

Utilização de bactérias diazotróficas associativas em áreas de pastagens: Alternativa para mitigação dos gases do efeito estufa

Use of associative diazotrophic bacteria in pasture areas: Alternative for mitigating greenhouse gases

Uso de bacterias diazotróficas asociativas en áreas de pastoreo: Alternativa para la mitigación de gases de efecto invernadero

Recebido: 10/03/2022 | Revisado: 20/03/2022 | Aceito: 28/03/2022 | Publicado: 03/04/2022

Elisa Cristina Rocha

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3210-0287>

Universidade José do Rosário Vellano, Brazil

E-mail: elisa.rocha@aluno.unifenas.br

Ana Beatriz Carvalho Terra

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1912-0059>

Universidade José do Rosário Vellano, Brasil

E-mail: anabeatriz.terra@hotmail.com

Tayla Evellin Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5184-6549>

Universidade José do Rosário Vellano, Brasil

E-mail: taylaoliveira@hotmail.com

Bruna Aparecida Araújo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8270-0104>

Universidade José do Rosário Vellano, Brasil

E-mail: bruna.araujo@aluno.unifenas.br

Nhayandra Christina Dias Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1804-8312>

Universidade José do Rosário Vellano, Brasil

Email: nhayandra_dias@yahoo.com.br

Adauton Vilela Rezende

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8515-484X>

Universidade José do Rosário Vellano, Brasil

E-mail: adauton.rezende@unifenas.br

Ligiane Aparecida Florentino

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9092-3017>

Universidade José do Rosário Vellano, Brasil

E-mail: ligiane.florentino@unifenas.br

Resumo

A pecuária brasileira é de suma importância para a economia do país. As pastagens se destacam pelo seu baixo custo, e, quando em bom estado, atendem às necessidades nutricionais dos animais. Porém, as condições atuais dos pastos brasileiros têm sido questionadas quanto à ausência de manejo adequado e pela falta de rotatividade dos animais, resultando em um aumento nas taxas de degradação e nos índices de emissão de gases do efeito estufa (GEE). O objetivo deste trabalho foi abordar o uso de bactérias diazotróficas associativas como alternativa sustentável na produção animal e mitigação dos GEE. Os fertilizantes químicos, além do elevado potencial poluidor, são onerosos ao produtor, fazendo com que a prática não seja satisfatória ao pecuarista. Nesse contexto, o uso de bactérias diazotróficas torna-se uma alternativa viável devido aos seus benefícios para o sistema solo, planta e atmosfera, atuando como promotoras de crescimento vegetal (BPCV) através da solubilização e fixação de nutrientes, além da produção de hormônios de crescimento. O uso desses microrganismos traz benefícios ambientais, pois promove melhores condições para a pastagem, reduzindo a degradação e as emissões de GEE. Além disso, apresenta resultados satisfatórios quanto à produtividade de forragem, beneficiando economicamente o sistema e auxiliando na diminuição dos impactos gerados pela produção animal. Ponderando a constante busca por melhores condições de desenvolvimento e alternativas sustentáveis de produção, o uso de bactérias diazotróficas na pecuária tem se mostrado eficiente mesmo quando não se utiliza fertilizantes.

Palavras-chave: Agropecuária; Pastagens; Sustentabilidade.

Abstract

Brazilian livestock is of paramount importance to the country's economy. Pastures stand out for their low cost and, when in good condition, meet the nutritional needs of animals. However, the current conditions of Brazilian pastures

have been questioned regarding the lack of adequate management and animal rotation, resulting in an increase in degradation and in greenhouse gas (GHG) emission rates. The objective of this work was to approach the use of associative diazotrophic bacteria as a sustainable alternative in animal production and GHG mitigation. Chemical fertilizers, in addition to the high polluting potential, are costly to the producer, making the practice unsatisfactory for the farmer. Thus, the use of diazotrophic bacteria becomes a viable alternative due to their benefits for the soil, plant and atmosphere system, acting as plant growth promoters (PGPB) through solubilization and fixation of nutrients, in addition to the production of growth hormones. The use of these microorganisms brings environmental benefits, as it promotes better conditions for pasture, reducing degradation and GHG emissions. In addition, it presents satisfactory results in terms of forage productivity, economically benefiting the system and helping to reduce the impacts generated by animal production. Considering the constant search for better development conditions and sustainable production alternatives, the use of diazotrophic bacteria in livestock has shown to be efficient even when fertilizers are not used.

Keywords: Agriculture; Pastures; Sustainability.

Resumen

La ganadería brasileña es de suma importancia para la economía del país. Los pastos se destacan por su bajo costo y, en buenas condiciones, cubren las necesidades nutricionales de los animales. Sin embargo, las condiciones actuales de los pastos brasileños han sido cuestionadas en cuanto a la falta de manejo adecuado y la falta de rotación de animales, lo que resulta en un aumento en las tasas de degradación y en las tasas de emisión de gases de efecto invernadero (GEI). El objetivo de este trabajo fue abordar el uso de bacterias diazotróficas asociativas como una alternativa sostenible en la producción animal y la mitigación de GEI. Los fertilizantes químicos, además del alto potencial contaminante, son costosos para el productor, haciendo la práctica insatisfactoria para el ganadero. En este contexto, el uso de bacterias diazotróficas se convierte en una alternativa viable por sus beneficios para el sistema suelo, planta y atmósfera, actuando como promotores del crecimiento vegetal (BPCV) a través de la solubilización y fijación de nutrientes, además de la producción de hormonas de crecimiento. El uso de estos microorganismos trae beneficios ambientales, ya que promueve mejores condiciones para los pastos, reduciendo la degradación y las emisiones de GEI. Además, presenta resultados satisfactorios en términos de productividad forrajera, beneficiando económicamente al sistema y ayudando a reducir los impactos generados por la producción animal. Considerando la búsqueda constante de mejores condiciones de desarrollo y alternativas productivas sustentables, el uso de bacterias diazotróficas en la ganadería ha demostrado ser eficiente aun cuando no se utilicen fertilizantes.

