

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
CAMPUS TANCREDO DE ALMEIDA NEVES
CURSO DE BACHARELADO EM ZOOTECNIA

EDUARDO LOPES DE ÁVILA

**USO DO FÓSFORO E DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO NO
CAPIM ANDROPOGON**

SÃO JOÃO DEL-REI
2025

EDUARDO LOPES DE ÁVILA

**USO DO FÓSFORO E DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO NO
CAPIM ANDROPOGON**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Zootecnia, da Universidade Federal de São João del-Rei — Campus Tancredo de Almeida Neves, como parte das exigências para a obtenção do diploma de Bacharel em Zootecnia.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Janaina Azevedo Martuscello
Vieira da Cunha

SÃO JOÃO DEL-REI

2025

TERMO DE APROVAÇÃO

EDUARDO LOPES DE ÁVILA

USO DO FÓSFORO E DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO NO CAPIM ANDROPOGON

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Zootecnia, da Universidade Federal de São João del-Rei - Campus Tancredo de Almeida Neves, como parte das exigências para a obtenção do diploma de Bacharel em Zootecnia.

Orientador: Prof.^a. Dra. Janaina Azevedo Martuscello Vieira da Cunha.

Data de aprovação: 03 de dezembro de 2025.

Documento assinado digitalmente
 JANAINA AZEVEDO MARTUSCELLO VIEIRA DA CUNHA
Data: 14/12/2025 19:16:57-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a. Dra. Janaina Azevedo Martuscello Vieira da Cunha.

Univ. Federal de São João del-Rei
Documento assinado digitalmente
 RENATA DE SOUZA REIS
Data: 15/12/2025 15:07:11-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a. Dra. Renata de Souza Reis.

Universidade Federal de São João del-Rei

Documento assinado digitalmente
 ELSON MARCOS DE OLIVEIRA
Data: 15/12/2025 12:22:10-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Me. Elson Marcos de Oliveira

Universidade Federal de São João del-Rei

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por estar aqui, à minha orientadora Prof.^a Dr^a. Janaína Martuscello, pela confiança depositada em mim para a realização do trabalho, paciência e orientação, sendo essas essenciais na minha formação.

Agradeço aos docentes do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de São João Del-Rei (DEZOO-UFSJ) e aos integrantes do Grupo de Estudos em Forragicultura e Pastagens (GEFOR/UFSJ), que contribuíram essencialmente para a execução do experimento.

EPIÍGRAFE

“A persistência é o caminho do êxito.”

Charles Chaplin

RESUMO

As pastagens são a base alimentar dos bovinos no Brasil, sendo o capim *Andropogon gayanus* cv. BRS Sarandi, de baixa a média exigência e resistente à cigarrinha, considerada uma forragem promissora nessas regiões, principalmente as de cerrado naturalmente pobres em fósforo, é um dos macronutrientes que atua diretamente no crescimento radicular, no perfilhamento e na produção de biomassa. As bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP), como *Azospirillum brasilense*, têm se mostrado uma importante e sustentável ferramenta na fixação biológica de nitrogênio. Tendo como objetivo avaliar o efeito da aplicação de fosfato natural reativo (Phosactiv®) associado ou não ao *Azospirillum brasilense* na produtividade do capim *Andropogon gayanus* cv. BRS Sarandi. O experimento foi conduzido em vasos, em delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos: testemunha, FNR, FNR + *Azospirillum* (dose padrão) e FNR + *Azospirillum* (dose dobrada), em quatro repetições. Foram avaliadas a massa seca total, a massa seca de raízes e o número de perfilhos. Os resultados demonstraram que todos os tratamentos com Fosfato Natural Reativo aumentaram significativamente a produção em comparação à testemunha, o tratamento FNR B1 destacou-se com a maior média (15,63 g), e que a combinação FNR + *Azospirillum* na dose padrão apresentou os maiores valores para massa seca total e perfilhamento. Pode-se então perceber que o uso de FNR, especialmente associado ao *Azospirillum brasilense*, constitui uma estratégia eficaz para melhorar a produção e o vigor do capim *Andropogon Sarandi*.

Palavras-chave: *Andropogon gayanus*, Fosfato Natural Reativo, *Azospirillum brasilense*.

ABSTRACT

Pastures are the primary feed resource for cattle in Brazil, and *Andropogon gayanus* cv. BRS Sarandi—characterized by low to medium nutrient requirements and resistance to spittlebugs—has been regarded as a promising forage option, particularly in Cerrado regions that are naturally poor in phosphorus. This macronutrient plays a central role in root development, tillering, and biomass production. Plant growth-promoting bacteria (PGPB), such as *Azospirillum brasilense*, have also been recognized as an important and sustainable tool for enhancing biological nitrogen fixation. This study aimed to evaluate the effect of reactive natural phosphate (Phosactiv®), applied alone or in combination with *Azospirillum brasilense*, on the productivity of *Andropogon gayanus* cv. BRS Sarandi. The experiment was conducted in pots under a completely randomized design with four treatments—control, RNP, RNP + *Azospirillum* (standard dose), and RNP + *Azospirillum* (double dose)—each with four replicates. Total dry mass, root dry mass, and tiller number were assessed. The results demonstrated that all treatments containing RNP significantly increased production compared with the control. The FNR B1 treatment stood out with the highest average (15.63 g), and that the combination of RNP with the standard dose of *Azospirillum* yielded the highest values for total dry mass and tillering. These findings indicate that the use of RNP, especially when associated with *Azospirillum brasilense*, represents an effective strategy to enhance the production and vigor of *Andropogon gayanus* BRS Sarandi.

