

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA DE CIÊNCIAS MÉDICAS E DA VIDA
Curso de Zootecnia

**IMPORTÂNCIA DA INOCULAÇÃO DE *AZOSPIRILLUM BRASILENSE*
PARA A FORMAÇÃO DE PASTAGENS COM GRAMÍNEAS DO
GÊNERO *UROCHLOA spp***

Nome do Acadêmico: Ana Paula Rosa Ferreira Rios
Nome do Orientador: Prof^a. Valéria C. de Carvalho Zampronha

Goiânia-GO
2023



ANA PAULA ROSA FERREIRA RIOS



**IMPORTÂNCIA DA INOCULAÇÃO DE *AZOSPIRILLUM BRASILENSE*
PARA FORMAÇÃO DE PASTAGENS COM GRAMÍNEAS DO
GÊNERO *UROCHLOA spp***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial para obtenção do grau de
Zootecnista, junto à Escola de Ciências Médicas
e da Vida, da Pontifícia Universidade Católica de
Goiás.

Orientadora: Prof^a. Valéria C. de Carvalho
Zampronha

Goiânia-GO
2023



ANA PAULA ROSA FERREIRA RIOS



**IMPORTANCIA DA INOCULAÇÃO DE *AZOSPIRILLUM BRASILENSE*
PARA A FORMAÇÃO DE PASTAGENS COM GRAMÍNEAS DO
GÊNERO *UROCHLOA spp***

Monografia apresentada à banca avaliadora em ___/___/___ para conclusão da disciplina de TCC, no curso de Zootecnia, junto à Escola de Ciências Médicas e da Vida da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, sendo parte integrante para o título de Bacharel em Zootecnia.

Prof^ª. Esp. Valéria C. de Carvalho Zampronha
(Orientador)

Prof. Dr. Roberto Toledo de Magalhães
(Membro)

Prof. Me. Roberto Malheiros
(Membro)

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida.

A meus pais, pela criação que recebi e por tudo que fizeram por mim.

A meu marido e filhos pelo apoio, paciência e por estarem sempre ao meu lado.

Aos professores por compartilharem seus conhecimentos e dedicação na minha formação.

Aos colegas de turma que tanto me ajudaram ao longo dessa trajetória.

Quanto mais aumenta nosso conhecimento,
mais evidente fica nossa ignorância.

John F. Kennedy

SUMÁRIO

	LISTA DE FIGURAS	VII
	RESUMO.....	VIII
1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1	Pastagens do gênero <i>Urochloa</i> no Brasil	3
2.2	A <i>Azospirillum brasilense</i>	8
2.3	Importância do nitrogênio para as plantas	13
2.4	Efeitos da inoculação de <i>Azospirillum brasilense</i> em pastagens.....	16
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	19
4	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Pastagem de <i>Urochloa brizantha</i>	4
Figura 2	Caracterização dos níveis de degradação de pastagens.....	6
Figura 3	Gráfico das classes de degradação de pastagens no Brasil....	7
Figura 4	Raízes de <i>U. ruziziensis</i> não inoculada (esquerda) e inoculada (direita) com <i>A. brasilense</i> , ambas recebendo 40Kg de N/ha (ensaio em casa de vegetação).....	11
Figura 5	Ciclo do Nitrogênio – Fixação biológica do nitrogênio.....	15
Figura 6	Resultados da inoculação de <i>A. brasilense</i> em capins <i>Urochloa</i>	16
Figura 7	Comparação de capim Marandu sem inoculação (esquerda) e inoculado (direita) com a bactéria <i>Azospirillum brasilense</i>	17

RESUMO

A pecuária no Brasil representa um importante seguimento para a economia nacional e mundial e sua produção está diretamente relacionada ao potencial produtivo dos pastos. As gramíneas do gênero *Urochloa*, devido a sua capacidade de produção e adaptabilidade ao solo e clima brasileiros ocupam a maior parte das pastagens no país, e desde que sejam bem manejadas e adubadas, tornam-se produtivas e favorecem a produção animal, pois reduzem os custos com alimento volumoso que os ruminantes tanto necessitam. Com os aumentos dos preços dos corretivos e fertilizantes nos últimos anos, a exploração das relações de interação entre plantas e bactérias fixadoras de nitrogênio surge como uma alternativa economicamente viável e sustentável, e o uso da bactéria *Azospirillum brasiliense*, tem sido uma boa alternativa para influenciar positivamente no crescimento de plantas, pois através da fixação biológica do nitrogênio e da produção de fitormônios, resultam, principalmente, em incrementos consideráveis na biomassa de raízes, favorecendo a produção animal a pasto.

Palavras chave: *Azospirillum brasiliense*, Fixação biológica do nitrogênio, *Urochloa*.

1. INTRODUÇÃO

Segundo dados da ABIEC – Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne, o Brasil atingiu seu recorde no volume de carne bovina exportado em um único ano, alcançando a marca de 2,26 milhões de toneladas vendidas para mais de 150 países. Isso demonstra a grandiosidade da pecuária brasileira no mundo, que é produzida em grande parte a pasto, o que reduz os custos de produção, quando comparada à pecuária confinada (ABIEC, 2023)⁶¹.

As pastagens no Brasil, de grande importância na produção de bovinos, devem ser bem manejadas, adubadas e principalmente produtivas. Mas, de acordo com o Projeto MapBiomass, iniciativa que reúne ONGs, universidades e startups de tecnologia e que mapeia anualmente a cobertura do solo, apenas 37% das áreas ocupadas por pastagem (56,5 milhões de ha) não apresentam algum tipo de degradação. O último levantamento, realizado em 2022, referente ao ano anterior, mostra que cerca de 63% das áreas de pastagens brasileiras estão em processo de degradação (VILELA, 2023).

Diante deste cenário, a recuperação de pastagens é uma ferramenta favorável para a produtividade das fazendas, mas com os aumentos dos preços dos corretivos e fertilizantes nos últimos anos, usar alternativas à adubação nitrogenada se faz necessário. A inoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio, usando a *Azospirillum brasiliense*, tem mostrado resultados satisfatórios, com grande capacidade de influenciar positivamente no crescimento de plantas, através da produção de fitormônios, que resultam, principalmente, em aumentos consideráveis na biomassa de raízes e na fixação do nitrogênio atmosférico.

Dentre as forrageiras utilizadas nas pastagens brasileiras destaca-se as do gênero *Urochloa*, antes conhecida como Braquiária, devido ao seu potencial de produção e adaptabilidade ao solo e clima brasileiros. Elas têm origem em regiões tropicais na África, e incluem grande número de espécies com diversas características. Foi introduzida no Brasil desde a década de 1960 no interior de São Paulo e se expandiu pelo país.