Palavras chave: Agricultura; Pastos; Sustentabilidade.

1. Introdução

O agronegócio representa 25% da receita bruta do país (Martins et al., 2018) e, portanto, é considerado de extrema importância para a economia brasileira. De acordo com o Censo Agropecuário de 2017, em relação ao uso da terra em todo território nacional, cerca de 45% são representados por pastagens, as matas e florestas constituem aproximadamente 29%, as lavouras 18% e outros cultivos representam 8% (Brasil, 2017). Nota-se, nesse sentido, que as pastagens ocupam grande faixa territorial, permitindo que a pecuária extensiva seja utilizada como um dos principais cenários da produção animal. Porém, a adoção dessa prática vem sendo questionada quanto à sua eficácia e aos danos causados ao ambiente, devido à exploração de recursos e baixa utilização de novas tecnologias (Rodrigues et al., 2012).

A prática extensiva e o manejo inadequado resultam na degradação dos solos, reduzindo sua fertilidade (Lange et al., 2019). A degradação é ocasionada por mudanças nas características físicas do solo, a exemplo da compactação, resultado do uso excessivo da área, pelo excesso de animais, falta de rotatividade e manejo incorreto (Fernandes et al., 2016). Segundo Oliveira et al (2020) pastagens degradadas, possuem baixa produtividade e alto impacto ambiental, aumentando a emissão de gases do efeito estufa (GEE) e contribuindo para a degradação do solo. A recuperação e intensificação das pastagens melhoram o sequestro de CO₂ e a mitigação de GEE, além de promover um ganho significativo em biomassa.

O Brasil, ao lado de outros países, firmou um acordo onde pastagens as emissões nacionais de gases de efeito estufa (GEE) devem ser reduzidas em 43% entre os anos de 2005 e 2030 (Observatório ABC, 2019). Diante disso, foi proposto o Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono), que visa reduzir emissões pelo setor agropecuário, de modo a disponibilizar linhas de crédito na recuperação de degradadas, sendo uma das linhas de ação desse programa a utilização de FBN (Wander; Tomaz & Pinto, 2016).

A FBN é realizada por um grupo de bactérias, denominadas de bactérias diazotróficas, as quais além de fornecer N₂ para o desenvolvimento vegetal, auxiliam em vários processos fisiológicos da planta, como a produção de fitormônios, controle de fitopatógenos e solubilização de nutrientes, como o fósforo e potássio (Florentino et al., 2017; Andrade et al., 2019), contribuindo para a sustentabilidade dos sistemas ao reduzir o uso de insumos químicos (Bosa et al., 2016). Dessa forma, a utilização de bactérias diazotróficas pode ser uma alternativa acessível e sustentável para os produtores, visando à redução dos custos e minimizando os impactos ambientais causados pela degradação das pastagens.

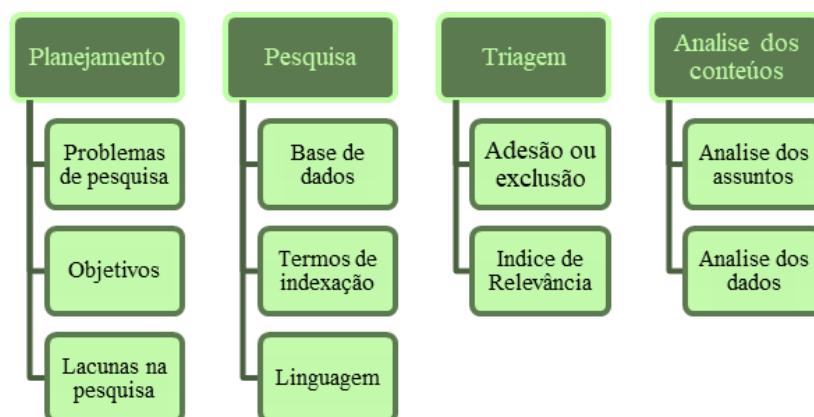
Apesar desses benefícios, observa-se que o uso de bactérias diazotróficas têm sido pouco utilizadas nas pastagens. De acordo com os dados mais recentes do Observatório ABC (2019), o programa de plantio direto utilizou cerca de R \$608 milhões contratados, o correspondente a 39% do total dos recursos financeiros disponíveis para aplicação. Por outro lado, no programa de Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) na safra 2017/2018 não houve nenhum valor contratado. A falta de utilização pode estar relacionada a pouca divulgação dos benefícios da FBN e dos baixos custos proporcionados ao produtor. Nesse sentido, nota-se que o uso de fertilizantes químicos ainda é a técnica predominantemente utilizada visando a reposição de nutrientes no solos quais apresentam valor elevado, gerando aos pecuaristas um gasto de mais da metade do custo da produção (Souza et al., 2016). Além disso, parte do nitrogênio aplicado ao solo transforma-se em óxido nitroso (N₂O), um dos gases mais poluentes do efeito estufa (Moreira & Siqueira, 2006).

