

JESSÉ DE FRANÇA SILVA



**DESEMPENHO PRODUTIVO DO MILHO SOB DOSES DE NITROGÊNIO E
ADUBAÇÃO POTÁSSICA EM COBERTURA E INOCULAÇÃO COM
MICROORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FÓSFORO**

RIO BRANCO - AC

2021

JESSÉ DE FRANÇA SILVA



**DESEMPENHO PRODUTIVO DO MILHO SOB DOSES DE NITROGÊNIO E
ADUBAÇÃO POTÁSSICA EM COBERTURA E INOCULAÇÃO COM
MICRORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FÓSFORO**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal do Acre, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Dr. Tadário Kamel de Oliveira

RIO BRANCO - AC

2021

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAC

- S586d Silva, Jessé de França, 1996- .
Desempenho produtivo do milho sob doses de nitrogênio e adubação potássica em cobertura e inoculação com microrganismos solubilizadores de fósforo / Jessé de França Silva. – 2021.
74f. : il. ; 30 cm.
- Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Acre. Centro de Ciências Biológicas e da Natureza. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Mestrado em Produção Vegetal. Rio Branco, Acre, 2021.
Orientação: Prof. Dr. Tadário Kamel de Oliveira.
Inclui referências.
1. Adubação. 2. Manejo do solo. 3. Inoculação. 4. Produção de grãos - Amazônia.
I. Oliveira, Tadário Kamel de (orientador). II. Universidade Federal do Acre. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título

CDD: 338

JESSÉ DE FRANÇA SILVA

**DESEMPENHO PRODUTIVO DO MILHO SOB DOSES DE NITROGÊNIO E
ADUBAÇÃO POTÁSSICA EM COBERTURA E INOCULAÇÃO COM
MICROORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FÓSFORO**

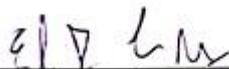
Dissertação apresentada ao curso de Pós-graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal do Acre, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

APROVADO EM 28 de setembro de 2021.

BANCA EXAMINADORA



Dr. Tadáno Kamel de Oliveira (Orientador)



Dr. Eduardo Pacca Luna Mattar (Membro – UFAC)



Dr. Idésio Luis Franke (Membro – Embrapa Acre)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela dádiva da vida. Pelas suas infinitivas misericórdias que se renovam a cada amanhecer. Por cada caminho pelo qual me permitiu trilhar, e por sempre me guardar. Minha eterna gratidão.

Aos meus pais, Manoel Gomes e Jocimar França. Minhas escolas de vida. Meus suportes nos momentos difíceis, e minhas alegrias todos os dias. Por cada gota de suor derramada. Por cada oração na qual o meu nome esteve presente. Pelos valores que me passaram. Por todo apoio ao longo da minha jornada. A eles, todo o meu amor e gratidão.

À minha avó, Cecília Ferreira (*in memoriam*). Por todo afeto e carinho. Seu amor ainda vive em meu coração.

Aos meus irmãos, por todo o apoio e companheirismo. Pelo aconchego de suas companhias. Pela compreensão.

Às minhas terceiras mães, Núbia, Ione e Maria; e aos segundos pais, Edimar e Theo, por todo acolhimento e carinho. Minha eterna gratidão.

Ao meu orientador, Dr. Tadário Kamel de Oliveira. Por toda a paciência durante esse período. Pelas suas lições. Pelos bons momentos vividos a campo. Sobretudo, pelo seu profissionalismo e dedicação para condução do presente trabalho. Minha gratidão e reconhecimento.

Aos amigos, Alef, Maila, Naria, Ítala Maria Atilon, Paulo Ricardo, Auderlandio, Denilson, Jonadabe, Bárbara, Sandra, Jaquisson, Bergson, Adailson, Toni, Roanes, Fran, Elias, Anderson, Ally, Luan, Roger, e muitos outros que acompanham a minha jornada.

Ao professor Genivaldo Moreira, pelas suas contribuições e ensinamentos.

Ao professor e amigo, Edson Alves de Araújo, pelas lições e contribuições ao longo da minha formação.

À Embrapa Acre, pelo apoio logístico e estrutura disponibilizados.

À Universidade Federal do Acre, ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal e corpo docente, pelo suporte e estrutura.

Ao CNPq, pela concessão de bolsa e ajuda de custo.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse momento.

RESUMO

O cultivo de milho é uma das principais atividades agrícolas brasileiras. No Acre, o rendimento de grãos ainda se apresenta inferior ao seu potencial agrônomo, o que se atribui principalmente ao baixo aporte tecnológico, elevado custo dos insumos e ausência de recomendações específicas de manejo do solo e adubação. No presente trabalho, avaliou-se o desempenho produtivo do milho em resposta a doses de nitrogênio e adubação potássica em cobertura, bem como, à inoculação com microrganismos solubilizadores de fósforo, em sistemas de preparo convencional e plantio direto. Foram conduzidos três experimentos nos municípios de Rio Branco-AC (I) e Senador Guiomard-AC (II e III), implantados em áreas de pastagem degradada. O experimento I foi realizado em blocos casualizados, em esquema fatorial (2 x 5), sob plantio direto, sendo dois níveis de adubação potássica (com e sem adubação), e cinco doses de N (0, 50, 100, 150 e 200 kg.ha⁻¹), aplicados em cobertura. O experimento II foi realizado da mesma forma que o experimento I, porém com preparo convencional do solo. O experimento III foi implantado sob sistema de plantio direto, em delineamento com blocos casualizados, com cinco tratamentos: T1-sem inoculação; T2-dose indicada (100 mL de BiomaPhos para 60.000 sementes); T3-duas vezes a dose indicada (200 mL); T4- dose indicada+água (100 mL); T5- duas vezes a dose indicada+água (100 mL). Sob preparo convencional, no período de primeira safra, a adubação potássica em cobertura não influenciou o rendimento de grãos. No entanto, a adubação nitrogenada em cobertura promoveu aumento da massa de grãos por espiga e da produtividade, para a qual se obteve rendimento máximo de 6.551,50 kg.ha⁻¹ de grãos com a dose de 157,20 kg de N.ha⁻¹. Embora em sítios distintos, no sistema de plantio direto, em período de segunda safra, com exceção do estande de plantas, todas as variáveis foram influenciadas pelo fornecimento de N em cobertura e a produtividade respondeu de maneira linear ao fornecimento de N, obtendo-se até 5.176,32 kg.ha⁻¹. A produtividade obtida com a inoculação, na dose recomendada (100 mL), foi superior em média 54,6% em relação ao cultivo sem o uso do inoculante.

PALAVRAS-CHAVE: Adubação, manejo do solo, inoculação, produção de grãos, Amazônia.

ABSTRACT

Corn cultivation is one of the main Brazilian agricultural activities. Despite the advances in the production chain of culture in recent years, in Acre, grain yield is still below the potential of its agronomic potential, which is mainly attributed to low technological contribution, high cost of the inputs and ineffective recommendations of soil management and fertilization, depending on the intrinsic characteristics of the region. In the present work, the productive performance of corn was evaluated in response to nitrogen doses and topdressing potassium fertilization, as well as inoculation with BiomaPhos, in conventional tillage and no-tillage systems in Acre. For this, three experiments were conducted in the municipalities of Rio Branco (I) and Senador Guimard (II and III), deployed in a degraded pasture area. Experiments I and II were implanted in randomized blocks, in a factorial scheme (2 x 5), under no-tillage and conventional tillage, respectively, being two levels of potassium fertilization (with and without fertilization), and five doses of N (0, 50, 100, 150 and 200 kg.ha⁻¹), applied in coverage. Experiment III was implemented under a no-tillage system, in a randomized block design, with five treatments, four with commercial doses of 100 mL and 200 mL, applied with and without water and the control treatment (without inoculation). Under conventional tillage, in the period of the first crop, the potassium fertilization in coverage did not influence the grain yield. However, nitrogen topdressing promoted an increase in grain mass per ear and in yield, for which a yield of 6,618.6 kg.ha⁻¹ of grains was obtained with the dose of 152.9 kg of N.ha⁻¹. Although in different sites, in the no-tillage system, in the second crop period, with the exception of the plant stand, all variables were influenced by the supply of N coverage. Additionally, productivity responded linearly to the supply of N coverage, obtaining up to 5,176.32 kg.ha⁻¹. The non-influence of top-dressing potassium fertilization may be associated, especially, with the initial K⁺ contents in the soil and the contribution of forages present in the area before the implementation of corn. The productivity with the use of inoculation, at the recommended dose (100 mL), was 54,7% higher on average compared to cultivation without the use of inoculant.

KEY WORDS: Fertilization, soil management, inoculation, grain production, Amazon.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2 – Precipitação (mm), umidade relativa (%) e temperatura (°C) no período de abril a setembro de 2015. (Fonte: Estação meteorológica de Rio Branco, AC)	24
Figura 3 - Precipitação (mm), temperatura (°C) e umidade relativa (%) no período de novembro de 2018 a março de 2019, em Senador Guiomard, AC.....	27
Figura 4 - Precipitação (mm), umidade relativa (%) e temperatura (°C) no período de fevereiro a junho de 2021, durante o cultivo de milho de segunda safra em plantio direto. Fonte: INMET (2021)	30
Figura 5 - Inoculação de sementes de milho para semeadura em sistema de plantio direto em período de segunda safra em Senador Guiomard, Acre.	30
Figura 6. Altura de plantas em resposta à doses de N em cobertura sob plantio direto em Rio Branco, Acre.....	34
Figura 7. Altura de inserção de espiga em resposta à doses de N em cobertura em sistema de plantio direto em Rio Branco, Acre.	35
Figura 8. Índice SPAD no milho em resposta à adubação nitrogenada em cobertura, em sistema de plantio direto no município de Rio Branco, Acre.	36
Figura 9 - Diâmetro de espiga (mm) em resposta à doses de N em cobertura em sistema de plantio direto em Rio Branco, AC.....	38
Figura 10. Massa de grãos por espiga em resposta à doses de N em cobertura em plantio direto em Rio Branco, AC.....	39
Figura 11. Produtividade de milho de segunda safra em resposta à doses de N em cobertura em plantio direto no município de Rio Branco, AC.	40
Figura 12. Massa de grãos por espiga (g) em resposta a doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em Senador Guiomard, Acre.....	46
Figura 13. Produtividade de milho ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) em resposta à doses de N em cobertura em sistema de preparo convencional em Senador Guiomard, Acre.....	48
Figura 14. Produtividade de milho em $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ obtida em cultivos sem inoculação (T1) e com inoculação (T2, T3, T4 e T5) com microrganismos solubilizadores de fósforo, em Senador Guiomard, AC.	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados da análise granulométrica e química, na profundidade de 0 – 20 cm, de Argissolo Vermelho-Amarelo, em área de pastagem degradada no município de Rio Branco, Acre.....	23
Tabela 2 - Resultados da análise granulométrica e química do solo na profundidade de 0 – 20 cm e.....	26
Tabela 3 - Resultados da análise granulométrica e química do solo na profundidade de 0 – 20 cm em área de cultivo de milho em segunda safra, sob plantio direto, em Senador Guimard, Acre.	29
Tabela 4 - Resumo da análise de variância para os componentes de produção do milho em resposta a doses de N e K em cobertura em sistema de plantio direto no município de Rio Branco, AC.	33
Tabela 5 - Resumo da ANAVA para os componentes DESP (diâmetro de espiga), CESP (comprimento de espiga), MGE (massa de grãos por espiga) e PROD (produtividade) de milho em sistema de plantio direto no município de Rio Branco, Acre.....	37
Tabela 6 - Análise de variância dos componentes de produção do milho sob preparo convencional do solo, no município de Senador Guimard, Acre.	43
Tabela 7 - Massa de grãos por espiga (MGE) e produtividade de milho em resposta à níveis de adubação potássica (0 e 60 kg.ha-1) e doses de nitrogênio (0, 50, 100, 150, 200 kg.ha-1), em período de safra, no município de Senador Guimard, AC.	45
Tabela 8 - Médias de altura de plantas (AP) e altura de inserção de espiga (AIE) de milho cultivado com inoculação à base de BiomaPhos.....	49
Tabela 9 – Valores médios da massa de grãos por espiga (MGE) e produtividade (PROD) de milho inoculado com BiomaPhos em Senador Guimard, AC.	50
Tabela 10 - Teste T de Studentt para médias de produtividade de milho com inoculação com microrganismos solubilizadores de fósforo (inoculante BiomaPhos®) em relação à média obtida para o cultivo sem o uso do inoculante.	53

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISAO DE LITERATURA	12
2.1 MANEJO DOS SOLOS NA CULTURA DO MILHO	12
2.2 ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA NA CULTURA DO MILHO.....	13
2.3 MANEJO E RESPOSTA DO MILHO À ADUBAÇÃO POTÁSSICA.....	15
2.4 ADUBAÇÃO FOSFATADA NA CULTURA DO MILHO	18
2.4.1 Microrganismos solubilizadores de fósforo	20
3 MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1 CULTIVO DE MILHO DE SEGUNDA SAFRA SOB DOSES DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO EM COBERTURA NO PLANTIO DIRETO (EXPERIMENTO I).....	22
3.2 CULTIVO DE MILHO EM PERÍODO DE SAFRA SOB DOSES DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO EM COBERTURA SOB PREPARO CONVENCIONAL DO SOLO (EXPERIMENTO II).....	26
3.3 MILHO DE SEGUNDA SAFRA CULTIVADO COM INOCULAÇÃO COM MICRORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FÓSFORO (EXPERIMENTO III)	28
3.4 ANÁISE ESTATÍSTICA	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1 CULTIVO DE MILHO DE SEGUNDA SAFRA SOB DOSES DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO EM COBERTURA NO PLANTIO DIRETO (EXPERIMENTO I).....	32
4.2 CULTIVO DE MILHO EM PERÍODO DE SAFRA SOB DOSES DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO EM COBERTURA SOB PREPARO CONVENCIONAL DO SOLO (EXPERIMENTO II).....	43
4.3 MILHO DE SEGUNDA SAFRA CULTIVADO COM INOCULAÇÃO COM MICRORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FÓSFORO (EXPERIMENTO III)	49
5 CONCLUSÕES	54
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
REFERÊNCIAS	56
APÊNDICES	72

1 INTRODUÇÃO

O uso intensivo de áreas para desempenho de atividades agrícolas, com ausência de estratégias que garantam a longevidade do potencial produtivo, tem comprometido a capacidade de sustentação desses agroecossistemas e, por consequência, a produtividade. Os avanços tecnológicos desenvolvidos e aplicados à agricultura, nos últimos anos, embora tenham proporcionado ganhos produtivos relevantes, também desencadearam a necessidade de ajustar técnicas de manejo às condições de cultivo das regiões brasileiras.

O cultivo de milho figura dentre as principais atividades agrícolas desenvolvidas no Brasil, sendo relevante sob os aspectos econômicos, sociais e ambientais. No cenário mundial, dentre os dez maiores produtores, o país ocupa a terceira posição, além de ser o maior produtor da América Latina, com produção em 2019 de mais de 101 milhões de toneladas (FAOSTAT, 2021). Em nível nacional, o rendimento desse cereal está estimado em 5.526 kg.ha⁻¹ (milho de 1° safra), e 5.869 kg.ha⁻¹ (milho 2° safra); produzidos em áreas superiores a 4 e 12 milhões de hectares, respectivamente (IBGE, 2020).

No Acre, a área cultivada com milho está estimada em 32,9 mil hectares, nos quais são produzidos pouco mais de 2,5 mil t/ha (CONAB, 2019). Em geral, a produtividade no Estado é considerada baixa em relação às demais regiões brasileiras, e associa-se principalmente ao baixo aporte tecnológico na maioria das áreas agrícolas, além da ausência de práticas de uso e manejo do solo que permitam cultivos sucessivos. Contudo, ressalta-se que a agricultura acreana se encontra em processo de expansão, de modo que as peculiaridades inerentes ao clima e aspectos pedológicos, especialmente, são fatores a serem considerados, seja para a condução de cultivos de grãos, como também para implementação de modelos agrícolas.

A demanda elevada exige maior eficiência dos sistemas de produção, de forma que se abasteçam os diferentes mercados. Nesse cenário, a reposição mineral é fator essencial na determinação do rendimento da cultura, sendo o nitrogênio (N) e o potássio (K) os nutrientes demandados em maiores quantidades.

Apesar dos avanços nos estudos direcionados aos manejos de adubação nos últimos anos, as condições edafoclimáticas das regiões brasileiras requerem

recomendações efetivas que considerem as suas características intrínsecas. Nesse sentido, extrapolações de adubações nitrogenadas ou potássicas não são recomendadas, mesmo sob o mesmo bioma (COELHO; FRANÇA, 2013; PETTER et al., 2012a),

A dinâmica complexa do N no solo - que envolve as suas transformações, mobilidade, aproveitamento pelas plantas e perdas - associada ao histórico de uso da área cultivada, são fatores essenciais que devem ser considerados para fins de aumento da eficiência da adubação e que, no entanto, dificultam as recomendações para determinadas regiões (BONO et al., 2008; GOES et al., 2012; PORTUGAL et al., 2017). Quanto ao potássio, nos solos brasileiros em geral, apesar da sua deficiência não ser proeminente quando comparado ao fósforo, a aplicação torna-se necessária, pois dentre as suas funções, atua sobre a massa individual e número de grãos por espiga, influenciando na qualidade do cultivo (SILVA et al., 2011).

Além do N e do K, o fornecimento de fósforo (P) é determinante para o desenvolvimento vegetal. Semelhante aos solos das demais regiões brasileiras, os do Acre apresentam baixos teores de P (WADT, 2005), que é um dos elementos que mais limita o desenvolvimento das plantas, quando ausente ou pouco disponível (TAIZ; ZEIGER, 2013; NOVAIS et al., 2007). Conseqüentemente, os custos com adubação fosfatada tornam-se elevados, devido a necessidade de aplicar maiores quantidades para corrigir a escassez de P, o que torna essa estratégia frequentemente inviável, haja vista a elevada capacidade de fixação de P no solo (RODRIGUES et al., 2015; HINSINGER, 2001).

Nesse cenário, o uso de microrganismos capazes de solubilizar P no solo surge como alternativa para otimizar o uso de fertilizantes fosfatados. Esses agentes, dentre os quais se destacam as bactérias, são capazes de realizar a solubilização e mineralização de P e, conseqüentemente, torná-lo disponível às plantas (MONTAÑEZ et al., 2012; MARDAD et al., 2013). Apesar do baixo custo na elaboração de solubilizadores e inexistência de impactos ambientais pelo seu uso (KALAYU, 2019; OLIVEIRA et al., 2020), o volume de informações relacionadas à eficiência da biotecnologia nos cultivos de grãos, sobretudo do milho, nas condições edafoclimáticas acreanas, ainda é reduzido. Assim, a investigação dos três macronutrientes (N, P e K) na cultura do milho é considerável no cenário atual.

Objetivou-se, portanto, avaliar o desempenho produtivo do milho em resposta à doses de nitrogênio e níveis de adubação potássica em cobertura, em sistema de preparo convencional do solo e plantio direto, bem como, o efeito da inoculação com das sementes com microrganismos solubilizadores de fósforo.

2 REVISAO DE LITERATURA

O aumento da produção agrícola associado à conservação dos recursos naturais apresenta-se como um dos principais objetivos a serem alcançados no manejo dos agroecossistemas (ROSA et al., 2011). Entretanto, em muitos sistemas de cultivo, o uso de técnicas que favorecem os processos degradativos da qualidade do solo tem comprometido a sua capacidade de manutenção da produtividade de forma longa (COSTA et al., 2006).

O milho é um dos principais cereais cultivados no mundo, de modo que o aumento da demanda nos últimos anos por seus produtos e subprodutos, seja para consumo humano ou na cadeia produtiva animal, exigiu dos sistemas de produção, além da capacidade abastecer os diferentes mercados, a otimização do uso das áreas de forma a garantir cultivos a longo prazo (CALDARELLI; BACCHI, 2012; FANCELLI, 2015). Nesse cenário, a principal estratégia utilizada para incrementar a produtividade de grãos tem sido a adubação mineral, com ênfase ao fornecimento dos macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), os quais, quando fornecidos adotando-se o manejo correto, influenciam de forma positiva sobre o rendimento da cultura (VALDERRAMA et al., 2011).

Embora o suprimento mineral seja relevante para a manutenção e aumento da capacidade produtiva, é importante considerar que as taxas de absorção dos nutrientes são variáveis, de modo que as condições edafoclimáticas, o histórico de uso, o nível de manejo e entre outros fatores intrínsecos de cada localidade, devem ser considerados para fins de manejo da adubação na cultura do milho (COELHO et al., 2006). Dessa forma, ajustes ao manejo da adubação são determinantes, seja sobre os aspectos produtivos e/ou econômicos, uma vez que sistemas que apresentam rendimento de grãos elevados, o custo também é mais alto (RESENDE et al., 2012).

2.1 MANEJO DOS SOLOS NA CULTURA DO MILHO

No Acre, as produções de milho de 1º e 2º safra estão estimadas em 71.532 t e 4.060 t, com rendimento médio de 2.581 kg.ha⁻¹ e 3.412 kg.ha⁻¹, respectivamente (IBGE, 2020). Mesmo com as variações das áreas cultivadas, que influenciou a

dinâmica da produção, nos últimos anos tem-se observado maior rendimento por área, sobretudo para o milho de 2º safra.