Diante do exposto, observando a importância das pastagens para a produção pecuária brasileira, os níveis de degradação das mesmas e os altos custos de

fertilizantes para recuperação destas áreas, objetivou-se com este trabalho realizar uma revisão bibliográfica sobre os efeitos do uso de inoculantes com *Azospirillum brasiliense* na melhoria de pastagens do gênero *Urochloa*.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. PASTAGENS DO GÊNERO *UROCHLOA* NO BRASIL

A importância das pastagens para a pecuária nacional é reconhecida e inquestionável, uma vez que a produção de ruminantes no Brasil é baseada quase que exclusivamente a pasto. Isso contribui para a diluição dos custos por unidade animal produzida e no aumento da competitividade dos sistemas de produção brasileiros. Por ser um país de grande extensão territorial, existe uma grande diversidade de forrageiras que são utilizadas como pastagens. Atualmente, as principais gramíneas usadas são, em geral, as cultivares dos gêneros *Urochloa*, *Panicum*, *Pennisetum* e *Cynodon*.

Dados do Atlas das Pastagens (2023), ferramenta desenvolvida pelo Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (Lapig/UFG), mostram que a área ocupada por pastagens é de 18,72% do território brasileiro e o rebanho bovino é de mais de 224,6 milhões de cabeças, segundo dados do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2022) confirmando sua importância.

Segundo DIAS-FILHO (2013), as pastagens, quando manejadas corretamente, além de produzir alimento para os animais em pastejo, destacam-se pela alta eficiência em armazenar carbono no solo (sequestro de carbono atmosférico), ciclar nutrientes, controlar erosão por reter as partículas do solo por meio das raízes, promover a cobertura vegetal do solo e ser fonte de matéria orgânica facilitar a infiltração da água da chuva.

No período da escravidão, no Brasil colônia, ocorreu a introdução de algumas forrageiras de origem africana no país através dos navios negreiros oriundos da Guiné. O capim *Urochloa* e outros capins que serviam de cama para os escravos eram depois jogados em áreas da costa brasileira e devido principalmente as semelhanças edafoclimáticas entre algumas regiões do Brasil e algumas regiões da África, essas forrageiras adaptaram-se bem e disseminaram por várias localidades brasileiras, mostrando-se bastante resistentes ao pisoteio e ao pastejo, como consequência, dentre outros fatores, da co-evolução durante milhares de anos com os grandes herbívoros africanos (FONSECA, 2022).

Conforme LUCENA (2011), em 1930, um tipo de *U. decumbens* originário de Uganda foi levado para a Austrália e registrado como cv. *basilisk* e na década de 1960 foi introduzido no Brasil pelo Instituto de Pesquisas Internacionais (IPI), formando-se extensas áreas de pastagens nos Cerrados brasileiros. Com o aparecimento de alguns problemas com o uso desta forrageira, como as infestações com cigarrinhas-das-pastagens, a fotossensibilização em bezerros desmamados e degradação de grandes áreas, por volta de 1965 houve a introdução das *Urochloas brizantha* e *ruzizensis*.

O capim *Urochloa*, originário da África, possui boa adaptabilidade às variadas condições de solos e clima brasileiros, ocupando solos de média a baixa fertilidade nas regiões de clima tropical, o que lhe dá uma maior flexibilidade de manejo. Quando bem manejados, apresentam alta produção de matéria seca, são eficientes na cobertura do solo, apresentam agressividade na competição com plantas daninhas e proporcionam bom desempenho animal. Essas qualidades fizeram do gênero *Urochloa* quase um sinônimo de pastagem. Cultivado em regiões tropicais, a gramínea possui uma centena de espécies. Além do *U. brizantha* (Figura 1), outras bastante conhecidas e utilizadas no Brasil são *U. decumbens*, *U. ruzizensis* e *U. humidicola*. De um total 180 milhões de hectares de pastagens no País, 80% pertencem ao gênero *Urochloa* (GOMES, 2017). A figura 1 mostra uma pastagem de capim *Urochloa brizantha*



Figura 1 - Pastagem de *Urochloa brizantha*
Fonte: Pedro Torres, Zootecnia Brasil (2023).

Segundo o site Wikipedia, o capim *Urochloa* pertence ao domínio *EuKaryota*, reino *Plantae*, superdivisão *Spermatophyta*, divisão *Magnoliophyta*, classe *Liliopsida*, subclasse *Commelimidae*, ordem *Poales*, família *Poaceae* e gênero *Urochloa*.

O *Urochloa* possui um sistema radicular bastante eficiente, com raízes que alcançam grandes profundidades, fazendo com que seja um excelente reciclador de nutrientes do solo e que devido a isto, tenha maior resistência ao estresse hídrico que ocorre durante certos períodos do ano, pois com raízes mais profundas e ramificadas, elas possuem maior capacidade de absorção de água e nutrientes em solos mais profundos (SILVA, 2012).

Diante do exposto, apesar do capim *Urochloa* ter se adaptado tão bem aos solos brasileiros, a produção pecuária a pasto ainda é prejudicada por pastagens com algum nível de degradação, o que afeta a produtividade. Embora muitas gramíneas forrageiras utilizadas nos sistemas de produção brasileiros sejam adaptadas aos solos de baixa fertilidade e sejam rústicas, não há justificativa para pensar que as áreas de pastagens não precisam ser adubadas. A falta de reposição de nutrientes, somada ao não respeito à capacidade de suporte, são algumas das causas da degradação (SANTOS *et al*, 2022).

A degradação da pastagem é a queda acentuada e contínua de sua produtividade, no decorrer do tempo. Essa alteração é um desafio enfrentado pelo setor há décadas, sendo um processo lento e progressivo. Uma causa importante dessa condição é a tradição de desleixo no uso de insumos e de tecnologia que ainda persiste no manejo de muitas áreas de pastagens no Brasil (DIAS-FILHO, 2017).

Segundo VOGEL (2014), dentre os fatores que promovem a degradação das pastagens pode-se citar: a baixa fertilidade natural dos solos, o manejo inadequado das áreas de pastagens, com escolha errada da forragem, lotação inadequada do gado, adubação insuficiente e, conseqüente queda da matéria orgânica nestas áreas. É possível afirmar que a histórica cultura extrativista adotada pelos pecuaristas é a principal responsável pelos baixos investimentos na produção forrageira, gerando um contexto de áreas degradadas devido à baixa produtividade do sistema.

A figura 2, mostra os níveis de degradação de pastagens e algumas de suas características marcantes.



Figura 2 - Caracterização dos níveis de degradação de pastagens.
Fonte: EMBRAPA, Dias-Filho (2017).

Essa sequência confirma que se nenhuma medida de recuperação da área for adotada, os níveis de degradação vão aumentando como o passar o tempo, até chegar ao ponto de a recuperação ser inviável, sendo possível somente a renovação da área, que tem um custo mais elevado que a recuperação.

De acordo com a figura 3 abaixo, o gráfico elaborado pela LAPIG/UFG (2023) mostra ao longo dos anos, que a área de pastagem (ha) pode ser distribuída entre as seguintes classes de degradação: severa, intermediária e ausente.