Com isso, o objetivo deste trabalho foi abordar o uso de bactérias diazotróficas associativas como alternativa sustentável na produção animal e mitigação dos gases do efeito estufa.

2. Metodologia

A fim de alcançar os objetivos, foi realizada uma revisão sistemática. A revisão sistemática é importante uma vez que possibilita a abordagem de diferentes pontos de vista sobre um mesmo assunto. A pesquisa dos dados teve quatro etapas: planejamento, pesquisa, triagem e análise do conteúdo (Figura 1). Três bases de dados foram utilizadas neste estudo: Scielo, Scopus e Google Acadêmico, utilizando os termos de indexação: “microbiologia do solo”, “produção agropecuária no Brasil”, “microrganismos promotores de crescimento de planta”, “bactéria fixadora de nitrogênio atmosférico”, “microrganismos de aplicação na agricultura”, “Inoculantes”, “sustentabilidade agrícola”, “sustentabilidade da produção animal”, “mitigação de gases do efeito estufa”. Foram selecionados artigos de 2006 a 2021 para a elaboração da revisão com ênfase na ação microbiana no sistema de produção agropecuária sustentável.

Figura 1: Protocolo de pesquisa.



Fonte: Autores (2022).

Os artigos incluídos no presente estudo foram selecionados com base na sua relevância para pesquisa, sendo o idioma de publicação apenas em português ou inglês publicados recentemente. Para caráter de exclusão, foram descartados artigos com temas e dados semelhantes e aqueles que não atendiam aos objetivos do presente estudo.

Os artigos foram revisados os títulos e resumos. Na sequência, realizou-se à leitura do texto completo dos artigos previamente selecionados e, caso houvesse falta de informações relevantes, o artigo era excluído. Foi feita a análise de conteúdo para sintetizar as ideias principais, preencher as lacunas e responder às questões para atingir os objetivos da revisão de literatura.

3. Resultados e Discussão

3.1 Impactos econômicos e ambientais da pecuária no Brasil

A agropecuária é responsável por movimentar grande parte da economia do país, gerando empregos e transformando o cenário do campo. O Brasil se destaca por ser a maior potência exportadora de carne bovina do mundo (Martins et al., 2018). No quarto trimestre de 2019, foram abatidas no país aproximadamente oito milhões de cabeças de gado (Brasil, 2019), evidenciando a importância do setor agropecuário. Sendo assim, uma produção em larga escala, sem manejo adequado, gera impactos negativos, o que remete à constante transformação do ambiente rural, formação de pastagens degradadas e áreas desmatadas, resultando em um dano ambiental significativo (Martins et al., 2018).

A agropecuária tem uma grande relevância para o PIB Nacional, representando 21% em 2019 (Cepea,2020). A grande extensão territorial e o clima acabam por favorecer este setor. Os sistemas extensivos se mantêm sem grandes exigências de investimentos sendo realizada por pequenos e grandes produtores (Lopes et al., 2011B). Porém, os impactos ambientais oriundos dessa atividade são significativos, o que faz com que a pecuária seja apontada como uma das atividades que mais danificam o meio ambiente, contribuindo ainda com as emissões de metano por meio da fermentação entérica e do manejo de dejetos animais (Santos et al., 2021).

A degradação das pastagens afeta o desenvolvimento do setor agropecuário e gera grandes impactos ambientais. As perdas anuais com a exploração pecuária em áreas em estágio de degradação podem superar US\$ 1 bilhão. Estima-se que 80% das pastagens cultivadas no Brasil, encontram-se em algum estágio de degradação, afetando diretamente a sustentabilidade da pecuária (Borghini et al., 2018).

3.2 Degradação de pastagens e os impactos na emissão de gases do efeito estufa

A produção de gado de corte vem sendo apontada como um dos principais agentes poluidores. Todavia, quando comparada aos setores industriais, apresenta índices inferiores de poluição e emissão de GEE (Santos et al., 2021).

Áreas degradadas têm maior impacto no meio ambiente, gerando maior emissão de GEE, decorrente da utilização exacerbada do solo. O plantio de forrageiras de forma inadequada, a escassez de medidas conservacionistas, superpastejo, falta de reposição de nutrientes, compactação do solo e erosão, são fatores que contribuem para essa degradação (Roma et al., 2012; Lopes et al., 2011A).

Tendo em vista os avanços na agropecuária juntamente com a busca por melhorias da qualidade e quantidade das pastagens associadas com condições de manejo adequado, a pecuária mostra ter um grande potencial no sequestro de carbono (Cândido et al., 2019). O investimento em boas práticas de manejo para uma agricultura mais sustentável pode aumentar a eficiência produtiva animal e, assim, reduzir a quantidade de GEE emitidos (Brasil, 2012).