Keywords: *Andropogon gayanus*, Reactive Natural Phosphate, *Azospirillum brasilense*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Plantio do Capim Andropogon (a) e (b), colocar FNR com BPC e incorporar (c) e (d).

Figura 2- Após aguar já germinado(a), contagem de perfilhos (b), capim Andropogon estabelecido (c), raízes do capim Andropogon (d), germinação do capim Andropogon (e), peneiramento e lavagem das raízes (f).

LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Produção de MST, MSR e número de perfilhos de capim Andropogon em g/vaso.

LISTA DE ABREVIATURAS

ATP – Adenosina trifosfato

BPCP – Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas

BPCV – Bactérias Promotoras do Crescimento Vegetal

FNR – Fósforo Natural Reativo

IBD – Instituto Biodinâmico

MAPA – Ministério da Agricultura e Pecuária

N – Nitrogênio

NADP – Nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato

NADPH – Fósforo de dinucleótido de nicotinamida e adenina

OCP – Office Chérifien des Phosphates

P – Fósforo

MST - Matéria Seca Total

MSR - massa seca de raízes.

CV - Coeficiente de Variação

B1 - Dose padrão de bactéria *Azospirillum brasilense*.

B2 – Dose dobrada de bactéria *Azospirillum brasilense*.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	25
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	26
2.1 Andropogon.....	26
2.2 Andropogon Sarandi.....	27
2.3 Uso do fósforo em pastagens.....	28
2.4 Fosfato natural reativo do Marrocos (Phosactiv®).....	29
2.5 Bactérias promotoras de crescimento.....	30
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
5. CONCLUSÃO.....	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39

1 INTRODUÇÃO

As pastagens são a forma mais econômica e prática de alimentação dos bovinos, portanto, faz-se necessário prevenir a degradação de pastagens por meio do manejo adequado. O manejo adequado do capim *Andropogon* pode contribuir para uma pecuária de corte mais rentável e competitiva frente a outras alternativas do uso do solo.

Segundo o Mapa (2025), no segundo trimestre de 2025, o abate de bovinos cresceu 3,9%, alcançando 10,46 milhões de cabeças. As exportações de carne bovina *in natura* cresceram mais de 55%, totalizando US\$ 1,77 bilhão. Para acompanhar esse desempenho de forma sustentável, o Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa) criou programas como o Plano de Adaptação e Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC+), que inclui, em suas atividades, a recuperação de pastagens.

Em 2014, a Embrapa realizou um estudo onde constatou que a recuperação de 12,5 a 18,4 milhões de hectares de pastagens pode gerar um acréscimo potencial de 2,4 a 3,6 milhões de toneladas por ano na produção de carne bovina nessas áreas. A instituição também estima que metade do Cerrado brasileiro já se encontra em algum estágio de degradação, totalizando cerca de 32 milhões de hectares com qualidade de pasto abaixo do ideal, caracterizados pela perda de produtividade devido à baixa disponibilidade de água e nutrientes.

O capim *Andropogon*, embora muitas vezes subestimado quanto ao seu potencial forrageiro e à qualidade nutricional, destaca-se pela grande adaptabilidade a ambientes desafiadores, como regiões de clima seco, solos de baixa fertilidade e áreas com elevada incidência de pragas. A espécie apresenta ainda resistência à cigarrinha-das-pastagens e a nematoides de solo (Carvalho et al., 2021). Nesse contexto, a Embrapa retomou o programa de melhoramento genético da espécie e lançou a cultivar BRS Sarandi, que apresenta avanços importantes em relação a cultivar Planaltina, especialmente no que se refere aos atributos forrageiros (Carvalho et al., 2021).

Apesar da rusticidade da espécie, fatores nutricionais continuam sendo determinantes para o desempenho das pastagens. Complementarmente, o uso de bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP), como as do gênero *Azospirillum*, pode potencializar esses efeitos ao estimular o desenvolvimento das

forrageiras por meio da disponibilização de nitrogênio e do aumento da solubilização de fosfato (Hungria, 2011).

2. REVISÃO DE LITERATURA

Será abordado capim *Andropogon*, fósforo na planta, fosfato natural reativo e bactérias promotoras de crescimento e suas interações.

2.1 *Andropogon*

Segundo Jayme *et al.* (2022), o capim *Andropogon*, também chamado de Capim-andropogon, capim-pro-pasto, capim-gamba, é originário da África Ocidental e descrito como polimórfico, composto por quatro variedades botânicas: *gayanus*, *tridentatus*, *bisquamulatus* e *squamulatus*. No Brasil, foram lançadas três cultivares: Planaltina, Baeti e Sarandi.

No Brasil, há 28 espécies de capim *Andropogon*, que incluem: *A. angustatus*, *A. arenarius*, *A. barretoj*, *A. bicornis*, *A. brasiliensis*, *A. campestris*, *A. carinatus*, *A. crispifolius*, *A. crucianus*, *A. durifolius*, *A. fastigiatus*, *A. gayanus*, *A. glaucophyllus*, *A. glaziovii*, *A. hypogynus*, *A. indetonsus*, *A. ingratus*, *A. lateralis*, *A. leucostachyus*, *A. lindmanii*, *A. macrotrix*, *A. monocladius*, *A. multiflorus*, *A. palustris*, *A. pohlianus*, *A. selloanus*, *A. ternatuse*, *A. virgatus*. Dentre essas, as espécies mais cultivadas no país são o *A. gayanus* e *A. lateralis* (Zanin; Longhi-Wagner, 2006).

