional pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade de erro. (CV) coeficiente de variação.

Os resultados obtidos para CTC total do solo foram considerados baixa e média nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm de solo. Os resultados de teste de média Tukey para CTC também mostraram que os tratamentos proporcionaram os mesmos efeitos na CTC total do solo em ambas as camadas avaliadas (Tabela 9). Os valores da CTC

efetiva apresentaram-se baixo em ambas as profundidades, e no desdobramento as médias não diferiram entre si (Tabela 9).

Os resultados obtidos para saturação por alumínio foram considerados baixo e médio na camada 0-10 cm de solo. Na camada 10-20 cm de solo os resultados para saturação por alumínio foram classificados como médio (Tabela10).

Tabela 10. Desdobramento das interações dos fatores potássio e fósforo; fatorial vs tratamento adicional de M%, e V% na camada 0-10 cm e 10-20cm do solo. Humaitá-AM, 2023.

Doses K ₂ O (kg ha ⁻¹)	Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)				
	0	70	140	210	Média
0-10 cm					
M%					
0	53,09 ^{ns}	49,25 ^{ns}	56,93 ^{ns}	54,10 ^{ns}	53,34 ^{ns}
50	56,12	44,42	56,06	53,51	52,53
100	42,79	55,83	59,47	55,82	53,47
150	53,97	55,23	43,79	53,94	51,73
Média	51,49 ^{ns}	51,18	54,06	54,34	
Adicional	67,89				
CV (%)	29,18				
10-20 cm					
0	56,76 ^{ns}	56,70 ^{ns}	77,19 ^{ns}	72,63 ^{ns}	65,83 ^{ns}
50	74,87	60,10	71,95	75,98	70,73
100	73,95	66,45	68,43	68,31	69,28
150	71,28	68,80	73,84	71,20	71,28
Média	69,21 ^{ns}	63,02	72,85	73,03	
Adicional	80,77				
CV (%)	15,86				
V%					
0-10 cm					
0	9,05 ^{ns}	11,60 ^{ns}	9,89 ^{ns}	9,05 ^{ns}	9,90 ^{ns}
50	11,71	11,49	8,14	12,64	10,99
100	12,16	13,36	11,24	12,54	12,32
150	11,69	10,06	15,85	10,75	12,09
Média	11,15 ^{ns}	11,63	11,28	11,24	
Adicional	9,85				
CV (%)	37,19				
10-20 cm					
0	12,45 ^{ns}	11,67 ^{ns}	11,69 ^{ns}	14,21 ^{ns}	12,51 ^{ns}
50	10,56	12,72	9,82	10,65	10,94
100	14,67	15,85	11,46	12,22	13,55
150	11,24	10,64	14,01	12,11	12,00
Média	12,23 ^{ns}	12,72	11,74	12,30	
Adicional	7,34				
	32,07				

1Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. 2Médias seguidas do símbolo # diferem da média do tratamento adicional pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade de erro. (CV) coeficiente de variação.

5.4. Análise de potássio e fósforo no tecido foliar da soja

Na análise de variância, os quadrados médio de potássio no tecido foliar da soja não apresentaram significância no fator isolado K e fator isolado P. Apresentou efeito significativo na interação dos fatores K*P, e também no tratamento vs fatorial. Para Fósforo não houve efeito significativo no fator isolado K e fator isolado P, não houve efeito significativo na interação dos fatores K e P, e nem no fatorial vs o tratamento adicional (Tabela 11).

Tabela 11. Análise de variância para a concentração de fósforo e potássio do tecido foliar da soja em SPD. Humaitá-AM, 2023.

Fonte de variação	Quadrado médio		
	GL	K	P
Blocos	2	0,21 ^{ns}	0,007 ^{ns}
K	2	0,64 ^{ns}	0,002 ^{ns}
P	3	0,09 ^{ns}	0,010 ^{ns}
K*P	3	0,67*	0,026 ^{ns}
Fatorial Vs Ad	9	1,41*	0,0516 ^{ns}
Resíduo	32	0,26 ^{ns}	0,0193 ^{ns}
C.V(%)		20,09	21,59

**, * significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F.

Ns - não significativo pelo teste de F.

Os resultados obtidos para potássio do tecido foliar da soja, O K₂O variou na dose 140 kg ha⁻¹. A dose 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na dose 140 kg ha⁻¹ foi superior as doses 50 e 100 kg ha⁻¹ de K₂O, e não se diferiu da dose 0 kg ha⁻¹ de K₂O. As doses 0, 50 e 100 kg ha⁻¹ de K₂O não se deferiram entre si (Tabela 12).

Tabela 12. Desdobramento das interações dos fatores potássio e fósforo; fatorial vs tratamento adicional de potássio e fósforo no tecido foliar da soja. Humaitá-AM, 2023.

Doses K ₂ O (kg ha ⁻¹)	Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)				
	0	70	140	210	Média
	K				
0	2,09 ^{ns}	2,93 ^{ns}	1,92 #	2,74 AB ^{ns}	2,42 ^{ns}
50	2,26	2,62	2,62	2,14 B	2,41 ^{ns}
100	3,00	2,14	2,36	2,07 B	2,39 ^{ns}
150	2,52	2,60	2,81	3,55 A	2,87 ^{ns}
Média	2,47 ^{ns}	2,57 ^{ns}	2,43 ^{ns}	2,62 ^{ns}	
Adicional	3,23 ^{ns}				
CV (%)	20,09				
	P				
0	0,43 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,54 ^{ns}	0,487 ^{ns}
50	0,44	0,54	0,52	0,50	0,502 ^{ns}
100	0,63	0,43	0,45	0,41	0,285 ^{ns}
150	0,52	0,42	0,47	0,64	0,516 ^{ns}
Média	0,511 ^{ns}	0,497 ^{ns}	0,456 ^{ns}	0,525 ^{ns}	
Adicional					
CV (%)	21,59				

1Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. 2Médias seguidas do símbolo # diferem da média do tratamento adicional pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade de erro. (CV) coeficiente de variação.

5.5. Desenvolvimento e produtividade da soja

Nos resultados obtidos na análise de variância os quadrados médio para altura de plantas e inserção da primeira vagem, plantas por metro linear, vagens por planta e grãos por vagens não apresentaram diferença significativa no fator isolado K, fator isolado P, na interação dos fatores P e K, e nem no adicional vs o fatorial não. Os tratamentos proporcionaram os mesmos efeitos (Tabela 13).

Tabela 13. Análise de variância da Altura de plantas (AP), inserção da primeira vagem (IPV), plantas por metro linear (PML), vagens por plantas (VP) e grãos por vagens (GV) em sistema plantio direto. Humaitá-AM, 2023.

Fonte de variação	GL	Quadrados Médios				
		AP	IPV	PML	VP	GV
Blocos	2	37,75 ^{ns}	76,27 ^{ns}	0,83 ^{ns}	61121,30 ^{ns}	1355,88 ^{ns}
K	3	7,04 ^{ns}	15,42 ^{ns}	0,99 ^{ns}	28058,35 ^{ns}	501,96 ^{ns}
P	3	19,06 ^{ns}	16,82 ^{ns}	1,75 ^{ns}	23819,74 ^{ns}	503,42 ^{ns}
K*P	9	14,95 ^{ns}	12,52 ^{ns}	0,36 ^{ns}	8867,65 ^{ns}	439,47 ^{ns}
Fatorial vs Ad	1	1,29 ^{ns}	2,50 ^{ns}	1,09 ^{ns}	66150,01 ^{ns}	1904,12 ^{ns}
Resíduo	32	43,00 ^{ns}	11,80 ^{ns}	1,22 ^{ns}	10589,57 ^{ns}	468,93 ^{ns}
C.V (%)		9,76%	16,37%	10,57%	22,79%	25,71%

**, * significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F.

Ns - não significativo pelo teste de F.

Os resultados corroboram com os encontrados por Peter et al.(2016) que analisaram o N, o P e o K no formulado (0-25-25). Usaram uma alta dose do formulado igualmente ao Tratamento adicional deste presente estudo (400 kg. ha⁻¹) e também não encontraram diferença significativa para a altura de plantas, nem para altura de inserção da primeira vagem.

Resultados semelhantes são relatados por Bergamin et al.(2008), Alcântara et al.(2010) e Corghi et al.(2023) que avaliaram diferentes níveis de K, P e NPK em SPD e também não encontram diferença significativa na altura e inserção da primeira vagem.

Os valores obtidos para altura de plantas tiveram amplitude de 62,5 a 70,3 cm, e a altura de inserção da primeira vagem de 18 a 25,1 cm, foram considerados adequados e estão de acordo com o padrão estabelecido para soja (BONNETTI, 1983; SEDIYAMA et al., 2005).

Os resultados obtidos para Planta por metro linear (9,3 a 11,3 P/ML) mostraram que as diferentes doses de K_2O e P_2O_5 favoreceram a germinação e a sobrevivência das plantas, garantiram o estandarte de plantas por metro linear (PML), da mesma forma que o tratamento adicional 400 kg ha^{-1} .

Os resultados obtidos não significativos para plantas por metro linear foi atribuído à escolha adequada da densidade de plantas que cooperou para baixa mortalidade.