Os gases gerados pela prática extensiva são o metano (CH₄), proveniente da fermentação entérica dos ruminantes, o óxido nitroso (N₂O), devido ao uso de fertilizantes nitrogenados e o CO₂, proveniente da degradação das pastagens, o qual pode contribuir não apenas para a emissão dos GEE, mas também na aceleração de processos de desertificação, ao deixar o

solo descoberto e aumentar a sua amplitude térmica (Oliveira, 2015).

3.3 Plano ABC – Agricultura de Baixa Emissão de Carbono

Considerando o progresso econômico na agropecuária, medidas para preservação e redução dos impactos ambientais tomam frente e são cada vez mais exigidas, buscando o comprometimento e responsabilidade do produtor. Diante disso, foi criado o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura, a fim de diminuir os danos ao meio ambiente (Brasil, 2012).

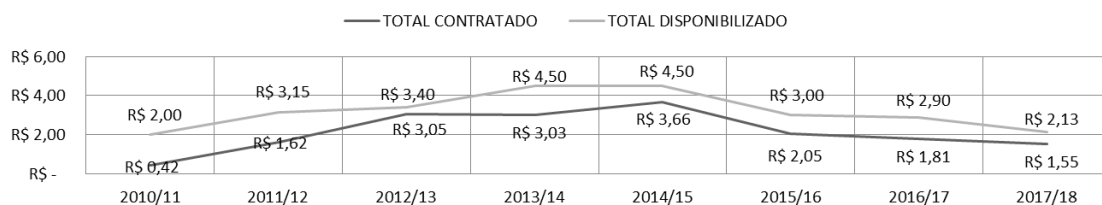
O Plano ABC teve origem na COP-15 (2009), Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), onde o governo brasileiro assumiu o compromisso voluntário de reduzir as emissões até o ano de 2030. Esse comprometimento inclui medidas sustentáveis, como aumentar em 18% a participação de biocombustível na matriz energética, restaurar e reflorestar 12 milhões de hectares de florestas e eliminar o desmatamento ilegal, garantindo práticas sustentáveis e eficazes para uma agropecuária mais limpa e com menor impacto (Brasil, 2012).

De acordo com Martins et al (2018), o Brasil possui grande potencial em reduzir os impactos gerados pela agricultura, para isso é necessário o investimento em tecnologias que visem a mitigação nesse segmento, como a recuperação de pastagens, integração lavoura-pecuária e sistemas integrados lavoura-pecuária-floresta. A adoção de tecnologias limpas é uma forma eficaz de mitigar os GEE e oferecer benefícios ambientais, sociais e econômicos (Oliveira et al., 2020).

O Plano ABC é composto por sete programas, seis deles referentes às tecnologias de mitigação, e um com ações de adaptação às mudanças climáticas: Programa 1: Recuperação de Pastagens Degradadas; Programa 2: Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLRF) e Sistemas Agroflorestais (SAFs); Programa 3: Sistema Plantio Direto (SPD); Programa 4: Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN); Programa 5: Florestas Plantadas; Programa 6: Tratamento de Dejetos Animais; Programa 7: Adaptação às Mudanças Climáticas (Brasil, 2012).

Observa-se que, até o ano de 2019, o recurso total disponibilizado para os programas do plano não atingiu em nenhum dos anos o valor máximo disponibilizado (Figura 2) (Observatório ABC, 2019).

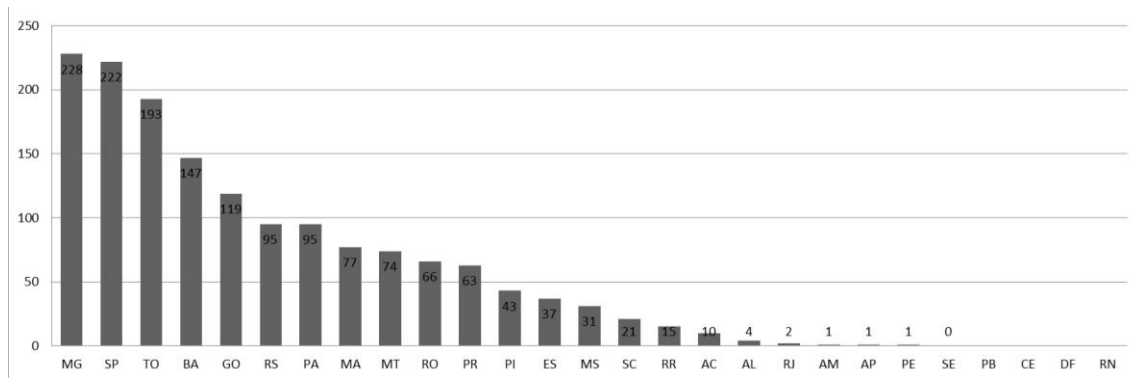
Figura 2. Valor total contratado versus valor total disponibilizado desde a safra de 2010/11 até a safra 2017/18 para o programa ABC.



Fonte: Adaptado de Observatório ABC - Análise dos Recursos do Programa ABC Safras 2017/18 e 2018/19.