Após o lançamento de duas variedades pela Embrapa, os avanços foram grandes. Em 1980, “Planaltina”, com resistência a cigarrinhas e boa adaptação a solos de savana ácidos e de baixa fertilidade. E, em 1994, “Baeti”, selecionada para iniciar com maior vigor no campo, em decorrência de seu desenvolvimento inicial e rebrota vigorosa, ainda, segundo Carvalho *et al.* (2021, p. 15):

As principais características do capim-andropogon são (Embrapa, 1982; Batista e Godoy, 1995 e Carvalho *et al.*, 2021) *Apud* Jayme *et al.* (2022) seguintes: “Porte ereto, podendo atingir mais de 2,5 m de altura; Touceiras robustas com perfilhamento abundante; Sistema radicular profundo e bem desenvolvido; Folhas lineares lanceoladas e pubescentes; Pilosidade aveludada; Nervura principal bem evidente e destacada na base da lâmina foliar semelhante a pseudopecíolo; Inflorescência do tipo especiforme; Inflorescência terminal ou axilar com racemos pareados e vários pares de espiguetas; Sementes com longas aristas”.

Segundo Batista e Godoy (1995), *Andropogon gayanus* se destaca por sua adaptabilidade a solo ácido com altos níveis de alumínio e de baixa fertilidade, resistente a queimadas, baixa exigência de fósforo e nitrogênio, alta compatibilidade com leguminosas.

Espiguetas medem entre 7,2 e 8,2 mm de comprimento, com a gluma inferior apresentando uma forma elíptica e lanceolada, plana, contendo um sulco central e nervuras localizadas entre as carenas. A gluma inferior da espiguetas com pedicelo possui mais de 20 nervuras (Zanin; Longhi-Wagner, 2006).

Naturalmente resistente às cigarrinhas-das-pastagens, um dos principais problemas enfrentados na produção das plantas para criações de gado no Brasil, o *Andropogon gayanus* é uma espécie de dia curto, com floração intensa quando o fotoperíodo varia entre 12 e 8 horas. A planta é facilmente colonizada por micorrizas sob baixos níveis de fósforo e é resistente a ferrugem (Carvalho *et al.*, 2021).

2.2 Andropogon Sarandi

Segundo a Embrapa (2023), a BRS Sarandi lançada pela Embrapa Cerrados (DF), trata-se de uma evolução do *Andropogon gayanus* cultivar Planaltina, sendo recomendada para áreas do cerrado com menor fertilidade natural e áreas marginais onde outras forrageiras não se desenvolvem.

De acordo com Carvalho *et al.* (2021), o BRS Sarandi se adapta bem a solos com fertilidade baixa e média, além de resistir ao alumínio. São plantas com maior proporção de folhas, têm dossel mais baixo e compacto e pilosidade de folhas mais intensa. Além disso, suas características morfológicas ajudam a cobrir bem o solo por serem de porte menor, e a manter o pasto firme o ano todo, com hábito de crescimento semiereto e um alto número total de perfilhos.

O BRS Sarandi produz cerca de 11 toneladas de matéria seca por hectare ao ano, sendo que aproximadamente 90% desse total se concentra no período chuvoso. A cultivar se destaca por ter bastante folhas, tendo maior proporção de lâminas foliares na forragem de BRS Sarandi, mais evidente nos primeiros anos e no momento da floração (Carvalho *et al.*, 2021).

Ainda segundo Carvalho *et al.* (2021), é recomendada para uso em pastagens puras ou consorciadas com leguminosas na região do Cerrado, em solos de baixa a média fertilidade, sem problemas de drenagem.

Segundo a Embrapa (2022), o BRS Sarandi pode ser utilizado tanto em solo de baixa quanto de média fertilidade. Sarandi significa “terra fraca”. A cultivar apresenta boa palatabilidade, e o ganho de peso por animal pode chegar a 1,15 quilogramas por dia na estação chuvosa. Sua produtividade pode alcançar 15

arrobas por hectare ao ano (com adubação de 50 quilogramas de nitrogênio por hectare ao ano).

2.3 Uso do fósforo em pastagens

O fósforo é um macronutriente. Este, por sua vez, é um nutriente que as plantas necessitam em maiores quantidades. Tem baixa mobilidade, e a morfologia e o crescimento radicular exercem grande importância na disponibilidade deste nutriente para a planta (Furtini Neto *et al.*, 2011).

Para Brasil *et al.* (2013), uma das principais limitações na produção de regiões tropicais é a baixa disponibilidade de fósforo (P). As fontes mais usadas para repor essa limitação são superfosfatos e fosfatos de amônio, que possuem elevada solubilidade em água, sendo bastante suscetíveis a reações de fixação no solo.

Segundo Santos *et al.* (2006), o (P) é um macronutriente primordial para o crescimento do sistema radicular e o perfilhamento das gramíneas, diretamente contribuindo para a maior produtividade e persistência das forrageiras. Trata-se do segundo elemento essencial mais limitante à produção agrícola, fica atrás somente do nitrogênio.

Na planta, o fósforo desempenha várias funções tanto durante a instalação quanto na conservação dos pastos. É essencial para atender corretamente à necessidade das gramíneas, que dependem desse nutriente ao longo de seu ciclo para alcançar produções consistentes e desejáveis a longo prazo (Santos *et al.*, 2005).

Segundo Vilar e Vilar (2013), o fósforo é absorvido pelas plantas contra um elevado gradiente de concentração. Geralmente, essa concentração de fósforo inorgânico no interior das células pode ser 100 vezes maior que na solução do solo.

No início do desenvolvimento, o fósforo é fundamental para o crescimento do sistema radicular, principalmente na fase de germinação das sementes, marcada por uma intensa atividade meristemática. Nessa etapa, o fósforo contribui para um melhor estabelecimento das gramíneas e sua permanência no ecossistema. Além disso, o fósforo está envolvido no metabolismo vegetal, na transferência de energia celular (ATP, NADP, NADPH), na respiração e na fotossíntese. Ele é um elemento essencial do material genético (nucleotídeos), coenzimas, fosfoproteínas e da membrana celular (fosfolipídeos) (Rezende *et al.*, 2011).