A densidade adequada uniformiza a germinação e o crescimento da soja, o que contribui para a melhor altura de planta, inserção da primeira vagem, maior número de vagem por planta, grãos por vagens, vagens cheias, menores números de vagens vazias, massa de mil grãos e consequentemente, boa produtividade em quantidade e qualidade (MAUAD et al., 2010; GOMES et al., 2017).

Alves (2021) também não encontrou diferença significativa na densidade de plantas ao testar a aplicação de 200 kg ha^{-1} de superfosfato triplo em diferentes densidades de plantas. Segundo Alves (2021) a soja possui mecanismos de adaptação ao ambiente, uniformizando sua morfologia em relação à densidade de plantas, dessa forma garante uniformidade nas plantas por metro linear.

Os valores obtidos para vagens por plantas (32 a 58,3 V/P) foram considerados adequados, não afetaram a quantidade de vagem por plantas. Conforme Roselem e Tavares (2006) e Carmago et al.(2018) a soja é adaptada morfologicamente à carência de P, o que justifica as quantidades de vagens adequadas por plantas, por mais que a disponibilidade de fósforo esteja baixo no solo deste presente estudo

Os resultados para V/P diferem Venturoso et al.(2009) que observou que encontrou diferença significativa nos números de vagens, conforme o incremento das doses de potássio (K_2O) no solo.

Nesse estudo a média da quantidade de grãos por vagens (1,8 G/V) foi considerada próxima do nível de planta saudável. A média ideal de número de grãos por vagens é de 2,5, indicando que a planta está saudável, enquanto plantas estressadas, comumente apresentam média de 1,5 grãos por vagem (LEE & HERBEK, 2005).

Os resultados para grãos por vagens corrobora com Guesser et al.(2021) que avaliou a influência de diferentes níveis de organomineral e mineral. O organomineral contendo superfosfato triplo e cloreto de potássio, não encontram diferença significativa entre o número de grãos por vagem. Corghi et al.(2023) incrementaram 250 Kg ha^{-1} de

NPK no solo, e também não encontraram diferença significativa no número de grãos por vagens.

Os resultados não significativos para vagens por grãos, e por está numa faixa próxima de saudável foi atribuído aos mecanismos de tolerância à falta de fósforo e potássio da soja, já que segundo análise química de solo mostrou que havia baixo nível de fósforo e potássio no solo. E por os grãos por vagens não estarem numa faixa ideal é justificado pela falta desses nutrientes que causam falha na formação de vagens, e as vagens podem apresentar cavidade com um grão, ou até 4 cavidades vazias (CAMARA, 1998; NEUMAIER et al., 2020).

Segundo Taiz e Zeiger (2002), o K é um dos principais macronutrientes responsável pela produção de vagens e enchimento de grãos. Quando a soja apresenta deficiência desse mineral, há uma redução na quantidade de vagens, presença de vagens vazias ou números de cavidades faltando grãos. Portanto, níveis adequados de K no solo, contribuem com boas quantidades de vagens por plantas, grãos por vagens, vagens cheias, e diminuição de vagens vazias.

Em SPD sucessivo, mesmo que não seja aplicado K no solo, as plantas têm esse nutriente disponível por meio dos pilares que sustentam o Sistema (GUIMARÃES et al., 2023).

Na análise de variância os quadrados médios para vagens cheias, vagens vazias e massa de mil grãos não houve efeito significativo no fator isolado K, fator isolado P, não houve efeito significativo na interação dos fatores K e P, e nem no tratamento adicional vs o fatorial (Tabela 14).

Tabela 14. Análise de variância de vagens cheias (VC), vagens vazias (VV), massa de mil grãos (MMG) e produtividade kg ha⁻¹ (PROD) da soja em SPD. Humaitá-AM, 2023.

Fonte de variação	Quadrados Médios				
	GL	VC	VV	MMG	PROD
Blocos	2	611,21 ^{ns}	3314,84 ^{ns}	4058,28 ^{ns}	958202,26683*
K	3	280,58 ^{ns}	2553,91 ^{ns}	347,46 ^{ns}	104281,84 ^{ns}
P	3	238,19 ^{ns}	434,80 ^{ns}	607,48 ^{ns}	1054091,53*
K*P	9	88,67 ^{ns}	1050,63 ^{ns}	1909,15 ^{ns}	114822,8
Fatorial vs Ad	1	661,50 ^{ns}	944,71 ^{ns}	141,908 ^{ns}	863119,83*
Resíduo	32	105,89	1616,07	982,63	306347,57
C.V (%)		22,79	31,46	23,43%	22,61

**, * significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F.

Ns - não significativo pelo teste de F.

Os resultados obtidos da ANOVA para produtividade, os quadrados médios não apresentaram efeito significativo no fator isolado K, não apresentou efeito significativo

na interação dos fatores K e P. Mas apresentaram efeito significativo no fator isolado P, e no adicional vs fatorial (Tabela 14).

As vagens vazias apresentaram médias de 25,84 por planta, o resultado corrobora com Almeida *et al.* (2013) que avaliou a qualidade do solo sob diferentes espécies de coberturas e não encontrou diferença estatística para vagens vazias.

As vagens vazias foram atribuídas ao estresse, quanto maior o estresse maior a resposta negativa na planta com aumento em quantidade de vagens vazias, e também à falta de N, K e P que desempenham papéis na fotorrespiração e fotossíntese das plantas (SFREDO; BORKET, 2004).

A massa de mil grãos tem por finalidade comparar a quantidade e qualidade de produção entre lotes; estimar o rendimento em sacos por hectares; mensurar e comparar o comportamento das cultivares no campo; classificar os tamanhos de grãos, entre outras finalidades (BRASIL, 2009).

Os resultados obtidos para MMG teve amplitude de 83 a 177,10 g/1000 e média de 119,11 g/1000. A média ideal para essa variável depende de cada cultivar, comumente variando de 140 a 220 g/1000 mil grãos (MENDES, 2019).

Os valores obtidos para MMG corrobora com Antigo *et al.* (2020) que avaliaram diferentes níveis de K, e não encontraram diferença significativa na massa de mil grãos. E corrobora com Benedet (2021), Colonelli (2021), Rosa (2021), Calgaro & Borsoi (2023) Oliveira *et al.* (2023) que também não encontraram diferença significativa na massa de mil grãos.

O teste de comparação de média para produtividade da soja mostrou que os valores obtidos para produtividade nas médias do fator P variaram. A produtividade na dose 210 kg ha⁻¹ de P₂O₅ foi superior às doses 0, 70 kg ha⁻¹ de P₂O₅, e não se diferem da dose 140 kg ha⁻¹ de P₂O₅. As médias das doses 0, 70 e 140 kg ha⁻¹ não se diferiram entre si (Tabela 15).

Tabela 15. Desdobramento das interações dos fatores potássio e fósforo; fatorial vs tratamento adicional de produtividade da cultura da soja. Humaitá-AM, 2023.

Doses K ₂ O (kg ha ⁻¹)	Doses de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)				Média
	0	70	140	210	
	Produtividade				
0	1947,443 ^{ns}	2443,987 ^{ns}	2788,853 ^{ns}	2997,643 ^{ns}	2544,482 ^{ns}
50	2072,543	1978,630	2677,623	2560,337	2322,283
100	2126,440	2128,950	2624,123	2684,327	2390,960
150	2157,683	2509,643	2326,803	2620,077	2403,552
Média	2076,028b	2265,303 ab	2604,351ab	2715,596 a	

Adicional	2968,21
CV (%)	22,5

1Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. 2Médias seguidas do símbolo # diferem da média do tratamento adicional pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade de erro. (CV) coeficiente de variação.

O efeito não significativo das médias 0,70 e 140 kg ha⁻¹ na produtividade foi atribuído ao dado momento que o solo apresentou as mesmas condições de fertilidade. Os resultados corroboram com Benedet (2021), Taglieber (2022), Amorim (2022) que não encontraram diferença significativa, e consideraram que o solo sob SPD proporciona os mesmo níveis de N, P, K e não influência na produtividade da soja. Cabral (2021), Batista (2022) e Borsoi, (2023) também comprovaram que o incremento de adubação a soja apresentou diferença significativa na produtividade.

A média geral de produtividade (1.0234,9 kg ha⁻¹) foi considerada baixa e atribuída à baixa fertilidade do solo. A média geral de produtividade da soja foi inferior à média nacional estimada da pela CONAB que é de 3.314 kg/ha (CONB 2024).

6. CONCLUSÃO

O solo nestas condições de estudo em SPD está com a qualidade física e fertilidade de solo em construção. A adubação com P e K não alteram as propriedades físicas solo. As alterações das propriedades de solo de solo é um processo lento, em SPD a descompactação do solo depende do desenvolvimento radicular das plantas.

A dose de P_2O_5 aplicado na safra anterior contribuiu no desenvolvimento e aumento da produtividade da soja sob SPD. Não foi possível reduzir 400 kg ha⁻¹ de N, P e K a 150, 100, 50 e 0 de K_2O , e 210, 140, 70 e 0 de P_2O_5 para maior alcance de produtividade, visto que as unidades experimentais que receberam e não receberam adubação alcançaram a mesma baixa produtividade.

A adubação na cultura da soja em Sucessão a *Urochloa brizhanta* cv. marandu em SPD não influenciou positivamente nas concentrações de nutrientes no tecido.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO, A.L.G.; CABRAL FILHO, F.R.; ANDRADE, C.L.L.; SILVA, E.C. **Análise econômica na cultura do milho segunda safra em resposta a doses e fontes de nitrogênio**. Brazilian Journal of Science, v. 2, n. 2, p. 12-23, 2023.