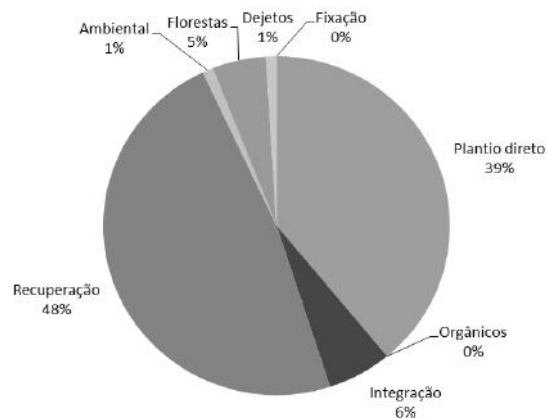
Gianetti & Ferreira Filho (2021) cita que alguns programas do plano ABC estão sendo mais aplicados que outros, ressaltando que algumas regiões se destacam na sua execução (Figura 3). A FBN e o TDA são os programas menos utilizados, o autor afirma que as dificuldades envolvidas nesses programas têm afetado a adesão desses recursos. Em relação à safra de 2017/2018 a TDA representou 1% do valor investido e a FBN teve 0% de investimento (Figura 4).

Figura 3. Valor contratado para o Programa ABC por Estado (A) e por Finalidade de investimentos para a safra 2017/18 (B).



Fonte: Autores.

Figura 4. Valor contratado para o Programa ABC por Finalidade de investimentos para a safra 2017/18.



Fonte: Adaptado de Observatório ABC - Análise dos Recursos do Programa ABC Safras 2017/18 e 2018/19.

3.4 Nitrogênio e sua importância para nutrição das plantas

O nitrogênio (N) é o nutriente mais limitante para a produtividade agrícola. A agricultura depende desse mineral para garantir a produtividade e o desenvolvimento dos vegetais (Costa et al., 2015). Mesmo apresentando alto teor na atmosfera, o N não está presente no solo, portanto a obtenção do mesmo pode ser proveniente de duas maneiras: através da aplicação de fertilizantes sintéticos e pela FBN através da atividade da enzima nitrogenase (Santachiaria et al., 2019). A falta de N afeta diretamente a qualidade e a quantidade das pastagens, gerando impacto nos processos fisiológicos das plantas, que se desenvolvem mais lentamente, o que resulta no comprometimento do rendimento produtivo (Alexandrino et al., 2010).

Isso se deve ao fato de que o N é um nutriente extremamente importante para intensificação de forragem, sendo responsável pela formação de tecidos, atuando na síntese de compostos celulares, como a clorofila. Devido ao elevado custo dos fertilizantes, a demanda por produções sustentáveis e diminuição de poluentes, há busca por alternativas sustentáveis que reduzam os danos gerados ao meio ambiente decorrente do uso de fertilizantes químicos (Costa et al., 2015). Nesse contexto, destacam-se as bactérias fixadoras de nitrogênio (BFN), visando a redução dos custos de produção (Bosa et al., 2016).

Atualmente, as bactérias diazotróficas vêm sendo estudadas quanto ao seu potencial de FBN em Brachiarias. Estudos recentes com inoculação da bactéria *Pseudomonas fluorescens* no índice de crescimento da *Brachiaria decumbens* spp., mostram resultados satisfatórios para esse gênero, promovendo o incremento das taxas de alongamento de colmo e do número de folhas por perfilho, características desejáveis no âmbito nutricional (Brennecke et al., 2016).

Almejando a redução da aplicação de fertilizantes nitrogenados, Bosa et al (2016) salientam a importância da FBN. As associações entre bactérias e raízes de gramíneas têm se destacado devido ao seu potencial biotecnológico, evidenciado no aumento da fertilidade das culturas, possibilidade a diminuição de custos, redução no volume de fertilizantes aplicados e melhor conservação dos recursos ambientais (Moreira et al., 2010).

Alexandrino et al (2010), avaliando as características do estabelecimento de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em diferentes dosagens de N, demonstrou que a adubação nitrogenada proporciona efeito satisfatório quanto às taxas de alongamento, aparecimento das folhas, número de perfilho e comprimento final das lâminas foliares. Ainda, Costa et al (2015) observaram que o N auxiliou o capim Marandu na formação de tecidos e na síntese da clorofila.

Esses resultados demonstram a importância da adubação nitrogenada como estratégia para um manejo adequado para as gramíneas forrageiras.

3.5 Bactérias diazotróficas associativas

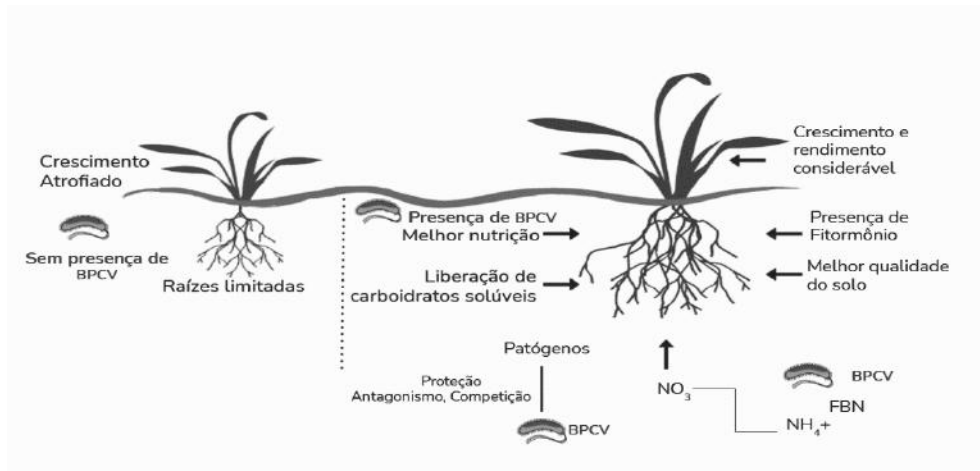
O aumento da produtividade é almejado por muitos pecuaristas, porém ainda existem alguns desafios econômicos e ambientais. Segundo Novakowski et al. (2011), a utilização de plantas com elevado potencial genético, incorporadas ao uso de materiais biológicos do solo, é um recurso com potencial para diminuir gastos sem perder produtividade e garantir boa qualidade do solo e para o meio ambiente.