Apesar dos avanços nos sistemas agrícolas acreanos, as produtividades verificadas para essa cultura ainda são baixas quando comparadas às de outras regiões brasileiras. O nível tecnológico empregado das lavouras, as quais em sua maioria ainda são conduzidas por pequenos produtores, é um dos principais fatores que contribuem para a obtenção de produções aquém do potencial agrônomo da cultura. Nesses sistemas, conforme ressaltam Queiroz et al. (2015), não é comum o uso de insumos, de modo que, quando aplicados, não atendem à demanda da cultura.

Estudos desenvolvidos nas condições edafoclimáticas acreanas, em sistemas distintos, têm demonstrado a importância da reposição mineral no solo para fins de aumento da produção. Ressalta-se, entretanto, que para atingir o rendimento esperado, é necessário considerar além da adubação, as condições de solo, clima, características genéticas do material utilizado.

Bravin et al. (2013), verificaram aumento da produtividade quando se realizou adubação nitrogenada em cobertura até a dose de 200 kg.ha⁻¹, em sistema agrossilvipastoril. Lima (2013), utilizando híbrido simples e sob altitude em torno de 205 m, obtiveram produtividades que variaram de 5.160 kg ha⁻¹ a 6.350 kg ha⁻¹. Em contrapartida, Paiva (2011), em condições semelhantes, utilizando doses entre 0 kg.ha⁻¹ à 200 kg.ha⁻¹, observaram produtividades entre 3.634 kg ha⁻¹ a 4.418 kg ha⁻¹.

Queiroz et al. (2015), destacam que as condições edafoclimáticas do Estado, principalmente as de ordem climáticas, podem dificultar o desenvolvimento da cultura. Nesse sentido, os referidos autores apresentam como estratégias de contorno a esses entraves, o uso de materiais genéticos adaptados e o adequado manejo dos solos.

2.2 ADUBAÇÃO NITROGENADA EM COBERTURA NA CULTURA DO MILHO

O nitrogênio é o elemento demandado em maiores quantidades na cultura do milho com relação à adubação. Esse nutriente é importante para o metabolismo vegetal, uma vez que constitui enzimas, proteínas e outros componentes, além de influenciar de forma significativa o processo de iniciação e expansão foliar

(CANTARELLA, 1993; (SCHRÖDER et al., 2000). Ademais, conforme ressaltam Lopes et al (2004), em situações de deficiência de N, o crescimento da planta é afetado, de modo que estas apresentam clorose como sintoma mais característico.

Nesse cenário, é importante definir a adubação nitrogenada sob os pontos de vista qualitativo e quantitativo, de modo a otimizar o uso dos adubos na medida em que se potencializa o desempenho produtivo vegetal. Para tanto, Coelho (2007), destaca que é fundamental considerar as condições de solo e clima da região de cultivo, o período de semeadura, formas de aplicação e as fontes de N, custos econômicos e operacionais, dentre outros fatores.

Estima-se que para cada tonelada de grãos produzidos, é necessário em torno de 20 kg.ha⁻¹ de N (FANCELLI, 2000; SOUSA; LOBATO, 2004). Conforme descrevem Schröder et al. (2000), embora seja menos acentuada nos primeiros dias, a absorção de N ocorre durante todo o ciclo vegetativo. No entanto, devido a variabilidade das condições das regiões brasileiras, a demanda nutricional por esse elemento sofre oscilações em diferentes dimensões (HURTADO et al., 2009).

Com relação à de absorção de N pela cultura, nos distintos estádios de desenvolvimento, Coelho (2006), descreve que durante o período de desenvolvimento vegetativo - sobretudo entre os estádios V12 a V18 - e durante a fase reprodutiva ou formação da espiga, ocorre absorção de N em maior intensidade. Dessa forma, conforme o autor, durante essas fases, situações de estresse devem ser evitadas a fim de que o rendimento produtivo não seja comprometido.

É importante ressaltar que, diferentemente de nutrientes como cálcio e potássio, que retornam ao solo via incorporação da palhada, grande parte (70% a 86%) do N é alocado nos grãos, de modo que em sistemas onde a colheita é realizada tanto objetivando os grãos, como o uso para silagem, a fertilidade do solo pode ser comprometida (COELHO, 2007).

Na avaliação da disponibilidade de N no solo, Rambo et al. (2004), descrevem que é essencial o uso de indicadores, dentre os quais, ressaltam-se o teor de nitrato no colmo e de N na folha e teor relativo de clorofila. Ademais, conforme os referidos autores, uma vez que a quantificação da necessidade de nitrogênio a ser aplicada no solo é realizada antes da semeadura, não havendo o monitoramento após a emergência, as oscilações das condições edafoclimáticas associadas aos processos

de transformação, dificultam as recomendações efetivas, ocorrendo sub ou superestimativa nas aplicações.

No solo, após a aplicação, ocorrem perdas de N que podem ser mais acentuadas conforme a influência de fatores distintos. De acordo com Yamada e Abdalla (2000), as principais perdas de N no solo estão associadas ao processo de lixiviação, sendo o parcelamento da adubação uma das principais estratégias utilizadas para mitigá-las; emissão de gases (volatilização e desnitrificação) e imobilização biológica, sobretudo em sistemas de plantio direto.

Serra (2006), elenca os principais fatores inerentes ao solo que influenciam a dinâmica de N e, conseqüentemente, a sua disponibilidade, ressaltando a textura, profundidade e teores de matéria orgânica. Para a textura do solo, em situações de maiores teores de argila, por exemplo, a capacidade de retenção de nitrogênio é maior, sobretudo na forma de NH_4^+ , uma vez que armazenam mais água e, conseqüentemente, reduzem a capacidade do nitrato ser levado para as camadas mais subsuperficiais durante a percolação (SANGOI et al., 2003; BORTOLONI, 2000). Em relação aos solos arenosos, Sangoi et al. (2003), avaliando os efeitos do modo de aplicação de ureia sobre a volatilização de amônia, em solos com conteúdos distintos de argila, verificaram que as perdas de N foram mais acentuadas em solos que apresentavam textura mais arenosa e baixa CTC.

Com relação às condições climáticas, principalmente nos trópicos, as precipitações elevadas contribuem para as perdas de nitrogênio via lixiviação, que consiste no arraste de íons para profundidades inacessíveis à absorção pelas raízes (ERNANI, 2008; MOTA et al., 2015). Assim, como alternativa para mitigar as perdas de N no solo, preconiza-se a incorporação do fertilizante, uma vez que acentua o contato deste com o solo contribuindo de forma eficiente à adsorção de cargas (CABEZAS et al., 2000; CUNHA et al., 2011).

2.3 MANEJO E RESPOSTA DO MILHO À ADUBAÇÃO POTÁSSICA

O potássio, após o nitrogênio, é o segundo elemento demandado em maiores quantidades pela cultura do milho, de modo que, diferentemente de outros nutrientes, por não originar compostos orgânicos, apresenta-se livre para a regulação de processos vitais ao desenvolvimento vegetal (SILVA et al., 2011; TAIZ;

ZIEGLER, 2013). Fancelli e Tsumanuma (2007), comentam que a quantidade de K^+ extraído pela cultura é estimada em 20,4 kg para cada tonelada de grãos produzida, de modo que, dessa porção, em torno de 19% é alocado nos grãos; e o restante, na parte aérea.

Nesse cenário, Resende et al. (2012), recomendam que a adubação potássica seja realizada de modo a assegurar determinada quantidade que supere a exportada, principalmente em situações onde os teores desse nutriente são próximos às quantidades consideradas mínimas para obter produtividades satisfatórias. Porém, é importante mencionar que a eficiência do uso de fertilizantes é influenciada, sobretudo, pelas condições edafoclimáticas de cada região (PETTER et al., 2012b).

Nos sistemas agrícolas atuais, a principal fonte de K utilizada pelos produtores tem sido o cloreto de potássio (KCl), de modo que, a sua absorção pelas plantas está condicionada ao tamanho das raízes e concentração de íons no solo, principalmente (LOPES et al. 2005; GOMES et al., 2018). As formas trocáveis e não trocáveis compõem o K do solo, de maneira que, especialmente o teor trocável, apresenta-se como o principal responsável por repor esse nutriente para a solução do solo, porém, quando não absorvido, pode ocorrer perdas via lixiviação (FARIA et al., 2012; RABÊLO et al., 2013).

De acordo com Mielniczuk (2005), a capacidade de troca de cátions (CTC), dentre os atributos inerentes às propriedades químicas do solo, é a que mais influencia na retenção de K, sendo que em solos com CTC mais elevada, a presença desse nutriente na solução do solo será restrita e, conseqüentemente, reduzirá possíveis perdas. Assim, conforme recomenda Coelho (2005), na elaboração de estratégias de manejo da adubação potássica, deve-se observar os tipos de solos, cujas características influenciam na capacidade de movimentação de K; as taxas de absorção e acúmulo de K durante as fases de desenvolvimento da cultura, possibilitando a definição da melhor época para aplicação e o método de aplicação.

Coelho (2006), comenta que nos estudos direcionados à verificação das respostas do milho à adubação potássica, não se tem verificado respostas expressivas quando comparadas aos ensaios realizados com nitrogênio e fósforo. No entanto, ainda de acordo com o referido autor, as mudanças na dinâmica de condução dos cultivos, que variam desde o melhoramento genético à necessidade

de recuperação da fertilidade do solo, elevaram a demanda por informações em maior volume acerca da influência do potássio sobre os aspectos produtivos.

É importante destacar que doses elevadas de potássio, sobretudo no sulco de semeadura, devem ser evitadas, devido tanto ao efeito salino ocasionado pelo fertilizante, como em função da textura do solo (BERNARDI et al., 2009). Nesse cenário, para as diferentes regiões brasileiras, apesar de não haver critérios efetivos para a definição de doses máximas, bem como a associação destas com os tipos de solos, recomenda-se em geral, utilizar doses entre 60 kg.ha⁻¹ a 80 kg.ha⁻¹ por ocasião da semeadura do milho (SANGOI et al., 2009).

Os resultados obtidos para a adubação potássica no milho têm se mostrado variáveis, sobretudo, em função dos níveis iniciais desse nutriente no solo e do sistema de preparo. Brunetto et al. (2005), em experimento conduzido sob Argissolo Vermelho distrófico arênico, observaram baixas respostas à adubação potássica, atribuindo tais resultados a possível liberação de K não trocável presente em minerais do solo. No estudo, teores de 0,11 cmol_c.dm⁻³, que respondeu por mais de 90% da produção, foi considerado o nível crítico de K⁺.

Em sistema de plantio direto, Deparis et al. (2007), utilizando sete doses de potássio combinadas com sete doses de N, não observaram aumento da produtividade de grãos de milho, em solo com teor médio de K⁺ de 0,36 cmol_c.dm⁻³ nos primeiros 20 cm. Andreotti et al. (2001), em contrapartida, avaliando o desempenho do milho em resposta à doses de K⁺ entre 0 kg.ha⁻¹ a 240 kg.ha⁻¹, em solos com textura variando de arenosa à argilosa, observaram que houve aumento da altura de plantas e do diâmetro do colmo e da produção de grãos. Esta última variável só respondeu à adição de K⁺ até a dose de 60 mg.kg⁻¹.

Nesse cenário, diante da variabilidade de resultados para a resposta do milho à adubação potássica, considerando que as práticas de manejo de adubação empregadas na condução das culturas agrícolas são variadas, é necessário ajustá-las às condições de cada região (SIMÃO et al., 2018). Os solos do Acre, nesse sentido, por apresentarem características intrínsecas, sendo novos, do ponto de vista geológico, podem demandar por adequações para o manejo de adubação, de forma que, práticas frequentemente utilizadas em outras regiões amazônicas possivelmente tornam-se inadequadas no contexto local (WADT, 2005a).

2.4 ADUBAÇÃO FOSFATADA NA CULTURA DO MILHO

O P, apesar de ser demandado em quantidades inferiores às de N e K, possui elevada capacidade de adsorção, o que dificulta a sua disponibilidade, tornando-o um dos elementos que mais limita o desempenho produtivo do milho (BASTOS et al., 2010; VELOSO et al., 2016). Segundo Vu et al. (2008), o percentual de P que é disponibilizado para as plantas após a aplicação de fertilizantes varia em torno de 10 a 20%. Esses fatores, associados ao desenvolvimento acelerado das culturas de ciclo curto, o que implica maior requerimento de nutrientes nos estádios de desenvolvimento, resultam na necessidade de aplicar grandes quantidades de fertilizantes (COELHO, 2006).

Os Latossolos e Argissolos são as classes com maiores extensões em área no Brasil (\pm 58% da área territorial), e caracterizam-se pelo intemperismo e acidez elevados, além da baixa fertilidade (EMBRAPA, 2021). Por serem solos mais desenvolvidos, predomina na sua fração argila minerais silicatados, hidróxidos e oxihidróxido de Fe e Al, os quais influenciam na formação de compostos com baixa solubilidade, devido à alta afinidade com o P, o que resulta na fixação desse elemento (FONTES et al., 2001; ROLIM NETO et al., 2004; SANDIM, 2012).

Nos solos do Acre, conforme descreve Wadt (2005b), os elevados teores de alumínio, ou mesmo de cálcio, além da acidez elevada, em algumas regiões do Estado, são fatores que colaboram para a retenção de P no solo em formas pouco solúveis. De acordo com o referido autor, em condições ácidas do solo, na medida em que se adiciona P, ocorrem reações que resultam na liberação do Ferro e Alumínio e, conseqüentemente, fixação de fosfato.

No solo, o P ocorre sobre formas orgânicas (Po) e inorgânicas (Pi), as quais diferem pela sua estabilidade ou solubilidade (SOUZA et al., 2007). O Pi está associado às frações minerais, constituindo-se compostos pouco solúveis, sendo lento o processo de transformação em formas lábeis (COUTO, 2018). Em contrapartida, o Po origina-se a partir de resíduos vegetais, dos tecidos microbianos, bem como da decomposição desses tecidos (MARTINAZZO et al., 2007).

Os processos geoquímicos e biológicos são fundamentais para a regulação e distribuição de P em formas lábeis no solo (SOUZA et al., 2007). Conforme pontua Costa (2003), sob condições naturais, esses processos são capazes de

disponibilizar P em quantidades suficientes para o desenvolvimento vegetal, no entanto, no contexto agrícola, principalmente quando do cultivo de culturas com ciclo curto, os teores desse nutriente se tornam insuficientes. Com relação aos processos biológicos, Santos et al. (2008), comentam que estes, associados à mineralogia e propriedades físico-química do solo, influenciam na fixação ou liberação de P pelos microrganismos.

A eficiência no uso dos fertilizantes fosfatados demanda por boas práticas que influenciem de maneira direta a disponibilidade P no solo, bem como o seu uso pelas plantas (SOUZA et al., 2010). Nesse sentido, as estratégias de manejo da adubação fosfatada devem objetivar tanto o aumento nos teores de P disponível via adubação corretiva, como manter a fertilidade do solo mediante a adubação de manutenção (COELHO; ALVES (2004).

O modo de aplicação dos fertilizantes fosfatados figura dentre as opções capazes de aumentar a eficiência no manejo da adubação, desde que observados aspectos inerentes ao solo, fontes de P, tipo de preparo (SOUZA; LOBATO, 2003). As aplicações a lanço, por exemplo, conforme descrevem Prado et al. (2001), podem diminuir o aproveitamento de nutrientes pela planta, devido ao menor contato do fertilizante com o solo. Em contrapartida, a aplicação localizada (no sulco de plantio) torna-se mais vantajosa, sobretudo no milho de segunda safra, uma vez que favorece o maior desenvolvimento do sistema radicular e, conseqüentemente, maior tolerância ao déficit hídrico (ROSCOE; MIRANDA, 2013).

Em experimento conduzido sob Latossolo Amarelo de textura argilosa, Veloso et al. (2012), evidenciam como a combinação de aspectos como a fonte e forma de aplicação pode ser determinante no desempenho produtivo do milho. No estudo, os autores utilizaram fosfato natural reativo e superfosfato triplo, de modo que foram observadas maiores produtividades para o primeiro quando da aplicação a lanço e incorporado ao solo; e para o segundo, quando da aplicação no sulco de semeadura. Peron et al. (2019), também verificaram maiores produtividades de grãos de milho em função da adubação localizada, independente da época de semeadura e da safra.

Outra alternativa viável para melhoria da eficiência da adubação fosfata é o uso de microrganismos solubilizadores (MSF), seja em inoculantes ou através do manejo direto de suas populações no solo (SILVA FILHO; VIDOR, 2000). Apesar de

abundantes, as populações desses microrganismos, em condições naturais, têm sua capacidade de liberação de P reduzida, pois o número de microrganismos diversos na região da rizosfera é maior (RICHARDSON, 2001; ABREU, 2014).

2.4.1 Microrganismos solubilizadores de fósforo

Para a realização da solubilização de fosfato, os microrganismos do solo (desde os presentes na rizosfera às bactérias promotoras de crescimento - BPCP) podem utilizar mecanismos distintos, os quais abrangem a acidificação, reações de troca, quelação e, principalmente, a liberação de metabólitos orgânicos (HAMEEDA et al., 2008; YOUNG et al., 2013). Esses compostos dissolvem os metais presentes nos fosfatos e liberam o P para a solução do solo (SALIH et al., 1989; NAHAS, 1991).

A capacidade de liberação de ácidos orgânicos é um dos mais relevantes processos de solubilização, de modo que as condições do meio, fisiologia e tipo de microrganismos são fatores que podem influenciar na produção desses metabólitos (SOUSA, 2010; MENDES et al., 2014). Quanto a este último, dentre os microrganismos solubilizadores, as bactérias do gênero *Bacillus* se destacam, figurando entre as mais explorados para fins de promoção do crescimento vegetal (OLIVEIRA et al., 2020).

Rajapaksha et al. (2011), observaram efeito positivo do inoculante composto por *Bacillus subtilis* sobre o rendimento do arroz, aumentando em 25% a produção. Araújo (2008), também utilizando inoculante formulado com *B. subtilis*, verificou incremento sobre a produção de massa seca na parte aérea do milho, além do aumento dos teores de fósforo e nitrogênio na planta.

De acordo com Bahadi et al. (2018), inoculantes compostos por cepas de *Bacillus*, em relação aos demais, são mais vantajosos quanto ao uso, devido a maior estabilidade ambiental, sendo capazes de adaptar-se a condições abióticas extremas. Contudo, ressalta-se que apesar de pertencerem ao mesmo gênero, cepas bacterianas podem apresentar características distintas quanto à sua capacidade de solubilização, promoção do crescimento vegetal e adaptação ao ambiente (OLIVEIRA et al., 2020). Nesse sentido, as cepas *Bacillus megaterium* e *Bacillus subtilis* têm se mostrado as mais promissoras para a elaboração de

inoculantes utilizados no ramo agrônomo (OLIVEIRA et al., 2009, RIBEIRO et al., 2018).

Oliveira et al. (2020), avaliaram o desempenho produtivo do milho em condições de campo em resposta à aplicação isolada ou conjunta (inoculante) de cepas de *Bacillus subtilis* e *B. megaterium*. Além de verificar aumento na produção de grãos, os autores ressaltam que para maiores benefícios, sobretudo quanto à adubação fosfatada, a combinação de ambas as cepas para a formulação de um inoculante é mais vantajosa.

Além de contribuir para a disponibilidade de P, as bactérias promotoras de crescimento vegetal também apresentam potencial para melhorar a eficiência da adubação nitrogenada. Lima et al. (2011), verificaram aumento no acúmulo de N na parte aérea, bem maior produtividade em função da aplicação de N com inoculante à base de *Bacillus subtilis*.

Considerando as vantagens do uso de microrganismos para a disponibilização de P, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) obteve o BiomaPhos®, inoculante elaborado a partir de cepas de *Bacillus subtilis* (CNPMS B2084) e *B. megaterium* (CNPMS B119), por meio de estudos direcionados primariamente para a seleção de cepas com capacidade de solubilização (SOUSA et al., 2020; VELLOSO et al., 2020). Além de proporcionar maior eficiência ao uso da adubação fosfatada, redução dos custos e ganhos produtivos, com o uso dessa tecnologia, objetiva-se contribuir para a meta 12 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), direcionada à garantia da sustentabilidade de sistemas produtivos (OLIVEIRA et al., 2020).

Os resultados obtidos a partir de experimentos envolvendo o uso de microrganismos solubilizadores de P têm sido variáveis, demandando análise criteriosa a fim de otimizar e direcionar o uso dos produtos formulados (a exemplo, o BiomaPhos®) em detrimento das condições edafoclimáticas de cada região, conforme apontam Oliveira et al. (2020), em estudo no qual obtiveram ganhos médios de 8,6% sobre o rendimento do milho. Segundo os autores, em 2019, em torno de 350 mil hectares foram cultivados com milho e soja e utilizando a inoculação com BiomaPhos®, de modo que além da tendência para expansão das áreas cultivadas com essa tecnologia, tem-se a expectativa do seu uso em outras culturas nos próximos anos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os estudos foram realizados em locais distintos no Estado do Acre. O experimento I foi conduzido na fazenda Batista, situada ao longo da rodovia Transacreana (AC - 90), km 51 (latitude -10 00' 00,27"S e longitude -68 14' 47,24"O), altitude 192 m, no município de Rio Branco, Acre. No local predominam Argissolos Vermelho-Amarelos plínticos em associação com Plintossolos, e a média anual da precipitação pluviométrica varia de 1.877 a 1.982 mm e a temperatura média anual é de 25° C (ACRE, 2010).