ALVES, D.K.M. **Produtividade do milho em diferentes manejos de adubação com água residuária de suinocultura**. Brazilian Journal of Science, v. 2, n. 1, p. 53-62, 2023.

ALMEIDA, F.L.; CATUCHI, T.; CALONEGO, J.; TIRITAN, C.; ARAÚJO, F.; FOLONI. **Efeito dos sistemas de produção na qualidade do solo e na produtividade de soja no Oeste Paulista**. In: Congresso Brasileiro de Ciência do solo, 34., 2013, Florianópolis. Ciência do solo: para quê e para quem? Anais... Florianópolis: SBCS, 2013.

ALMEIDA FILHO, C.P.; SOUZA, L.G.; MOREIRA, J.M.; LIMA JUNIOR, A.F.; Rosa, J.Q.S.; MELO, A.F. **Adubação nitrogenada foliar sobre a produção de massa da Brachiaria brizantha cv. Marandu**. PUBVET, v. 16, p. 133, 2023.

ALCÂNTARA NETO, F.; GRAVINA, G.A.; SOUZA, N.O.S.; BEZERRA, A.A.C **Adubação fosfatada na cultura da soja na microrregião do Alto Médio Gurguéia**. Revista Ciência Agronômica, v. 41, p. 266-271, 2010.

AMORIM, P.H. **Doses de fósforo na cultura da soja em condições de cerrado**. IFGOIANO, 2022.

ANDRADE, A.T.; TORRES, J.L.R.; TORRES, J.L.R.; PAES, J.M.V.; TEIXEIRA, C. M.; CONDÉ, A.B.T. **Desafios do Sistema Plantio Direto no Cerrado**. Informe Agropecuário, 39 (302): 18-26, 2018.

ANTIGO, V.; MATIAS, R.F.; BIDO, G.S.; FELIPE, D.F.; MANNIGEL, A.R. **Avaliação de parâmetros agronômicos da cultura soja em resposta a diferentes doses de adubação potássica**. Enciclopédia Biosfera, v. 17, n. 32, 2020.

ANSELMO, M.C.; ALMEIDA, U.O.; NOGUEIRA, A.E.; SOUZA, R.C.; SCALCON, J.L.; SILVA, SARAIVA, F.J. **Levantamento fitossociológico de plantas daninhas na cultura da soja, em Cujubim-RO**. Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente, v.13, n. 1, p. 1⁻¹⁵, 2022.

ARAÚJO, E.A.; KER, J.C.; MENDONÇA, E.S.; SILVA, I.R.; OLIVEIRA, K.O. **Impacto da conversão floresta-pastagem nos estoques e na dinâmica do carbono e substâncias húmicas do solo no bioma Amazônico**. Acta Amazonica, 41(1): 103⁻¹¹⁴, 2011.

S

ARF, O.; MEIRELLES, F.C.; PORTUGAL, J.R.; BUZETTI, S.; SÁ, M.E.; RODRIGUES, R.A.F. **Benefícios do milho consorciado com gramínea e leguminosas**

e seus efeitos na produtividade em Sistema Plantio Direto. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, 17(3): 431-444, 2018.

AUGUSTO, M.V.S.; DEMETRIO, G.B.; LAJUS, C.R.; AZEVEDO-RIBEIRO, P.F.; REIS, D.E.; SAUER, A.V. **Preservação de Recursos Naturais Através de Práticas de Manejo e seus Impactos na Qualidade Física do Solo.** Uniciências, v. 26, n. 2, p. 108⁻₁₁₉, 2022.

BACKES, E.S. **Propriedades físico-hídricas do solo e produtividade de culturas em áreas com e sem terraço.** Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2023

BARBOSA, L.S.; BARBOSA, R.T.; SOARES, G.R.; BOAS, J.K.V.; FERREIRA, I.B.P.A.; STEINER, F. **Respostas de cultivares de soja à aplicação de fertilizantes foliares protetores durante a fase reprodutiva.** Revista Cultivando o Saber, 17, 52-64. 2024.

BARBOSA, K.P. **Fontes e formas de aplicação de fertilizantes fosfatados em cultivos consecutivos de soja em Latossolo de alta fertilidade.** IFTO, 2020.

BARBIERI, M.; DOSSIM, M.F.; DALLA NORA, D.; SANTOS, W.B.; BEVILACQUA, C.B.; ANDRADE, N.; ANTONIOLLI, Z.I. **Ensaio sobre a bioatividade do solo sob plantio direto em sucessão e rotação de culturas de inverno e verão.** Revista de Ciências Agrárias, 42(1): 122⁻¹₃₄, 2019.

BATISTA, L.F.F.; LAZARETTI, N.S.; CALGARO, F.A.C., KLEIN, J.E.; MARLOW, V.A.M. **Doses de macro nutrientes NPK sobre parâmetros de produtividade na cultura da soja.** Anais do City Farm, 1(1). 2022.

BAVIA, G. Soja: **A importância de uma boa formação de vagem.** ALLTECH. **Revista Em Folha.** Disponível em: <<https://go.alltech.com/br/baixar-revistaemfolha>>. Acesso em: 3 abr. 2024.

BENEDET, G. **Adubação fosfatada para a cultura da Soja em solos com concreções–Tocantins.** IFT, 2021.

BERGAMIN, A.C.; SCHLINDWEIN, J.A.; VENTUROSOS, L.R.; VALADÃO JUNIOR, D.D.; CARON, B.O.; SWHMIDT, D. **Respostas de duas cultivares de soja e adubação a lanço e em sulco no município de Rolim de Moura/RO.** Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences, v. 50, n. 1, p. 155⁻¹₆₆, 2008.

BERTOLLO, A.M.; LEVIEN, R. **Compactação do solo em Sistema de Plantio Direto na palha.** Pesquisa Agropecuária Gaúcha, 25(3): 208-218, 2019.

BETTA, M.; OLIVEIRA, D.D.; FERREIRA FILHO, S.M.; CASTRO, D.D.S.; ARAÚJO, E.D.C.; SIMON, G.; BENITES, V. **Efeito da *Brachiaria ruziziensis* sobre a ciclagem do P, K e produtividade.** Repositório Alice. CEP, v. 75901, p. 970, 2008.

BELMONTE, C. **Tamanho de parcelas e metodologias para determinação da produtividade em lavouras de soja e milho: para fins de seguro agrícola.** 2020.

BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F.; CENTURION, M.A.P.D.C.; LEONEL, C.L.; SÃO JOÃO, A.D.C. G.; FREDDI, O.D.S. **Intervalo hídrico ótimo no monitoramento da compactação e da qualidade física de um Latossolo Vermelho cultivado com soja.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 31, 1223⁻¹232, 2007.

BEUTLER, A.N.; FONSECA, D.A.R., FULANETI, F.S., BRANDLI, L.W., ZIMMERMANN, P.SCHEFFER, N.M. **Quantidade de palha de azevém na superfície do solo e produtividade de soja em plantio direto sob integração lavoura pecuária.** OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA, 22(1), 01⁻¹5. 2024.

BICA, L.M.; NEGROMONTE, I.V.; IACIA, J.C.; FOREST, R.; RODRIGUES, A.T.; AMADORI, A.H. **Tipos de cobertura vegetal utilizadas no milho segunda safra em sistema de plantio direto (SPD) do Mato Grosso do Sul.** Revista Magsul de Agronomia, 2022.

BRAIDA, J.A. **Matéria orgânica e resíduos vegetais na superfície do solo e suas relações com o comportamento mecânico do solo sob plantio direto.** Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, p. 107, 2004.

BRASIL. **Regras para análise de sementes.** 1^a ed. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 398 p, 2009.

BRITO, C.F.; ANDRADE, F.V.; PEREIRA, S.N.; SIMÕES, B.S.; LOPES, G.F.; KOITI K.M.; VIEIRA, M.M.X. **Alterações físicas e biológicas de um Eutrustox (Latossolo) sob plantio direto e preparo convencional no semiárido brasileiro.** Ciencia del suelo, 36(2): 148⁻¹55, 2018.

BRUM, M.C. **Percepção e adaptação aos efeitos das mudanças climáticas sobre a olericultura em municípios da microrregião do Vale do Paraíba.** Fluminense-RJ. 2023.

BOTELHO, R.G.M.; PELECH, A.S. **Do mapeamento geomorfológico do IBGE a um Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo.** Revista Brasileira de Geografia, 64(1), 183-201, 2019.

BONETTI, L.P. **Cultivares e seu melhoramento genético.** In: VERNETTI, F.J. (coord.). Soja: genética e melhoramento. Campinas: Fundação Cargill, p. 741-794, 1983.

BORGHI, E.; PARRELLA, R.D.C.; ABREU, S.C.; KARAM, D.; GONTIJO NETO, M.M.; RESENDE, A.V.; ALVARENGA, R.C. **Avaliação agronômica de plantas de cobertura para o Sistema Plantio Direto de soja na região Central de Minas Gerais.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2021.

BORGES, M.C.S. **Qualidade do solo e biomassa de sistemas agroflorestais em propriedade familiar de Capitão Poço-Pa,** 2024.