Conforme Brasil *et al.* (2013), para driblar a fixação no solo e aumentar a disponibilidade para a planta, temos o fosfato natural reativo que possui reações mais lentas.

2.4 Fosfato natural reativo do Marrocos (Phosactiv®)

Há mais de 70 milhões de anos, na região leste do continente africano, no atual território do Marrocos, existia uma abundante diversidade de organismos marinhos. Formou-se um dos fósforos naturais mais reativos do mundo, certificado para uso orgânico e indicado principalmente para culturas semiperenes, perenes, abertura de área e fosfatagens (OCP Brasil, 2025).

Com o passar do tempo e a movimentação das placas tectônicas, esses fósseis se acumularam no solo, resultando na maior reserva de fósforo, que representa cerca de 70% das reservas globais desse mineral (OCP Brasil, 2025).

Segundo Soares *et al.* (2000), o fosfato natural deve ser aplicado a lanço e incorporado ao solo para maximizar o contato da superfície e suas partículas. Aumentando assim as possibilidades de contato com as zonas de absorção das raízes.

Quem utiliza essa fonte é a Office Chérifien des Phosphates (OCP), uma companhia do Marrocos criada em 1920. A empresa opera em todos os continentes e é a principal produtora global de fosfato e fertilizantes fosfatados, detendo 35% da participação no mercado mundial de fósforo através do oferecimento de produtos que contêm fósforo em seu amplo portfólio (OCP Brasil, 2025).

Os benefícios do Phosactiv® são: auxílio à correção da acidez do solo, fornecimento balanceado de nutrientes durante o ciclo da planta, elevando teores de fósforo e cálcio, melhor aproveitamento do fósforo, com liberação gradual e contínua, facilidade no armazenamento e na aplicação e menor custo por ponto de fósforo (OCP Brasil, 2025).

O FNR de Marrocos, comercialmente referenciado como Phosactiv®, é fabricado pela empresa OCP e é visto como um dos FNR com maior reatividade globalmente. O produto é coletado e enviado sem qualquer modificação, mantendo suas características orgânicas. Ele é naturalmente enriquecido com fósforo e cálcio, apresentando uma estrutura suave e porosa, perfeita para a entrega eficaz e contínua de nutrientes às plantas (OCP Brasil, 2025).

O Phosactiv® contém, no mínimo, 27% de P₂O₅, 32% de cálcio e se dissolve em 30% em ácido cítrico e 55% em ácido fórmico. Este produto também possui registro como orgânico pelo selo IBD (OCP Brasil, 2025).

2.5 Bactérias promotoras de crescimento

As bactérias que promovem o crescimento de plantas (BPCP) surgem como uma alternativa significativa para a agricultura contemporânea, especialmente diante dos desafios ambientais e financeiros associados ao uso excessivo de produtos químicos. De acordo com Dias e Santos (2022), a utilização dessas bactérias tem aumentado devido aos diversos mecanismos de ação que oferecem, os quais ajudam no manejo nutricional, fisiológico e fitossanitário das plantas, além de promoverem a sustentabilidade nos sistemas de produção.

Conforme apontado por Barreiros (2020), o uso de BPCP promove a fixação biológica de nitrogênio, realizada por bactérias diazotróficas, transformando o nitrogênio atmosférico (N₂) em compostos que as plantas conseguem aproveitar. Associadas às gramíneas, se apresentam como uma estratégia promissora para diminuir o uso de insumos químicos e impulsionar uma agricultura mais sustentável, possibilitando uma redução nos gastos com fertilizantes nitrogenados e redução por perdas por volatilização e lixiviação.

As BPCP têm várias formas de agir que ajudam diretamente a planta, como aumentar a dimensão das raízes, aumentar a quantidade de planta, ajudar a absorver água e nutrientes e resistir a problemas do ambiente. Como destacam Dias e Santos (2022), essas bactérias são muito importantes para criar sistemas de plantio mais resistentes e que não prejudiquem o meio ambiente, ajudando a diminuir os danos ao meio ambiente e a melhorar as práticas de plantio ecológicas.

Conforme apontado por Barreiros (2020), o gênero *Azospirillum* pertencente à subdivisão Proteobacteria, aeróbica, não fermentativa e vibroide, tem alguns efeitos benéficos como a síntese de auxinas, citoquininas e giberelinas. Essas bactérias atuam na fixação biológica de nitrogênio, na fabricação de fitormônios, na solubilização de fosfatos e na produção de sideróforos, resultando em uma melhora considerável no crescimento das raízes e na produtividade das plantas.

Segundo Carvalho (2020), as bactérias do gênero *Azospirillum* não estabelecem relação simbiótica. Isso acontece porque essas bactérias costumam estar localizadas na zona de alongação encontrada nas raízes, e possuem a

capacidade de sobreviver no solo, podendo ainda formar uma agregação sob estresse originado pela produção de cistos de poli- β -hidroxibutirato, que podem servir como reserva energética na ausência de fontes alimentares.

Sendo as bactérias do gênero *Azospirillum* gram-negativas, existem diversas espécies sendo mais associadas a gramíneas e forragens *A. lipoferum* e *A. brasilense*, que possuem movimento ativo, em forma de bastonete, com diâmetro entre 0,8 e 2 μm e 2 a 4 μm de comprimento. As bactérias podem colonizar as raízes das plantas, fazendo a fixação de nitrogênio atmosférico, produção de auxinas e sideróforos e inibindo a ação de fungos e bactérias fitopatogênicas na rizosfera, promovendo maior crescimento, além de solubilização de fosfatos (Dias; Santos, 2022)

Para Duarte *et al.* (2020), o *A. brasilense* se mostrou viável para substituir parcial ou totalmente a adubação nitrogenada. Constatou-se que a inoculação dessa bactéria promoveu maior altura de planta, perfilhos e massa radicular, principalmente nas condições de seca.