O experimento II foi realizado na Fazenda Água Bela (latitude 9°47'14.69"S e longitude 67°22'3.02"O – 185 m de elevação), situada ao longo da BR 317, no município de Senador Guimard, Acre. O solo da região é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo de textura franco-arenosa (EMBRAPA, 2013), e o clima é do tipo Aw (tropical quente e úmido) com chuvas no verão e uma estação seca de pequena duração. A precipitação anual média é de 2000 mm, e a temperatura média anual de 26,2 °C (CLIMATE-DATA, 2018; RODRIGUES et al., 2001).

O experimento III foi realizado na colônia Bela Vista (9°55'48.82"S 67°23'25.90"O), situada no município de Senador Guimard, Acre. O solo é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, de textura franco-argilo-arenosa e o clima é do tipo Aw (tropical quente úmido).

3.1 CULTIVO DE MILHO DE SEGUNDA SAFRA SOB DOSES DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO EM COBERTURA NO PLANTIO DIRETO (EXPERIMENTO I)

O experimento foi instalado em área de pastagem degradada (1,5 ha), onde se efetuou a semeadura do milho de segunda safra, em sistema de plantio direto, sob solo da área é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo plíntico (EMBRAPA, 2013). Previamente, foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0-20 cm, para caracterização físico-química, cujos resultados estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados da análise granulométrica e química, na profundidade de 0 – 20 cm, de Argissolo Vermelho-Amarelo, em área de pastagem degradada no município de Rio Branco, Acre.

Características		
Análise química	pH	5,5
	P (mg.dm ⁻³)	3,43
	P _{rem} (mg.dm ⁻³)	27,59
	K (cmol _c .dm ⁻³)	0,32
	Ca (cmol _c .dm ⁻³)	12,03
	Mg (cmol _c .dm ⁻³)	5,05
	H + Al (cmol _c .dm ⁻³)	2,84
	SB (cmol _c .dm ⁻³)	14,41
	CTC pH ₇ (cmol _c .dm ⁻³)	20,25
	V (%)	85,27
Granulometria	Areia (g.kg ⁻¹)	225
	Argila (g.kg ⁻¹)	287
	Silte (g.kg ⁻¹)	488

A área foi dessecada de forma mecanizada com solução herbicida de ação total na dosagem de 4 L.ha⁻¹ de Glyphosate, com 0,5 L.ha⁻¹ de 2-4D e 0,5 L.ha⁻¹ de espalhante adesivo, de acordo com procedimento operacional da fazenda. Posteriormente realizou-se o repasse de Glyphosate, utilizando a dose de 4 L.ha⁻¹. Para a semeadura, foi utilizado o híbrido triplo CD 397 PRO, de ciclo precoce, com alta resistência a acamamento, uso para grãos e silagem da planta inteira e textura do grão semidentado. Adotou-se o espaçamento de 65 cm entre linhas e densidade de 5 sementes por metro linear.

A adubação de base foi realizada aplicando-se 120 kg.ha⁻¹ do formulado fertilizante NPK 8-28-16, sendo a fonte nitrogenada utilizada a uréia e a de potássio, o cloreto de potássio. A adubação de cobertura foi realizada quando as plantas atingiram o estágio fenológico v4, apresentando 4 folhas bem desenvolvidas, 19 dias após a semeadura. A aplicação foi feita manualmente na linha de plantio, sendo aplicadas as doses de 0, 50, 100, 150 e 200 kg.ha⁻¹ de N, todos esses com 45kg.ha⁻¹ de K₂O e sem a adubação potássica.

Os dados referentes à precipitação pluviométrica, umidade relativa e temperatura, coletados da estação meteorológica de Rio Branco. AC, no período de abril a setembro de 2015, obtidos a partir dos dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), estão representados na Figura 2.

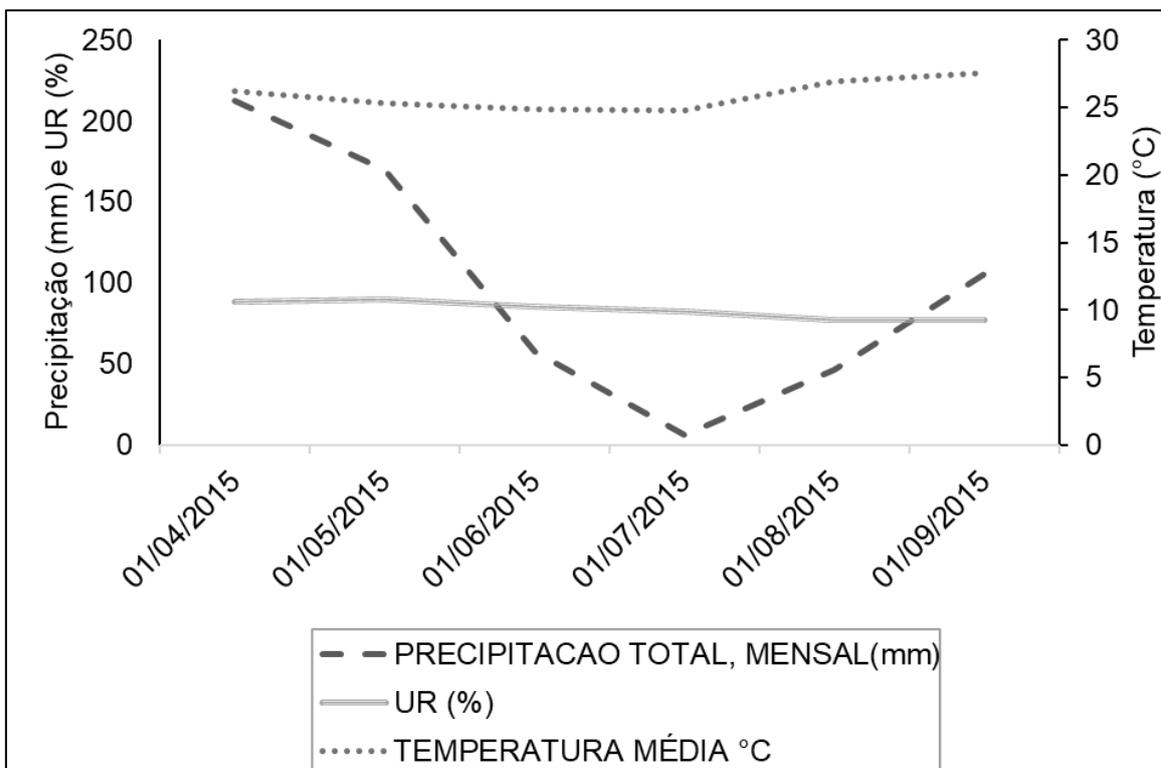


Figura 1 – Precipitação (mm), umidade relativa (%) e temperatura (°C) no período de abril a setembro de 2015. (Fonte: Estação meteorológica de Rio Branco, AC)

O experimento foi instalado em blocos casualizados, em esquema fatorial (2 x 5), com quatro repetições. Foram aplicadas cinco doses de nitrogênio em cobertura (0, 50, 100, 150 e 200 kg.ha⁻¹) e dois níveis de adubação potássica (Sem – 0 kg.ha⁻¹; e Com – 45 kg.ha⁻¹), totalizando dez tratamentos.

A área total do experimento foi de 1.200 m², (24m x 50m) com parcelas de 30 m² (3 m x 10 m). Cada parcela contava com três linhas de plantio de milho de 10 m de comprimento. A linha central de cada parcela foi utilizada para avaliação.

A colheita foi realizada 120 dias após a semeadura, sendo colhidas as espigas dentro da área útil das parcelas e contabilizadas as espigas mal granadas e mal desenvolvidas. Foram avaliadas as seguintes variáveis:

- Nitrogênio total da planta medido a partir do teor de clorofila foliar (índice SPAD) durante o florescimento do milho. Foram realizadas duas medições por folha em 5 plantas da linha útil de cada parcela. As leituras foram efetuadas com medidor de clorofila portátil na primeira folha abaixo da inserção da espiga.

- Altura de planta (m) após o florescimento, sendo realizada a medição com fita métrica da altura de 5 plantas dentro da linha útil de avaliação de cada parcela. A altura consistiu na distância do nível do solo até a inserção da última folha da planta.

- Altura de inserção da espiga (m) com fita métrica foi medida a distância do nível do solo até a base de inserção da espiga em 5 plantas dentro da linha útil de avaliação das parcelas.

- Estande final de plantas, determinado a partir da contagem do número de plantas na linha útil de 10 metros da parcela, e posteriormente extrapolado para 1 hectare.

- Índice de espigas, a partir da divisão entre o número de espigas colhidas e o estande de plantas da área útil.

- Comprimento de espiga (cm) medido com régua graduada, o comprimento da base até o ápice de cada espiga. Foram avaliadas 10 espigas por parcela.

- Diâmetro de espiga (mm) medido com paquímetro digital, 10 espigas por parcela.

- Massa de 100 grãos: obtida por meio da pesagem dos grãos após a debulha, com balança de precisão. Realizou-se a correção do peso obtido originalmente para 13% de umidade, seguindo a expressão preconizada pela ABEAS (1987):

$$Pf = Pi \cdot \frac{(100 - Ui)}{(100 - Uf)}$$

Onde:

Pf: peso final dos grãos corrigido

Pi: peso inicial dos grãos

Ui: umidade inicial dos grãos

Uf: Umidade final requerida para a correção

- Massa de grãos por espiga (g) obtido através da divisão da massa de grãos pelo número de espigas colhidas de cada tratamento, corrigido para 13% de umidade.

- Espigas mal formadas (%) – chochas, ou com reduzida presença de grãos - obtido através da divisão entre o número de espiga mal formadas pelo número total de espigas colhidas e multiplicado por 100.

- Produtividade ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) as espigas coletadas da área útil da parcela foram debulhadas. Os grãos foram pesados em balança digital e realizada a avaliação da umidade, com auxílio de medidor portátil de umidade. Os valores obtidos foram convertidos para $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de grãos de milho com teor de umidade ajustado para 13% (ABEAS, 1987).

3.2 CULTIVO DE MILHO EM PERÍODO DE SAFRA SOB DOSES DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO EM COBERTURA SOB PREPARO CONVENCIONAL DO SOLO (EXPERIMENTO II)

O experimento foi instalado em área com pastagem degradada, onde foi implantado o milho de primeira safra utilizando, sob o preparo convencional do solo, em Latossolo Vermelho-Amarelo de textura franco arenosa. Previamente, realizou-se a amostragem do solo para fins de análises físicas e químicas de rotina, na profundidade de 0-20 cm, cujos resultados das análises estão representados na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados da análise granulométrica e química do solo na profundidade de 0 – 20 cm e.

Características		
Análise química	pH	5,0
	P ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$)	1,48
	P _{rem} ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$)	25,25
	K ($\text{cmol}_c\cdot\text{dm}^{-3}$)	0,14
	Ca ($\text{cmol}_c\cdot\text{dm}^{-3}$)	0,85
	Mg ($\text{cmol}_c\cdot\text{dm}^{-3}$)	0,44
	H + Al ($\text{cmol}_c\cdot\text{dm}^{-3}$)	3,46
	SB ($\text{cmol}_c\cdot\text{dm}^{-3}$)	1,43
	CTC pH ₇ ($\text{cmol}_c\cdot\text{dm}^{-3}$)	4,89
	V (%)	29,24
Granulometria	Areia (g.kg)	541
	Argila (g.kg)	176
	Silte (g.kg)	283

A semeadura mecanizada do milho em período de safra, com espaçamento de 90 cm entre linhas e densidade de 5 sementes por metro linear. Para tanto, foi utilizado o híbrido AG 7088 PRO 3, caracterizado por apresentar ciclo precoce, porte médio, grãos semiduros, tolerante a doenças foliares. A adubação de base foi

realizada mecanicamente, simultânea à sementeira do milho, utilizando 225 kg.ha⁻¹ do formulado NPK 4-30-10 + micronutrientes.

Na figura 3 são apresentados os dados referentes à precipitação pluviométrica, umidade relativa e temperatura, coletados da estação meteorológica de Rio Branco, AC, no período de novembro de 2018 a março de 2019, para a área de estudo situada em Senador Guiomard, AC.

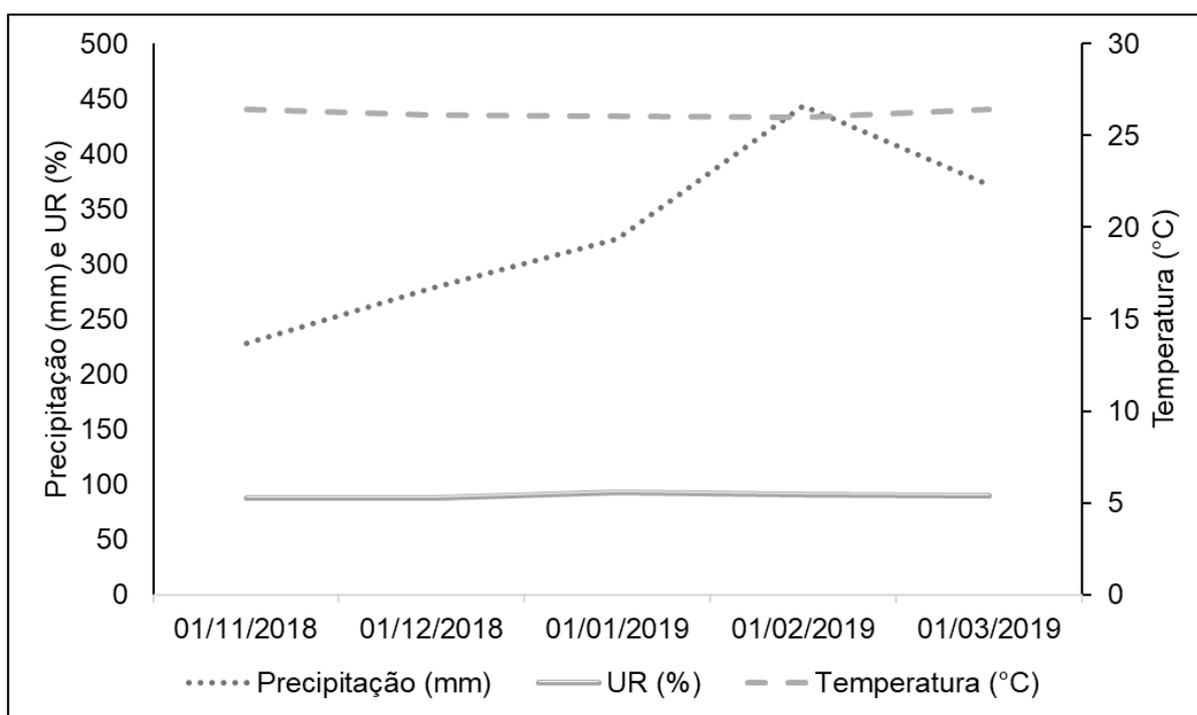


Figura 2 - Precipitação (mm), temperatura (°C) e umidade relativa (%) no período de novembro de 2018 a março de 2019, em Senador Guiomard, AC. Fonte (INMET, 2021).

Adubação de cobertura foi realizada por ocasião do estágio de desenvolvimento fenológico v4 (4 folhas bem desenvolvidas), aos 19 dias após a sementeira. A aplicação foi realizada manualmente na linha de plantio, sendo aplicadas as doses de 0, 50, 100, 150 e 200 kg.ha⁻¹ de N e 60 kg.ha⁻¹ de K₂O. Utilizou-se a ureia e o cloreto de potássio como fontes de nitrogênio e potássio, respectivamente.

Adotou-se o delineamento em blocos ao acaso, disposto em esquema fatorial 2 x 5, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por cinco doses de

N e dois níveis de adubação potássica (sem aplicação de potássio em cobertura - SEM; e com adubação em cobertura - COM).

O experimento foi implantado em área com 1.280 m², com dimensões de 32 m x 40 m, contendo 40 unidades experimentais. A área das parcelas com dimensões de 4 m x 8 m (32 m²). Em cada parcela foram instaladas quatro linhas de plantio com 8 m de comprimento, sendo apenas as linhas centrais as utilizadas para avaliação.

A colheita do milho foi realizada manualmente aos 120 dias após a semeadura, quando as espigas atingiram o ponto de maturação fisiológica, com umidade inferior a 25%. Foram colhidas as espigas dentro da área útil das parcelas e contabilizadas as espigas mal granadas e mal desenvolvidas. As espigas foram armazenadas para secagem e para a realização das avaliações após a colheita.

Conforme os procedimentos adotados no Experimento I, foram avaliadas as variáveis: altura de plantas (AP), altura de inserção de espiga (AIE), estande de plantas (EF), massa de grãos por espigas e produtividade.

3.3 MILHO DE SEGUNDA SAFRA CULTIVADO COM INOCULAÇÃO COM MICRORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FÓSFORO (EXPERIMENTO III)

O experimento foi implantado em área com pastagem degradada (0,4 ha), sob preparo convencional do solo (duas passagens de grade aradora), após a realização da calagem. Posteriormente, foi realizada a dessecação da área, mediante aplicação de herbicida RoundUP Granulado (400 L de calda.ha⁻¹) e Adesil (10 mL.20L).

Previamente, foram coletadas amostras de solos na profundidade de 0-20 cm para a caracterização físico química do solo. Os resultados para fertilidade e textura estão dispostos na tabela 3.

Tabela 3 - Resultados da análise granulométrica e química do solo na profundidade de 0 – 20 cm em área de cultivo de milho em segunda safra, sob plantio direto, em Senador Guimard, Acre.

Características		
Análise química	pH em água	4,5
	P (mg.dm ⁻³)	7,65
	K (cmol _c .dm ⁻³)	0,13
	Ca (cmol _c .dm ⁻³)	1,19
	Mg (cmol _c .dm ⁻³)	0,22
	H + Al (cmol _c .dm ⁻³)	3,71
	SB (cmol _c .dm ⁻³)	1,52
	CTC pH ₇ (cmol _c .dm ⁻³)	5,24
	V (%)	29,32
	Granulometria	Areia (g.kg)
Argila (g.kg)		225,00
Silte (g.kg)		145,00

A calagem foi realizada em setembro de 2020, aplicando-se 500 kg.ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT 100%). Para a adubação de base, por sua vez, foram aplicados 350 kg.ha⁻¹ do formulado NPK 8-28-16.

Para a semeadura, utilizou-se semeadora manual tipo “matraca”, sendo as sementes distribuídas em covas, distanciadas em 25 cm (quatro covas por metro). Foi utilizado o híbrido AG 1051, cujas características são o ciclo semiprecoce, porte alto, inserção de espiga alta e grão dentado amarelo. A adubação em cobertura foi realizada 21 dias após a semeadura.

Os dados pluviométricos e referentes a umidade relativa e temperatura no período de fevereiro a junho de 2021, coletados da estação meteorológica de Rio Branco, Acre, estão representados na figura 4.

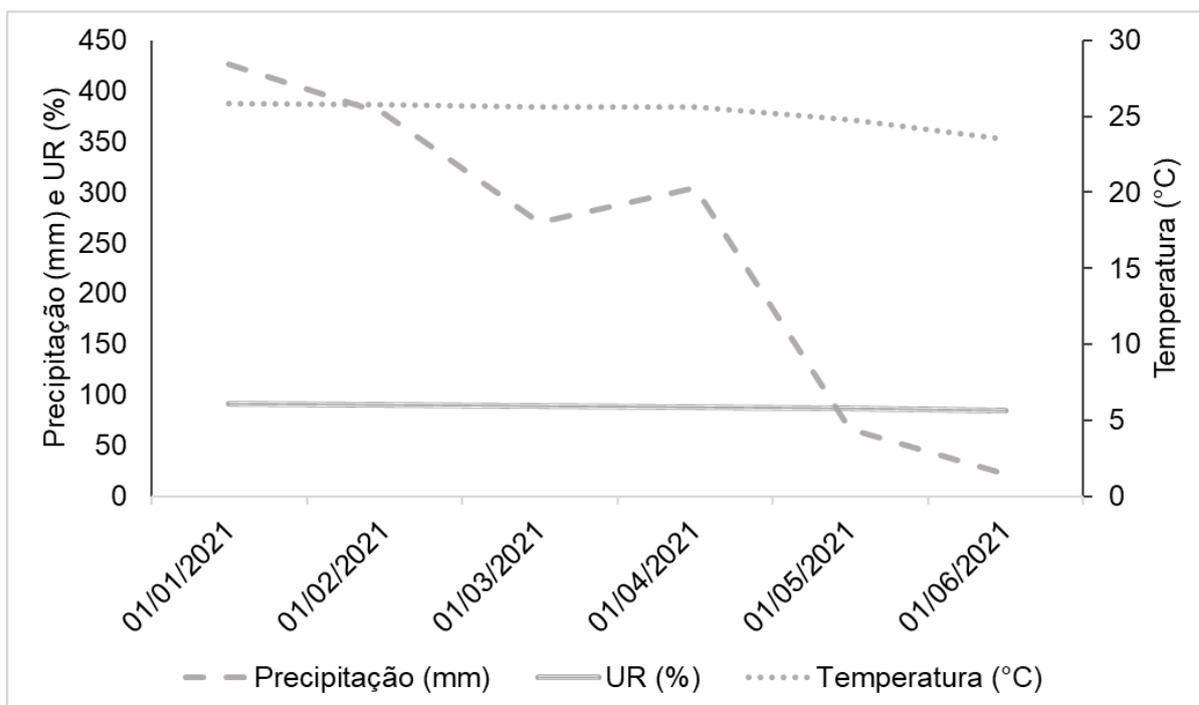


Figura 3 - Precipitação (mm), umidade relativa (%) e temperatura (°C) no período de fevereiro a junho de 2021, durante o cultivo de milho de segunda safra em plantio direto. Fonte: INMET (2021)

Antes da semeadura, foi realizada a inoculação das sementes com BiomaPhos®, misturando-as ao inoculante líquido em saco plástico e submetendo-as à secagem à sombra pelo período de 3 (três) horas (Figura 5). A inoculação foi realizada conforme as recomendações técnicas do produto (BIOMA, 2021), de modo a realizar a semeadura em até 12 horas após a mistura do inoculante com as sementes.