BORSOI, A.; SIRINO, F.I.; NAVA, L.P.; SILVA, G.C., LIMA, P.R., ROSA, H.A.; SANTOS, E.M. **Antecipação da adubação da soja na Braquiária consorciado com milho segunda safra**. Revista cultivando o Saber, 16, 139¹49.2023.

BOZADA, H.G. **Vinte anos de plantio direto no cerrado: comportamento da soja em função da calagem, gessagem, culturas de cobertura e adubação nitrogenada**. Repositório Institucional UNESP, 2023.

CABRAL, F.L. **Desempenho agrônômico da soja sob o efeito da adubação organomineral**. IFGOIANO, 2021.

CANCIAN, M. Aplicação de cobre na cultura da soja em solos com altos teores de fósforo. UFSM, 2018.

CALGARO, F.A.C.; BORSOI, A. **Produtividade da cultura da soja submetida a diferentes tipos de adubação**. Revista Cultivando o Saber, p. 50-59, 2023.

CAMARA, G.M.S. **Fisiologia da produção da soja**. USP, 1998.

CAMPOS, S.; SOUZA, C.M.; GALVÃO, J.C.C.; NEVES, J.C.L. **Atributos químicos e físicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo sob plantio direto diferentemente manejado**. Agrarian, 11(41): 230-240, 2018.

CAPRISTO, D.P. **Atributos químicos, físicos e biológicos do solo e produtividade da soja após sistemas de renovação de pastagem**. Repositório UFGD, 2022.

CASTRO, A.V. **Políticas públicas para a agricultura familiar no estado do Amazonas**. SISTEBIN UFAM, 2022.

CASTRO, O.M.; VIEIRA, S.R.; SIQUEIRA, G.M. **Atributos físico-hídricos de um Latossolo Vermelho eutroférico sob diferentes sistemas de manejo**. Bragantia, v. 69, p. 433-443, 2010.

CASTRO, C.; OLIVEIRA JUNIOR, A.; OLIVEIRA, F.A.; FIRMANO, R.F. ZANCANARO, L.; KLEPKER, D. FOLONI. BRIGHENTI, A.M. BENITES, V.M. **Magnésio: Manejo para o equilíbrio nutricional da soja**. EMBRAPA Soja-Londrina, 2020.

CATEN, A.; DALMOLIN, R.S.D.; MENDONÇA, S.M.D.L.; GIASSON, E. **Mapeamento digital de classes de solos: características da abordagem brasileira**. Ciência Rural, 42, 1989¹997, 2012.

CARDOSO, E.G.; ZOTARELLI, L.; PICCININ, J.L.; TORRES, E.; SARAIVA, O.F.; GUIMARÃES, M.D.F. **Sistema radicular da soja em função da compactação do solo no sistema de plantio direto**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 41, 493-501, 2006.

CARDOSO, N.S.; SALSA, N.; MIYASHIRO, C.F.; DARIO, G.; ANHANGUERA-BANDEIRANTES, P.U. **Benefícios do plantio direto da cultura da soja associado com a rotação de cultura.** UFMS, 2023.

CARNEIRO, M.A.C.; SOUZA, E.D.; PEREIRA H.S.; AZEVEDO, W.R.D. **Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 33(1): 147⁻¹56, 2009.

CAMARGO, T.O.; ZIMMER, G.; SILVA, A.M.; TUNES, L.V.M.; DA, A.; ALMEIDA, S. **Seleção de cultivares de soja para tolerância à deficiência de fósforo.** UFPEL, 2018.

CARVALHO, J.R.P.D.; SILVEIRA, P.M.D.; VIEIRA, S.R. **Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, 37(1): 1151⁻¹159, 2022.

CAVALLI, C.; LANGE, A.; CAVALLI, E.; WRUCK, F. J.; DOS SANTOS, P.H. **Adubação fosfatada e nutrição foliar na cultura da soja em solo com fertilidade em construção.** Revista Cultura Agronômica, 25(1), 93⁻¹04. 2016.

CERUTTI, P.H.; WILLE, C.L. **Adubação foliar com boro em sistema de plantio direto na cultura da soja.** Revista Científica Rural, 21(1): 1⁻¹1, 2019.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v. 11, safra 2023/24, n. 5 quinto levantamento, fevereiro 2024.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v. 10, safra 2022/23, n. 3 terceiro levantamento, dezembro, 2022.

COLONELLI, L.L. **Efeito da antecipação da adubação sobre o desempenho agrônomo da cultura da soja.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2021.

CORGHI, T.F.; SIMONETTI, A.P.M.M.; SIMONETTI, A.C.M. **Adubação nitrogenada foliar na cultura da soja.** International Journal of Environmental Resilience Research and Science, v. 5, n. 1, p. 1⁻¹0, 2023.

CORTEZ, J. W.; GREITER, J. L. G.; ANGHINONI, M.; DE JESUS, M. P.; RUFINO, M. V.; DELLA FLORA, D. P. **Plantio direto, subsolagem e equipamentos de manejo da palhada na compactação do solo e produtividade da soja.** Igapó, v. 17, n. 2, 2023.

CORTEZ, J.W.; SILVA, R.P.; FURLANI, C.E.A.; ARCOVERDE, S.N.S.; OLSZEWSKI, N. **Atributos físicos do solo em sistemas de adubação e de manejo de resíduos culturais em plantio direto.** Agrarian, 11(42): 343-351, 2018.

COSTA, A.A.; MACHADO, E.B.N.; LUDUVICO, G.A.; MACEDO, I.L.M. **Atributos físicos e estoque de carbono em áreas sob diferentes formas de uso do solo no Cerrado do Oeste da Bahia.** Brazilian Journal of Development, 6(5): 32294-32306, 2020.

COSTA, A.R. **Nutrição Mineral em plantas vasculares.** Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade de Évora, 2014.

COSMO, B.M.N.; ROSA, W.B.; DANILUSSI, M.T.Y.; ZANETTI, W.A.L. **Influência dos metais na fotossíntese.** UNESP, 2023.

COUTO, M.L.F. **Caracterização de alumínio e fósforo em minério de ferro.** UFOP, 2009.

CRISPIM, D.L.; FERNANDES, L.L.; ALBUQUERQUE, R.D.O. **Aplicação de técnica estatística multivariada em indicadores de sustentabilidade nos municípios do Marajó-PA.** Revista Principia-Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB,(46):145-154, 2019.

DA SILVA, B. R. F. **ESTUDO DA QUALIDADE DOS SOLOS EM QUATRO TIPOS DE VEGETAÇÃO NO CAMPUS DA.** Tese de Doutorado. Universidade Federal Rural da Amazônia, 2024.

DALCHIAVON, F.C.; CARVALHO, M.P **Correlação linear e espacial dos componentes de produção e produtividade da soja.** Semina: Ciências Agrárias, v. 33, n. 2, p. 541-552, 2012.

DALCHIAVON, F.C.; CARVALHO, M.P.; NOGUEIRA, D.C.; ROMANO, D.; ABRANTES, F.L.; ASSIS, J.T.; Oliveira, M.S. **Produtividade da soja e resistência mecânica à penetração do solo sob Sistema Plantio Direto no cerrado brasileiro.** Pesquisa Agropecuária Tropical, v.41, n.1, p.8⁻¹9, 2011.

DALMAGO, G.A.; BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J.I.; KRÜGER, C.A.; COMIRAN, F.; HECKLER, B.M. **Retenção e disponibilidade de água às plantas, em solo sob plantio direto e preparo convencional.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 13, p. 855-864, 2009.

DIAS, F.P.M.; HÜBNER, R.; NUNES, F.J.; LEANDROA, W.M.; XAVIER, F.A.S. **Effects of land-use change on chemical attributes of a Ferralsol in Brazilian Cerrado.** Catena, 177: 180–188, 2019.

DINIZ, A.P.M.; COSTA, A.M.; EL-HUSNY, J.C.; PEREIRA, G.M.; HUNGRIA, L.C.; SILVA, B.S.N. **Atributos químicos do solo sob Sistema Plantio Direto como indicador de sustentabilidade ambiental.** Brazilian Journal of Development, 7(1): 3130-3152, 2021.

EMBRAPA. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na Região Central do Brasil 2000/01.** 2000.

EMBRAPA. **Análise de amostras de folhas de soja: com o sem pecíolo** 2004.

FALCÃO, N.P.D.S.; SILVA, J.R.A.D. **Características de adsorção de fósforo em alguns solos da Amazônia Central**. *Acta Amazônica*, 34, 337-342. 2004

FAGUNDES, M.O.; REIS, D.A.; PORTELLA, R.B.; PERINA, F.J.; BOGIANI, J.C. **Qualidade de um Latossolo sob plantio convencional e Sistema Plantio Direto no cerrado baiano, Brasil**. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 10(3): 281-297, 2019.

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Curso de Pós-Graduação “Lato Sensu” (Especialização) a Distância: Solos e Meio Ambiente. Lavras: UFLA / FAEPE, 2005.

FARIAS, J.R.B.; NEPOMUCENO, A.L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. 2007.

FELFILI, J.M.; EISENLOHR, P.V., MELO, M.M.R.F.; ANDRADE, L.A.; MEIRANETO, J.A.A. **Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de casos**. Viçosa: UFV, v. 1, p. 556, 2011.

FELICIANO, C.A.; LOPES, A.W.P.; FERRAZ, J.M.G.; PIZZAIA, L.G.E.; FERRANTE, V.L.S.B.; COSTA, M.B.B. **A vida microbiológica do solo em propriedade da agricultura familiar**. *Cadernos de Agroecologia*, 15(2): 1⁻¹⁴, 2020.