As BPCP auxiliam na diminuição de impactos negativos como a falta de água, que causa mudanças na forma como as plantas funcionam, podendo diminuir a produção. O *Azospirillum brasilense*, quando associado ao hospedeiro *Triticum aestivum*, apresenta a capacidade de solubilizar fósforo ($18 \mu\text{g.mL}^{-1}$) e de promover o crescimento de plantas através da produção de ácido indol-3-acético, peroxidase e ascorbato peroxidase sob condição de estresse salino. Além disso, tem demonstrado bons resultados para aguentar a falta de água, auxiliando no uso mais eficiente da água e reduzindo danos à planta. Em ambientes salinos, mostra-se igualmente benéfica, permitindo que as plantas suportem o estresse, resultando em maior taxa de crescimento de raízes e parte aérea (Dias; Santos, 2022).

Para Hungria (2011), as BPCP têm capacidade de fixação biológica de nitrogênio e também exercem outros diversos benefícios, como: aumento na atividade da redutase do nitrato quando crescem endofiticamente nas plantas, produção de hormônios como auxinas, citocininas, giberelinas, solubilização de fosfato e atuam como agente de controle biológico de patógenos.

Essas bactérias são denominadas como diazotróficas ou fixadoras de N_2 , graças à ação de uma enzima chamada dinitrogenase, que pode romper a tripla ligação do N_2 e reduzi-lo a amônia usada pela planta (Hungria, 2011). Também é percebida a produção de fito hormônios que estimulam o crescimento das raízes.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na casa de vegetação do *Campus* Tancredo Neves da Universidade Federal de São João Del-Rei. O município de São João Del-Rei-MG encontra-se na latitude 21°08'11" Sul e longitude 40°15'43" oeste, na altitude de 904 m. O experimento foi realizado entre 13 de fevereiro de 2025 a 06 de junho de 2025, totalizando 113 dias de experimento. As médias das temperaturas máximas e mínimas tomadas durante o período experimental foram de 35,2 °C e 17,1 °C, respectivamente.

Foi avaliada a forrageira capim *Andropogon* (*Adropogon gayanus* cv BRS Sarandi), em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Foram avaliados quatro tratamentos (testemunha, *Phosactiv*, *Phosactiv* + *Azospirillum brasilense* dose padrão, *Phosactiv* + *Azospirillum brasilense* dose dobrada).

Foram preparados 16 vasos, cada um contendo 6 kg de terra. Em seguida, eles foram adubados, irrigados e receberam a semeadura manual do capim *Andropogon* (Figuras 1A e 1B). Os vasos do tratamento testemunha não receberam adubação nem aplicação de *Azospirillum brasilense*.

No tratamento *Phosactiv*, cada vaso recebeu 13,32 g do adubo (equivalente a 120 kg/ha de P_2O_5). Nos tratamentos com as bactérias, além do *Phosactiv*, aplicaram-se 1,33 g de *Azospirillum brasilense* B1 e 2,66 g de *Azospirillum brasilense* B2 (dose dobrada) (Figuras 1C e 1D).

Após o estabelecimento das plantas (cerca de 20 dias após a germinação), realizou-se o desbaste, mantendo-se as cinco plantas mais vigorosas em cada vaso. Durante todo o experimento, realizou-se irrigação diária para evitar estresse hídrico (Figura 2).

O FNR utilizado continha 27% de P_2O_5 e foram utilizadas, em média, 10 sementes por vaso.

O 1º corte foi a 10 cm do solo, e as plantas foram secas em estufa de ventilação forçada até peso constante. A matéria seca foi pesada para estimativa de produção. Após 2º corte, 28 dias após o primeiro corte, as plantas também foram levadas para a estufa. No 3º Corte, além da avaliação da parte aérea, também foi realizada lavagem e secagem de raiz e feita a contagem de perfilhos apenas no 3º corte. Para avaliação da produção de matéria seca total, foi feito somatório da produção dos três cortes.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