Figura 4 - Inoculação de sementes de milho para semeadura em sistema de plantio direto em período de segunda safra em Senador Guimard, Acre.

Foi adotado o experimento em blocos casualizados (DBC), com quatro repetições e parcelas nas dimensões de 4 m x 5 m, compostas por cinco linhas. Foram avaliados cinco tratamentos compostos por BiomaPhos aplicado em doses de 100 mL e 200 mL, sendo:

- T1 – Controle
- T2 – dose comercial (100 mL)
- T3 – 2x dose comercial (200 mL)
- T4 – dose comercial (100 mL) + água (100 mL)
- T5 – 2x dose comercial (100 mL) + água (100 mL)

A colheita foi realizada em junho de 2021, de forma manual. Na área útil de cada parcela (três linhas centrais de 4 m), foram avaliadas as seguintes variáveis, conforme os procedimentos adotados no Experimento I: altura de plantas (AP), altura de inserção de espigas (AIE), estande final de plantas (EF), índice de espigas (IE), massa de grãos por espiga (MGE) e produtividade em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a análise estatística, previamente foram verificados a normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro e Wilk (1965) e a homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett (1954). Atendidos os pressupostos, foi realizada a análise de variância. Verificada diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos pelo teste F, as médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey (1949), à 5% de probabilidade. A análise de regressão foi realizada para as variáveis que apresentaram efeito significativo às doses de N e K. Para verificar a diferença em relação ao cultivo sem o uso da inoculação com BiomaPhos®, os tratamentos com inoculante foram comparados utilizando o teste T, que também foi utilizado para verificar diferenças estatísticas em relação à média estadual ($2.787,88 \text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Os dados foram processados com auxílio dos softwares Excel, Action Stat e R Studio.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se resultados distintos nos experimentos para a adubação nitrogenada. No preparo convencional do solo, em período de safra, as doses de nitrogênio em cobertura influenciaram a massa de grãos e a produtividade. Em contrapartida, no sistema de plantio direto, em período de segunda safra, apenas o estande final não foi influenciado pela adubação nitrogenada. Quanto à adubação potássica, não foi verificado efeito significativo sobre as características agrônômicas do milho de modo geral.

A inoculação com BiomaPhos® não influenciou significativamente os componentes de produção de milho avaliados, de acordo com as análises de variâncias, embora ao comparar pelo teste t de student, a dose de 100 mL de BiomaPhos® proporcionou aumento maior que 50 % sobre a produtividade de grãos em relação ao cultivo do milho sem o uso do inoculante.

4.1 CULTIVO DE MILHO DE SEGUNDA SAFRA SOB DOSES DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO EM COBERTURA NO PLANTIO DIRETO (EXPERIMENTO I)

As doses de N promoveram aumento sobre as alturas de plantas e de inserção de espigas, índice SPAD e índice de espigas (Tabela 4). Em contrapartida, não se verificou efeito da adubação potássica e nitrogenada sobre o estande final de plantas.

Tabela 4 - Componentes de produção do milho em resposta a doses de N e K em cobertura em sistema de plantio direto no município de Rio Branco, AC.

Tratamentos	EF	AP	AIE	SPAD	IE
Adubação potássica					
Sem	57.128,14a	2,09a	1,06a	47,35a	0,87a
Com	60.346,10a	2,11a	1,06a	47,46a	0,89a
Doses de N em kg ⁻¹					
0	58.557,65	1,80	0,87	40,38	0,79
50	56.538,40	2,12	1,07	44,62	0,90
100	62.115,32	2,13	1,07	49,06	0,86
150	54.423,02	2,20	1,13	51,18	0,93
200	62.051,22	2,27	1,15	51,78	0,91
CV (%)	12,23	3,48	7,25	4,48	9,69

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste F (P<0,05).

EF = Estande final; AP= altura de plantas; AIE = Altura de espigas; IE = índice de espigas

Para a altura de plantas, observou-se ajuste quadrático, sendo a maior altura obtida a de 2,34 m, com a dose máxima de 176,92 kg de N.ha⁻¹ (Figura 6).

Os teores de N disponíveis no solo influenciam no crescimento vegetal. Conforme apresentaram Pariz et al. (2011), plantas com porte mais alto apresentam maior acúmulo de nutrientes, os quais serão direcionados para o enchimento de grãos, além de depositarem maior biomassa no solo após as operações colheita. Contudo, ressalta-se que nem sempre plantas com porte mais elevado serão mais produtivas, haja vista há cultivares atuais que apresentam porte menor e elevado desempenho produtivo, como demonstrado por Cruz et al. (2008).

Conforme descrevem Silva et al. (2005), uma vez que as plantas estão supridas nutricionalmente, o processo fotossintético é beneficiado, de modo que ocorre maior divisão e expansão celular, favorecendo o desenvolvimento da parte aérea (aumento da altura) e crescimento radicular.

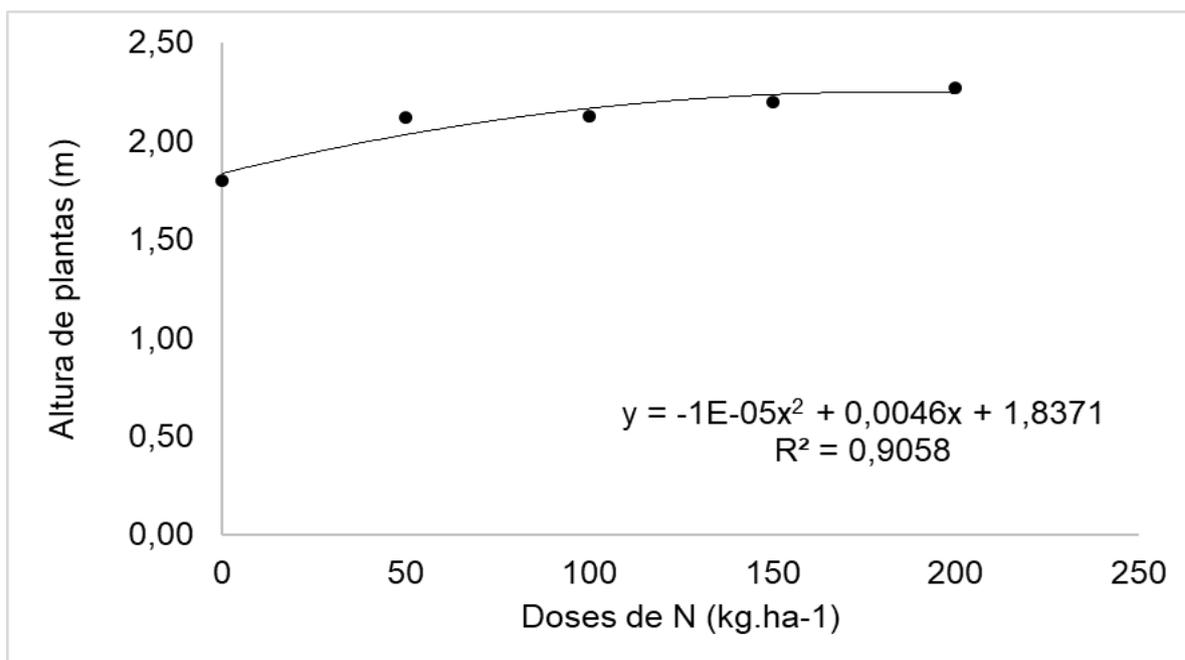


Figura 5. Altura de plantas em resposta à doses de N em cobertura sob plantio direto em Rio Branco, Acre.

A altura de inserção de espiga apresentou resposta quadrática às doses de N em cobertura (Figura 7). A dose de 180,25 kg.ha⁻¹ de N proporcionou a maior AIE (115,8 cm).

Para fins de operação de colheita, especialmente, a altura de inserção de espigas torna-se uma importante variável a ser considerada. Assim, conforme ressaltam Marchão et al. (2005), em sistemas integrados, por exemplo, é desejável alturas de inserção de espiga acima de 1,0 m, sobretudo sob condições de cultivo do milho com culturas intercalares. Dessa forma, na colheita mecanizada, há maior eficácia da plataforma ao atingir as espigas, reduzindo as perdas. Portanto, considera-se que as alturas de inserção de espigas obtidas são consideradas satisfatórias.

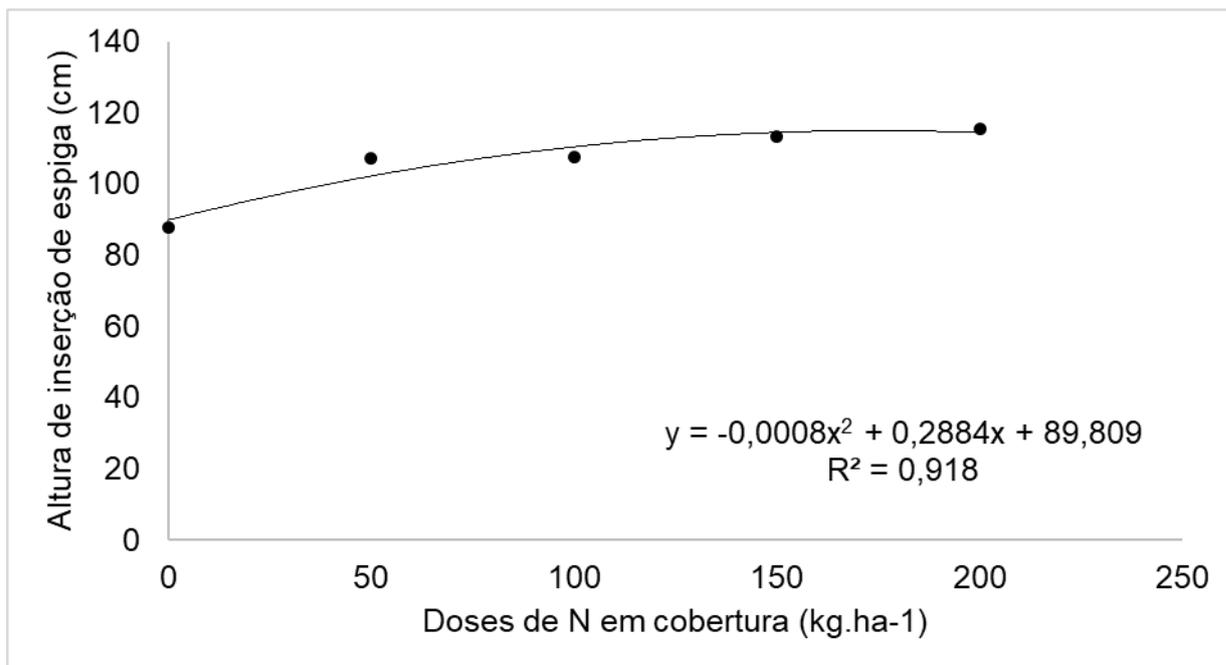


Figura 6. Altura de inserção de espiga em resposta à doses de N em cobertura em sistema de plantio direto em Rio Branco, Acre.

O índice SPAD, que possibilita inferir sobre o estado do N nas culturas, apresentou resposta quadrática às doses de N (figura 8). Dessa forma, observou-se que a dose de 189,3 kg de N.ha⁻¹, permitiu obter maior índice SPAD nas condições do estudo (50,91).

De acordo com Argenta et al. (2003), durante estágio de espigamento, índices de SPAD inferiores a 58 são considerados inadequados. Dessa forma, mesmo diante da influência da adubação nitrogenada em cobertura, os índices obtidos foram inferiores aos indicados. Lima (2013), nas condições do Acre, obteve índices de superiores com as mesmas dosagens, no entanto, utilizando híbrido distinto. Assim, conforme ressaltam Sunderman et al. (1997), o fator genético figura dentre os que mais influenciam nas variações no teor relativo de clorofila nas plantas. No referido estudo, os autores verificaram valor de 57,9 por ocasião do florescimento. Argenta (2001), obteve valor de 58,0 na fase de espigamento, avaliando diferentes híbridos no Rio Grande do Sul.

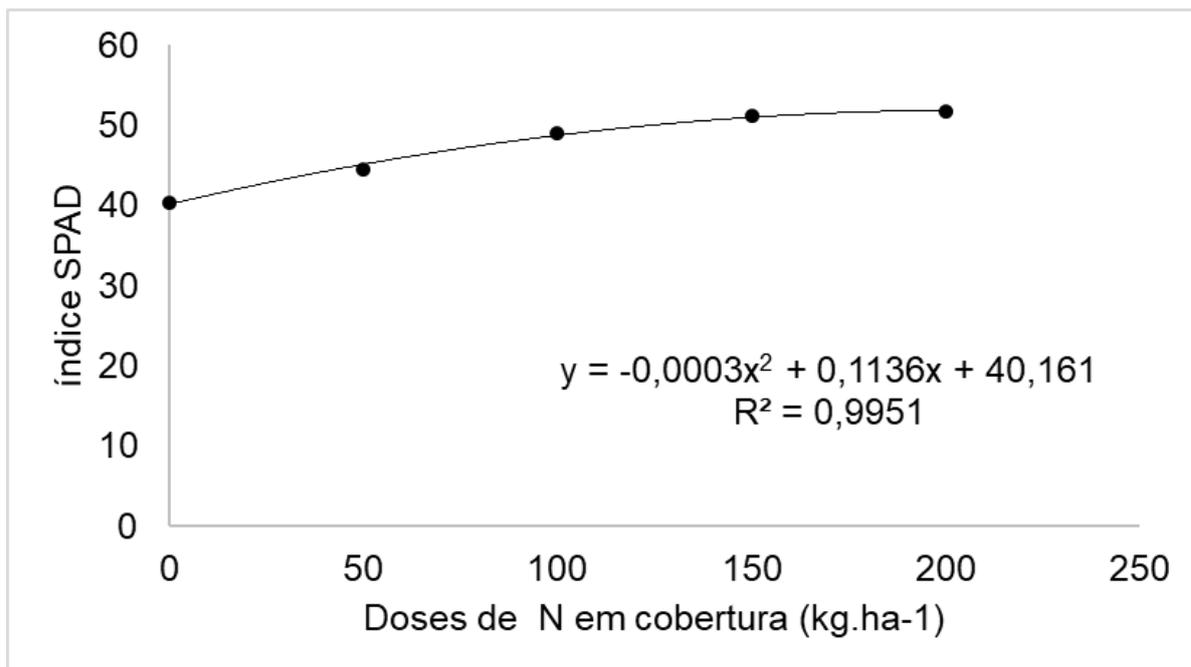


Figura 7. Índice SPAD no milho em resposta à adubação nitrogenada em cobertura, em sistema de plantio direto no município de Rio Branco, Acre.

O teor relativo de clorofila no tecido foliar é um dos parâmetros mais eficazes e utilizados para determinar as demandas de N na cultura do milho, de modo que sua definição pode ser realizada sob duplo aspecto, conforme ressaltam Rambo et al. (2004): níveis críticos dos teores de clorofila ou o índice de suficiência de N. Para os referidos autores, quando avaliado sob o primeiro aspecto, deve-se considerar que em cada estágio de desenvolvimento há um nível crítico do teor relativo de clorofila, de modo que valores situados abaixo desses níveis evidenciam a necessidade de reposição mineral. Nesse sentido, o índice SPAD varia conforme o estágio de desenvolvimento da planta.

Com exceção do comprimento de espiga, o diâmetro, massa de grãos por espiga e a produtividade foram influenciados pelas doses de N em cobertura (Tabela 5).

Tabela 5 - Variáveis do cultivo de milho DESP (diâmetro de espiga), CESP (comprimento de espiga), MGE (massa de grãos por espiga) e PROD (produtividade) em sistema de plantio direto no município de Rio Branco, Acre.

Tratamentos	DESP (mm)	CESP (cm)	MGE (g)	PROD (kg.ha⁻¹)
Adubação potássica				
Sem	45,28a	13,79a	18,34a	3.942,36a
Com	45,76a	15,19a	20,37a	3.959,04a
Doses de N em kg⁻¹				
0	44,04	12,43	58,12	2547,56
50	44,91	15,38	75,11	3598,11
100	46,15	13,64	80,15	4119,34
150	45,27	15,72	85,75	4155,70
200	47,23	15,27	100,80	5332,80
CV (%)	3,63	21,83	15,07	15,99

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ($p < 0,05$) pelo teste de T.

O diâmetro de espiga apresentou resposta linear às doses de N (Figura 9). Efeito semelhante foi observado por Kappes et al. (2014), todavia, utilizando doses de até 150 kg.ha⁻¹. Em contrapartida Goes et al. (2012), não observaram efeitos da adubação nitrogenada em cobertura sobre essa variável, também avaliando milho de segundo safra, no entanto, sobre Latossolos de textura argilosa.

Segundo Ohland et al. (2005), o enchimento de grãos associa-se com o diâmetro de espiga, de modo que as características genóticas também contribuem para o aumento da espiga em diâmetro. Ritchie et al. (2003), ainda ressaltam que durante a fase de enchimento, as condições edáficas, sobretudo os aspectos nutricionais e umidade, influenciam de forma significativa o desenvolvimento do endosperma, principalmente no processo de expansão celular e produção de amido. Assim, os resultados verificados para essa variável evidenciam que o suprimento mineral nesse período é determinante para a obtenção de maior volume de grãos de milho, e, conseqüentemente, maior diâmetro de espigas.

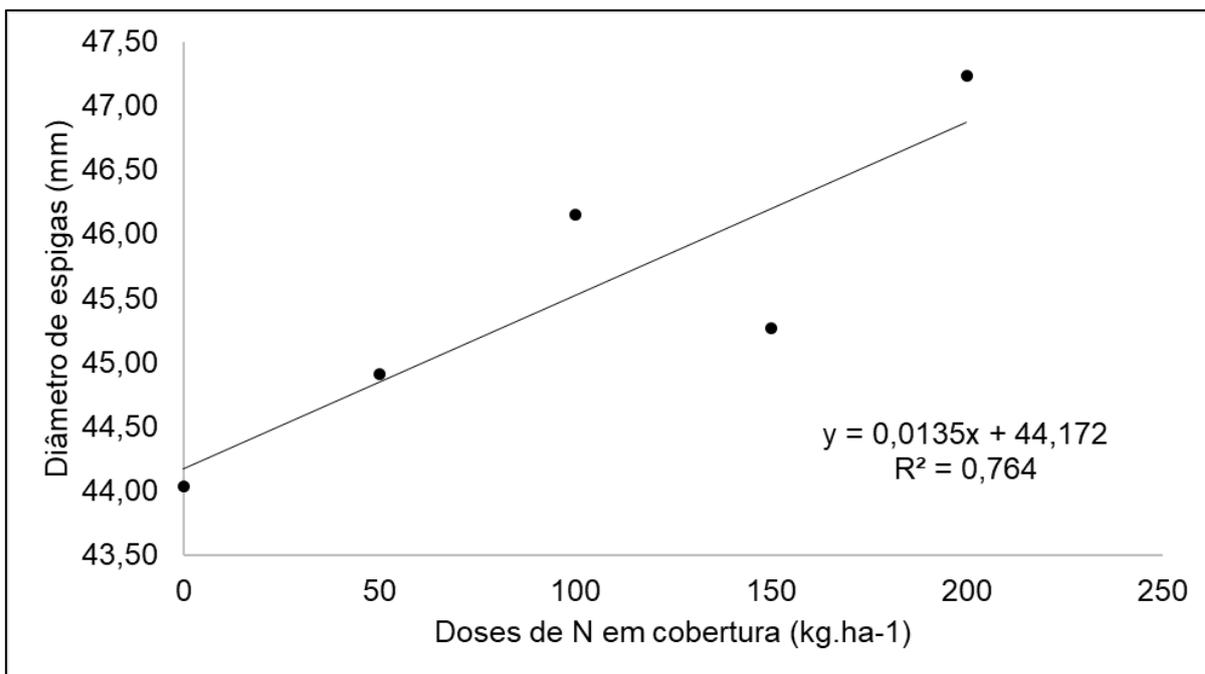


Figura 8 - Diâmetro de espiga (mm) em resposta à doses de N em cobertura em sistema de plantio direto em Rio Branco, AC.