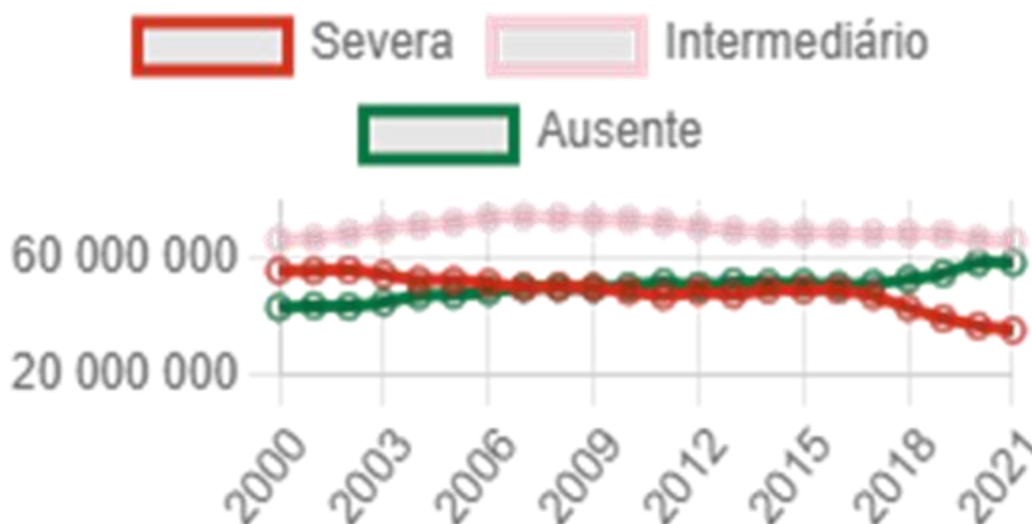


Figura 3 - Gráfico das classes de degradação de pastagens no Brasil
Fonte: Lapig/UFG. 2023.

Conforme exposto no gráfico as áreas de pastagens cultivadas que apresentam níveis severos de degradação têm diminuído ano a ano, com um aumento das áreas livres de degradação, mas ainda muito deve ser feito para tornar essas áreas mais produtivas, e assim reduzir os baixos níveis da produção animal a pasto no país melhorando a produtividade animal/ha.

O uso de práticas agrícolas como utilização de fertilizantes ainda é pouco usado na pecuária, visto que demanda altos custos. Entretanto a correção do solo via adubação química ou orgânica é fundamental para melhorar a produtividade das pastagens. Afinal, são também culturas e como tal, devem receber adubação para serem mais produtivas. Dentre os nutrientes essenciais para as plantas, o nitrogênio é um dos principais limitantes na produtividade das pastagens sendo requerido em grandes quantidades. (FACTORI et al, 2017).

Quando existe limitação do nitrogênio (N), a pastagem perde vigor e problemas como o aparecimento de invasoras, exposição do solo, compactação e erosão, causam degradação, tornando cada vez mais difícil e dispendioso o restabelecimento da capacidade produtiva (GOMES, 2017).

A recuperação ou renovação das áreas de pastagens exige, num primeiro momento, o restabelecimento da fertilidade do solo e deve ser indicada juntamente com outras práticas de manejo que garantam a sustentabilidade dos sistemas pastoris, além de reduzir a expansão em novas áreas de florestas, trazendo dessa forma, benefícios de ordem ambiental, econômica e social (CARVALHO, 2017).

Em decorrência do alto custo dos fertilizantes químicos e a conscientização para uma agropecuária sustentável e menos poluente, há um interesse crescente no uso de inoculantes contendo bactérias que promovam o crescimento e incrementem a produtividade das pastagens. E em 2016 a EMBRAPA Soja comprovou a eficiência agrônômica do uso da *Azospirillum brasilense* com *Urochloa*, sendo a mais utilizada na promoção do desenvolvimento de plantas não leguminosas (em especial as gramíneas), colonizando em especial a região da rizosfera podendo resultar em grande impacto na recuperação de pastagens degradadas.

2.2. AZOSPIRILLUM BRASILENSE

Azospirillum spp é classificada como uma bactéria diazotrófica, que compreende um vasto grupo de organismos procariotos, pode ser encontrada em vários habitats terrestres. É um gênero de bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP), sendo capazes de colonizar superfícies das raízes, da rizosfera, da filosfera e os tecidos internos dos vegetais para estimular o crescimento das plantas. Entre os processos promovidos, estão a fixação biológica de nitrogênio (FBN) e a síntese de fitormônios.

Conforme FUKAMI (2018), as bactérias fixadoras de nitrogênio (FBN) são encontradas na natureza na forma de vida livre ou em associação com plantas (associativas) e estão amplamente distribuídas no solo. Elas podem ser classificadas em três grupos: diazotrofos de vida livre, que fixam o nitrogênio apenas para seu próprio uso; diazotrofos associativos, que auxiliam o crescimento de plantas sem formar estruturas diferenciadas e os diazotrofos simbióticos, que estabelecem uma interação mais específica com o simbionte, e em alguns casos, formam estruturas diferenciadas chamadas nódulos, que ocorrem preferencialmente em plantas leguminosas.

As bactérias diazotróficas de plantas não leguminosas podem ser agrupadas em três categorias: organismos rizosféricos, endofíticos facultativos e endofíticos obrigatórios. Na primeira categoria estão todas as espécies que colonizam as raízes superficialmente, na chamada rizosfera. Os microrganismos endofíticos facultativos são aqueles capazes de colonizar raízes interna e externamente e o terceiro grupo, os que colonizam o interior de raízes e a parte aérea das plantas não leguminosas. A denominação de bactéria endofítica deve-se ao fato de serem capazes de viver no interior do vegetal sem que induzam uma resposta de defesa à sua presença (SHOCKNESS, 2016). Diante do exposto a bactéria *Azospirillum brasilense* é classificada como um microrganismo associativo endofítico facultativo.

No site BacDive, a classificação taxônômica dessa bactéria é a seguinte: Domínio " Bactérias", Filo *Pseudomonadota*, Classe *Alfaproteobactéria*, Ordem *Rhodospirillales*, Família *Azospirillaceae*, Gênero *Azospirillum*, Espécie *Azospirillum brasilense*. O gênero *Azospirillum* (A.) foi reclassificado por Tarrand et al. (1978) e, atualmente, possui 17 espécies espalhadas pelo mundo, que são utilizadas na agricultura: *A. brasilense*, *A. lipoferum*, *A. amazonense*, *A. irakense*, *A. halopraeferens*, *A. largimobile*, *A. doebereineriae*, *A. oryzae*, *A. melinis*, *A. canadense*, *A. zaeae*, *A. rugosum*, *A. picis* e *A. thiophilum*, *A. formosense*, *A. humicireducens* e *A. fermentarium* (FALEIRO, 2014).

Em publicação no site Memória EMBRAPA, "entre 1963 e 1969, quando poucos cientistas acreditavam que a fixação biológica de nitrogênio (FBN) poderia competir com fertilizantes minerais, a engenheira agrônoma Dra. Johanna Döbereiner, pioneira em biologia do solo, iniciou um programa de pesquisas sobre os aspectos limitantes da fixação biológica de nitrogênio (FBN) em leguminosas tropicais. O programa brasileiro de melhoramento da soja, iniciado em 1964, foi influenciado pelos trabalhos da Dra. Döbereiner, tendo representado, na época, uma quebra de paradigma".