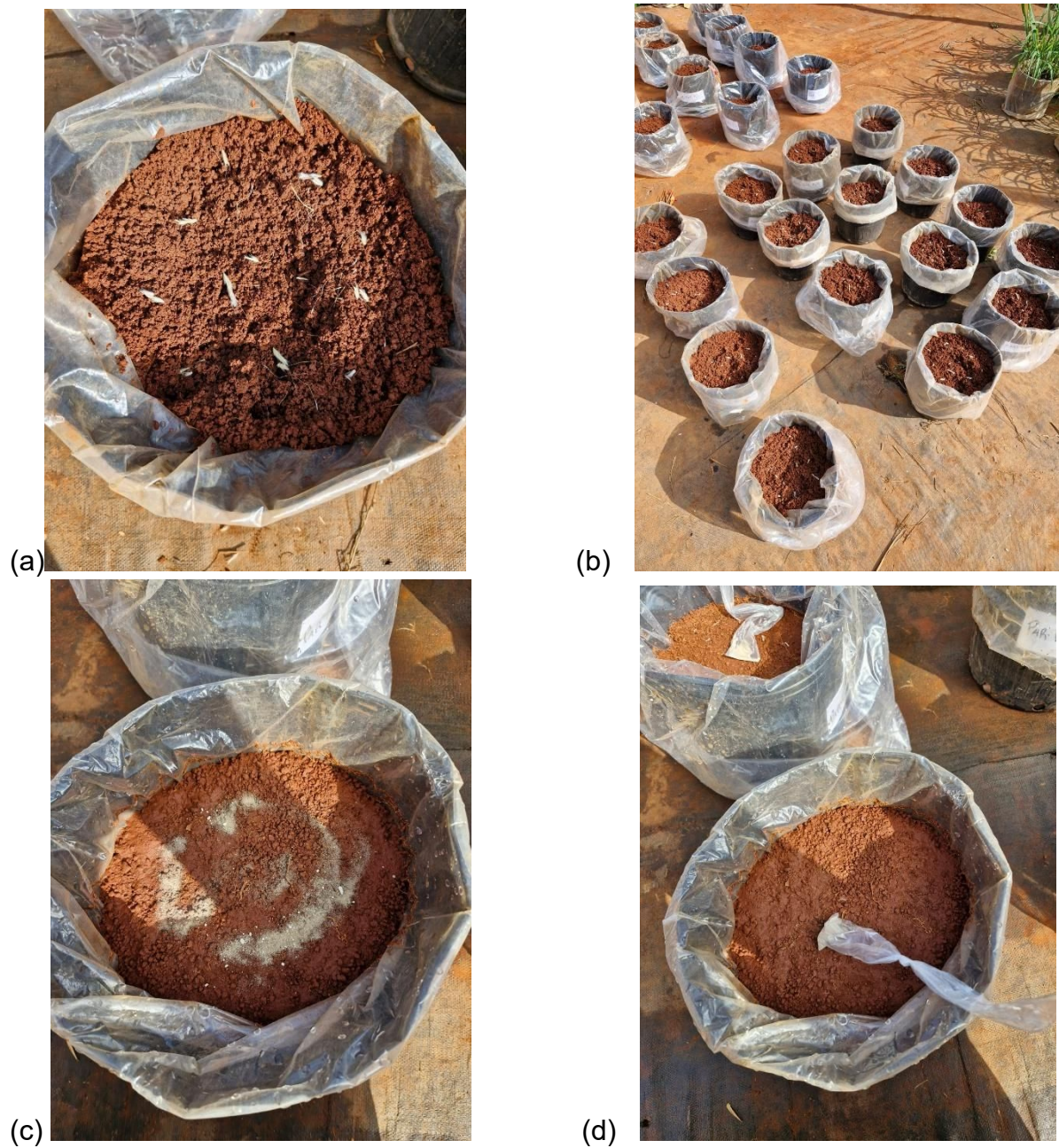


Figura 1- Plantio do Capim Andropogon (a) e (b), aplicação de FNR com BPC e incorporado na superfície do solo do vaso (c) e (d).

Fonte: Acervo pessoal do autor (2025)



(a)



(b)



(c)



(d)

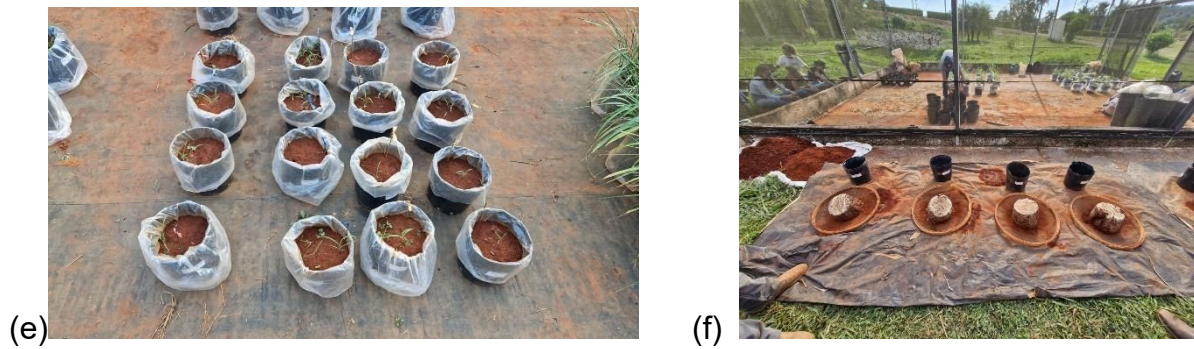


Figura 2- Após aguar já germinado(a), contagem de perfilhos (b), capim Andropogon estabelecido (c), raízes do capim Andropogon (d), germinação do capim Andropogon (e), peneiramento e lavagem das raízes (f).

Fonte: Acervo pessoal do autor (2025)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se efeito para todas as variáveis avaliadas: massa seca total (MST), massa seca de raízes (MSR) e número de perfilhos. Na Tabela 1, observam-se os valores médios para as características avaliadas em capim *Andropogon*.

Tabela 1– Produção de MST, MSR e número de perfilhos de capim *andropogon* em gramas por vaso

Tratamento	MST (g/vaso)	MSR (g/vaso)	Número de perfilhos
Testemunha	3,00 c	4,65 b	20,75 b
Phoscativ	9,56 b	9,66 a	42,00 a
Phoscativ +B1	15,62 a	12,75 a	45,00 a
Phoscativ +B2	11,18 b	9,65 a	31,25 b
CV (%)	15,89	18,98	16,26
p-valor	0,0000009	0,000244	0,00213

Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem testemunha e FNR ENTRE SI a 5% pelo teste Tukey.

MST: Matéria Seca Total

MSR: massa seca de raízes.

CV: Coeficiente de Variação

Para MST, plantas de capim *Andropogon* sem adubação fosfatada (testemunha) apresentaram a menor produção de MST (3g), enquanto todos os tratamentos com FNR elevaram de forma expressiva a massa seca total. O tratamento FNR B1 destacou-se com a maior média (15,63 g). Os tratamentos FNR B2 (11,19g) e FNR (9,57g) não apresentaram diferença entre si. Esses resultados evidenciam que o uso de FNR aumenta substancialmente a produção de biomassa em relação à ausência de aplicação.