Em estudo realizado por Andrade et al (2019), foram apresentados resultados satisfatórios em relação a inoculação de bactérias diazotróficas. As do gênero *Azospirillum brasilense* influenciam na morfogênese da forrageira *Panicum maximum* cv. BRS Tamani, afetando as taxas de alongamento de folhas e reduzindo a senescência de perfilhos. O estudo ainda demonstra que a inoculação com *A. brasilense* é uma alternativa viável para o aumento da produtividade dessa forrageira e contribui para a redução do uso de fertilizantes químicos.

Em contrapartida, a produção de forragem e a composição química de *Urochloa brizantha* cv. Marandu não são influenciadas pela inoculação em sementes com *A. brasilense*, fato que pode ser associado a efeitos externos. Sabe-se que o sucesso da técnica depende da interação das bactérias com o genótipo da planta, de fatores abióticos e da competitividade com os demais microrganismos presentes no solo. Sendo assim, embora estudos indiquem que a associação entre as gramíneas e as bactérias diazotróficas apresentam ganhos significativos, ainda há necessidade de intensificar pesquisas nesta área (Hanisch et al., 2017).

Nota-se, portanto, que o uso de bactérias diazotróficas apresentam inúmeros benefícios (Figura 5). Destaca-se que elas são fontes limpas para a recuperação de pastagens degradadas e melhoram as condições do solo, além disso, exercem seu papel na rizosfera, auxiliando as plantas na realização de mecanismos importantes para o crescimento vegetal, citando-se, fitormônios que melhoram a capacidade de recuperação e proteção da planta, e auxiliando também, no sistema de defesa (Garcia et al., 2015).

Figura 5. Estratégias de promoção de crescimento de plantas de bactérias promotoras de crescimento de vegetal (BPCV) sob estresse hídrico.



Fonte: Adaptado de Khan et al (2020).

As bactérias do gênero *Azospirillum* têm sido amplamente estudadas quanto seus benefícios para as plantas. Inicialmente a inoculação foi atribuída à sua capacidade de fixar o N atmosférico, contudo, também foi observada a capacidade de sintetizar fitormônios, em particular o ácido indol-3-acético (AIA). Recentemente, estudos têm atribuído a função de conferir tolerância às plantas a fatores abióticos e estresses bióticos (Fukami, Cerezini & Hungria, 2018).

Aguirre et al (2018) citam que a inoculação de *A.brasilense* no plantio de Coastcross-1 gera melhor qualidade para a grama, mesmo quando não associada à adubação nitrogenada, sendo assim, a inoculação aumenta a produção de forragem sem adubação nitrogenada e a inoculação no segundo ano de safra não é necessária, tornando-se uma alternativa viável.

Na Tabela 1 pode-se observar estirpes de bactérias que contribuem para o crescimento vegetal, através da fixação de N_2 , a produção de fitormônios e a solubilização de fósforo (P) e potássio (K).

Tabela 1. Estirpes bacterianas que favorecem as plantas, auxiliando na produção de AIA (ácido indol-3-acético), e solubilização de fosfato e potássio.

Estirpe	Contribuição	Autor
UNIFENAS 100-01; UNIFENAS 100-13; UNIFENAS 100-21; UNIFENAS 100-26; UNIFENAS 100-39; UNIFENAS 100-40; UNIFENAS 100-79; UNIFENAS 100-94.	POTÁSSIO	(Florentino et al., 2017)
UNIFENAS 100-02; UNIFENAS 100-16; UNIFENAS 100-60; UNIFENAS 100-63; UNIFENAS 100-65; UNIFENAS 100-69; UNIFENAS 100-71; UNIFENAS 100-94; Ab- V5 – <i>Azospirillum brasilense</i> .	AIA	(Terra et al., 2019)
UNIFENAS 100-01; UNIFENAS 100-02; UNIFENAS 100-13; UNIFENAS 100-35; UNIFENAS 100-39; UNIFENAS 100-40; UNIFENAS 100-45; UNIFENAS 100-51; UNIFENAS 100-52; UNIFENAS 100-60; UNIFENAS 100-71; UNIFENAS 100-78; UNIFENAS 100-94; BR 2003 –BR 2003 – <i>Bradyrhizobiummelkanii</i>	FOSFATO	(Terra et al., 2019)
BR 2003; UNIFENAS 100-16; UNIFENAS 100-27; UNIFENAS 100-93.	FOSFATO	(Filho et al., 2020)

Fonte: Autores.