Em 1974, no laboratório da Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária (EMBRAPA, 2015), a Dra Döbereiner isolou e identificou a bactéria *Spirillum*, fixadora de nitrogênio atmosférico em gramíneas, com isso a descoberta sobre a fixação do nitrogênio atmosférico em gramíneas começou a ser colocada em prática, oferecendo uma mudança em todo o panorama a respeito dos nitrogenados químicos no Brasil e no mundo.

As *Azospirillum brasilense* são tidas como bactérias bioestimulantes, visto que atuam em todos os aspectos de vida das plantas como crescimento, nutrição, desenvolvimento, morfogênese, interações com outros microrganismos e respostas aos estresses abióticos e bióticos. São responsáveis pela produção de numerosos fitormônios (auxinas, citocininas e giberelinas), fixação de N, produção de uma variedade de moléculas e de enzimas, crescimento do sistema radicular, aumento da captação de água e minerais, mitigação de estresses em plantas, mobilização de minerais e controle biológico direto ou indireto de vários patógenos (JALES et al, 2021).

Bactérias pertencentes ao gênero *Azospirillum* são altamente móveis, possuem um flagelo polar que é sintetizado durante o crescimento em meio líquido e é usado principalmente para locomoção. Flagelos laterais adicionais são induzidos durante o crescimento em meios solidificados e são responsáveis pela colonização das bactérias sobre superfícies sólidas. A motilidade oferece à bactéria a vantagem de se mover para condições favoráveis de nutrientes. A *Azospirilla* exibe quimiotaxia positiva para ácidos orgânicos, açúcares, aminoácidos e compostos aromáticos, bem como para exsudatos radiculares. Uma associação *Azospirillum* – raiz da planta só pode ser bem-sucedida se a bactéria for capaz de sobreviver no solo e atingir populações significativas no sistema radicular do hospedeiro, ou seja, o solo tem que ter condições favoráveis ao crescimento e desenvolvimento dessas bactérias. A motilidade e a quimiotaxia permitem que as bactérias se movam em direção às raízes das plantas e se beneficiem dos exsudatos radiculares como fonte de carbono e energia e, portanto, podem contribuir para a sobrevivência e colonização da rizosfera (STENNHOUDET, 2000).

De acordo com GOMES (2017), estas espécies, além de fixarem nitrogênio, podem auxiliar no crescimento radicular das gramíneas através da produção de fitormônios, aumentando a densidade, o crescimento e a área superficial das raízes laterais. Por isso, apresentam grande potencial na reabilitação de solos, principalmente na sustentabilidade dos agroecossistemas, por incorporarem nitrogênio de forma biológica, produzindo e disponibilizando substâncias reguladoras e promotoras do crescimento vegetal, como as auxinas, giberilinas e citocininas, que podem melhorar a nutrição mineral e a absorção de água pelas plantas.

O primeiro inoculante comercial para pastagens do Brasil foi lançado em 2016, levando as cepas Ab-V5 e Ab-V6 como inoculantes para *Urochloa brizantha* e *Urochloa ruziziensis*, também resultante de uma parceria público-privada da Embrapa Soja e Total Biotecnologia. Os experimentos para comprovação da eficiência agrônômica foram realizados em três cidades brasileiras (Londrina e Ponta-Grossa/PR e Três Lagoas/MS) durante três anos, com 13 cortes por espécie vegetal. Durante os experimentos, os autores destacaram a importância de comparar o desempenho das plantas que receberam N-fertilizante, pois *A. brasilense* não é capaz de suprir toda a demanda de N da gramínea, sendo o principal objetivo recuperar a fertilidade dos solos com pastagens. Em comparação com a testemunha recebendo apenas N-fertilizante (40 kg/ha de N na semeadura), quando o N-fertilizante foi combinado com a inoculação das sementes com *A. brasilense* cepas Ab-V5 e Ab-V6, produção de biomassa forrageira por *U. brizantha* e *U. ruziziensis* aumentaram 17,3 e 12,5 %, respectivamente (SANTOS, 2021).

A figura 4 mostra o efeito do uso da *Azospirillum brasilense* em raízes de *Urochloa ruziziensis*, em experimento conduzido pela Embrapa Soja em casa de vegetação.



Figura 4 - Raízes de *U. ruziziensis* não inoculada (esquerda) e inoculada (direita) com *A. brasilense*, ambas recebendo 40Kg de N/ha (ensaio em casa de vegetação).

Fonte: Embrapa Soja (2017)

Outros benefícios proporcionados pelo *Azospirillum brasiliense* são: o aumento da densidade e comprimento dos pêlos absorventes das raízes, incrementos na velocidade de aparecimento de raízes laterais e do volume de superfície radicular; alteração da respiração das raízes e das atividades de enzimas da via glicolítica e do ciclo dos ácidos tricarboxílicos; produção de nitritos; aumento na absorção de nutrientes e sinais moleculares que interferem no metabolismo das plantas (LIMA, 2018).

Na prática, essas bactérias conseguem modificar o nitrogênio atmosférico, de modo a ser assimilado pelas raízes permitindo que se reduza a adubação química nitrogenada. Outro ponto que merece destaque refere-se ao aumento da profundidade das raízes, pois essa amplitude permite que a planta, em períodos de estiagem prolongada, possa buscar água nas camadas mais profundas do solo, contribuindo com a sustentabilidade da pastagem. Podem, ainda, promover efeitos positivos sobre os mecanismos de defesa do vegetal, impedindo a ação de patógenos (COMAS, 2022).

Por se tratar de microrganismos vivos, alguns cuidados devem ser tomados com a compra do inoculante contendo *Azospirillum*: Verificar o prazo de validade do inoculante, se o produto apresenta o número de registro no MAPA, certificar-se de que o produto, antes de ser comprado, era conservado em condições adequadas de umidade e temperatura (no máximo 30°C), pois estes fatores interferem diretamente na efetividade do produto. Após a aquisição, conservar o inoculante em local protegido do sol e arejado até o momento da utilização (HUNGRIA, 2011).

Os inoculantes com as bactérias *Azospirillum brasiliense* são encontrados comercialmente nas versões líquido, podendo ser aplicados via semente e via sulco de semeadura, e turfoso ou à base de turfa, que pode ser aplicado somente via semente. A versão líquida pode ser inoculado também via foliar em pastagens já estabelecidas.

Se utilizadas de forma correta, estas bactérias são capazes de beneficiar as plantas por meio da incorporação de nitrogênio atmosférico no solo, via fixação biológica. Fica notório que a utilização de bactérias inoculantes é uma alternativa promissora para a formação e recuperação de áreas degradadas, tornando sustentáveis as atividades relacionadas e colaborando de forma indireta para redução

de gases de efeito estufa e evitando a degradação das pastagens (HUNGRIA et al., 2016).

Segundo dados da Embrapa, com o uso bactérias fixadoras de nitrogênio, o Brasil economiza, anualmente, mais de 14 bilhões de dólares, que deixam de ser gastos com fertilizantes nitrogenados. Mesmo com o alto investimento em pesquisa e tecnologia, são tecnologias com excelente custo-benefício ao produtor. Enquanto fertilizantes nitrogenados como a ureia custam em média acima de R\$ 500 por hectare, os inoculantes para soja têm um custo médio aproximado entre R\$ 8 a R\$ 15 por hectare.