FERNANDES, C.H.; TEJO, D.P.; ARRUDA, K.M.A. **Desenvolvimento do Sistema de Plantio Direto no Brasil: Histórico, Implantação e Culturas Utilizadas**. *Uniciências*, 23(2): 83-88, 2019.

FLACH, C.W.; CORRÊA, E.A. **Levantamento de solos no Brasil: métodos, práticas e dificuldades**. *Geographia Meridionalis*, v. 3, n. 3, p. 420-431, 2017.

FOERSTER, A.M.L. **Períodos de interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas**. Repositório UFAM, 2022.

FONTOURA, S.M.V.; VIEIRA, R.C.B.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; MORAES, R.P.D. **Eficiência técnica de fertilizantes fosfatados em Latossolo sob plantio direto**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 34, p. 1907⁻¹⁹¹⁴, 2010.

FONTES, R.L.F.; COX.F.R. **Zinc toxicity in soybean grown at high iron concentration in nutrient solution**. *Journal of plant nutrition*. Vol.21 (8), p.1723⁻¹⁷³⁰. 1981.

FRANCHINI, J.C.; COSTA, J.M.; DEBIASI, H.; TORRES, E. **Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná**. Londrina: Embrapa soja, 2011.

FREIRE, T.M. **Atributos físicos e biológicos do solo em sistemas consorciados**. *Agri-Environmental Sciences*, v. 9, n. 2, p. 14⁻¹⁴, 2023.

FREITAS, L.D.; OLIVEIRA, I.A.D.; CASAGRANDE, J.C.; SILVA, L.S.; CAMPOS, M.C.C. **Estoque de carbono de Latossolos em sistemas de manejo natural e alterado**. *Ciência Florestal*, 28: 228-239, 2018.

GALRÃO, E.Z. **Correção da deficiência de cobre em lavouras de soja em solos de Cerrado**. Guia técnico do produtor, EMBRAPA, dezembro, 1999.

GARBELINI, L.G.; DEBIASI, H.; BALBINOT JUNIOR, A.A.; FRANCHINI, J.C.; COELHO, A.E.; TELLES, T.S. **Diversified crop rotations increase the yield and economic efficiency of grain production systems**. *European Journal of Agronomy*, 2022.

GAZZIERO, D.L.P.; LOLLATO, R.P.; BRIGHENTI, A.M.; PITELLI, R.A.; VOLL, E. **Manual de identificação de plantas daninhas da cultura da soja**. Embrapa Soja, 2006.

GHISLENI, G. **Acompanhamento da produção de soja em Costa Rica/MS**. 2022.

GIAROLA, N.F.B.; SILVA, A.P.; IMHOFF, S. **Relações entre propriedades físicas e características de solos da região sul do Brasil**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26(1): 885-893, 2002.

GIELOW, A. M. **Fontes de fósforo e potássio no cultivo orgânico de grãos**. **UFRGS**, 2023.

GIRARDELLO, V.C.; AMADO, T.J.C.; SANTI, A.L.; LANZANOVA, M.E.; TASCA, A. **Resistência do solo à penetração e desenvolvimento radicular da soja sob Sistema Plantio Direto com tráfego controlado de máquinas agrícolas**. *Scientia agraria*, 18(2), 86-96. 2017.

GOMES, H.H.; SMIDERLE, O.J.; MENEZES, P.H.S.; GIANLUP, V.; MARQUES, C.S. **Características agronômicas na produtividade da soja em diferentes densidades de plantas**. In: Congresso Brasileiro de Agronomia. Fortaleza-CE, p. 1-4, 2017.

GONÇALVES, V.A.; MELO, C.A.D.; ASSIS, I.R.; FERREIRA, L.R.; SARAIVA, D.T. **Biomassa e atividade microbiana de solo sob diferentes sistemas de plantio e sucessões de culturas**. *Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 62: 1-8, 2019.

GONÇALVES, S.L.; GAUDÊNCIO, C.A.; FRANCHINI, J.C.; GALERANI, P.R.; GARCIA, A. **Rotação de culturas**. Londrina, EMBRAPA soja, 2007.

GONÇALVES JÚNIOR, A. C.; NACKE, H.; MARENGONI, N.G.; CARVALHO, E. A.D.; COELHO, G.F. **Produtividade e componentes de produção da soja adubada com diferentes doses de fósforo, potássio e zinco**. *Ciência e Agrotecnologia*, 34, 660-666. 2010.

GOMES, L.P. **Levantamento populacional de solo em regiões agrícolas de Goiás**. Repositório IF Goiano, 2023.

GRAÇAS, R.N.; VILAR, C.C.; USHIWATA, S.Y.; REIS, R.D.G.E.; NABEIRO, J.C.X. **Influência do modo de aplicação de fertilizante fosfatado na produção de soja em sistema de plantio direto e convencional no cerrado.** Global Science and Technology, 11(2): 101-111, 2018.

GUESSER, V.P.; MISSIO, E.; RUSSINI, A.; PINHO, P.J. **Organomineral and mineral fertilization and soybean response in lowlands.** *Brazilian Journal of Development*, 7(1), 2376–2390, 2021.

GUIMARÃES JUNIOR, E. **Ciclagem de Nutrientes na Biomassa de forrageiras tropicais após o consócio com milho para a produtividade da soja.** 2023.

HARASIM, E.; GAWĘDA, D.; WESOŁOWSKI, M.; KWIATKOWSKI, C.; GOCÓŁ, M. **Cover cropping influences physico-chemical soil properties under direct drilling soybean.** *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science*, 66(1), 85-94. 2016.

HANSEN, P.H.; SILVA, D.M.; LANZANOVA, L.S.; GUERRA, D.; LANZANOVA, M.E.; SOUZA, E.L.; BOHRER, R.E.G. **Nabo forrageiro: potencialidades da espécie como descompactador do solo, reciclador de nutrientes e produtor de biomassa.** Research, Society and Development, v. 12, n. 2, p. e11612239863-e11612239863, 2023.

HAVLIN, J.L.; TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D. **Soil fertility and fertilizers.** Eighth edition. 2016.

HEENAN, D.P.; CAMPBELL, L.C. **Influence of potassium and manganese on growth and uptake of magnesium by soybeans (*Glycine max* (L.) Merr. cv. Bragg).** *Plant Soil* 61, 447–456. 1981.

HEENAN, D.P.; CAMPBELL, L.C. **Interações de manganês e ferro em sua absorção e distribuição na soja (*Glycine max* (L.) Merr.).** *Planta Solo* 70 , 317–326 (1983).

JORDÃO, H.W.C. **Atributos químicos de solos sob ambientes naturais e antropizados no município de Humaitá, AM.** 2018.

JUNG, R.K. **Perda de solo e produtividade do trigo em três intensidades de erosão simulada.** UFFS, 2023.

LACERDA, J.J.D.J.; RESENDE, Á.V.D.; FURTINI NETO, A. E.; HICKMANN, C.; CONCEIÇÃO, O.P.D. **Adubação, produtividade e rentabilidade da rotação entre soja e milho em solo com fertilidade construída.** *Pesquisa agropecuária brasileira*, 50, 769-778. 2015.

LARA, R.F.; GONÇALVES, G.K.; RODRIGUES, M.A.T.; MORAES, G.R.; SILVA, C.J.L.; SCHÜLLER, E.M; SILVA, I.M. **Resposta da soja a ausência e a presença de cobertura morta.** Seven Editora, 2023.

LARA, R.T.; PESSENTI, I.L. **Produtividade, rendimento de grãos e atributos físicos em diferentes sistemas de cultivo com plantio de feijão**. Research, Society and Development, v. 11, n. 8, p. e57511831286-e57511831286, 2022.

LIAO, H.; WAN, H.; SHAFF, J.; WANG, X.; YAN, X.; KOCHIAN, L.V. **Phosphorus and aluminum interactions in soybean in relation to aluminum tolerance. Exudation of specific organic acids from different regions of the intact root system**. *Plant physiology*, 141(2), 674-684. 2006.

LIMA FILHO, O.F. **Desordem nutricionais em plantas**. Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS, 2020.

LIMA, A.R.S.; CABRAL FILHO, F.R.; ANDRADE, C.L.L.; TEIXEIRA, M.B.; ALVES, D.K.M. **Produtividade do milho em diferentes manejos de adubação com água residuária de suinocultura**. Brazilian Journal of Science, v. 2, n. 1, p. 53-62, 2023.

LEE, C.; HERBEK, J. Estimating Soybean Yield, University of Kentucky – College of Agriculture, 2005.

LIMA, S.S.D.; LEITE, C.L.F.; OLIVEIRA, F.D.C.; COSTA, D.B.D. **Atributos químicos e estoques de carbono e nitrogênio em argissolo vermelho-amarelo sob sistemas agroflorestais e agricultura de corte e queima no norte do Piauí**. Revista Árvore, v. 35, p. 51-60, 2011.

LIMA, L.C.M.; SOUZA, T.E.M.; SOUZA, E.R.; OLIVEIRA, E.L. **Práticas de manejo e conservação do solo: Percepção de agricultores da Região Semiárida pernambucana**. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 11, n. 4, p. 148⁻¹53, 2021.