O fósforo é um macronutriente essencial para a formação e expansão do sistema radicular, no perfilhamento e no acúmulo de biomassa, combinação entre FNR e *Azospirillum* elevou de forma expressiva a produção de matéria seca, o perfilhamento e o acúmulo de raízes

Para massa seca de raiz, a testemunha apresentou novamente o menor valor médio (4,65 g), enquanto os tratamentos FNR B1 (12,76 g), FNR (9,66 g) e FNR B2 (9,66 g) não diferiram entre si. Esse resultado indica que, do ponto de vista de crescimento radicular, qualquer uma das formas de FNR testadas foi suficiente para

incrementar de maneira semelhante a MSR em relação à ausência de adubação fosfatada, reforçando o efeito positivo dos tratamentos sobre o sistema radicular.

Em relação ao número de perfilhos, as maiores médias foram observadas nos tratamentos FNR B1 (45 perfilhos) e FNR (42 perfilhos). O tratamento FNR B2 (31 perfilhos) apresentou valor intermediário, não diferindo da testemunha (21 perfilhos) pelo teste de Tukey a 5%. Assim, embora FNR B2 tenha proporcionado aumento numérico no número de perfilhos em relação à testemunha, esse incremento não foi estatisticamente significativo nas condições do experimento. Já os tratamentos FNR B1 e FNR mostraram aumento claro e significativo no perfilhamento, o que é fundamental para a formação e persistência da pastagem.

De forma geral, os resultados indicam que os tratamentos à base de FNR foram eficientes em incrementar massa seca total, massa seca de raízes e número de perfilhos em relação à testemunha, com destaque para o tratamento FNR B1, que apresentou desempenho superior para MST e número de perfilhos, e desempenho equivalente aos demais tratamentos com FNR para MSR.

5. CONCLUSÃO

O tratamento com fosfato natural reativo associado à dose padrão de *Azospirillum brasilense* proporcionou maior produção de matéria seca total e maior perfilhamento, o que indica uma melhora na vitalidade e na capacidade de rebrota da planta. A matéria seca de raízes apresentou incremento em todos os tratamentos que incluíram FNR, reforçando sua contribuição para o desenvolvimento radicular. Observou-se também que a aplicação da dose dobrada do inoculante não superou a dose padrão, sugerindo um possível limite de eficiência na inoculação bacteriana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL, E. C., OLIVEIRA JÚNIOR, A.; CARVALHO, M. da C. S.; SANTOS, D. G. dos; AMARAL, A. J. M. S. do; HUNGRIA, L. C. da. Eficiência de fosfatos reativos associados à fonte solúvel de fósforo na sucessão milho/soja. **XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**. Florianópolis–SC, 2013. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/964892/1/1041.pdf>. Acesso em: 28 out. 2025.

BARREIROS, Artur Roque Domingues. **Bactérias promotoras de crescimento vegetal em capim Paiaguás e capim Ruziziensis**. 2020. 71 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) — Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Maringá–PR, 2020. Disponível em: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/handle/1/6022>. Acesso em: 28 out. 2025.

BATISTA, L.A. R.; GODOY, R. Baeti-Embrapa 23, uma nova cultivar do capim adropógon (*Andropogon gayanus*). **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, V.24, N.2, p. 205–213, 1995. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1109961/baeti--embrapa-23-uma-nova-cultivar-do-capim-andropogon-andropogon-gayanus-kunth>. Acesso em: 28 out. 2025.

CARVALHO, M. A.; FONSECA, Carlos Eduardo Lazarini da; RAMOS, Allan Kardec Braga; BRAGA, Gustavo José; FERNANDES, Francisco Duarte; PESSOA FILHO, Marco Aurélio de Caldas Pinho; MACIEL, Giovana Alcântara; Jaqueline Rosemeire Verzignassi; GUSMÃO, Marcos Rafael; ANDRADE, Carlos Maurício Soares, **BRS Sarandi: nova cultivar de *Andropogon gayanus* para pastagens**. **Circular Técnica**, Planaltina–DF, maio/2021. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1133767/1/BRS-Sarandi-nova-cultivar-de-Andropogon-gayanus-Circular-52.pdf>. Acesso em: 28 out. 2025.

CARVALHO, Caroline Lopes Monteiro de. **Inoculação com bactérias promotoras do crescimento no acúmulo de nutrientes, produção de massa seca e composição bromatológica do capim Zuri (*Megathyrsus maximus*)**. 2020. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Animal) — Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Câmpus de Dracena, Dracena, 2020. <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/e6e7a18f-9ca0-491d-a3e0-f839e8c1c646/content>. Acesso em: 28 out. 2025.

DIAS, Anderson dos Santos; SANTOS, Cleberton Correia. **Bactérias promotoras de crescimento de plantas: conceitos e potencial de uso**. Nova Xavantina – MT: Pantanal Editora, 2022. 98 p. ISBN 978-65-81460-63-1. DOI: <https://doi.org/10.46420/9786581460631> <https://editorapantanal.com.br/ebooks/2022/bacterias-promotoras-de-crescimento-de-plantas-conceitos-e-potencial-de-uso/ebook.pdf>. Acesso em 31 out. 2025.

DUARTE, Camila Fernandes Domingues; CECATO, Ulysses; HUNGRIA, Mariangela; FERNANDES, Henrique Jorge; BISERRA, Thiago Trento; MAMÉDIO,

Divaney; GALBEIRO, Sandra; NOGUEIRA, Marco Antônio. Inoculação de bactérias promotoras do crescimento vegetal em *Urochloa ruziziensis*. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, e630985978, 2020.