De acordo com Terra et al (2019), a estirpe UNIFENAS 100-52 destacou-se em testes de tolerância à salinidade e solubilização de fósforo, e para a produção de AIA, as estirpes UNIFENAS 100-63 e UNIFENAS 100-69 apresentaram os melhores resultados, estas estirpes contribuem de maneira significativa para o desenvolvimento das plantas, assim melhorando a condição do ambiente e contribuindo para a sustentabilidade.

De acordo com Florentino et al (2017), duas estirpes de bactérias diazotróficas apresentaram potencial em solubilizar potássio (K), sendo estas UNIFENAS 100-01 e UNIFENAS 100-21 na presença de sacarose como fonte de carbono. As estirpes UNIFENAS 100-13 na presença de glicose e a estirpe UNIFENAS 100-94 obtiveram alta capacidade de solubilizar K na presença de duas fontes de carbono, foram as que apresentaram melhores resultados em relação às outras estirpes testadas.

4. Considerações Finais

Diante do exposto, nota-se que, mesmo se apresentando como uma alternativa viável, o uso de bactérias diazotróficas têm sido pouco explorado pelos produtores. Dessa forma, são necessárias políticas públicas as quais, além de promover auxílio financeiro, façam com que o conhecimento técnico-científico relacionado a esses microrganismos chegue aos pecuaristas. É válido ressaltar que a dependência do Brasil à importação de fertilizantes químicos e a demanda por uma produção agrícola

sustentável, evidencia ainda mais a necessidade de desenvolvimento de novas pesquisas relacionadas ao tema.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq e a FAPEMIG pelo auxílio financeiro.

Referências

- Aguirre, P. F., Olivo, C. J., Rodrigues, P. F., Falk, D. R., Adams, C. B., & Schiafino, H. P. (2018). Forage yield of Coastcross-1 pastures inoculated with *Azospirillum brasilense*. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 40.
- Alexandrino, E.; Vaz, R. G. M. V. & dos Santos, A. C. (2010). Características da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu durante o seu estabelecimento submetida a diferentes doses de nitrogênio. *BioscienceJournal*, 26.
- Andrade, R. A., Porto, M. O., Cavali, J., Ferreira, E., Bergamin, A. C., de Souza, F. R., & de Aguiar, I. S. (2019). *Azospirillum brasilense* e fosfato natural reativo no estabelecimento de forrageira tropical. *Revista de Ciências Agrárias*, 42(1), 146-154.
- Brennecke, K., Bertipaglia, L. M. A., Antoniazzi, A., & Souza, E. F. (2016). Inoculação da bactéria *Pseudomonas fluorescens* no índice de crescimento da *Brachiariadecumbens* spp. *Revista Acadêmica Ciência Animal*, 14, 217-224.
- Bosa, C. K., Guimarães, S. L., Polizel, A. C., Bonfim-Silva, E. M., & Canuto, E. L. (2016). Características produtivas e nutricionais do capim-xaraés inoculado com bactérias diazotróficas associativas. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 68, 1360-1368.
- Borghi, E., Gontijo Neto, M. M., Resende, R. M. S., Zimmer, A. H., Almeida, R. G., & Macedo, M. C. M. (2018). Recuperação de pastagens degradadas. Agricultura de baixo carbono: tecnologias e estratégias de implantação. Brasília, DF: Embrapa, 4, 105-138.
- Brasil, IBGE. Censo Agropecuário, 2017. Rio de Janeiro, 2016.
- Brasil, IBGE. Censo Agropecuário, 2019. Rio de Janeiro, 2018.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, 2012. Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono) [online].
- Cândido, M. J. D.; Lopes, M. N.; Furtado, R. N. & Pompeu, R. C. F. F. (2019). Potencial e desafios para a produção animal sustentável em pastagens cultivadas do Nordeste. *Revista Científica de Produção Animal*, 20(1), 39-45.
- Cepea – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – ESALQ/USP – PIB do Agronegócio – Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>.
- Costa, R. R. G. F., Quirino, G. D. S. F., Naves, D. C. D. F., Santos, C. B., & Rocha, A. F. D. S. (2015). Efficiency of inoculant with *Azospirillum brasilense* on the growth and yield of second-harvest maize. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 45, 304-311.
- Fernandes, K. L., Ribon, A. A., Tavares Filho, J., Custódio, G. D., & Barros, L. R. (2016). Influence of time management in modeling of curve resistance to the penetration of a Latosol under different uses and management of pastures and native woodland. *Revista Árvore*, 40, 519-527.
- Filho, M. V., Silva, A. B. D., & Florentino, L. A. (2020). Solubilization of Araxá natural phosphate and decomposition of plant residues by bacterial isolates. *Ciência e Agrotecnologia*, 44.
- Florentino, L. A., Rezende, A. V., Miranda, C. C. B., Mesquita, A. C., Mantovani, J. R., & Bianchini, H. C. (2017). Potassium solubilization in phonolite rock by diazotrophic bacteria. *Comunicata Scientiae*, 8(1), 17-23.
- Fukami, J.; Cerezini, P.; Hungria, M. (2018). *Azospirillum*: benefits that go far beyond biological nitrogen fixation, 8 (1), 73-80.
- Garcia, T. V.; Knaak, N. & Fiuza, L. M. (2015). Bactérias endofíticas como agentes de controle biológico na orizicultura. *Arquivos do Instituto Biológico*, 82.
- Gianetti, G. W., & Ferreira Filho, J. B. S. (2021). O Plano e Programa ABC: uma análise da alocação dos recursos. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 59(1), e216524.
- Hanisch, A. L.; Balbinot Junior, A. A. & Vogt, G. A. (2017). Desempenho produtivo de *Urochloa brizantha* cv. Marandu em função da inoculação com *Azospirillum* e doses de nitrogênio. *Embrapa Soja-Artigo em periódico indexado (ALICE)*.
- Khan, N., Ali, S., Tariq, H., Latif, S., Yasmin, H., Mehmood, A., & Shahid, M. A. (2020). Water conservation and plant survival strategies of rhizobacteria under drought stress. *Agronomy*, 10(11), 1683.
- Lange, A., Dantas, J., da Silva Freddi, O., Buratto, W., Spaziani, C., & Caione, G. (2019). Degradação do solo e pecuária extensiva no norte de Mato Grosso. *Nativa*, 7(6), 642-648.
- Lopes, J.; Evangelista, A. R.; Pinto, J. C.; Queiroz, D. S. & Muniz, J. A. (2011A). Doses de fósforo no estabelecimento de capim-xaraés e estilosantes Mineirão em consórcio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(12), 2658-2665.
- Lopes, M. A.; Neto, A. F.; Barbosa, G. L. & dos Santos, G. (2011B). Análise de rentabilidade de sistema de produção de gado de corte em regime extensivo com baixa tecnologia no sul do estado de Minas Gerais. *Boletim de Indústria Animal*, 68(2), 93-100.