LIMA, J.F. **Sistema Plantio Direto do repolho sob diferentes plantas de cobertura**. UFFS, 2023.

LISBÔA, F.M.; DONAGEMMA, G.K.; BURAK, D.L.; PASSOS, R.R.; MENDONÇA, E.S. **Indicadores de qualidade de Latossolo relacionados à degradação de pastagens**. Pesquisa agropecuária brasileira. 51 (9):1184⁻¹193, 2016.

MACHADO, D.F.T.; CASTRO, S.S.; LADEIRA, F.S.B. **A Geopedologia como abordagem metodológica para o levantamento de solos: uma breve discussão**. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 23, n. 4, p. 1834⁻¹857, 2022.

MACHADO, T.M.; DE SOUZA, C.M.A.; ARCOVERDE, S.N.S.; CHAGAS, A.; OLSZEWSKI, N.; CORTEZ, J.W. **Níveis de compactação e sistemas de preparo sobre atributos físicos do solo e componentes de produção da soja**. Agrarian, v. 16, n. 56, p. e17037-e17037, 2023.

MANTOVANELLI, B.C.; SILVA, D.A.P.; CAMPO, M.C.C.; GOMES, R.P.G.; SOARES, M.D.R.; SANTOS, L.A.C. **Avaliação dos atributos do solo sob diferentes usos na região de Humaitá, Amazonas**. Revista de Ciências Agrárias, v.58, n.2, p. 122⁻¹30, 2015.

MARTINS, C.M.; GALINDO, I.C.L.; SOUZA, E.R.; POROCA, H.A. **Atributos químicos e microbianos do solo de áreas em processo de desertificação no semiárido de Pernambuco**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 34: 1883¹890, 2010.

MARTINS, A.A.M.; MURATA, A.T. **Matologia: estudos sobre plantas daninhas**. Jaboticabal: Fábrica da Palavra, 2021. 547 p.

MARTINS, M.V.R.; PEREIRA, C.E.; KIKUTI, H. **Adubação nitrogenada na implantação de Brachiaria brizantha cv. Marandu em Humaitá-AM**. Scientia Plena, v. 18, n. 7, 2022.

MARTINS, W.M.; PUENTES, A.R.; MELO, C.C.V. **Efeito de diferentes resíduos de plantas de cobertura na produção de repolho em sistema plantio direto**. Facit Business and Technology Journal, v. 2, n. 47, 2023.

MARQUES JÚNIOR, J. **Caracterização de áreas de manejo específico no contexto das relações solo-relevo**. 113 f. Diss. Tese (Livre-Docência) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

MARIN, R.S.F. **Fósforo na qualidade de sementes de soja e consequente desempenho na produção de grãos**. UFP, 2012.

MAUAD, M.; SILVA, T.L.B.; NETO, A.I.A.; ABREU, V.G. **Influência da densidade de semeadura sobre características agrônômicas na cultura da soja**. Agrarian, v.3, n.9, p. 175¹81, 2010.

MEDEIROS, B.M.M. **Geração e distribuição de riqueza no âmbito da cultura da soja explorada no território brasileiro no período de 2001 a 2020**. Universidade Federal de Uberlândia, 2023.

MENDES, L.W.; BROSSI, M.J.L.; KURAMAE, E.E.; TSAI, S.M. **Land-use system shapes soil bacterial communities in Southeastern Amazon region**. Applied Soil Ecology, 95: 151–160, 2015 b.

MENDES, L.W.; TSAI, S.M.; NAVARRETE, A.A.; HOLLANDER, M.; VEEN, J.A. V.; KURAMAE, E.E. **Soil-Borne Microbiome: Linking Diversity to Function**. Microbial Ecology, 70: 255–265, 2015a.

MENDES, L.G. **Cálculo de semeadura da soja: 5 passos para a população de plantas ideal no seu sistema**. Blog da AgroRubens, 1 out. 2019. Disponível em: <<https://blog.agro.com.br/calculo-de-semeadura-soja/>>. Acesso em: 3 abr. 2024

MENEGHTTE, H.H.A.; LAZARINI, E.; BOSSOLANI, J.W.; SANTOS, F.L.; SANCHES, I.R.; BIAZI, N.Q. **Adubação potássica em plantas de coberturas no sistema de plantio direto e efeitos na cultura da soja em sucessão**. Colloquium Agrariae, 15(3):1¹2, junho, 2019.

MEYER, M.C.; BUENO, A.F.; MAZARO, S.M.; SILVA, J.C. **Bioinsumos na cultura da Soja**. Embrapa soja, 2022.

MILAGRES, R.S.; ALMEIDA, M.T.; VIEIRA, L.B.; FERNANDES, H.C. **Avaliação dos atributos físicos do solo em áreas inclinadas com sistema de plantio direto.** Revista Ciência Agrícola, 16(3): 57-63, 2018.

MIYAZAWA, M.; ABRÃO, G.D.; ARAUJO-JUNIOR, C.F. **Solubilidade dos macronutrientes primários: nitrogênio, fósforo e potássio a partir dos resíduos vegetais.** *Caderno Pedagógico*, 21(2), e2919-e2919. 2024

MELLO, A.R. **Germinação de sementes e crescimento de plântulas de soja submetidas à diferentes concentrações de cobre.** UFFS, 2019.

MELERO, M.M. **Plantio direto no cerrado: características agronômicas da soja sob influência da calagem, culturas de cobertura e residual de adubação nitrogenada.** UNESP, 2023.

MOTERLE, L.M.; SANTOS, R.F.; LUCCA, A.; SCAPIM, C.A.; CARMO, L.M. **Influência da adubação com fósforo e potássio na emergência das plântulas e produtividade da cultura da soja.** Revista Ciência Agronômica, v. 40, n. 2, p. 256-265, 2009.

MORAES, M. T.; DEBIASI, H.; CARLESSO, R.; FRANCHINI, J. C.; SILVA, V. R. **Critical limits of soil penetration resistance in a rhodic Eutrudox.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.38, n.1, p.288-298, 2014.
2009, Moreira, Soil chemical attributes of Amazonas state

MOREIRA, A.A. **Combinações de mecanismos sulcadores e aterradores no cultivo simultâneo de sorgo com braquiária em sistemas integrados de produção de soja.** UNESP, 2024.

MOREIRA, A.; CANIZELLA, B.T.; MORAES, L.A.C. **Disponibilidade de cobre na rotação soja-trigo em sistema de plantio direto.** In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 35., 2015, Natal. O solo e suas múltiplas funções: anais. Natal: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015.

MOREIRA, A.; FAGERIA, N. K. Soil chemical attributes of Amazonas state, Brazil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 40, n. 17-18, p. 2912-2925, 2009.

Mo, X.; Liu, G.; Zhang, Z.; Lu, X.; Liang, C.; Tian, J. **Mechanisms underlying soybean response to phosphorus deficiency through integration of omics analysis.** *International Journal of Molecular Sciences*, 23(9), 4592.2022.

MUCHA, P.M. **Efeito da cobertura com resíduos vegetais na umidade e temperatura do solo.** UFFS, 2023.

NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A.L.; FARIAS, J.R.B.; OYA, T. **Estádios de desenvolvimento da cultura de soja**. EMBRAPA, 2000.

NEUMAIER, N.; FARIAS, J.R.B.; NEPOMUCENO, A.L.; MERTZ-HENNING, L.M., FOLONI, J.S.S., MORAES, L. A. C.; GONCALVES, S. L. **Ecofisiologia da soja**. EMBRAPA, 2020.

NUNES, J.A.; MEDEIROS, B.M.; BEIRIGO, R.M. **Fatores de formação e diversidade de solos no semiárido paraibano**. In: Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido. Campina Grande, 2016.

OLIVEIRA, J.A.D. **Desempenho de variedades forrageiras da espécie *Panicum maximum* Jacq.** sob diferentes doses de adubação fosfatada em solo amazônico, 2022.

OLIVEIRA, D.P.D.; FERREIRA, T.O.; ROMERO, R.E.; FARIAS, P.R.S.; COSTA, M.C.G. **Microrrelevo e a distribuição de frações granulométricas em Cambissolos de origem calcária**. Revista Ciência Agronômica, 44(4): 676-684, 2013.

OLIVEIRA, T.D.; ENSINAS, S.C.; BARBOSA, G.F.; NANZER, M.C.; BARRETA, P. G.V.; SILVA, M.F.G.; PRADO, E.A.F. **Carbono lábil e frações oxidáveis de carbono em solos cultivados sob diferentes formas de uso e manejo**. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, 8(4): 49-56, 2018.

OLIVEIRA, F.F.; LOPES, W.D.O.; BUSO, W.H.D. **Aplicação de potássio via foliar em diferentes doses e épocas na cultura da soja foliar**. UEG, 2023.

OLIVEIRA JUNIOR, J.A.D.; MALAVOLTA, E.; CABRAL, C.P. **Efeitos do manganês sobre a soja cultivada em solo de cerrado do triângulo mineiro**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 35, 1629-1636.2000.

OLIVEIRA, N.T.; NAMORATO, F.A.; RAO, S.; CARDOSO, A.A.S.; REZENDE, P.M.; GUILHERME, L.R.G. **Iron counteracts zinc-induced toxicity in soybeans**. *Plant Physiology and Biochemistry*. Volume 194, page 335-344, 2023.