2.3. IMPORTÂNCIA DO NITROGÊNIO PARA AS PLANTAS

O Nitrogênio (N) é um dos principais nutrientes que impactam no desenvolvimento e produção de plantas forrageiras. Dentre os macronutrientes, ele é o mais exigido pelas plantas, sendo constituinte de vários compostos vegetais destacando-se os aminoácidos, ácidos nucleicos (DNA e RNA) e ATP (adenosina trifosfato), participando de várias reações bioquímicas e sendo importante elemento no metabolismo vegetal. Está associado também ao crescimento e desenvolvimento dos vegetais, por estar envolvido no processo de síntese de clorofilas, responsáveis pelo processo fotossintético, promovendo o crescimento e dando a pigmentação verde das plantas. Em geral, encontra-se em baixas concentrações no solo, principalmente por não estar presente no material de origem (rochas), sendo a matéria orgânica do solo sua fonte primária (MARTINS, 2022).

Na atmosfera, o nitrogênio está presente na forma de gás nitrogênio, representado pela fórmula molecular N_2 ($N \equiv N$), e constitui 78% do ar atmosférico. Apesar de ser encontrado em grande quantidade na atmosfera, o gás nitrogênio não é utilizado pela maioria dos organismos vivos, porque a presença da ligação covalente tripla entre as moléculas torna esse gás altamente estável em temperatura ambiente, impedindo sua fixação e incorporação à matéria viva. Entre os organismos capazes de utilizar esse nitrogênio, estão alguns tipos de bactérias denominadas como diazotróficas ou fixadoras de nitrogênio (SANTOS, 2020). O processo de “quebra” da molécula de nitrogênio ocorre porque esses microrganismos possuem a enzima nitrogenase, caracterizada como um complexo enzimático responsável pela quebra

da ligação tripla do N_2 , usando energia celular na forma de adenosina trifosfato (ATP), reduzindo o N_2 atmosférico a amônia (NH_3) (BRANCO, 2022).

As gramíneas também podem desenvolver relações simbióticas com organismos fixadores de nitrogênio, mas nessas associações não são produzidos nódulos. Nesse caso, a bactéria fixadora de nitrogênio ancora-se na superfície da raiz, principalmente nas proximidades da zona de alongamento e nos pelos das raízes, ou vive como endófito, colonizando os tecidos da planta sem causar doença (TAIZ et al. 2017).

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) é realizada naturalmente por alguns grupos específicos de bactérias, sendo elas de vida livre (sem relações simbióticas) e endofíticas mutualistas obrigatórias ou facultativas (simbiose), que existem naturalmente no solo. No entanto, para favorecer o processo da FBN, é comum a prática da inoculação das sementes pré-plantio com o uso de inoculantes comerciais, produto que contém grande quantidade de bactérias benéficas e intensifica o processo natural da fixação biológica de nitrogênio (FBN). Isso aumenta a interação das bactérias fixadoras de nitrogênio com as plantas (EMBRAPA, 2019).

No caso das bactérias associativas (*Azospirillum spp.*) o mesmo complexo da nitrogenase realiza a conversão do N_2 da atmosfera em amônia (NH_3). Contudo, ao contrário das bactérias simbióticas (leguminosas), bactérias associativas excretam somente uma parte do nitrogênio fixado diretamente para a planta associada, ou seja, ainda que essas consigam fixar nitrogênio, não consegue suprir totalmente as necessidades das plantas em nitrogênio (BRANCO, 2022), por isso, a necessidade de adubação nitrogenada se faz ainda necessária.

As principais fontes de N necessárias ao crescimento das plantas são: a decomposição da matéria orgânica do solo, onde as bactérias ao decompor o material orgânico, são capazes de captar parte desse N e quebrá-lo em forma de nitritos (NO_2) e nitratos (NO_3^-); os fertilizantes e a fixação biológica de nitrogênio (FBN). No entanto, o fornecimento, a utilização e as perdas desse elemento constituem um ciclo complexo com muitas interações (Hungria et al., 1994). O N é encontrado em diferentes formas no ciclo biogeoquímico. Na atmosfera, o N varia desde a forma gasosa (N_2) à de íons reduzidos (NO_2 – dióxido de nitrogênio, N_2O – óxido nitroso), antes de ser incorporado a compostos orgânicos nos seres vivos (Dias-Filho, 2011).

A forma como esse nutriente move-se através dos compartimentos do sistema é denominado de ciclo do nitrogênio, sendo considerado um sistema aberto dentro do ecossistema pastagens, por isso está sujeito a entradas e saídas. As principais formas de entrada de nitrogênio no sistema são através da deposição atmosférica, fixação biológica de gás nitrogênio (N_2) atmosférico, incorporação via adubação química e reciclagem de nitrogênio no sistema solo/planta/animal (GURGEL et.al., 2018).

O ciclo do nitrogênio permite a ciclagem deste elemento no ambiente, disponibilizando-o para os seres vivos e, após, ao meio novamente. Este ciclo compreende cinco etapas específicas: fixação (1), amonificação (2), nitrificação (3), desnitrificação (4) e assimilação (5), conforme demonstra a figura 5.