Adicionalmente, é importante ressaltar que, se a finalidade da produção do milho é a comercialização das espigas verdes, o comprimento e diâmetro de espigas figuram como variáveis ainda mais relevantes. Para comercialização, preconiza-se que as espigas apresentem 15 cm de comprimento e diâmetro de 3 cm (ALBUQUERQUE et al., 2008).

As doses de N proporcionaram acréscimo linear sobre a massa de grãos por espiga (Figura 10). Infere-se que a ausência do preparo do solo, com ênfase ao revolvimento, que beneficia o desenvolvimento do sistema radicular, pode influenciar a disponibilidade de N no solo. Adicionalmente, conforme destacam Fancelli e Dourado Neto (2004), mesmo com o fornecimento desse nutriente em cobertura, se o suprimento for insuficiente, as variáveis associadas à produção de grãos não expressam todo o seu potencial.

Resultados divergentes para a massa de grãos por espiga têm sido verificados, de modo que, como mencionam Ohland et al. (2005), tais oscilações são atribuídas principalmente às características genotípicas e edafoclimáticas, com ênfase à disponibilidade de nutrientes. Bravin (2014), utilizando doses semelhantes às do presente estudo, em cultivo conduzido em sistema de plantio direto no Acre, também verificou influência do N sobre essa variável, no entanto, com ajuste quadrático. Em contrapartida, Paiva (2011), em estudo desenvolvido em Senador

Guiomard, Acre, mesmo verificando diferenças entre as doses utilizadas, não identificou modelo que se ajustasse aos dados obtidos, atribuindo tal efeito a possíveis estresses ocorridos durante o cultivo.

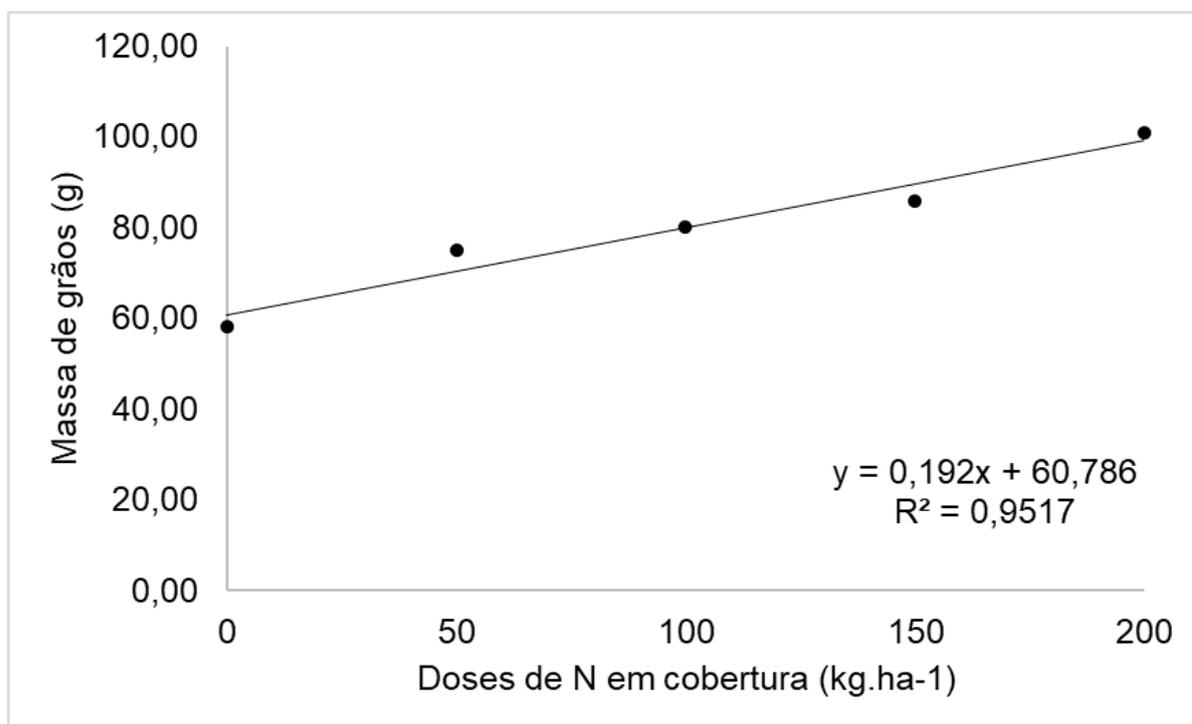


Figura 9. Massa de grãos por espiga em resposta à doses de N em cobertura em plantio direto em Rio Branco, AC.

Conforme menciona Below (2002), a manutenção da capacidade fotossintética nas diferentes fases de desenvolvimento do milho é determinante, sobretudo, durante o enchimento de grãos. Tal fato foi verificado por Ferreira et al. (2001), os quais observaram que plantas que não receberam, ou para as quais foram disponibilizadas doses de N abaixo da sua demanda, o período para alocação de fotoassimilados foi maior e, conseqüentemente, o peso final dos grãos também foi superior.

Mesmo não sendo possível a definição de uma dose máxima, a resposta da massa de grãos por espiga ao aumento de N, evidencia a relevância da adubação em cobertura de forma a potencializar o desenvolvimento dos componentes de produção da cultura. Ademais, a massa de grãos por espiga é um componente importante para inferir acerca da produtividade, o que pode ser demonstrado através da correlação positiva entre as variáveis observada no presente estudo ($r=0,99$).

Na medida em que se aumentou as doses de N, observou-se incremento da produtividade, sendo tal efeito representado mediante ajuste linear crescente (Figura

11). Assim, utilizando a dose de 200 kg.ha⁻¹ de N foi possível obter rendimento de grãos de até 5.176,32 kg.ha⁻¹.

O aumento da produtividade mediante a aplicação de N em cobertura, também tem sido relatado em estudos desenvolvidos mesmo sob condições distintas. Amaral Filho et al. (2005), observaram efeito linear de N sobre a produtividade de milho também cultivado em sistema de plantio direto; bem como, Souza e Soratto (2006), cultivando milho de segunda safra em plantio direto.

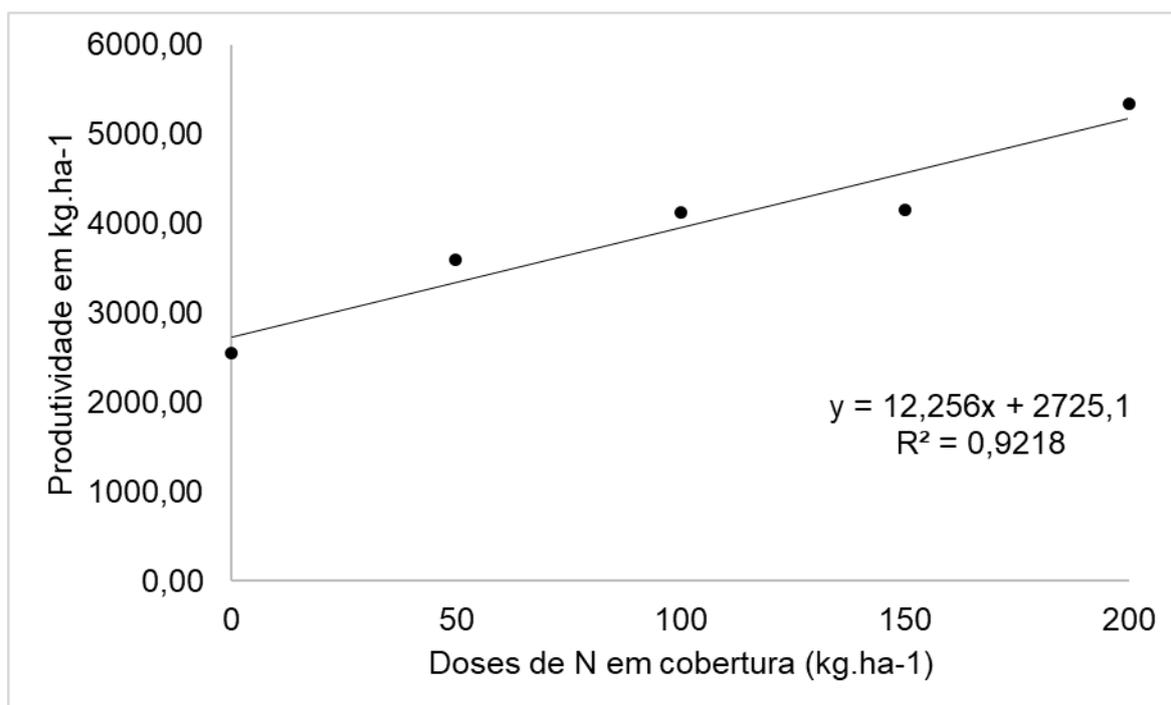


Figura 10. Produtividade de milho de segunda safra em resposta à doses de N em cobertura em plantio direto no município de Rio Branco, AC.

Quando não se realizou a adubação nitrogenada de cobertura, observou-se que a produtividade foi inferior (2.785,24 kg.ha⁻¹), o que representa em torno de 109% de decréscimo em relação à produtividade obtida com a dose de 200 de N kg.ha⁻¹. Esses resultados evidenciam a relevância do suprimento mineral em cobertura, sobretudo o N, para o aumento da produtividade, pois, em sistema de plantio direto, especialmente, a disponibilidade de nutrientes pode ser influenciada pela cobertura vegetal utilizada (MACEDO et al., 2009; NASCIMENTO et al. 2012).

É importante ressaltar a influência das espécies vegetais que são utilizadas para a cobertura do solo, em SPD, uma vez que os efeitos da imobilização de N podem ser mais acentuados, acarretando déficit nutricional. Nesse sentido, a relação C/N dos resíduos é fator que merece destaque. Assim, é preferencial o uso de

espécies com taxa de decomposição mais acelerada (relação C:N baixa) – geralmente leguminosas, uma vez que gramíneas apresentam maior produção de fitomassa e mineralização lenta (SILVA et al., 2009; BOER et al., 2007). Entretanto, a cobertura permanece por maior período na área com biomassa de decomposição mais lenta.

Anteriormente à implantação do milho, na área predominava espécies de plantas espontâneas e forrageiras, as quais compunham os resíduos para cobertura do solo. Nesse sentido, considerando que principalmente as gramíneas apresentam mineralização lenta (CALVO et al., 2010), é provável que tenha ocorrido imobilização de N de modo a limitar a expressividade do potencial produtivo na área sem adubação nitrogenada em cobertura. Ressalta-se ainda que, como a cobertura vegetal não foi composta exclusivamente por forrageiras, considera-se que a relação C/N dos resíduos, em geral, era heterogênea, o que provavelmente influenciou nos efeitos da imobilização de N por microrganismos. Assim, infere-se que a possível imobilização, associados às doses utilizadas, não permitiram identificar uma dose de máxima eficiência.

Salienta-se ainda que, em sistema de plantio direto, além da qualidade da cobertura vegetal do solo, o fator climático e a textura do solo também influenciam o processo de imobilização de N no solo (CABEZAS et al., 2005). Uma vez que a matéria orgânica pode ser utilizada como indicativo da disponibilidade de N no solo (AMADO et al., 2002)

Quanto às doses de potássio, estas não influenciaram a produtividade, o que pode ser atribuído principalmente aos teores iniciais de K^+ no solo, os quais eram considerados elevados ($0,32 \text{ comc.dm}^{-3}$), conforme as classes de disponibilidade propostas por Wadt e Cravo (2005). Essas observações corroboram com as realizadas por Wendling et al. (2008), os quais atribuem a inexistência ou baixa resposta do milho à aplicação de potássio no solo aos teores iniciais desse nutriente no solo. Semelhantemente, Pivanato et al. (2008), mesmo utilizado doses superiores a 80 kg.ha^{-1} , também não obtiveram incrementos sobre o rendimento de grãos.

Gomes et al. (2018), mencionam que a absorção de K^+ nos dias iniciais após a semeadura é mais acentuada em relação ao N, indicando que a aplicação desse nutriente por ocasião da pré-semeadura ou semeadura é mais vantajosa. Ademais, é importante ressaltar que, quando a dose utilizada é superestimada, ocorre a

inibição na absorção de outros íons, a exemplo o Ca^{2+} e Mg^{2+} (MARSCHNER, 2012). Nesse sentido, considera-se que a adubação de base, associada aos teores iniciais de K^+ no solo, supriram a demanda da cultura por esse nutriente, de forma que a adubação em cobertura, quando em solos nessas condições de fertilidade torna-se dispensável.

Ainda com relação às espécies forrageiras, que contribuem para a reciclagem de nutrientes, Mateus et al. (2019), evidenciaram a sua relevância para suprir as deficiências de K^+ no solo, em estudo direcionado a avaliar o desempenho produtivo do milho em resposta a doses de N, em sistema de monocultivo ou em consórcio. No referido estudo, além de verificarem a influência da adubação nitrogenada sobre o rendimento de grãos, os autores observaram que as forrageiras podem contribuir para maior alocação de potássio trocável no solo.

Rosolem et al. (2012), ressaltam a relevância das forrageiras como cultura de cobertura, devido à capacidade de extrair quantidades consideráveis de K do solo. Nesse contexto, é importante também considerar a contribuição das forrageiras presentes na área antes da semeadura com relação à extração e reposição de K^+ ao solo. Tais observações foram salientadas por Crusciol et al. (2006), que verificaram acréscimos nos teores de K^+ no solo devido a presença de pastagem anterior à implantação do cultivo de milho, pois, após a dessecação ocorre a reciclagem e incremento dos teores de nutrientes nas camadas superficiais do solo através da decomposição dos resíduos.

O rendimento de grãos obtidos neste estudo, mediante o uso de adubação em cobertura, supera os padrões estaduais ($2.600 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e aproxima-se da média nacional ($5.580 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) para o milho de segunda safra, considerando os valores fornecidos pela Companhia Nacional de Abastecimento para o milho de segunda safra no período de 2020/2021 (CONAB, 2021). Esses resultados demonstram a relevância do suprimento mineral para fins de maximização dos rendimentos agrícolas no estado do Acre, uma vez que, mesmo utilizando a menor dose de N ($50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), foi possível obter incrementos em torno de 38,38%% sobre a produção em relação à média estadual.

4.2 CULTIVO DE MILHO EM PERÍODO DE SAFRA SOB DOSES DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO EM COBERTURA SOB PREPARO CONVENCIONAL DO SOLO (EXPERIMENTO II)

A altura de plantas, o estande final, a altura de inserção da espiga e o índice de espiga não foram influenciados pelas doses de nitrogênio e níveis de adubação potássica, de modo que também não se verificou interação significativa entre ambos (Tabela 6).

Tabela 6 - Componentes de produção do milho sob preparo convencional do solo com doses de adubação nitrogenada e potássica em cobertura, no município de Senador Guimard, Acre.

Tratamentos	AP (m)	EF	AIE (m)	IE
Adubação potássica				
Sem	2,10a	52.499,47a	1,12a	0,99a
Com	2,17a	51.818,92a	1,16a	0,98a
Doses de N em kg ⁻¹				
0	2,03	50.173,10	1,05	0,96
50	2,17	53.159,19	1,17	1,00
100	2,14	53.124,46	1,15	0,97
150	2,24	52.430,03	1,22	0,99
200	2,09	51.909,20	1,12	0,98
CV (%)	6,80	6,64	9,25	4,11

Médias seguidas de mesma letra não diferem ($p < 0,05$) entre si pelo teste F ($p < 0,05$).

AP = altura de plantas; EF = estande final; AIE = altura de inserção de espiga; IE = índice de espiga

Os efeitos da adubação nitrogenada sobre a altura de plantas têm variado conforme os estudos desenvolvidos. Nesse estudo, os resultados obtidos divergem dos verificados em outros trabalhos, nos quais se verificou aumento da altura de plantas em resposta às doses de N (SILVA et al., 2005; FARINELLI; LEMOS, 2010). Em contrapartida, corroboram as observações realizadas por Oliveira e Caires (2003), e Máximo et al. (2019), que não verificaram efeitos da adubação com N em cobertura sobre a altura de plantas.

O nitrogênio influencia o desenvolvimento vegetativo, sobretudo a altura de plantas, uma vez que o crescimento da área foliar e a atividade fotossintética estão associados à presença desse elemento nos tecidos vegetais (AITA et al., 2001). A não influência do N sobre a altura de plantas pode estar associada à adubação de base, cuja quantidade aplicada pode ser considerada suficiente para suprir a demanda nutricional das plantas por esse elemento nas condições sob as quais o cultivo foi realizado. Tais observações corroboram as realizadas por Gomes et al. (2007), que verificaram que a adubação por ocasião da semeadura foi suficiente para atender as necessidades nutricionais das plantas e promover aumento em altura. Ademais, embora o N aplicado em cobertura não tenha influenciado a altura, o porte médio observado é considerado satisfatório, uma vez que se aproxima dos indicados para o híbrido.

O estande final observado foi similar às populações de plantas obtidas por Mateus et al. (2019), ao avaliarem a resposta do milho a doses de N (0, 50, 100, 150 e 200 kg.ha⁻¹) em sistemas de monocultivo e integração lavoura pecuária. Santos et al. (2013), mesmo sob Latossolo Vermelho-Amarelo de textura argilosa, também obtiveram resultado semelhantes, embora também não tenham observado influência das doses de N (0 kg.ha⁻¹ a 340 kg.ha⁻¹) sobre o número de plantas.

Nas condições do Acre, Silva et al. (2015), obtiveram populações (52.221 plantas.ha⁻¹) próximas às obtidas no presente estudo, cuja média geral foi de 52.159 plantas.ha⁻¹. Ressalta-se que o número mais elevado de plantas geralmente reflete em maiores quantidades de espiga e, conseqüentemente, produtividade mais elevadas.

Borghi et al. (2004), descrevem que a produtividade pode ser influenciada pela população de plantas, que conforme a densidade, ajustam o seu desenvolvimento, de modo que, em geral, quando a densidade é baixa, ocorre maior produtividade individual por planta, embora a produção por área tenda a ser menor. No presente estudo, obteve-se maior produtividade com estande final de 53.124 plantas.ha⁻¹, sendo este considerado satisfatório.

Em geral, a altura média de inserção de espiga foi de 1,15 m. Mesmo não sendo influenciada pela adubação potássica ou nitrogenada, esse valor é considerado satisfatório, pois, em estudos realizados em diferentes regiões do Brasil, também foram obtidas alturas similares para este híbrido (KANASHIRO et al., 2013; CRUZ et al., 2015).

A altura de plantas e inserção de espigas são componentes que se correlacionam, de modo que geralmente não influenciam sobre a produtividade. Entretanto, essas variáveis são relevantes para fins de operações colheita, especialmente em sistemas consorciados. Portanto, quando a inserção de espiga é mais alta, a plataforma de colheita também será, de modo que se evita o embuchamento da colheitadeira.

A massa de grãos por espiga e a produtividade foram influenciadas apenas pelas doses de N em cobertura, não sendo verificada interação com a adubação potássica, conforme representado na Tabela 7.

Tabela 7 - Massa de grãos por espiga (MGE) e produtividade de milho em resposta à níveis de adubação potássica (0 e 60 kg.ha⁻¹) e doses de nitrogênio (0, 50, 100, 150, 200 kg.ha⁻¹), em período de safra, no município de Senador Guimard, AC.

Tratamentos	Massa de grãos por espiga (g)	Produtividade (t.ha ⁻¹)
Doses de K em kg.ha ⁻¹		
Sem	113,68a	5,88a
Com	117,07a	5,99a
Doses de N em kg ⁻¹		
0	90,69	4,43
50	112,69	6,02
100	117,84	6,07
150	128,92	6,70
200	126,75	6,44
Adubação potássica	0,60	0,74
Doses de N	p<0,05	p<0,05
Potássio*Nitrogênio	0,65	0,60
CV (%)	17,88	17,82

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste F (P<0,05).

Para a massa de grãos por espiga, observou-se ajuste linear crescente em resposta à adição de N (Figura 12). Esses resultados assemelham-se aos de outros estudos, onde a resposta linear da massa de grãos à doses de N em cobertura também foi verificada (THOMAZINI et al., 2019; COSTA et al., 2012; SOUZA et al., 2011).