OLIVEIRA, F.A.; CASTRO, C.D.; OLIVEIRA JUNIOR, A.D.; KLEPKER, D.; FIRMANO, R. **Tecnologias de manejo da fertilidade do solo e avaliação do estado nutricional da soja**. EMBRAPA, 2023.

OSTWALD, T.R. **Uso de escarificação do solo e plantas de cobertura e seus efeitos sobre a produtividade do milho silagem**. UFFS. 2023.

ORTEGA, A.E.; MALAVOLTA, E. Los más recientes micronutrientes vegetales. **Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica**, Georgia, v. 7, n. 1, p. 16-25, 2012.

PASSADOR, A. L.; ANGELICI, A.F.; CAIONE, G., GARCIA, R.R.; RIBEIRO, R.; AMORIM, V.L. M.; GOIS, V.G. **Early potassium fertilization in cover plant previous to soybean crop in highly weathered soil**. *CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES*, 17(2), e5405-e5405. 2024

PENA, L.K. **Fitossociologia de plantas daninhas, plantas de cobertura e sistemas de preparo em Latossolo Vermelho cultivado com soja**. 61 f. Universidade Federal de Viçosa, Rio Paranaíba. 2020.

PEREIRA, R.M. **Climatologia e conforto térmico do espaço urbano: Um estudo de caso do município de Humaitá-AM, entre 2016 a 2020**, 2022.

PEREZ, D.V.; RIGO, M.M.; MARQUES, M.D.C. **Fase líquida: a solução do solo**. EMBRAPA, 2015.

PETER, D.G.; CRISPIM, V.C.; USHIWATA, S.Y.; RODRIGUES, O.L. Modos de aplicação de fertilizante formulado NPK na cultura da soja em sistema de plantio direto. **Global Science & Technology**, v. 9, n. 1, 2016.

PIATI, G.L. **Atributos físicos do solo e características agronômicas da soja em sistemas de sucessão e rotação de culturas**, 2022.

PRAGANA, R.B.; RIBEIRO M.R.; NÓBREGA J.C.A.; RIBEIRO FILHO, M.R.; COSTA J.D. **Qualidade física de Latossolos Amarelos sob plantio direto na região do Cerrado piauiense**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 36(5): 1591-1600, 2012.

PREZOTTI, L.C. **Guia de interpretação de análise de solo e foliar**. Vitória, ES: Incaper. 104 p.2013.

PORTO, E.M.V.; ALVES, D.D.; VITOR, C.M.T., GOMES, V.M.; SILVA, M.F.; SOUZA DAVID, A. M. S. **Rendimento forrageiro da Brachiaria brizantha cv. Marandu submetida a doses crescentes de fósforo**. *Scientia Agraria Paranaensis*, 11(3), 25-34. 2012

RADMANN, V. **Doses de calcário e produção de massa seca da soja em Latossolo e Gleissolo no sul do Amazonas**. Revista Valore, v. 8, p. 51-58, 2023.

RAMÍREZ, G.T.O.; VIDAL M.; RIGOL, A. **Univariate and multivariate analysis to elucidate the soil properties governing americium sorption in soils**. Geoderma, 269(3): 919-926. ric variables of eucalyptus sp. populations and soil attributes. *Ambiência*, 2(3): 83-93, 2016.

RAMOS, P.N.F.; SILVEIRA, O.R.; MAIA, J.C.S. **Determinação da análise de regressão linear simples para explicar a influência dos atributos físicos do solo na produção do algodão**. Research, Society and Development, 11(8): 1-15, 2022.

RENER, C.A.; ROSA, H.A.; TRENTIN, G.E.; HERMES, M. **Perdas na colheita da soja em função da velocidade e horário de colheita**. City Farm Fag, 2023.

REIS, E.M.; CASA, R.T.; BIANCHIN, V. **Controle de doenças de plantas pela rotação de culturas**. Summa Phytopathologica, v. 37, p. 85-91, 2011.

REIS, D.A.; FAGUNDES, M.O.; FEITOSA JÚNIOR, F.R.; PORTELLA, R.B.; PERINA, F.J.; BOGIANI, J.C. **Qualidade de um latossolo cultivado com algodão sob plantio convencional e Sistema Plantio Direto no Cerrado brasileiro**. 2022.

REICHERT, J.M.; DARIVA, T.A.; JOSÉ, R.D.; SILVA, V.R.D. **Variabilidade espacial de Planossolo e produtividade de soja em várzea sistematizada: análise geostatística e análise de regressão.** *Ciência Rural*, 38(1): 981-988, 2008.

REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.J. **Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: Identificação, Efeitos, Limites Críticos e Mitigação.** In: Cereatta, C.A., Silva, L.S., & Reichert, J. M (Ed.), *Tópicos em Ciência do Solo*, 49⁻¹34. SBCS. 2007.

REINERT, D.J. **Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, p. 1805⁻¹816, 2008.

REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. **Propriedades físicas do solo.** Santa Maria: Departamento de Solos, UFSM. 18 p, 2006.

REYNOLDS, W.D.; BOWMAN, B.T.; DRURY, C.F.; TAN, C.S.; LU, X. **Indicators of good soil physical quality: density and storage parameters.** *Geoderma*, v. 110, n. 1-2, p. 131⁻¹46, 2002.

RHEINHEIMER, D.D.S.; ANGHINONI, I.; CONTE, E. **Sorção de fósforo em função do teor inicial e de sistemas de manejo de solos.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27, 41-49. 2003.

RESENDE, A.V.D. **Micronutrientes na agricultura brasileira: disponibilidade, utilização e perspectivas.** CETEM / MCT, 2005.

RIBEIRO, K.D. **Propriedades físicas do solo, influenciadas pela distribuição de poros, de seis classes de solos da região de Lavras-MG.** *Ciência e Agrotecnologia*, v. 31, p. 1167⁻¹175, 2007.

RICHETTI, A. **Viabilidade econômica da cultura da soja para a safra 2021/2022, em Mato Grosso do Sul.** Dourados, MS Agosto, 2021.

RODRIGUES, R.A.S. **Ciências do solo: Morfologia e Gênese.** Ed.Educacional, Loderina, 2018.

ROVERE, A.P.D.R.; OLIVEIRA, R.S. **Qualidade física do solo e estoque de serapilheira em diferentes coberturas vegetais no município de Capitão de Poço-Pa.** 2024.

ROQUETTE, J.G. **Distribuição da biomassa no cerrado e a sua importância na armazenagem do carbono.** *Ciência Florestal*, 28: 1350-1363, 2018.

ROSOLEM, C.A.; TAVARES, C.A. **Sintomas de deficiência tardia de fósforo em soja.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 30, p. 385-389, 2006.

ROSSI, A.C.M.; KUSANO, D.M.; SOUZA LOPES, F.; SILVA, M.A.C. **Distribuição Vertical de fósforo no solo proveniente do superfosfato triplo.** *Research, Society and Development*, 9(10), e6049108894-e6049108894. 2020.

ROTARU, V.; SINCLAIR, T.R. **Interactive influence of phosphorus and iron on nitrogen fixation by soybean.** *Environmental and Experimental Botany*. Volume 66, Issue 1, page 94-99, 2009.

RONQUIM, C.C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais.** Campinas, EMBRAPA, 2010.

RUARO, E.L. **Avaliação do uso de plantas de cobertura de solo na entressafra milho-trigo.** Repositório UERGS, 2022.

RUFINO, T.M.C.; THIERSCH, C.R.; FERREIRA, S.O.; JUNIOR, H.K.; FAIS, D. **Uso da geoestatística no estudo da relação entre variáveis dendrométricas de povoamentos de Eucalyptus sp. e atributos do solo**//geostatistics applied to the study of the relationship between dendomet, *Ambiência*, 2(3): 83-93, 2006.

SACHETO, T. **Caracterização da curva de crescimento, desenvolvimento e marcha de absorção de nutrientes da cultura de soja.** 2023. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SÁ, H.E. **Escoamento superficial de água no solo em razão de diferentes quantidades de palhada em sistema de plantio direto.** 2023.

SABINO, B.T.S.; OLIVEIRA, F.P.; SILVA, P.L.F.; DA NÓBREGA, C.C.; OLIVEIRA DIAS, B.; CAMPOS, M. C. **Qualidade de solo aos oito anos de condução sob sistemas integrados de produção agropecuária.** *Revista Valore*, v. 8, p. 144⁻¹⁵⁵, 2023.

SALAMONI, A.T. **Apostila de aulas teóricas de Fisiologia Vegetal.** Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria. sem, v. 2, 2008.

SALOMÃO, P.E.A.; KRIEBEL, W.; SANTOS, A.A.; MARTINS, A.C.E. **A importância do sistema de plantio direto na palha para reestruturação do solo e restauração da matéria orgânica.** *Research, Society and Development*, 9(1): 1⁻¹⁶, 2020.

SANTOS, P.L.F.; CASTILHO, R.G.M.M. **Atributos físicos de diferentes substratos para fins de desenvolvimento de plantas.** 2016.

SANTOS, C.M; SILVA, A.A; MENEZES, A.O. **Características agronômicas da soja em função da associação de Bradyrhizobium japonicum e adubação com NPK em Ituiutaba-MG.** *Brazilian Journal of Science*, v. 1, n. 6, p. 58-64, 2022.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; ARAUJO FILHO, J.C.; OLIVEIRA, J.B.; CUNHA, T.J.F. **Sistema Brasileiro de Classificação do Solo.** 5ed.