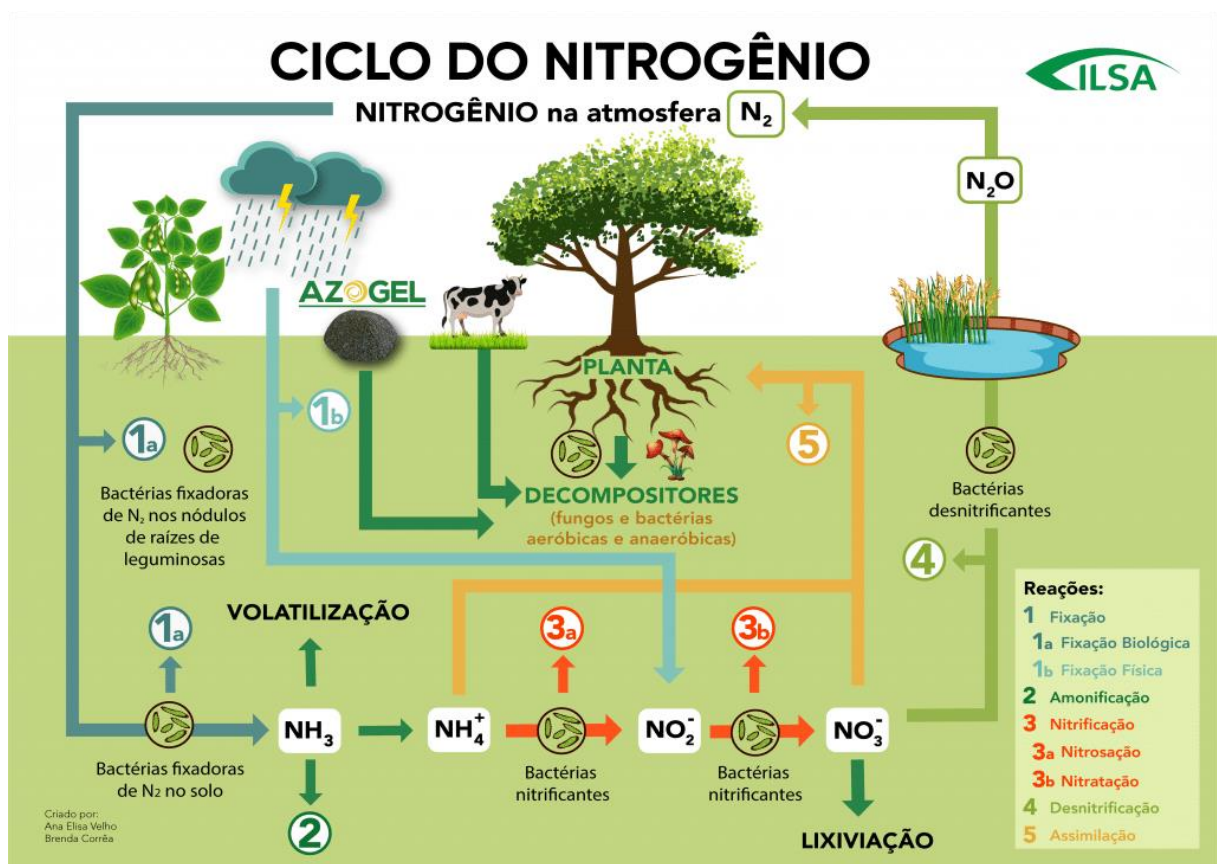


Figura 5 - Ciclo do Nitrogênio e suas reações – Fixação biológica do nitrogênio
Fonte: ILSA Brasil/Blog, Santos (2020)

Resumindo, a peça-chave na fixação do nitrogênio atmosférico não é a planta e sim as Bactérias que vivem no solo, pois elas são capazes de fixar o N_2 e convertê-lo em amônia (NH_3). A assimilação do nitrogênio pela planta se dá pelas formas minerais de NH_4^+ (amônio) e NO_3^- (nitrato). Conforme SANTOS (2020), então temos

bactérias que convertem o N_2 em amônia, ou as que eventualmente convertem-no em nitritos e nitratos que podem também ser convertidos de volta ao nitrogênio molecular (N_2) que é devolvido à atmosfera, sendo constantemente reciclado na biosfera. A principal contribuição do uso dessa bactéria está relacionada à alta capacidade da mesma de fixar nitrogênio em forma assimilável pela planta, principalmente em amônia (VOGEL, 2014).

2.4. EFEITOS DA INOCULAÇÃO DE *AZOSPIRILLUM BRASILIENSE* EM PASTAGENS

Os efeitos da inoculação dependem de uma série de fatores pois, existe uma relação bastante específica entre a estirpe da bactéria utilizada com a cultivar do vegetal que se deseja produzir; a este evento se denomina especificidade planta-bactéria e, é uma das principais causas de inconsistência de ganhos produtivos com a utilização de bactérias promotoras do crescimento vegetal (MUNDIM, 2016).

Por ser uma bactéria associativa, a inoculação com o *Azospirillum*, não substitui completamente a adubação mineral nitrogenada, a redução do custo da adubação ocorre devido a diminuição das doses do nitrogênio mineral, que passa a ter uma dose menor na semeadura e na adubação em cobertura (EMBRAPA, 2015).

A associação entre plantas e bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) pode ser altamente benéfica, especialmente em condições de baixa fertilidade do solo. Acredita-se que essas bactérias beneficiem o crescimento das plantas por uma série de mecanismos que podem atuar simultaneamente ou em cascata. A inoculação de diferentes espécies forrageiras com *Azospirillum brasilense* possibilitou reduzir as quantidades de N-fertilizantes aplicadas sem comprometer componentes importantes da produtividade, como acúmulo de matéria seca e altura da planta (HUNGRIA, 2016).

Na figura 6, mostra os resultados obtidos com a inoculação de *Azospirillum brasilense* em *Urochloa*.

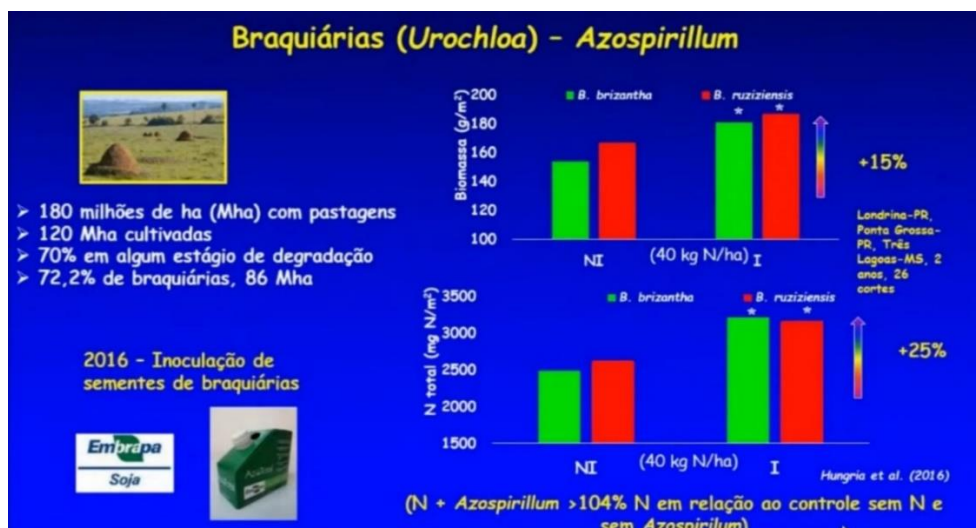


Figura 6 - Resultados da inoculação de *A. brasilense* em capins *Urochloa*

Fonte: Portal Embrapa, Hungria(2021).

O processo de inoculação de *Urochloa* com *Azospirillum* também traz benefícios ambientais ao favorecer o sequestro de carbono da atmosfera pela maior produção de biomassa de forragem, estimado em aproximadamente 100 kg de carbono por hectare por ano (C/ha/ano). O carbono absorvido pela planta é convertido em biomassa, portanto, para gerar mais biomassa, a planta retira mais carbono da atmosfera. Além disso, a inoculação eliminou a necessidade de uma segunda aplicação de 40 kg de nitrogênio por hectare (N/ha), contribuindo para a mitigação de gases de efeito estufa, estimada em 180 equivalentes de gás carbônico por hectare (CO₂/ha). Isso ocorre porque parte do nitrogênio aplicado à lavoura é transformado em óxido nitroso (N₂O), um gás de efeito estufa (LANDGRAF, 2018).

Foi divulgado recentemente, na Revista DBO de fevereiro/2018, na reportagem de Maristela Franco com o título “Promissora Associação”, onde a Embrapa Soja, em pesquisa com sementes *U. brizantha* e *ruziziensis* inoculadas com cepas específicas do gênero *Azospirillum brasilense*, tiveram aumento de 15% na produção forrageira e de 25% no teor de proteína bruta, mostrando que as pastagens tiveram também um incremento na melhora da qualidade nutricional dos capins.