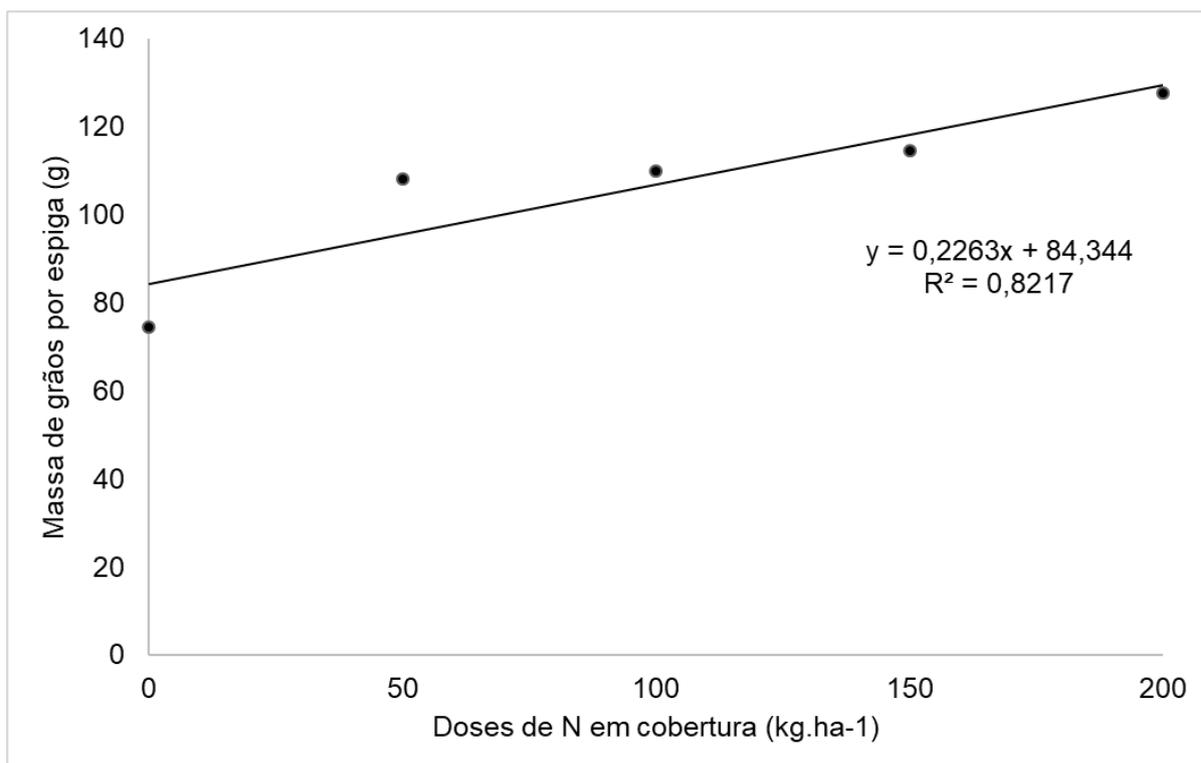


Figura 11. Massa de grãos por espiga (g) em resposta a doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em Senador Guiomard, Acre.

Os resultados obtidos para a massa de grãos por espiga, com relação à adubação potássica, têm respaldo nos estudos realizados por Takasu et al. (2014) e Parente et al. (2016), que também não verificaram influência do fornecimento de K⁺ por ocasião da adubação de cobertura sobre a massa de grãos.

A não interferência do K⁺ sobre os componentes de produção de milho avaliados, quando fornecido em cobertura, pode estar associada aos teores iniciais antes da semeadura, os quais eram médios. Assim, é provável que a adubação potássica de base, associada aos teores de K⁺ previamente presentes no solo, suprimam a demanda das plantas.

Alternativamente, a textura também pode ter contribuído para suprimir os efeitos do potássio sobre o desenvolvimento vegetal. Conforme ressaltam Sangoi et al. (2009), em solos arenosos e de baixa CTC, ocorre diminuição da adsorção eletrostática devido a redução do número de cargas negativas, haja vista os menores teores de argila, influenciando, dessa forma, a retenção e disponibilidade de K na solução do solo. Adicionalmente, sob condições de textura arenosa,

recomenda-se o parcelamento da adubação potássica apenas para doses maiores que 50 kg.ha^{-1} (FOLONI; ROSOLEM, 2008).

Ressalta-se, entretanto, que é essencial a aplicação de potássio no solo para evitar o esgotamento de suas reservas, de modo que o sistema de manejo adotado pode acentuar a demanda. Conforme descrevem Costa et al. (2009), em sistemas de preparo convencional, onde realiza-se o revolvimento do solo, tal operação além de contribuir para a redução de matéria orgânica, pode contribuir para perdas de K mediante lixiviação.

A produtividade correlacionou-se positivamente com a massa de grãos ($R=0,96$). Conforme descrevem Mortate et al. (2018), a massa de grãos é uma das variáveis que mais influenciam a produtividade, podendo ser utilizada para mensurá-la baseando-se no estande final. Kappes et al. (2014), comentam que a massa de grãos favorece o aumento da produtividade, sendo um importante componente para a maximização da produção.

Quanto a influência do nitrogênio, a disponibilidade desse nutriente durante o enchimento de grãos é essencial. De acordo com Cruz et al. (2008), se nessa fase os teores de N não estiverem disponíveis de acordo com as demandas da cultura, origina-se grãos com massa específica menor. Portanto, mesmo diante não sendo possível definir a dose de N de máxima para a massa de grãos, evidenciou-se a relevância de sua disponibilidade para incrementos sobre essa variável.

Quanto a produtividade, verificou-se ajuste quadrático, de modo que a máxima produtividade observada foi de $6.551,5 \text{ kg.ha}^{-1}$, ao utilizar a dose de $157,20 \text{ kg de N.ha}^{-1}$ (Figura 13).

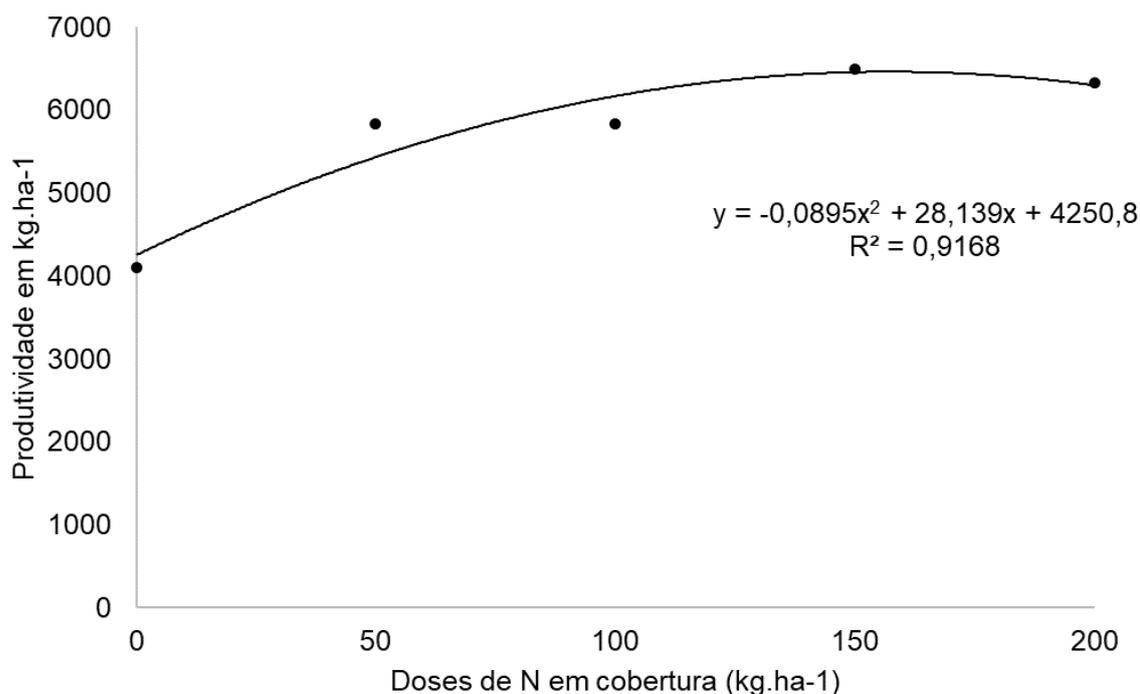


Figura 12. Produtividade de milho (kg.ha⁻¹) em resposta à doses de N em cobertura em sistema de preparo convencional em Senador Guiomard, Acre.

A máxima produtividade obtida com a dose de 157,20 kg de N.ha⁻¹ aumentou em 59,65% o rendimento de grãos em relação ao tratamento onde não se realizou a adubação nitrogenada. O aumento do rendimento de grãos ao aplicar doses de N em cobertura também foi verificado por Souza et al. (2011), Caires e Milla (2016) e Mateus et al. (2019). Nas condições edafoclimáticas do Acre, Bravin e Oliveira (2014), também obtiveram ganhos produtivos através do fornecimento de N em cobertura, tanto em sistema de cultivo convencional, como no plantio direto.

A produtividade, verificada no presente estudo foi superior à média estadual atual (2.787,88 kg.ha⁻¹). Esses resultados evidenciam a relevância do suprimento mineral para melhorias no desenvolvimento dos cultivos, com ênfase à adição de nitrogênio, devido sua influência no processo fotossintético e na constituição de proteínas nas plantas (Silva et al., 2005). De acordo com Coelho (2007), no período entre 40 dias após a semeadura e florescimento, a demanda por N é elevada, sendo o momento onde é absorvido a maior parte desse nutriente, conforme a sua necessidade. Assim, uma vez não disponível em teores adequados, o enchimento de grãos é prejudicado (FERREIRA et al., 2001).

4.3 MILHO DE SEGUNDA SAFRA CULTIVADO COM INOCULAÇÃO COM MICRORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FÓSFORO (EXPERIMENTO III)

A inoculação com BiomaPhos® não influenciou significativamente os componentes de produção de milho avaliados, de acordo com as análises de variância ($p < 0,05$) (APÊNCIDES 4 e 5). Mesmo diante desses resultados, a altura média de plantas (2,30 m) foi semelhante a obtida por Calonego et al. (2011) para esse híbrido. Ademais, a altura de inserção de espiga foi inferior à preconizada para o híbrido (1,12 m) (Tabela 8)

Tabela 8 - Médias de altura de plantas (AP), altura de inserção de espiga (AIE), estande final (EF) e índice de espigas (IE) de milho cultivado com inoculação com BiomaPhos, em Senador Guimard, AC

Tratamentos	AP (m)	AIE (m)	EF (plantas.ha ⁻¹)	IE
Controle	224,53a	87,53a	49.768a	0,88a
Dose comercial de 100 mL	235,03a	98,46a	55.323a	0,94a
Dose comercial de 200 mL	227,35a	92,05a	57.175a	0,87a
Dose comercial de 100 mL + água	237,83a	103,80a	57.638a	0,86a
Dose comercial de 200 mL + água	227,15a	91,70a	41.203a	0,91a
CV (%)	6,15	9,74	14,81	14,14

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Dentre os componentes de produção do milho, a altura de plantas, de modo geral, não se correlaciona com a produtividade (DUETE, 2008). O fornecimento de N, via adubação, figura dentre os principais fatores que contribuem para o crescimento vegetativo, pois atua na divisão e expansão celular, resultando em acréscimo sobre a altura de plantas (Silva et al., 2005).

Dessa forma, considerando que a altura de plantas está em conformidade com o indicado para o híbrido, é provável que o fator genético (PALHARES, 2003), associado ao fornecimento de N, por ocasião da adubação de base e cobertura,

tenha assegurado que o porte de plantas não tenha sofrido reduções, em detrimento de eventuais carências nutricionais.

O estande de plantas, apesar de não ter sido influenciado pela inoculação, atendeu a recomendação para o - híbrido 45.000-50.000 mil plantas.ha⁻¹ – (PALHARES, 2003), quando cultivado em segunda safra.

Estatisticamente, não se verificou diferença entre os cultivos com ou sem inoculação com BiomaPhos® com relação à massa de grãos por espigas e a produtividade, cujas médias gerais foram de 87,01 g.espiga⁻¹ e 3,09 t.ha⁻¹, respectivamente (Tabela 9).

Tabela 9 – Valores médios da massa de grãos por espiga (MGE) e produtividade (PROD) de milho inoculado com BiomaPhos em Senador Guiomard, AC.

Tratamentos	MGE	PRODa
Controle	78,52a	2,43a
Dose comercia de 100 mL	91,65a	3,76a
Dose comercial de 200 mL	81,27a	3,10a
Dose comercial de 100 mL + água	86,85a	3,49a
Dose comercial de 200 mL + água	96,76a	2,66a
CV (%)	9,53	26,50

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Embora não tenha sido verificada diferença entre o cultivo de milho com inoculação em relação ao tratamento controle, quando da inoculação de sementes com ou sem água, obtiveram-se incrementos sobre a produtividade de 54,73%, 27,57%, 43,62 e 9,46%.

A produtividade, por ocasião da semeadura com inoculação e água, na dose de 200 mL foi menor em relação aos demais tratamento que receberam o inoculante. Tal fato pode estar associado ao menor estande de plantas (41203,29 mil plantas.ha⁻¹). Dessa forma, conforme ressalta Strachan (2004), estima-se que 85% do rendimento do milho estar associado ao número de grãos, de modo que a

população de plantas contribui para o seu aumento através do maior número de espigas.

Esses resultados diferem dos obtidos em outros trabalhos com uso da inoculação com BiomaPhos®. Oliveira et al. (2020), ao avaliarem o efeito da inoculação sobre a produtividade de milho em condições de campo, verificaram influência da inoculação com BiomaPhos® sobre o desempenho produtivo do milho, o que resultou no aumento do rendimento de grãos. No estudo, os autores observaram incrementos na ordem de 50% dos tratamentos que receberam a inoculação em relação aos controles e sem adubação fosfatada.

Mesmo em estudos realizados com inoculantes com composição distinta do BiomaPhos (*B. megaterium* e *B. subtilis*), têm sido obtidos incrementos sobre a produtividade de grãos de milho. Leggett et al. (2007), usando inoculante à base de *Penicillium bilaii*, sob condições de solos com boa fertilidade, obtiveram incrementos de 6% sobre a produtividade. Breedt et al. (2017), ao utilizarem microrganismos solubilizadores de fósforo para o cultivo do milho, dentre os quais *B. subtilis*, verificaram ganhos produtivos na ordem de 24% a 34%.

Dentre as prováveis causas para não ter havido efeito da inoculação, a adubação de base deve ser considerada. Nos estudos desenvolvidos por Paiva et al. (2020), em diferentes regiões brasileiras, além da adubação fosfatada não ter sido realizada no tratamento controle, a adição de fósforo foi fornecida nas proporções de 50% e 100% da dose recomendada, sem inoculação; e 50% da dose com inoculante. Os autores verificaram que o fornecimento de 50% da dose recomendada para o fósforo, quando associado com o BiomPhos®, diferiu de forma significativa dos demais tratamentos, obtendo ganhos produtivos médios de 8,9%. Nesse contexto, é provável que o uso da inoculação conjugada com a adubação fosfatada em proporções distintas, em relação a dose recomendada e nas condições do experimento, poderia evidenciar de forma mais expressiva os possíveis efeitos dos microrganismos solubilizadores sobre o desempenho produtivo do milho.

Alternativamente, é importante destacar a dispersão dos dados como fator que pode ter influenciado para não captação de diferença estatística entre os tratamentos, conforme exposto na figura 14, onde as produtividades nos cultivos com e sem inoculação mostraram-se mais variáveis nos tratamentos.

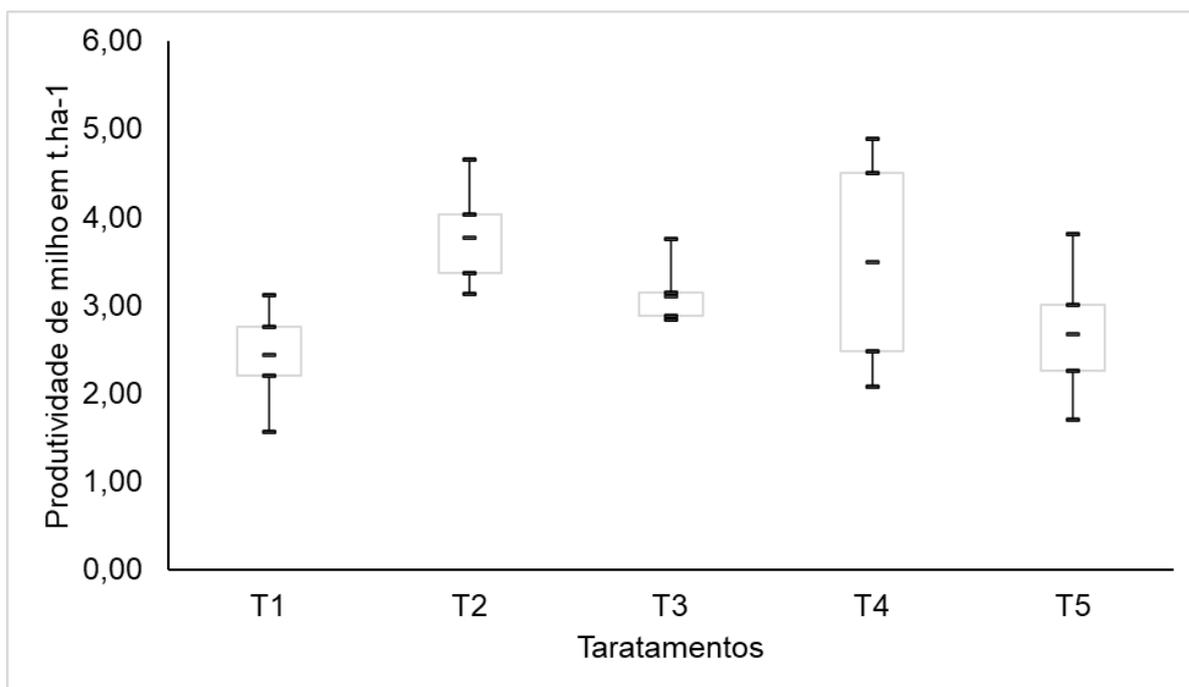


Figura 13. Produtividade de milho em $t.ha^{-1}$ obtida em cultivos sem inoculação (T1) e com inoculação (T2, T3, T4 e T5) com microrganismos solubilizadores de fósforo, em Senador Guimard, AC.

Ademais, ressalta-se que a inoculação tem caráter suplementar, de modo a potencializar o aproveitamento de P pelas plantas e, conseqüentemente, elevar sua capacidade produtiva. Oliveira et al. (2020), expõem ainda que os resultados produtivos obtidos a partir da inoculação com BiomPhos® em diferentes regiões brasileiras, na maior parte dos estudos, têm se mostrado variáveis, no entanto, o rendimento da cultura, em geral, é maior que o custo, quando da aplicação do produto.

Em valores absolutos, os resultados de produtividade são distintos. Por meio do teste T, aplicado às médias dos tratamentos, observou-se que, em relação ao cultivo sem o uso da inoculação com BiomaPhos® (T1), a aplicação da dose comercial de 100 mL para 60 mil sementes, promoveu maior produtividade (Tabela 10).

Tabela 10 - Teste T de Studentt para médias de produtividade de milho com inoculação com microrganismos solubilizadores de fósforo (inoculante BiomaPhos®) em relação à média obtida para o cultivo sem o uso do inoculante, em Senador Guimard, AC.

Tratamentos	Médias	P-valor
T1 – Sem inoculação	2,433	0,027*
T2 – Inoculação (100 mL)	3,761	
T1 - Sem inoculação	2,433	0,053 ^{ns}
T3 – Inoculação (200 mL)	3,106	
T1 - Sem inoculação	2,433	0,215 ^{ns}
T4 – Inoculação (100 mL) + 100 mL de água	3,492	
T1 - Sem inoculação	2,433	0,625 ^{ns}
T5 - Inoculação (200 mL) + 200 mL de água	2,670	

*Significativo com 95% de confiança. Portanto, rejeita-se H₀ (os tratamentos diferem entre si pelo teste T de Studentt).

^{ns}Não significativo ao nível de 5% de probabilidade. Portanto, os tratamentos não diferem entre si pelo teste T de Studentt.

Em relação ao cultivo do milho sem o uso do inoculante, a dose comercial de 100 mL de BiomaPhos® proporcionou aumento de 54,7% sobre a produtividade de grãos. Adicionalmente, em comparação com a média estadual (2.787,88 kg.ha⁻¹), aumentou em torno de 14,1% a produtividade de grãos. Esses resultados corroboram os de Oliveira et al. (2020), que utilizando dose semelhante a desse estudo, obtiveram ganhos sete vezes superiores na cultura do milho, em relação a cultivos sem o uso do BiomaPhos®.

5 CONCLUSÕES

Em condições de teores médios ou elevados de K^+ no solo, a adubação potássica em cobertura é dispensada, de modo que a sua realização por ocasião da semeadura, supre a demanda das plantas por esse elemento.

A maior produção do milho de primeira safra sob o preparo convencional do solo ($6.551,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) é obtida com a dose de $157,20 \text{ kg de N}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Em sistema de plantio direto, no período de segunda safra, a adubação nitrogenada promove o aumento linear do rendimento de grãos.

A inoculação com BiomaPhos®, quando utiliza-se a dose comercial recomendada de 100 mL para 60 mil sementes, aumenta a produtividade de grãos de milho.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ressalta-se a demanda por maior volume de informações acerca dos possíveis efeitos do uso de microrganismos solubilizadores de fósforo nas condições edafoclimáticas do Acre, bem como, a viabilidade econômica, a fim de identificar se os ganhos produtivos superam os custos de aplicação do inoculante.

No presente estudo, em contrapartida aos ensaios experimentais realizados em outras regiões brasileiras, foram adotadas metodologias operacionais distintas, a exemplo, a adubação de base, pela qual além do fornecimento de N e K, foi aplicado quantidade considerável de fósforo, tanto para os cultivos que receberam a inoculação, como para o tratamento controle. Os experimentos realizados com inoculação com BiomaPhos®, nos quais têm se verificado ganhos produtivos, em geral, também realizaram sub doses de adubação fosfatada. Assim, salienta-se a realização de ensaios experimentais adotando novos tratamentos, de modo a complementar os estudos e identificar possíveis efeitos sobre o rendimento da cultura do milho.

REFERÊNCIAS

ABEAS. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EDUCAÇÃO AGRÍCOLA SUPERIOR. Secagem de sementes. Brasília, DF, 1987. 37 p.