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1128468>. Acesso em 26 out. 2025.

EMBRAPA. **Embrapa mapeia a degradação das pastagens do Cerrado**. 2014. Disponível em:

<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2361250/embrapa-mapeia-degradacao-das-pastagens-do-cerrado#:~:text=de%20feito%20estufa.-%22Em%20pastos%20recuperados%20%C3%A9%20poss%C3%ADvel%20alcan%C3%A7ar%20maior%20produtividade%20e%20menor,do%20Brasil%22%2C%20refor%C3%A7a%20Bolle>. Acesso em 20 out. 2025

EMBRAPA. **O Andropogon que você já conhece agora muito melhor!**, Março de 2022. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1152193>. Acesso em 21 out. 2025.

EMBRAPA. **Nova cultivar de capim-andropogon apresenta maior produtividade em áreas de baixa fertilidade**. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/85059254/nova-cultivar-de-capim-andropogon-apresenta-maior-produtividade-em-areas-de-baixa-fertilidade> Acesso em 20 out. 2025.

FERREIRA, Daniele de Jesus; ZANINE, Anderson de Moura. Importância da pastagem cultivada na produção da pecuária de corte brasileira. **REDVET – Revista Electrónica de Veterinaria**, Málaga, v. VIII, n. 5, p. 1-17, maio 2007. Veterinaria Organización. Disponível em:

<https://www.redalyc.org/pdf/636/63612669005.pdf#:~:text=As%20pastagens%20s%C3%A3o%20as%20principais%20fontes%20de,a%20mastiga%C3%A7%C3%A3o%20C%20rumina%C3%A7%C3%A3o%20e%20sa%C3%BAde%20do%20r%C3%BAmen> Acesso em: 12 nov. 2025.

FURTINI NETO, VALE, Antônio Eduardo; RESENDE, Fabiano Ribeiro do; GUILHERME, Álvaro Vilela de; GUEDES, Luiz Roberto Guimarães; AQUINO, Geraldo Aparecido de. **Fertilidade do Solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. Disponível em: <https://repositorio.ufla.br/items/9aee3c9d-04eb-443f-b165-99c5ef901664> Acesso em 20 out. 2025.

HUNGRIA, Mariangela. **Inoculação com Azospirillum brasilense: inovação em rendimento a baixo custo**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 36 p. (Documentos, 325).

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/29676/1/Inoculacao-com-azospirillum.pdf>. Acesso em 20 out. 2025.

JAYME, Diogo Gonzaga; GONÇALVES, Lúcio Carlos; RAMIREZ, Matheus Anchieta; MENEZES, Rafael Araújo de (orgs.). **Gramíneas forrageiras tropicais**. 1. ed. Belo Horizonte: FEPE, 2022. 382 p. Disponível em

<https://repositorio.ufmg.br/server/api/core/bitstreams/0303993e-cd25-4119-b55b-af6f1d15d912/content>. Acesso em 28 out. 2025.

MAPA. **Pecuária brasileira cresce com sustentabilidade e lidera exportações mundiais**. Governo Federal. Disponível em <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/pecuaria-brasileira-cresce-com-sustentabilidade-e-lidera-exportacoes-mundiais>. Acesso em 20 out. 2025.

OCP Brasil. Phosactiv®: O fosfato natural reativo da OCP Brasil para construir a fertilidade do solo. **OCP Brasil**. Disponível em: https://www.ocpbrasil.com.br/sites/default/files/2023-09/Folder_Phosactiv_online_0.pdf. Acesso em 20 out. 2025.

REZENDE, A. V. D.; LIMA, J. F. de; RABELO, C. H. S.; RABELO, F. H. S.; NOGUEIRA, D. A.; CARVALHO, M.; FARIA JUNIOR, D. C. N. A.; BARBOSA, L. de A. Características morfofisiológicas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em resposta à adubação fosfatada. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 4, n. 14, p.335–343, 2011, ISSN: 1984-2538. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/1145>. Acesso em 20 out. 2025.

SANTOS, I. P. A. dos; PINTO, J. C.; NETO, A. E. F; MORAIS, A. R. de; MESQUITA, E. E.; FARIA, D. J. G.; ROCHA, G. P. R. Frações de fósforo em gramíneas forrageiras tropicais sob fontes e doses de fósforo. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 30, n. 5, p. 961–970, set./out., 2006. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542006000500021>

SOARES, W. V.; LOBATO, E; SOUSA, D. M. G de; REIN, T. A. Uso de fosfatos naturais reativos em pastagens com gramíneas forrageiras tolerantes à acidez na região do cerrado. **Embrapa**. Comunicado Técnico, nº 30, 4 p., 100 exemplares, out., 2000. ISSN 1517–1469. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/554774/1/comtec30.pdf>. Acesso em 20 out. 2025.

THOMAS D. *Andropogon Gayanus* Var. *Bisquamulatus* cv. Planaltina: Principais características forrageiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.16, p. 347–355, 1981. <https://apct.sede.embrapa.br/pab/article/view/16890>. Acesso em 20 out. 2025.

VILAR, C. C.; VILAR, F. C. M. Comportamento do fósforo em solo e planta. Campo Digital: **Rev. Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias**, v. 8, n. 2, p. 37–44, dez., 2013. ISSN:1981-092X. Disponível em: <https://revista2.grupointegrado.br/revista/index.php/campodigital/article/view/1664/527>. Acesso em 20 out. 2025.

ZANIN A.; LONGHI-WAGNER H.M. Sinopse do gênero *Andropogon* L. (Poaceae Andropogoneae) no Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, p. 289–299, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042006000200010>. Acesso em 20 out. 2025.