Na figura 7 pode-se notar a diferença na produção de capim Marandu (*U. brizantha* cv Marandu), quando inoculado com a bactéria *Azospirillum brasilense*.



Figura 7 - Comparação de capim Marandu sem inoculação (esquerda) e inoculado (direita) com a bactéria *Azospirillum brasilense*.

Fonte: Embrapa, Hungria, 2021.

Os resultados indicam que a inoculação com *A. brasilense* no capim Marandu, além de aumentar a produção de forragem, pode ajudar a mitigar os estresses causados pela estação seca, aumentando a produtividade e reduzindo do uso de fertilizantes nitrogenados.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As pastagens no Brasil contribuem imensamente na produção pecuária, porque a maioria dos sistemas de produção no país utiliza o pasto como fonte de alimento para os rebanhos, e dentro deste cenário o país aparece como grande exportador de carne.

Por ser um país de grandes dimensões, certas regiões brasileiras são caracterizadas por um intenso período de déficit hídrico que interfere na produção agrícola, reduzindo a produção das forrageiras e com isso aumentando a necessidade de adubação química nas pastagens, o que acaba aumentando os custos de produção pecuária.

Por ter um custo menor que a adubação nitrogenada e proporcionar aumento na produção de massa nas pastagens, a inoculação com bactérias diazotróficas promotoras do crescimento vegetal em gramíneas forrageiras é uma alternativa eficaz e econômica e a *Azospirillum brasilense* tem apresentado resultados promissores, trazendo uma contribuição significativa na nutrição das plantas, promovendo a conservação, a fertilidade do solo, o sequestro de carbono nas áreas de pastagens, reduzindo os efeitos de gases estufa no ambiente e pode representar um componente importante nos esforços para reverter a degradação das pastagens brasileiras.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. **BEEF Report 2023**. São Paulo. Disponível em: <https://www.abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2023-capitulo-01/#>. Acesso 23 mar 2023.

BACDIVE. Disponível em: https://bacdive.dsmz.de/strain/13972#section_3. Acesso 19 abr 2023.

BRANCO, J.S; JUNIOR, P.P. Fixação biológica de nitrogênio na produção sustentável de forragem. **Revista Edutec**, v.3, n.1, p:101-114, 2022.

CARVALHO, W. T. V; MINIGHIN, D. C; GONÇALVES, L. C; VILANOVA, Q; MAURÍCIO, R. M; PEREIRA, R. V. G. Pastagens degradadas e técnicas de recuperação. **Revista Pubvet**, v. 11, n. 10, p. 1036-1045, 2017.

COMAS, C.C. **Inoculante reduz perdas de produtividade do milho consorciado com braquiária**. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/72512092/inoculante-reduz-perdas-de-produtividade-do-milho-consorciado-com-braquiaria>. Acesso 8 abr 2023.

DILERMANDO, M.F; MARTUSCELLO, J.A. **Plantas forrageiras**. Editora UFV, 2019.
DIAS-FILHO, M.B., Degradação de pastagens: o que é e como evitar. 2017.
Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1070416/1/TC1117CartilhaPastagemV04.pdf>. Acesso 01 mai 2023.

DIAS-FILHO, M.B. **Degradação de pastagens: Processos, Causas e Estratégias de Recuperação**. 4. ed. Belém: 215p., 2011.

DIAS-FILHO, M.B; FERREIRA, J.N. **As pastagens e o meio ambiente**. In: **Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros**. Jaboticabal, capítulo 7, p:93-105, 2013.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2015. **Bactérias Aumentam Produtividade do Milho e Reduzem Adubos Químicos**. Disponível em: www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2467608/bacterias-aumentam-produtividade-domilho-e-reduzem-adubos-quimicos>. Acesso 3 abr 2023.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Primeiras contribuições para o desenvolvimento de uma Agropecuária Sustentável**. Brasília, 2019. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/200291/1/2019-cpamt-agrossilvipastorilpart-1-cap-9-fixacao-biologica-nitrogeniogramineas-leguminosas-mato-grosso-p-80-84.pdf>. Acesso 25 mai 2023.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **EMBRAPA 50 anos**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/johanna-dobereiner/na-midia>. Acesso 02 mai 2023.

FACTORI, M. A. *et al.* **Produtividade de massa de forragem e proteína bruta do capim mombaça irrigado em função da adubação nitrogenada (Relatório)**. Presidente Prudente: Universidade do Oeste Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias; 2017.

FALEIRO, A.C. **Análise da interação de Azospirillum brasilense fp2 com raízes de milho (zea mays) por qpcr, microscopia eletrônica e proteômica**. [Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/123410/326781.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso 19 abr 2023.

FONSECA, D.M; MARTUSCELLO, J.A. **Plantas Forrageiras**. 2ª ed. Viçosa: UFV, 2022.591 p.

FREITAS, P.V.D.X; TOMAZELLO, D.A; ISMAR, M.G; BRAW, T.T; MACIEL, A.F.R; FIRMINO, A.E; SILVA NETO, C; FRANÇA, A.F.S. Produção de gramíneas forrageiras inoculadas com *Azospirillum brasilense* associada à adubação nitrogenada. **Revista Científica Rural**, v. 21, n. 2, 2019.

FUKAMI, J; CEREZINI, P; HUNGRIA, M. Azospirillum: benefícios que vão muito além da fixação biológica de nitrogênio. **Amb Express**, v. 8, n. 1, p: 73, 2018.

GOMES, L.B.E. **Inoculação da Estirpe SP 245 de Azospirillum Brasilense em Diferentes Genótipos de Brachiaria (Dissertação)**. Seropédica. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia; 2017.

GURGEL, A.L.C; DIFANTE, G.S; MONTAGNER, D.B; ARAÚJO, A.R; VÉRAS, E.L; BRIXNER, B. M; RODRIGUES, J.G; PEREIRA, M.G. **Uso do nitrogênio em pastagens tropicais**. 2018. Disponível em: <https://famez.ufms.br/files/2015/09/USO-DO-NITROG%C3%A9nio-EM-PASTAGENS-TROPICAIS-.pdf>. [acesso 30 abr 2023].

HUNGRIA, M. **Tecnologia de inoculação incrementa a proteína do capim-braquiária em 25%**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/31646381/tecnologia-de-inoculacao-incrementa-a-proteina-do-capim-braquiaria-em-25#:~:text=25%25%20mais%20biomassa-A%20inocula%C3%A7%C3%A3o%20com%20o%20Azototal%20resultou%20em%20um%20incremento%20de,agropecu%C3%A1ria%E2%80%9D%2C%20afirma%20Mariangela%20Hungria.> Acesso 15 abr 2023.

HUNGRIA, M; NOGUEIRA, M.A; ARAÚJO, R.S. **Inoculação de *Brachiaria spp.* com a bactéria promotora do crescimento vegetal *Azospirillum brasilense*: um componente ecológico na recuperação de pastagens degradadas nos trópicos**. Agricultura, ecossistemas e meio ambiente. São Paulo: Elsevier, 2016.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: Inovação em rendimento a baixo custo**. 2011. Disponível em: <https://www.cnpso.embrapa.br/download/doc325.pdf>. Acesso 1 abr 2023.