- Martins, S. C., Assad, E. D., de Moraes Pavão, E., & Lopes-Assad, M. L. R. C. (2018). Inverting the carbon footprint in Brazilian agriculture: an estimate of the effect of the ABC Plan. *Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente*, 7(1), 43-52.
- Moreira, F. M. S. & Siqueira, J. O. (2006). *Microbiologia e Bioquímica do Solo*. 2ª Edição. Editora UFLA. 729 p.
- Moreira, F. M., Da Silva, K., Nóbrega, R. S. A., & De Carvalho, F. (2010). Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações. *Comunicata Scientiae*, 1(2), 74-74.
- Novakowski, J. H.; Sandini, I. E.; Falbo, M. K.; de Moraes, A.; Novakowski, J. H. & Cheng, N. C. (2011). Efeito residual da adubação nitrogenada e inoculação de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho Residual effect of nitrogen fertilization and *Azospirillum brasilense* inoculation in the maize culture. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, 32, 1687-1698.
- Oliveira, P. P. A. (2015). Gases de efeito estufa em sistemas de produção animal brasileiros e a importância do balanço de carbono para a preservação ambiental. *Embrapa Pecuária Sudeste-Artigo em periódico indexado (ALICE)*.
- Oliveira, P., Azenha, M., Rodrigues, P., Alves, T., Lemes, A., & Pedrosa, A. D. F. (2020). Emissão de óxido nitroso em pastagens tropicais de sistemas de produção de bovinos de corte. *Embrapa Pecuária Sudeste-Capítulo em livro técnico (INFOTECA-E)*.
- Observatório, A. B. C. (2019). Análise dos recursos do programa ABC: safras 2017/18 e 2018/19.
- Rodrigues, R.; Gameiro, A. H.; Silva, L. F. P. & Alves, T. C. (2012). Viabilidade econômica de um sistema de produção de pecuária bovina sob alta lotação: uso na pesquisa e na pecuária comercial. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 13(1), 244-257.
- Roma, C. F. D. C., Cecato, U., Soares Filho, C. V., Santos, G. T. D., Ribeiro, O. L., & Iwamoto, B. S. (2012). Morphogenetic and tillering dynamics in Tanzania grass fertilized and non-fertilized with nitrogen according to season. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(3), 565-573.
- Santos, P. DA S.; Cunha Malafaia, G.; Barros De Azevedo, D. (2021). Indicadores Para Sistemas Produtivos Da Pecuária De Corte Bovina: Uma revisão sistemática integrativa. *Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação (EIGEDIN)*, 5(14).
- Santachiara, G., Salvagiotti, F., & Rotundo, J. L. (2019). Nutritional and environmental effects on biological nitrogen fixation in soybean: A meta-analysis. *Field Crops Research*, 240, 106-115.
- Souza, F. M. D. *et al.* (2016). Introdução de leguminosas forrageiras, calagem e fosfatagem em pastagem degradada de "Brachiaria brizantha". *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 17(3).
- Souza, F. M. D., Lemos, B. J. M., Oliveira J. R., R. C. D., Magnabosco, C. U., Castro, L. M. D., Lopes, F. B., & Brunes, L. C. (2016). Introdução de leguminosas forrageiras, calagem e fosfatagem em pastagem degradada de *Brachiaria brizantha*. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 17, 355-364.
- Terra, A. B. C.; Souza, F. R. D. C.; Mantovani, J. R.; Rezende, A. V. D. & Florentino, L. A. (2019). Physiological Characterization Of Diazotrophic Bacteria Isolated From *Brachiaria Brizantha* Rhizosphere I. *Revista Caatinga*, 32, 658-666.
- Wander, A. E.; Tomaz, G. A.; Pinto, H. E. (2016). Uma avaliação formativa do Plano ABC. *Revista de Política Agrícola*, 25(3), 62-72.