Ministério da Agricultura, Agropecuária e Abastecimento, EMBRAPA Solos: Brasília-DF, 356p, 2018.

SANTOS, D.B.M.; SOUSA, D.M.G.; GOEDERT, W.J. **Balanço do potássio em solo do cerrado no sistema plantio direto.** *Simpósio Nacional do Cerrado*, 9. 2008.

SANTANA, J.; LIMA, E.; KOMATSU, R.; SILVA, W.; RIBEIRO, M.I. **Caracterização física e química de solo em sistemas de manejo plantio direto e convencional.** *Enciclopédia biosfera*, 15(27): 1-21, 2018.

SEIXAS, C.D.S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A.A.; KRZYZANOWSKI, F.C.; LEITE, R.M.V.B.C. **Tecnologia de produção de soja.** EMBRAPA Soja, Londrina, PR, 2020.

STEFANOSKI, D.C.; SANTOS, G.G.; MARCHÃO, R.L.; PETTER, F.A.; PACHECO, L.P. **Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, n.12, p.1301–1309, 2013.

SCHAFFRATH, V.R.; TORMENA, C.A.; FIDALSKI, J.; GONÇALVES, A.C.A. **Variabilidade e correlação espacial de propriedades físicas de solo sob plantio direto e preparo convencional.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, p. 1369–1377, 2008.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R.C.; REIS, M.S. **Melhoramento da soja.** In: BORÉM A. **Melhoramento de espécies cultivadas.** Viçosa: Editora UFV, 2005. p. 553-603.

SFREDO, G.J; BORKERT, C. MA. **Deficiências e toxicidades de nutrientes em plantas de soja.** Londrina: EMBRAPA Soja, 2004.

SEVERIANO, R.M.; PIERANGELI, M.A.; SANTOS, N.D.S.; XAVIER, V. **Carbono em solos sob plantio direto de diferentes idades no sudoeste de Mato Grosso, Brasil.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 25(4): 250-255, 2022.

SILVA, A.S.; SIMONETTI, A.P.M.M. **Avaliação de diferentes cultivares de soja no município de braganey-pr.** *Revista cultivando o saber*, 17, 12-20. 2024.

SILVA, D.F.F. **Apostila de solos.** USP. 2024.

SILVA, L.A. **Respostas de cultivares de soja em relação à disponibilidade de manganês.** UFU, 2002.

SILVA, A.C. **Fontes de fósforo na nutrição e na produtividade da cultura da soja.** Repositório Institucional UNESP, 2022a.

SILVA, J. M. **Estimativa da macroporosidade e microporosidade em função de sistemas de manejo e plantas de cobertura em Latossolo Vermelho cultivado com soja.** *Research, Society and Development*, 11 (3), 1-8, 2022b.

SILVA, A.C. **Fontes de fósforo na nutrição e na produtividade da cultura da soja.** Repositório Institucional UNESP, 2022b.

SILVA, G.D. **Aplicação de doses elevadas de calcário na disponibilidade de nutrientes e no desenvolvimento de plantas.** IFGoiano, 2023.

SILVA, C.A.; CERRI, C.E.P.; ANDRADE, C.A., MARTIN NETO, L.; BETTIOL, W. **Matéria orgânica do solo: ciclo, compartimentos e funções.** EMBRAPA, 2023.

SILVA, A.P.R.; RODRIGUES, W.P. CAVALCANTE, T.L.; CARMO, E.L.; SOUZA, R.C. **Desenvolvimento da Soja sob doses e potássio.** Revista Cultura Agronômica, Ilha Solteira, v.31, n.2, p.55-63, 2022.

SILVA, R.F.; PORTILHO, I.I.R.; AQUINO, A.M.; OTSUBO, A.A.; SOUZA, G.A.; FÁTIMA, G.M. **Análise conjunta de atributos físicos e biológicos do solo sob Sistema Plantio Direto no Cerrado.** Acta Iguazu, 7(1): 60-74, 2018.

SILVA, E.F.R. **Indicadores físicos do solo em cultivos de soja sobre palhada do consórcio milho e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu no cerrado maranhense.** Universidade Federal do Maranhão, 2022.

SILVA, P.L.F.; OLIVEIRA, F.P.; AZEVEDO B.A.M.; SILVA, B.J.M.; SILVA, L.A. A.; LIMA, A.B.M.; DONATO, A.F. **Utilização de atributos físicos e químicos como indicadores de qualidade do solo.** *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, 17(4), e3785-e3785. 2024.

SILVA, E.V.D.; BIANCHINI, A.; SILVA, W.M.D.; BOCUTI, E.D.; AMORIM, R.S.S.; RAIMO, L.A.D.L.D. **The dynamics of phosphorus, potassium and sulphur in the arable layer of the soil as a function of fertilisation.** *Revista Ciência Agronômica*, 55, e20217944.2024.

SOARES, E.S. **Atributos físicos do solo na cultura de sorgo consorciado em sistema de plantio direto.** UFMS, 2024.

SORIANI, S.E.D.; LEITE, C.A.M.; BARBOSA, C.A.C.; CHAGAS, T.L.K.; AMARAL, H.F. **Avaliação dos agregados de um Latossolo Vermelho em Sistema Plantio Direto após preparos mecânicos de subsolagem e gradagem.** Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa, 34(esp.): 103⁻¹16, 2018.

SOUSA, S.G.A.; ARAÚJO, M.I.; SOUZA, J.D.O. **Guardiões da agrobiodiversidade-unindo o campo e a cidade.** Repositório Alice, Acesso Livre à informação científica da EMBRAPA, 2022.

SOUZA, J.M. **As contramedidas aplicadas durante o conflito Russo-Ucraniano: análise da legitimidade e eficiência do Direito Internacional Público.** 2023.

SOUZA, F.R.; ROSA JUNIOR, E.J.; FIETZ, C.R.; BERGAMIN, A.C.; VENTUROSU, L.D. R.; ROSA, Y.B. C.J. **Atributos físicos e desempenho agronômico da cultura da**

soja em um Latossolo Vermelho distroférico submetido a dois sistemas de manejos. *Ciência e Agrotecnologia*, 34, 1357-1364, 2010.

SOUZA, L.D.P.N.D. **Potencial de plantas de cobertura no manejo das infestantes em plantio de milho (*Zea mays* L.).** UFAM, 2021.

SPERA, S.T.; MAGALHÃES, C.D.S.; DENARDIN, J.E.; ZOLIN, C.; MATOS, E.D.S.; SOUZA, L.G.A.; SHIRATSUCHI, L. **Estratificação química e física em solos manejados com Sistema Plantio Direto em Mato Grosso Entraves à produção das culturas.** EMBRAPA AGROSSILVIPASTORIL: Brasília, DF. 36p, 2018.

STOLF, R. **Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.15, n.2, p.229-235, 1991.

TAGLIEBER, A.; R.T.R.C.; COUTINHO, P.W.R.; SOUTO, M.S.; PEREIRA, C. **Aplicação de diferentes doses de cloreto de potássio na cultura da soja.** *Brazilian Journal of Development*, v. 8, n. 4, p. 31287-31304, 2022.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** São Paulo: Artmed. 719 p. 2002.

TAVARES, L.A.F.; BENEZ, S.H.; SILVA, P.A. **Características agrônômicas e demanda energética de cultivares de soja sob efeito dos sistemas de preparo do solo.** *Energia na Agricultura*, v.27, n. 4, p. 92-108, 2012.

TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMMA, G.K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W.G. **Manual de métodos de análise de solo.** EMBRAPA, 2017.

TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMMA, G.K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W.G. **Manual de métodos de análise de solo.** EMBRAPA, 2017.

TORMENA, C.A.; BARBOSA, M.C.; COSTA, A.C.S.D.; GONÇALVES, A.C.A. **Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo.** *Scientia agrícola*, v. 59, p. 795-801, 2002.

VAEZ, R.N. **Produtividade da soja em função de diferentes sistemas de preparos do solo e adubos verdes.** UFMS, 2023.

VALENTE, G.F.; SILVA, J.N.; SILVA PINTO, D.R.; GALVÃO, J.R. **Resistência mecânica à penetração em sistemas de manejo do solo.** *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 14, n. 1, p. 140-145, 2019.

VALICHESKI, R.R.; PRADO, P.T.; LEMES, B.C.C. P.; LELIS, F.V.; ASSIS, R.L.; ALVES, E.M.; JUNIOR, G.C. **Atributos físicos do solo em área de ILP-PD com e sem pastejo e diferentes gramíneas.** *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, v. 17, n. 2, p. e5001-e5001, 2024.

VENTUROSOSO, L.R.; BERGAMIN, A.C.; JÚNIOR, D.D.V.; LIMA, W.A.; OLIVEIRA, W.B.; SCHLINDWEIN, J.A.; CARON, B.O.; SCHMIDT, D. **Avaliação de duas cultivares de soja sob diferentes doses de potássio, no município de Rolim de Moura, RO.** *Agrarian*, 2(4), 17-29. 2010.

VILLANI JÚNIOR, F.L. **Qualidade de semeadura com dois mecanismos sulcadores sob diferentes velocidades na semeadura da soja.** Repositório UFSM. 2022.

VOGEL, L.S.B. **Avaliação da produtividade de soja em função da forma de aplicação de cloreto de potássio e superfosfato triplo.** 2016.