JALES, H.F; MAGALHÃES, P.C; RONCHI, C.P; PAIVA, A.P.L; CARVALHO, L.P; JÚNIOR, C.C.G. **Morfofisiologia do Milho Inoculado com *Azospirillum brasilense* Submetido à Restrição Hídrica e à Adubação Nitrogenada**. Boletim de pesquisa e desenvolvimento. 2021.

JANK, L; BRAZ, T.G.S; MARTUSCELLO, J.A. In: REIS, R. A; BERNARDES, T. F; SIQUEIRA, G. R. **Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros**. Jaboticabal, 1ª ed. Cap. 8, p: 109-123, 2013.

LANDGRAF, L. **Tecnologia de inoculação incrementa a proteína do capim-braquiária em 25%**. 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/31646381/tecnologia-de-inoculacao-incrementa-a-proteina-do-capim--braquiaria-em-25#:~:text=25%25%20mais%20biomassa,A%20inocula%C3%A7%C3%A3o%20com%20o%20Azototal%20resultou%20em%20um%20incremento%20de,agropecu%C3%A1ria%E2%80%9D%2C%20afirma%20Mariangela%20Hungria>. Acesso 15 abr 2023.

LAPIG/UFG. 2023. Disponível em: <https://atlasdaspastagens.ufg.br/map>. Acesso 20 abr 2023.

LIMA, G.C. **Acúmulo de nutrientes na parte aérea e raízes, produção e composição química bromatológica do *Megathyrsus maximus* cv. *brs zuri* inoculado com bactérias promotoras do crescimento**. (Dissertação). Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2018.

LUCENA, M.A.C. Características agronômicas e estruturais de *Brachiaria spp* submetidas a doses e fontes de nitrogênio em solo de cerrado (Dissertação). Nova Odessa. Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios - Instituto de Zootecnia; 2011.

MUNDIM, L.O.S. Inoculação de *Azospirillum brasilense* em diferentes doses de nitrogênio no cultivo da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/19005/1/Inocula%C3%A7%C3%A3oAzospirillumBrasilense.pdf>. Acesso 12 abr 2023.

MARTINS, M.V.R; PEREIRA, C.E; KIKUTI, H. Adubação nitrogenada na implantação de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Humaitá-AM, 2022. Disponível em: <https://scientiaplana.org.br/sp/article/view/6596/2507>. Acesso 12 abr 2023.

MARTUSCELLO, J.A; JANK, L; BRAZ, T.G.S. In: REIS, R. A; BERNARDES, T. F; SIQUEIRA, G. R. **Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros**. Jaboticabal, 1ª ed, Cap. 8, p:109-123, 2013.

REIS, V.M; PEDRAZA, R.O; TEIXEIRA, K.R.S. **Diversidade e relação filogenética de espécies do gênero *Azospirillum***. Seropédica Embrapa Agrobiologia, 2010. Documentos 273.

REVISTA Brasileira de ciência do solo. Rev. Bras. Ciênc. Solo.2021;45:e0200128.

Revista Campo e Negócios Online. **Embrapa lança a sua primeira cultivar de capim *Brachiaria ruziziensis***. 2022. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/embrapa-lanca-a-sua-primeira-cultivar-de-capim-brachiaria-ruziziensis/>. Acesso 25 mar 2023.

SANTOS, M.S; NOGUEIRA, M.A; HUNGRIA, M. **Impacto destacado das cepas de *Azospirillum brasilense* Ab-V5 e Ab-V6 na agricultura brasileira: lições de que os agricultores estão receptivos à adoção de novos inoculantes microbianos**. 2021. Disponível em: <https://www.rbcjournal.org/wp-content/plugins/xml-to-html/include/lens/index.php?xml=1806-9657-rbcs-45-e0200128.xml&lang=en>. Acesso 29 abr 2023.

SANTOS, M.E.R; MARTUSCELLO, J.A; FONSECA, D.M. Novas tendências para o manejo do pastejo de gramíneas utilizadas na alimentação do gado de leite. In: MODESTO, J.C.P; OLIVEIRA, A.L; VELOS, C.M. **Manejo e administração na bovinocultura leiteira**. Viçosa: CPT, Cap.7, p.327-354, 2009.

SANTOS, A.T; VELHO, A.E; FREITAS, T.S. **Ciclo do nitrogênio e suas reações**. 2020. Disponível em: <https://ilsabrasil.com.br/ciclo-do-nitrogenio-e-suas-reacoes/>. Acesso 30 mar 2023.

SANTOS, M.E.R. *et al*. Importância e características da produção animal em pastagens, In: **Todo ano tem seca! Está preparado? Estratégias para produção e uso do pasto na época seca**. São Paulo: Reino Editorial, Cap. 1, p.19-47, 2022

SANTOS, F.G; SOARES, R. D SILVA, M. D., FRANCO, Y. L., PINHO, B. D. Índice climático de crescimento para os capins *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *Cinodon Dactylon* cv. Tifton 85 e *Panicum Maximum* cv. Tanzania e Relação com a produção de matéria seca. **Ciência Animal Brasileira**, v. 9, n.3, p: 627-637, jul/set. 2008.

SANTOS, C. S. A. **Capim Marandu submetido à inoculação com bactérias diazotróficas associativas em Latossolo Vermelho de Cerrado**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Mato Grosso. Instituto de Ciências Agrárias e Tecnologias, Programa em Engenharias Agrícolas. Rondonópolis. 69p. 2013.

SANTOS, M.E.R; MARTUSCELLO, J.A. **Seu dinheiro é capim: valorizando e manejando o pasto para gerar dinheiro**. São Paulo. 1ª ed. 2022.

SHOCKNESS, L.S.F. **Contribuição das bactérias diazotróficas no crescimento de *Brachiaria brizantha* cv Marandu**. (Dissertação). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de PósGraduação em Agronomia – Ciência do Solo, 2016.

SILVA, S.F; FERRARI, J.L. **Descrição botânica, distribuição geográfica e potencialidades de uso da *Brachiaria brizantha*** (Tese). Alegre: Universidade Federal do Espírito Santo; 2012.

STENNHOUDT, O; VANDERLEYDEN, J. ***Azospirillum*, uma bactéria fixadora de nitrogênio de vida livre associada a gramíneas: aspectos genéticos, bioquímicos e ecológicos.** 2000. Disponível em: <https://academic.oup.com/femsre/article/24/4/487/510690>. Acesso 01 mai 2023.

TAIZ, L; ZEIGER, E; MOLLER, I.M; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2017

VILELA, R. **Para onde vai a nossa pecuária?** Anuário DBO, p: 98-99, 2023.

VOGEL, G.F; MARTINKOSKI, L; RUZICKI, M. **Efeitos da utilização de *Azospirillum brasilense* em poaceas forrageiras: Importâncias e resultados** (Tese). Laranjeiras do Sul: Universidade Federal da Fronteira Sul, Departamento de Agronomia 2014.

TERMO AUTORIZAÇÃO RAG