ABREU, C. S. de. **Seleção e caracterização de bactérias endofíticas isoladas de plantas de milho com potencial para a biossolubilização de rochas fosfáticas**. 2014. 47 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal de São João Del-Rei – Minas Gerais, 2016.

AITA, C.; BASSO, C. J.; CERETA, C. A.; GONÇALVES, C. N.; ROS, C. O. da. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 157-165, 2001.

ALBUQUERQUE, C. J. B.; VON PINHO, R. G.; SILVA, R. da. Produtividade de híbridos de milho verde experimentais e comerciais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 2., p. 69-76, abr./jun. 2008.

ALVARENGA, R. C.; CABEZAS, W. A. L.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.22, n.208, p.25-36, jan./fev. 2001

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUCK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no rs e sc adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, n. 1, p. 241-248, 2002.

AMARAL FILHO, J. P. R. do; FORNASIERI FILHO, D.; FARINELLI, R.; BARBOSA, J. C. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, n. 3, p. 467-473, 2005.

ANDREOTTI, M.; ARALDI, M.; GUIMARÃES, V. F.; FURLANI JUNIOR, E.; BUZETTI, S. Produtividade do milho safrinha e modificações químicas de um latossolo em sistema plantio direto em função de espécies de cobertura após calagem superficial cobertura após calagem superficial. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, , v. 30, n. 1, p. 109-115, 2008.

ANDREOTTI, M.; RODRIGUES, J. D.; CRUSCIOL, C. A. C.; SOUZA, E. C. A. de; BÜLL, L. T. Crescimento do milho em função da saturação por bases e da adubação potássica. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 1, p. 145-150, jan./mar. 2001.

ARF, O.; FERNANDES, R.N.; BUZETTI, S.; RODRIGUES, R. A. F.; SÁ, M.E.; ANDRADE, J.A.C. Manejo do solo e época de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e rendimento do milho. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 2, p. 211-217, 2007.

ARAÚJO, F. F. de. Inoculação de sementes com *Bacillus subtilis*, formulado com farinha de ostras e desenvolvimento de milho, soja e algodão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 456-462, mar./abr., 2008.

ARGENTA, G. **Monitoramento do nível de nitrogênio na planta como indicador da adubação nitrogenada em milho**. 2001. 112 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; FOSTHOFER, E. L.; STRIEDER, M. L.; SUHRE, E.; TEICHMANN, L. L. Adubação nitrogenada em milho pelo monitoramento do nível de nitrogênio na planta por meio do clorofilômetro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 1, p.109-119, 2003.

BAHADIR, P. S.; LIAQAT, F.; ELTEM, R. Plant growth promoting properties of phosphate solubilizing *Bacillus* species isolated from the Aegean Region of Turkey. **Turkish Journal of Botany**, v. 42, n. 2, p. 183-196, 2018.

BASTOS, A. L.; COSTA, J. P. V.; SILVA, I. F.; RAPOSO, R. W. C.; OLIVEIRA, F. A.; ALBUQUERQUE, A. W. Resposta do milho a doses de fósforo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 5, p. 485-491, maio 2010.

BELOW, F. E. Fisiologia, nutrição e adubação nitrogenada do milho. *Informações Agrônomicas*, Piracicaba, n. 99, p. 7-12, 2002.

BERNARDI, A. C. de C.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. P. de; LEANDRO, W. M.; MESQUITA, T. G. da S.; FREITAS, P. L. de; CARVALHO, M. da. C. S. Doses e formas de aplicação da adubação potássica na rotação soja, milheto e algodão em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 2, p. 158-167, abr./jun. 2009

BIOMA. **BiomaPhos**. Disponível em: <https://www.bioma.ind.br/produto/bioma-phos>
Acesso em: 25 de setembro de 2021.

BOER, C. A.; ASSIS, R. L. de; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. L. de L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F. R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 9, p.1269-1276, set. 2007.

BONO, J. A.; RODRIGUES, A. P. D. C.; ALBUQUERQUE, J. C. de.; YAMAMOTO, C. R.; CHERMOUTH, K. da S.; FREITAS, M. E. de. Modo de aplicação de fertilizantes nitrogenados na qualidade fisiológica de sementes de milho. **Agrarian**, v. 1, n. 2, p. 91-102, out./dez. 2008.

BORGHI, É.; MELLO, L. M. M. de; CRUSCIOL, C. A. C. Adubação por área e por planta, densidade populacional e desenvolvimento do milho em função do sistema de manejo do solo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 3, p. 337-345, 2004.

BORTOLINI, C. G. **Eficiência do método de adubação nitrogenada em pré-semeadura do milho implantado em semeadura direta após aveia preta.** 2000. 48 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.

BRAVIN, M. P.; OLIVEIRA, T. K. de; BARDALES, N. G. B. Rendimento de milho e braquiaria com diferentes doses de nitrogênio em cobertura em sistema agrossilvipastoril no Acre. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS*, 9., 2013, Ilhéus. Anais [...] Ilhéus: SBSAF, 2013.

BRAVIN, P. O.; OLIVEIRA, T. K. Adubação nitrogenada em milho e capim-xaraes sob plantio direto e preparo convencional em sistema agrossilvipastoril. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 10, p. 762-770, out. 2014.

BRAVIN, M. P. **Doses de nitrogênio em cobertura no plantio direto e convencional de milho e braquiária em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta.** 2014. 84 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC, 2014.

BREEDT, G.; LABUSCHAGNE, N.; COUTINHO, T. A. Seed treatment with selected plant growth-promoting rhizobacteria increases maize yield in the field. **Annals of Applied Biology**, v. 171, n. 2, p. 229-236, 2017.

BRUNETTO, G.; GATIBONI, L. C.; SANTOS, D. R. dos; SAGGIN, A.; KAMINSKI, J. Nível crítico e resposta das culturas ao potássio em um Argissolo sob sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, n. 4, p. 565-571, 2005.

CABEZAS, W. A. L.; TRIVELIN, P. C. O.; KONDÖRFER, G. H.; PEREIRA, S. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura de milho, em sistema plantio direto no triângulo mineiro (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 363-376, 2000.

CABEZAS, W. A. R. L.; ARRUDA, M. R. de; CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P. C. O.; BENDASSOLI, J. A. Imobilização de nitrogênio da uréia e do sulfato de amônio aplicado em pré-semeadura ou cobertura na cultura de milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, p. 215-226, 2005.

CAIRES, E. F.; MILLA, R. Adubação nitrogenada em cobertura para o cultivo de milho com alto potencial produtivo em sistema de plantio direto de longa duração. **Bragantia**, Campinas, v. 75, n.1, p. 87-95, jan./mar. 2016.

CALDARELLI, C. E.; BACCHI, M. R. P. Fatores de influência no preço do milho no Brasil. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 22, n.1, p.141-164, jan./abr. 2012.

CALONEGO, J. C.; POLETO, L. C.; DOMINGUES, F. N.; TIRITAN, C. S. Produtividade e crescimento de milho em diferentes arranjos de plantas. **Agrarian**, Dourados, v. 4, n. 12, p. 84-90, 2011.

CALVO, L. C.; FOLONI, J. S. S.; BRANCALIÃO, S. R. Produtividade de fitomassa e relação c/n de monocultivos e consórcios de guandu-anão, milheto e sorgo em três épocas de corte. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 77-86, 2010

CANTARELLA, H. Calagem e adubação do milho. *In*: BÜL, L.T.; CANTARELLA, H. (eds). **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba : POTAFOS, 1993. p.147-198.

CARVALHO, M. A. C. de; SORATTO, R. P.; ATHAYDE, M. L. F.; ARF. O.; SÁ, M. E. de. Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 1, p. 47-53, jan. 2004.

COELHO, A. M.; ALVES, V. M. C. Adubação fosfatada na cultura do milho. *In*: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafos, 2004. p. 243-283

COELHO, A. M. **Manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa, 2007. 11 p. (Circular técnica, 96)

COELHO, A. M. **Nutrição e Adubação do Milho**. Sete Lagoas, MG: Embrapa, 2006. 10 p. (Circular técnica, 78).

COELHO, A. M.; FRANÇA, E. **Nutrição e adubação do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2013. p. 1-17

COELHO, C. M. O potássio na cultura do milho. *In*: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (eds.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Instituto da Potassa e do Fosfato, v. 1, cap. 22, 613-658 p, 2005.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Boletim da safra de grãos. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em 23 de Dez. 2019.

COSTA, E. A.; GOEDERT, W. J.; SOUZA, D. M. G. de. Qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 7, p. 1185-1191, jul. 2006.

COSTA, F. S.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um latossolo bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 3, p. 527-535, 2003.

COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; GAMEIRO, R. de A.; PARIZ, C. M.; BUZETTI, S.; LOPES, K. S. M. Adubação nitrogenada no consórcio de milho com duas espécies de braquiária em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 8, p. 1038-1047, ago. 2012.

COSTA, M. D. **Dinâmica biológica do fósforo em dois solos sob culturas de cobertura com espécies micorrízicas e não micorrízicas**. 2003. 82 F. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

COSTA, S. E. V. G. de A.; SOUZA, E. D. de; FLORES, J. P. C.; ANDRIGUETTI, M. H. Distribuição de potássio e de raízes no solo e crescimento de milho em sistemas de manejo do solo e da adubação em longo prazo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 1291-1301, set./out. 2009.

COUTO, R. L. do. **Fontes e formas de aplicação de fósforo sobre suas frações no solo e a produtividade da soja**. 2018. 64 f. Tese ((Doutorado em Agronomia) -- Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2018.

CRUSCIOL, C. A. C.; BORGHI, E.; GUARAGNA, J. G. Alterações na Fertilidade do Solo após Dois Anos de Integração Agricultura – Pecuária. *In*: XXVII REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO (FERTBIO). Bonito, 2006. Resumos... Bonito: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. (CD-ROM)

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; SIMÃO, E. de P. **Quatrocentas e setenta e sete cultivares de milho estão disponíveis no mercado de sementes do Brasil para a safra 2015/16**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. 28 p.

CRUZ, S. C. S.; PEREIRA, F. R. da S.; SANTOS, J. R.; ALBUQUERQUE, A. W. de; PEREIRA, R. G. Adubação nitrogenada para o milho cultivado em sistema plantio direto, no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 62–68, 2008.

CUNHA, P. C. R. da; SILVEIRA, P. M. da; XIMENES, P. A.; SOUZA, R. de F.; ALVES JÚNIOR, J.; NASCIMENTO, J. L. do. Fontes, formas de aplicação e doses de nitrogênio em feijoeiro irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 80-86, jan./mar. 2011.

DEPARIS, G. A.; LANA, M. do C.; FRANDOLOSO, J. F. Espaçamento e adubação nitrogenada e potássica em cobertura na cultura do milho. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, Maringá, v. 29, n. 4, p. 517-525, 2007.

DUETE, R. R. C.; MURAOKA, T.; DA SILVA, E. C.; TRIVELIN, P. C. O.; AMBROSANO, E. J. Manejo da adubação nitrogenada e utilização do nitrogênio (15n) pelo milho em latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 161-171, 2008.

EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Sistema brasileiro de classificação de solo. 3.ed. rev. ampl. Brasília: EMBRAPA, 2013. 353p.

EMBRAPA. **Solo**: Extensão e distribuição dos solos. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000fesi63xh02wx5eo0y53mhyx67oxh3.html>>. Acesso em 14 de jun. 2021.

ERNANI, P. R. **Química do solo e disponibilidade de nutrientes**. Lages, SC: O Autor; 2008. 230 p.

FANCELLI, A. L. Cultivo Racional e Sustentável requer maior conhecimento sobre a planta do milho. *Revista Visão agrícola*, **São Paulo**, n. 13, p. 20-23, 2015.

FANCELLI, A. L. **Nutrição e adubação do milho**. Piracicaba: USP, 2000. 43 p.

FANCELLI, A. L.; TSUMANUMA, G. M. Nitrogênio e enxofre nas culturas de milho e feijão. *In*: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S.; VITTI, G. C. (eds.). Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira. Piracicaba: IPNI Brasil, 2007. p. 445- 486. Simpósio sobre Nitrogênio e Enxofre na Agricultura Brasileira, Piracicaba, 2006.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2. ed. Guaíba: Agropecuária, 2004. 360 p.

FAOSTAT. **Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize> Acesso em 30 de setembro de 2021.

FARIA, A. F.; ALVAREZ, V. V. H.; MATIELLO, E. M.; NEVES, J. C. L.; FELIX, B. N. de; NOGUEIRA, P. H. de. Capacidade de suprimento de potássio em solos de Minas Gerais, Brasil. **Spanish Journal Of Soil Science**, v. 2, n. 1, p. 26-37, 2012.

FARINELLI, A. L.; LEMOS, L. B. Nitrogênio em cobertura na cultura do milho em preparo convencional e plantio direto consolidados. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 1, p. 63-70, jan./mar. 2012.

FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Produtividade e eficiência agrônômica do milho em função da adubação nitrogenada e manejos do solo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 9, n. 2, p. 135-146, 2010.

FERREIRA, A. C. de B.; ARAÚJO, G. A. de A.; PEREIRA, P. R. G.; CARDOSO, A. A. Características agrônômicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 1, p. 131-138, jan./mar. 2001.

FOLONI, J. S. S.; ROSOLEM, C. A. Produtividade e acúmulo de potássio na soja em função da antecipação da adubação potássica no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n. 4, p. 1549-1561, 2008.

FONTES, M. P. F.; CAMARGO, O. A.; SPOSITO, G. Eletroquímica das partículas coloidais e sua relação com a mineralogia de solos altamente intemperizados. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, n.3, p.627-646, 2001.

GOES, R. J.; RODRIGUES, R. A. F.; VILELA, R. G. Nitrogênio em cobertura para o milho (*Zea mays L.*) Em sistema plantio direto na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 11, n. 2, p. 169-177, 2012

GOMES, F. G.; SILVA, A. G. da; ASSIS, R. L. de; PIRES, F. R. Nitrogênio nos caracteres agronômicos da cultura do milho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 5, p. 931-938, 2007.

GOMES, M. de P.; CORDIDO, J. P. de B. R.; SANTOS, M. L. dos; PEREIRA, A. M. Desenvolvimento inicial do milho em resposta a doses de potássio. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 17, n. 1, p. 27-36, 2018.

GOMES, R. F.; SILVA, A. G. da; ASSIS, R. L.; PIRES, F. R. Efeito de doses e da época de aplicação de nitrogênio nos caracteres agronômicos da cultura do milho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 931-938, 2007.

HAMEEDA, B.; HARINI, G.; RUPELA, O. P.; WANI, S. P.; REDDY, G. Growth promotion of maize by phosphate-solubilizing bacteria isolated from composts and macrofauna. **Microbiological Research**, Jena, v. 163, n. 2, p. 234-242, 2008.

HINSINGER, P. Bioavailability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: a review. **Plant and Soil**, v. 237, p. 173-195, 2001.

HURTADO, S. M. C.; RESENDE, Á. V. de; SILVA, C. A.; CORAZZA, E. J.; SHIRATSUCHI, L. S. Variação espacial da resposta do milho à adubação nitrogenada de cobertura em lavoura no cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 3, p. 300-309, mar. 2009.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/839#resultado>> Acesso em: 12 de Nov. 2020.

KANASHIRO, R. K.; MINGOTTE, F. L. C.; FORNASIERI FILHO, D. Desempenho fenológico, morfológico e agronômico de cultivares de milho em Jaboticabal-SP. **Científica**, Jaboticabal, v. 41, n. 2, p. 226-234, 2013.

KALAYU, G. Phosphate solubilizing microorganisms: promising approach as biofertilizers. **International Journal of Agronomy**, v. 2019, p. 1-7, ID4917256, 2019.

KANEKO, F.H.; ARF, O.; GITTI, D. C.; ARF, M. V.; CHIORDEROLI, C. A.; KAPPES, C. Manejo do solo e do nitrogênio em milho cultivado em espaçamentos reduzido e tradicional. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p. 677-686, 2010.

KAPPES, C.; ARF, O.; BEM, E. A. D.; PORTUGAL, J. R.; GONZAGA, A. R. Manejo do nitrogênio em cobertura na cultura do milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, n. 2, p. 201-217, 2014.

KARLEN, D. L.; SADLER, E. J.; CAMP, C. R. Dry matter, nitrogen, phosphorus, and potassium accumulation rates by corn on Norfolk Loamy Sand. **Agronomy Journal**, Madison, v. 79, p. 649-656, 1987.

LEGGETT, M.; CROSS, J.; HNATOWICH, G.; HOLLOWAY, G. Challenges in commercializing a phosphate-solubilizing microorganism: *Penicillium bilaiae*, a case history. In: VELÁZQUEZ, E.; RODRÍGUEZ-BARRUECO, C. **Developments in plant and soil sciences**. Dordrecht: Springer, 2007. p. 215-222.

LIMA, A. A. de. **Arranjos de plantio do milho e doses de nitrogênio em cobertura na formação de pastagem em integração lavoura-pecuária em Rio Branco, AC**. 2013. 56 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC, 2013.

LIMA, F. F.; NUNES, L. A. P. L.; FIGUEIREDO, M. do V. B.; ARAÚJO, F. F de; LIMA, L. M.; ARAÚJO, A. S. F. de. *Bacillus subtilis* e adubação nitrogenada na produtividade do milho. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 4, p.657-661, out./dez., 2011

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; MARQUES, R. **Guia de fertilidade do solo**. Lavras: Ed. da UFLA, 2004. 502 p.

LOPES, A.S. Reserva de minerais potássicos e produção de fertilizantes potássicos no Brasil. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (eds). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafos, 2005. p.21-32.

MACEDO, M. C. M. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, supl. esp, p. 133-146, 2009.

MARCHÃO, R. L.; BRASIL, E. M.; DUARTE, J. B.; GUIMARÃES, C. M.; GOMES, J. A. Densidade de plantas e características agrônômicas de híbridos de milho sob espaçamento reduzido entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35, n. 2, p. 93-101, 2005.

MARDAD, I.; SERRANO, A.; SOUKRI, A. Solubilization of inorganic phosphate and production of organic acids by bacteria isolated from a moroccan mineral phosphate deposit. **African Journal of Microbiology Research**, v. 7, n. 8, p. 626-635, 2013

MARSCHNER, P. **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. Austrália: Elsevier, 2012. 651 p.

MARTINAZZO, R.; RHEINHEIMER, D. S.; GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G.; KAMINSKI, J. Fósforo microbiano do solo sob sistema plantio direto em resposta à adição de fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 563-570, 2007.

MATEUS, G. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; PARIZ, C. M.; COSTA, N. R.; BORGHI, E.; COSTA, C.; MARTELLO, J. M.; CASTILLO, A. M.; FRANZLUEBBERS; CANTARELLA, H. Corn intercropped with tropical perennial grasses as affected by sidedress nitrogen application rates. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 116, p. 223-244, 2019.

MÁXIMO, P. J. de M.; PINTO, A. A.; CAMARA, F. T. da; MOTA, A. M. D.; NICOLAU, F. E. de A. Adubação nitrogenada em cobertura em dois cultivares de milho no Cariri-CE. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 6, n. 1, p. 23-28, jan./mar. 2019.

MAZURANA, M.; LEVIEN, R.; MÜLLER, J.; CONTE, O. Sistemas de preparo de solo: alterações na estrutura do solo e rendimento das culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 35, n. 4, p. 1197-1206, 2011.

MENDES, G.O.; FREITAS, A.L.M.; PEREIRA, O.L.; SILVA, I.R.; VASSILEV, N.B.; COSTA, M.D. **Mechanisms of phosphate solubilization by fungal isolates when exposed to different P sources**. **Annals of Microbiology**, v. 64, p. 239–249, 2014.

MIELNICZUK, J. Manejo conservacionista da adubação potássica. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (eds.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Instituto da Potassa e do Fosfato, v. 1, cap. 7, 165-178 p, 2005.

MONTAÑEZ, A.; BLANCO, A. R.; BARLOCCO, C.; BERACOCHEA, M.; SICARDI, M. Characterization of cultivable putative endophytic plant growth promoting bacteria associated with maize cultivars (*Zea mays* L.) and their inoculation effects in vitro. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 58, p. 21-28, 2012.

MORTATE, R. K.; NASCIMENTO, E. F.; GONÇALVES, E. G. de S.; LIMA, M. W. de P. Resposta do milho (*Zea mays* L.) à adubação foliar e via solo de nitrogênio. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 5, n.1, p. 1-6, jan./mar. 2018.

MOTA, M. R.; SANGOI, L.; SCHENATTO, D. R.; GIORDANI, W.; BONIATTI, C. M.; DALL'IGNA, L. Fontes estabilizadas de nitrogênio como alternativa para aumentar o rendimento de grãos e a eficiência de uso do nitrogênio pelo milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 39, n. 2, p. 512-522, 2015.

NAHAS, E. **Ciclo do fósforo: transformações microbianas**. Jaboticabal: FUNEP, 1991. 67 p.

NASCIMENTO, F. M.; BICUDO, S. J.; FERNANDES, D. M.; RODRIGUES, G. L.; FERNANDES, J. C.; FURTADO, M. B. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio: Influência na relação C/N da palhada no desenvolvimento e produtividade do milho em sistema plantio direto. **Científica**, Jaboticabal, v. 40, n. 1, p. 77-89, jan./jul. 2012.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B. & NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

OHLAND, R. A. A.; SOUZA, L. C. F.; MACHETTI, M. E.; GONÇALVES, M. C. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 538-544, 2005.

OLIVEIRA, C. A.; MARRIEL, I. E.; GOMES, E. A.; COTA, L. V.; SANTOS, F. C. dos; SOUSA, S. M. de; LANA, U. G. de P.; OLIVEIRA, M. C.; MATTOS, B. B.; ALVES, V. M. C.; RIBEIRO, V. P.; VASCO JUNIOR, R. **Recomendação agrônômica de cepas de *Bacillus subtilis* (CNPMS B2084) e *Bacillus megaterium* (CNPMS B119) na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. 18 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 260).

OLIVEIRA, C. A.; COTA, L. V.; MARRIEL, I. E.; GOMES, E. A.; SOUZA, S. M. de; LANA, U. G. de P.; SANTOS, F. C. dos; PINTO JUNIOR, A. S.; ALVES, V. M. C. **Viabilidade Técnica e Econômica do Biomaphos® (*Bacillus subtilis* CNPMS B2084 e *Bacillus megaterium* CNPMS B119) nas Culturas de Milho e Soja**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. 20 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 220)

OLIVEIRA, J. M. S.; CAIRES, E. F. Adubação nitrogenada em cobertura para o milho cultivado após aveia preta no sistema plantio direto. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 25, n. 2, p. 351-357, 2003.

OLIVEIRA, C. A.; ALVES, V. M. C.; MARRIEL, I. E.; GOMES, E. A.; SCOTTI, M. R.; CARNEIRO, N. P.; GUIMARÃES, C. T.; SCHAFFERT, R. E.; SÁ, N. M. H. Phosphate solubilizing microorganisms isolated from rhizosphere of maize cultivated in an oxisol of the Brazilian Cerrado Biome. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 41, n. 9, p. 1782-1787, 2009.

PALHARES, M. **Distribuição e populações de plantas e produtividade de grãos de milho**. 2003. 103 f. Dissertação (Mestrado Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 2003.

PAIVA, C. T. **Cultivo de milho em plantio direto e convencional com diferentes doses de adubação nitrogenada em cobertura**. 2011. 33 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Rio Branco, AC, 2011.

PARENTE, T. de L.; LARAZINI, E.; CAIONI, S.; SOUZA, L. G. M. de; PIVETTA, R. S.; BOSSOLANI, J. W. Potássio em cobertura no milho e efeito residual na soja em sucessão. **Revista Agro@ambiente**, v. 10, n. 3, p. 193-200, jul./set. 2016.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; AZENHA, M. V.; BERGAMASCHINE, A. F.; MELLO, L. M. M. de; LIMA, R. C. Produtividade de grãos de milho e massa seca de braquiárias em consórcio no sistema de integração lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, vol. 41, n. 5 p. 875-882, maio. 2011

PERON, G. de C.; PINHO, R. G. V.; BERNARDO JUNIOR, L. A. Y.; SOUZA, D. F. de; PEREIRA, F. de C.; VIEIRA JÚNIOR, I. C.; BALESTRE, M.; CARDOSO, D. A. D. B. Influência de formas de adubação de semeadura na produtividade de grãos de híbridos de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.18, n.1, p. 88-98, 2019.

PETTER, F. A.; PACHECO, L. P.; ALCÂNTARA NETO, F.; SANTOS, G. G. Respostas de cultivares de soja à adubação nitrogenada tardia em solos de cerrado. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 1, p. 67-72, 2012a

PETTER, F. A.; SILVA, J. A. da; PACHECO, L. P.; ALMEIDA, F. A. de; ALCÂNTARA NETO, F. de; ZUFFO, A. M.; LIMA, L. B. de. Desempenho agrônômico da soja a doses e épocas de aplicação de potássio no cerrado piauiense. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 55, n. 3, p. 190-196, jul./set. 2012b.

PIVANATO; P. S.; CERETTA, C. A.; GIROTTO, E.; MOREIRA, I. C. L. Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 358-364, mar./abr. 2008

PORTUGAL, J. R.; ARF, O.; PERES, A. R.; GITTI, D. de C.; GARCIA, N. F. S. Coberturas vegetais, doses de nitrogênio e inoculação do *Azospirillum brasiliense* em milho no Cerrado. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 48, n. 4, p. 639-649, out./dez. 2017.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M.; ROQUE, C. G. Resposta da cultura do milho a modos de aplicação e doses de fósforo, em adubação de manutenção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, n. 1, p. 83-90, mar. 2001.

QUEIROZ, L. R.; COSTA, F. de S.; OLIVEIRA, T. K.; MARINHO, J. T. de S. **Aspectos da cultura do milho no Estado do Acre**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2015. 30 p. (Documentos, 136).

RABÊLO, F. H. S.; REZENDE, A. V. de; RABELO, C. H. S.; AMORIM, F. A. Características agrônômicas e bromatológicas do milho submetido a adubações com potássio na produção de silagem. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 3, p. 635-643, jul./set., 2013.

RAJAPAKSHA, R. M. C. P.; HERATH, D.; SENANAYAKE, A. P.; SENEVIRATHNE, M. G. T. L. Mobilization of rock phosphate phosphorus through bacterial inoculants to enhance growth and yield of wetland rice. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 42, n. 3, p. 301-314, 2011.

RAMBO, L.; SILVA, P. R. F. da; ARGENTA, G.; SANGOI, L. Parâmetros de planta para aprimorar o manejo da adubação nitrogenada de cobertura em milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 34, n. 5, p. 1637-1645, set./out. 2004.

RESENDE, A. V. de; COELHO, A. M.; SANTOS, F. C. dos; LACERDA, J. J. de J. **Fertilidade do solo e manejo da adubação NPK para alta produtividade de milho no Brasil Central**. Sete Lagoas, MG: Embrapa, 2012. 12 p. (Circular Técnica, 181).

RIBEIRO, V. P.; MARRIEL, I. E.; SOUSA, S. M. de; LANA, U. G. de P.; MATTOS, B. B.; PAIVA, C. A. O.; GOMES, E. A. Endophytic *Bacillus* strains enhance pearl millet growth and nutrient uptake under low-P. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 49S, p. 40-46, 2018.

RICHARDSON, A.E. Prospects for using soil microorganisms to improve the acquisition of phosphorus by plants. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 28, p. 897-906, 2001.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. **Como a planta de milho se desenvolve**. Piracicaba: Potafós, 2003. 20 p. (Informações Agronômicas, 103).

ROLIM NETO, F. C.; SCHAEFER, C. R. G. R.; COSTA, L. M.; CORRÊA, M. M.; FERNANDES FILHO, E. I.; IBRAIMO, M. M. Adsorção de fósforo, superfície específica e atributos mineralógicos em solos desenvolvidos de rochas vulcânicas do Alto Paranaíba (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 6, p. 953-96,

RODRIGUES, R. B.; OZORIO, L. M.; PINTO, C. L. B.; BRANDÃO, L. E. T. Opção de troca de produto na indústria de fertilizantes. **Revista de Administração**, São Paulo, v. 50, n. 2, p. 129-140, 2015.

ROSA, D. M.; NÓBREGA, L. H. P.; LIMA, G. P. de; MAULI, M. M. Desempenho da cultura do milho implantada sobre resíduos culturais de leguminosas de verão em sistema plantio direto. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 4, p. 1287-1295, out./dez. 2011.

ROSCOE, R.; MIRANDA, R. de A. S. Manejo da adubação do milho safrinha. *In*: ROSCOE, R.; LOURENÇÃO, A. L. F.; GRIGOLLI, J. F. J.; MELOTTO, A. M.; PITOL, C.; MIRANDA, R. de A. S. (eds.). **Milho safrinha e culturas de inverno 2013**. Maracaju: Fundação MS, 2013. 23 p.

ROSOLEM, C. A.; VICENTINI, J. P. T. M.; STEINER, F. Suprimento de potássio em função da adubação potássica residual em um Latossolo Vermelho do Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 36, n. 5, p. 1507-1515, nov. 2012.

SALIH, H. M.; YAHYA, A. I.; ABDUL-RAHEM, A. M.; MUNAM, B. H. Availability of phosphorus in a calcareous soil treated with rock phosphate or superphosphate as affected by phosphate-dissolving fungi. **Plant and Soil**, The Hague, v. 120, p. 181-185, 1989.

SANDIM, A. S. **Disponibilidade de fósforo em função da aplicação de calcário e silicatos em solos oxídicos**. 2012. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, Botucatu, 2012.

SANGOI, L.; ERNANI, P. R.; BIANCHET, P.; VARGAS, V. P.; PICOLI, G.J. Efeito de doses de cloreto de potássio sobre a germinação e o crescimento inicial do milho, em solos com textura contrastantes. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 8, n. 2, p. 187-197, 2009.

SANGOI, L.; ERNANI, P. R.; LECH, V. A.; RAMPAZZO, C. Lixiviação de nitrogênio afetada pela forma de aplicação da uréia e manejo dos restos culturais de aveia em

dois solos com texturas contrastantes. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 33, n. 1, p. 65-70, jan./fev. 2003.

SANTOS, D. R. dos.; GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 576-586, mar./abr. 2008

SANTOS, L. P. D.; AQUINO, L. A.; NUNES, P. H. M. P.; XAVIER, F. O. Doses de nitrogênio na cultura do milho para altas produtividades de grãos. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 12, n. 3, p. 270-279, 2013.

SANTOS, L. P. D.; AQUINO, L. A.; NUNES, P. H. M. P.; XAVIER, F. O. Doses de nitrogênio na cultura do milho para altas produtividades de grãos. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 12, n. 3, p. 270-279, 2013.

SCHRÖDER, J. J.; NEETSON, J. J.; OENEMA, O.; STRUIK, P. C. Does the crop or the soil indicate how to save nitrogen in maize production? Reviewing the state of art. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 66, n. 1, p.151-164, 2000.

SERRA, D. D. **Avaliação da disponibilidade de nitrogênio para o milho (*Zea mays*) em solos do distrito federal**. 2006. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Agrárias) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, 2006.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples. **Biometrika**, Oxford, v. 52, n. 3-4, p. 591-611, Dec. 1965.

SILVA, D. V.; OLIVEIRA, T. K.; KUSDRA, J. F.; KOLLN, F. T.; LIMA, A. A.; COSTA, K. B. A. Decomposition of ground biomass of secondary forest and yield of anual crops in no tillage system. **Revista Ceres**, Viçosa, v.62, n.06, p. 568-576, 2015.

SILVA, D. V.; OLIVEIRA, T. K.; KUSDRA, J. F.; KOLLN, F. T.; LIMA, A. A.; COSTA, K. B. A. Decomposition of ground biomass of secondary forest and yield of anual crops in no tillage system. **Revista Ceres**, Viçosa, v.62, n.06, p.568-576, 2015.

SILVA, E. C. da; BUZETTI, S.; GUIMARÃES, G. L.; LARANZINI, E.; SÁ, M. E. de. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, p. 353-362, 2005.

SILVA FILHO, G. N.; VIDOR, C. Solubilização de fosfatos por microrganismos na presença de fontes de carbono. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, n. 2, p. 311-319, jun. 2000.

SILVA, E. C.; BUZETTI, S.; GUIMARÃES, G. L.; LAZARINI, E.; SÁ, M. E. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, p. 353-362, 2005.

SILVA, E. C.; FERREIRA, S. M.; SILVA, G. P.; ASSIS, R. L.; GUIMARÃES, G. L. Épocas e formas de aplicação de nitrogênio no milho sob plantio direto em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 725-733, 2005.

SILVA, P. C. G. da; FOLONI, J. S. S.; FABRIS, L. B.; TIRITAN, C. S. Fitomassa e relação C/N em consórcios de sorgo e milho com espécies de cobertura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 11, p. 1504-1512, nov. 2009

SILVA, S. M. da; OLIVEIRA, L. C.; FARIA, F. P.; REIS, E. F. dos; CARNEIRO, M. A. C.; SILVA, S. M. da. Atividade da enzima nitrato redutase em milho cultivado sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e potássica. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 41, n. 11, p. 1931-1937, nov. 2011.

SIMÃO, E. de P.; RESENDE, A. V.; GONTIJO NETO, M. M.; BORGHI, E.; VANIN, A. Resposta do milho safrinha à adubação em duas épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 17, n. 1, p. 76-90, 2018.

SOUSA, C. B. **Solubilização de fósforo por bactérias endofíticas**. 2010. 38 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2010.

SOUSA, S. M.; OLIVEIRA, C. A.; ANDRADE, D. L.; CARVALHO, C. G.; RIBEIRO, V. P.; PASTINA, M. M.; MARRIEL, I. E.; LANA, U. G. de P.; GOMES, E. A. Tropical *Bacillus* strains inoculation enhances maize root surface area, dry weight, nutrient uptake and grain yield. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 1, p. 1-11, 2020.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. Calagem e adubação para culturas anuais e semiperenes. *In*: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (eds.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. p.283-315.

SOUSA, D. M. G. de; REIN, T. A.; GOEDERT, W. J.; LOBATO, E.; NUNES, R. S. Fósforo. *In*: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (eds.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: nutrientes**. Vol. 2. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2010. p. 67-132.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos do Cerrado. **Informações Agronômicas**, n. 102, p. 1-16, jun. 2003

SOUZA, R. F. de; FAQUIN, V.; ANDRADE, A. T. de; TORRES, P. R. F. Formas de fósforo em solos sob a influência da calagem e adubação orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, n. 6, p. 1535-1544, dez. 2007.

SOUZA, E. de F. C. de; SORATTO, R. P. Efeito de fontes e doses de nitrogênio em cobertura, no milho safrinha, em plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 3, p. 395-405, 2006.

SOUZA, J. A.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; ANDREOTTI, M.; SÁ, M. E. de; ARF, O. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha irrigado em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 447-454, 2011.

STRACHAN, S. D. **Corn grain yield in relation to stress during ear development.** Dupont Pioneer, 2004.

SUNDERMAN, H.D.; PONTUS, J.S. LAWLESS, J.R. Variability in leaf chlorophyll concentration among full-fertilized corn hybrids. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 28, n. 19, p. 1793-1803, 1997.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology.** 5. ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2013, 954 p.

TAKASU, A. T.; HAGA, K. I.; RODRIGUES, R. A. F.; ALVES, C. J. Produtividade da cultura do milho em resposta à adubação potássica. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, n. 2, p. 154-161, 2014.

THOMAZINI, G.; REICHEMBAK, M. P.; ARF, O.; GERLACH, G. A. X.; BUZETTI, S.; RODRIGUES, R. A. F. inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* e doses de nitrogênio mineral em milho cultivado em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.18, n. 3, p. 396-407, 2019.

TUKEY, J. W. Comparing Individual Means in the Analysis of Variance. **Biometrics**, Washington, v. 5, n. 2, p. 99-114, June 1949.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Fontes e doses de npk em milho irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 2, p. 254-263, abr./jun. 2011.

VELOSO, C. A. C.; SILVA, A. R.; CARVALHO, E. J. M.; SILVEIRA FILHO, A.; SOUZA, F. R. S. de. **Adubação fosfatada em cultivares de milho sob Latossolo Vermelho distrófico da mesorregião Sudeste paraense.** Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2016. 24 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 109)

WADT, P. G. S. Minerais da fração argila de relevância para os solos do estado do Acre. In: WADT, P. G. S. (ed.). **Manejo do solo e recomendação de adubação para o estado do Acre.** Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2005a. p. 39-63.

WADT, P. G. S; CRAVO, M. S. Interpretação de resultados de análises de solos. In: WADT, P. G. S. (ed.) **Manejo do solo e recomendação de adubação para o estado do Acre.** Rio Branco: Embrapa Acre, 2005. p. 245-252.

WENDLING, A.; ELTZ, F. L.; CUBILLA, M. M.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK; J. Recomendação de adubação potássica para trigo, milho e soja sob sistema plantio direto no Paraguai. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 1929-1939, 2008

YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. Como melhorar a eficiência da adubação nitrogenada do milho? **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 91, p. 1-5, set. 2000.

VELLOSO, C. C. V.; OLIVEIRA, C. A.; GOMES, E. A.; LANA, U. G. de P.; CARVALHO, C. G.; GUIMARÃES, L. J. M.; PASTINA, M. M.; SOUSA, S. M. Genome-guided insights of tropical *Bacillus strains* efficient in maize growth promotion. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 96, n. 9, p. 1-16, 2020.

VELOSO, C. A. C.; FRANZINI, V. I.; SILVA, A. R. B.; SILVA, A. R. **Resposta do milho à adubação fosfatada em um Latossolo do Estado do Pará**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2012. 15 p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 83).

VU, D. T.; TANG, C.; ARMSTRONG, R. D. Changes and availability of P fractions following 65 years of P application to a calcareous soil in a Mediterranean climate. **Plant and Soil**, The Hague, v.304, p.21-34, 2008.

YOUNG, L. S.; HAMEED, A.; PENG, S. Y.; SHAN, Y. H.; WU, S. P. Endophytic establishment of the soil isolate Burkholderia sp. CC-AI74 enhances growth and P-utilization rate in maize (*Zea mays* L.). **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 66, p. 40-47, 2013.

APÊNDICES

CULTIVO DE MILHO DE SEGUNDA SAFRA SOB DOSES DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO EM COBERTURA NO PLANTIO DIRETO (EXPERIMENTO I)

Apêndice 1 - Resumo da análise de variância (ANAVA) para o estande final (EF), altura de plantas (AP), altura de inserção de espiga (AE), SPAD e índice de espiga (IE) do milho sob plantio direto, em blocos casualizados, em Rio Branco, AC.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios				
		EF	AP	AE	SPAD	IE
Doses de N	4	91747010,62	0,2630**	0,095187**	186,4690**	0,02523**
Níveis de K	1	103552150,74	0,0034	0,000139	0,1210	0,00238
N*K	4	87427855,96	0,0046	0,005775	6,31725	0,00563
Bloco	3	38883471,14	0,0103	0,002319	15,73933**	0,00947
Erro	27	51594788,53	0,0053	0,005934	4,510074	0,00733
CV		12,13	3,48	7,25	4,48	9,69

**Significativo a 5% pelo teste F

GL = Graus de liberdade

Apêndice 2 - Resumo da análise de variância para o diâmetro de espiga (DESP), comprimento de espiga (CESP), massa de grãos por espiga (MGE) e produtividade (PROD) de milho sob plantio direto, em blocos casualizados em Rio Branco, AC.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		DESP	CESP	MGE	PROD
Doses de N	4	11,9415	15,7949	1936,9698	8147538,05
Níveis de K	1	2,2791	19,5860	43,7419	2783,49
N*K	4	3,5065	9,9645	104,1941	536387,77
Bloco	3	3,9726	23,4317	249,6036	1145412,73
Erro	27	2,7235	10,0153	145,3502	399145,80
CV (%)		3,63	21,83	15,07	15,99

CULTIVO DE MILHO EM PERÍODO DE SAFRA SOB DOSES DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO EM COBERTURA SOB PREPARO CONVENCIONAL DO SOLO (EXPERIMENTO II)

Apêndice 3 – Resumo da análise de variância (ANAVA) para par o estande final de plantas (EF), altura de plantas (AP), altura de inserção de espiga (AE), índice de espiga (IE), massa de grãos por espiga (MGE) e produtividade (PROD) de milho cultivado sob sistema de preparo convencional do solo, em blocos casualizados, em Senador Guiomard, AC.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios					
		EF	AP	AE	IE	MGE	PROD
Bloco	3	28979238,75	0,0368	0,0214	0,0003	341,15	856209,80
Doses de N	4	26302984,41	0,0529	0,0301	0,0027	2026,35**	7252695,32**
Níveis de K	1	0,00000000E+00	0,0513	0,0159	0,0000	62,095	156417,64
N*K	4	8515354,65	0,0216	0,0087	0,0010	260,27	923500,06
Erro	27	20649109,32	0,0211	0,0113	0,0015	417,83	1240219,95
CV (%)	-	8,17	6,80	9,27	3,97	19,33	19,46

**Significativo a 5% pelo teste F

GL = Graus de liberdade

MILHO DE SEGUNDA SAFRA CULTIVADO COM INOCULAÇÃO COM MICRORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FÓSFORO (EXPERIMENTO III)

Apêndice 4 – Resumo da análise de variância para a produtividade (PROD), altura de plantas (AP), altura de inserção de espiga (AIE) e estande final (EF) de milho cultivado mediante inoculação com BiomaPhos, em Senador Guiomard, AC.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		PROD	AP	AIE	EF
Tratamento	4	1,22035	131,00298	164,38085	190925536,677
Bloco	3	0,94951	326,83048	172,12586	492788498,100
Erro	12	0,67173	200,81067	85,07139	59841052,804
CV (%)	-	26,50	6,15	9,74	14,81

Apêndice 5 - Resumo da análise de variância para o índice de espiga (IE) e massa de grãos por espigas (MGE) de milho cultivado mediante inoculação com BiomaPhos, em Senador Guimard, AC.

Fonte de variação	Quadrados médios		
	GL	IE	MGE
Tratamento	4	0,00493	221,748818
Bloco	3	0,01668	286,244270**
Erro	12	0,01602	221,748818
CV (%)	-	14,14	9,53

**Significativo ao nível de 5% de probabilidade